Bijlagenlijst Magneetvelden 4c t/m 4m

4c Magneetveldonderzoek Station WAP 30-06-2015

4d Magneetveldonderzoek Station Borssele 26-08-2015

4e Magneetveldonderzoek Station Kruiningen 30-06-2015

4f Magneetveldonderzoek OSP 153a/b 30-06-2015

4g Magneetveldonderzoek OSP 1066 30-06-2015

4h Magneetveldonderzoek OSP 1104 17-04-2015

4i Magneetveldonderzoek Kabel WAP 30-06-2015

4j Magneetveldonderzoek Kabel Kruiningen 30-06-2015

4k Magneetveldonderzoek Kabel Rilland - West 04-09-2015

4l Validatie RIVM (van rapport 4a) 24-08-2015

4m Brieven minister betreffende ondergronds 02-04-2015 / 02-12-2015

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV Station Willem Anna Polder

TenneT T.S.O. B.V.

Document nr.: 15-1634 V1.0
Datum: 2015-06-30



Rapport titel:	150 kV Station Willem Anna Polder	DNV GL - Energy
Klant:	TenneT T.S.O. B.V., Postbus 718 6812 AR ARNHEM	KEMA Nederland B.V. Postbus 9035
Contactpersoon:	dhr. Sanders, Hoeijmakers en Kolfoort	6800 ET ARNHEM
Datum:	2015-06-30	Michiel Clerx
Project nr.:	74106359	
Unit:	PMT/POL	Tel: +31 26 356 2251
Document nr.:	15-1634 V1.0	KvK 09080262

Auteur:	Beoordeeld:	Goedgekeurd:
M.Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal

BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep or diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2015-06-30	Definitief	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.2 Disclaimer 2

3 ACHTERGRONDINFORMATIE 3
3.1 Magnetische velden en gezondheid 3
3.2 Rijksbeleid 3
3.3 Zoneberekening 4

4 SITUATIESCHETS 5

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL 5

6 RESULTAAT BEREKENINGEN 6

Appendix A BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN DOOR DE HOOFDRAILS
Appendix B 0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN STATION WAP VOOR ALLE SITUATIES

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

Aanleiding voor deze magneetveldberekening van het 150kV station Willem Anna Polder (WAP) is de aanpassing van het bestaande hoogspanningsnet.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningsstations. Voor het traject Randstad 380 zijn echter aanvullende afspraken gemaakt voor het toepassen van het voorzorgbeleid op hoogspanningskabels en -stations die horen bij dit traject. Hierbij zijn ook afspraken gemaakt hoe de magneetveldcontouren kunnen worden uitgerekend voor hoogspanningsstations. Op verzoek van TenneT is berekend hoe breed de 0,4 microtesla contouren zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op het hoogspanningsstation WAP 150 kV.

De in dit rapport opgenomen berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels die gecombineerd lopen met bovengrondse hoogspanningslijnen en de afspraken die gemaakt zijn voor onderstations in Randstad 380.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

2 INLEIDING

Dit document betreft een onderzoek naar de magneetveldcontouren van het hoogspanningsstation 150kV WAP.

TenneT is voornemens om aanpassingen te realiseren in het 150 kV hoogspanningsnet en de daarbij horende aansluitingen op het hoogspanningstation WAP. Op hoogspanningsstation te WAP is één 150 kV hoogspanningslijn aangesloten, te weten de verbinding Goes de Poel – WAP – Rilland - Woensdrecht.

In dit document zijn de resultaten van de berekeningen van 0,4 microTesla (µT) contour rond station WAP 150 kV beschreven.

In hoofdstuk 3 is achtergrondinformatie over gezondheidsaspecten van magnetische velden van hoogspanningslijnen opgenomen. Tevens is het huidige beleid van de Nederlandse overheid ten aanzien van hoogspanninglijnen kort samengevat. In hoofdstuk 5 worden de modellering en de uitgangspunten weergegeven die zijn toegepast voor de berekening. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in hoofdstuk0. De toegepaste informatie is opgenomen in de bijlagen.

2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de berekende jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla. Ondanks dat dit beleid niet van toepassing is op hoogspanningsstations en ondergrondse kabels in het algemeen, is voor het traject Randstad 380 kV berekend wat de magneetveldcontouren zullen zijn voor de onderstations en ondergrondse kabels.

TenneT heeft aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla contouren van het 150 kV station WAP. De berekening van deze 0,4 microteslacontouren dient hierbij gebaseerd te zijn op de rekenmethode die van toepassing is op Randstad 380kV.

Dit rapport bevat de resultaten van de berekening van de magnetische veldsterkte van het 150kV hoogspanningsstations WAP.

2.2 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe

gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGRONDINFORMATIE

Met betrekking tot de gehanteerde eenheid voor de sterkte van het magnetisch veld geldt dat de magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in Ampère per meter (A/m); de eenheid microTesla (µT) is de eenheid van de magnetische fluxdichtheid. In de praktijk wordt de microTesla echter beschouwd als maat voor de sterkte van het magnetische veld. Om verwarring te voorkomen wordt in dit rapport over magnetische veldsterkte gesproken (uitgedrukt in µT), daar waar de fluxdichtheid bedoeld wordt.

3.1 Magnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (maar wel boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kunnen die velden leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijk extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond en recent onderzoek uit Denemarken en het Verenigd Koninkrijk laat geen verhoogd gezondheidsrisico meer gezien. Uit het wetenschappelijk onderzoek mag dus niet (omgekeerd en in het algemeen) geconcludeerd worden dat kinderen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen of daar langdurig verblijven een verhoogd gezondheidsrisico hebben.

3.2 Rijksbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van VROM in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies raadt VROM aan zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microTesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van VROM een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Zoneberekening

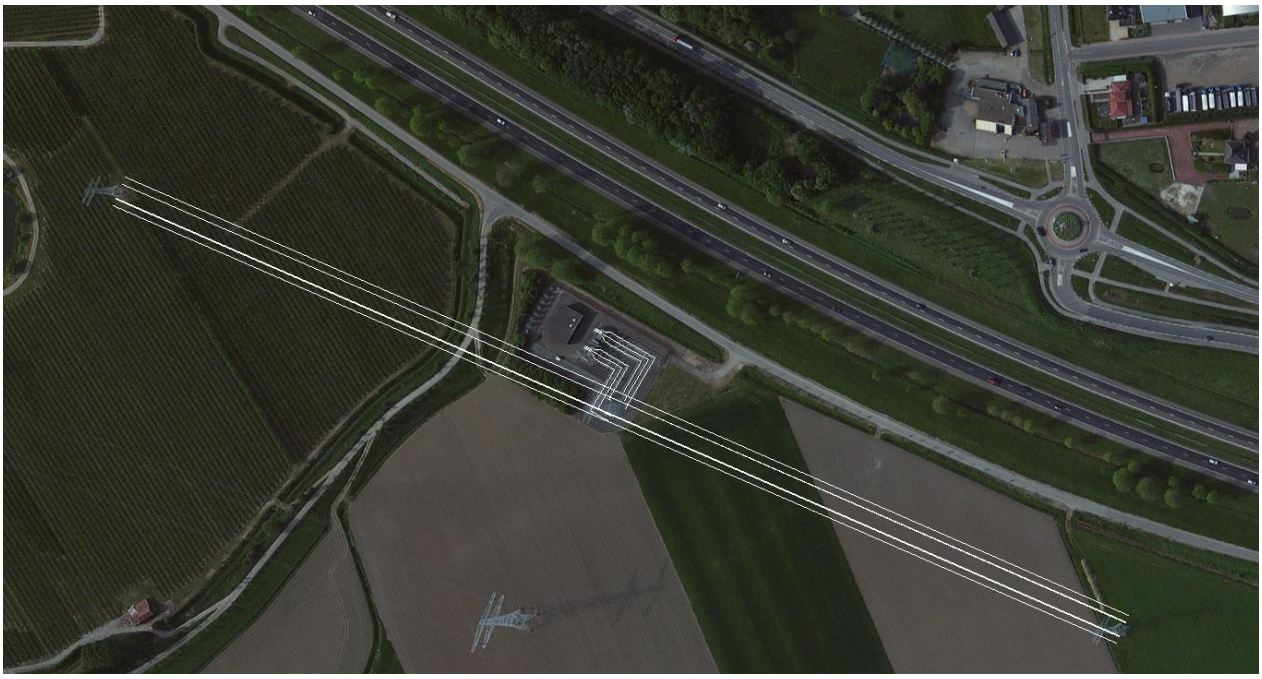
In het advies wordt de 'specifieke magneetveldzone' gedefinieerd: dit is de zone aan weerszijden van een hoogspanningslijn waar de magnetische veldsterkte gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 microTesla, of dat in de toekomst kan worden. De manier waarop deze specifieke magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd. DNV GL is aangemerkt als 'bureau waarvan bekend is dat het ervaring heeft met zoneberekeningen volgens de handreiking'.

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening, zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn.

Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

4 SITUATIESCHETS

De situatie van het 150 kV hoogspanningsstation WAP is weergegeven in onderstaande figuur. De bovengrondse hoogspanningsverbinding Goes de Poel – WAP – Rilland - Woensdrecht is op het 150 kV hoogspanningsstation aangesloten.



Figuur 1 Overzicht 150 kV hoogspanningsstation WAP

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL

De berekeningen voor hoogspanningsstation WAP 150kV zijn uitgevoerd conform

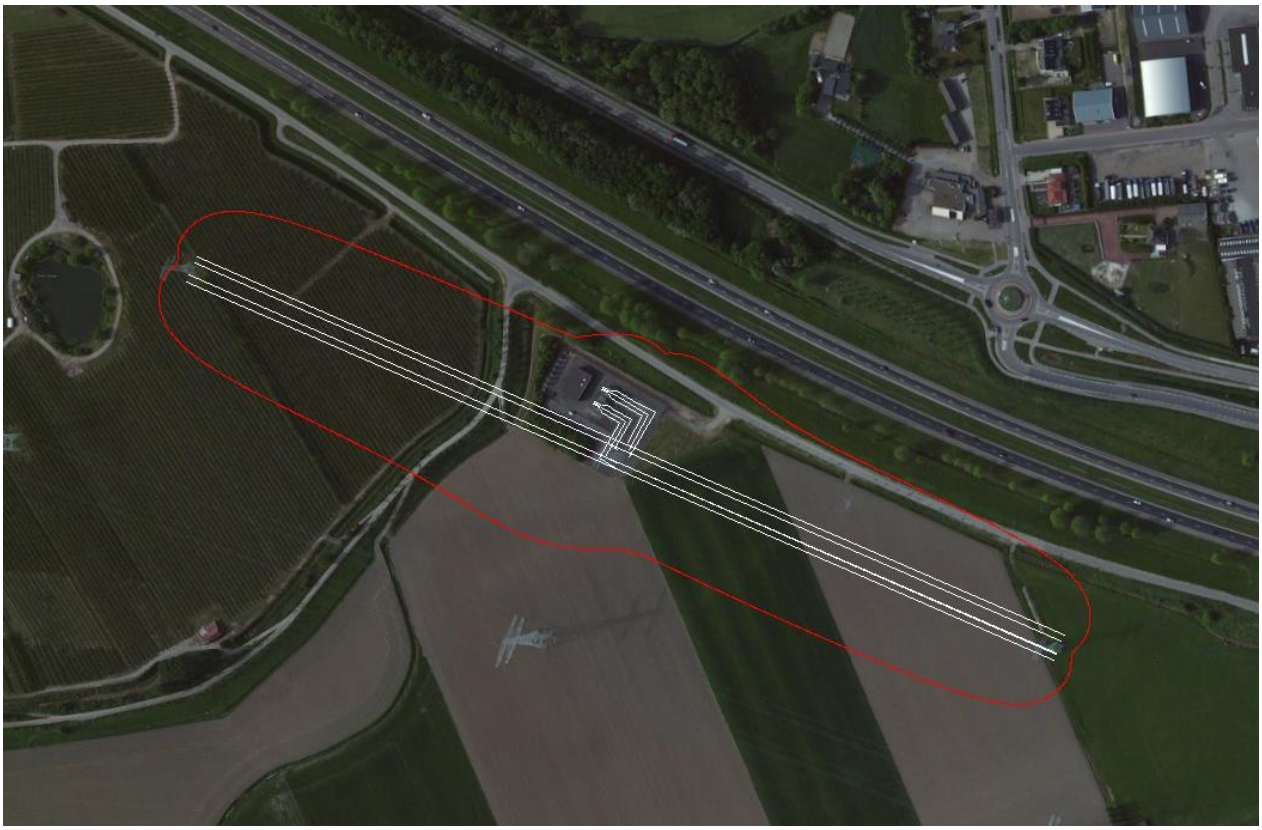
- RIVM Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen versie 4.0, 3 november 2014
- Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse-kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie 14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de gestuurde boringen, indien van toepassing, niet zijn beschouwd maar als open ontgraving worden meegenomen. De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

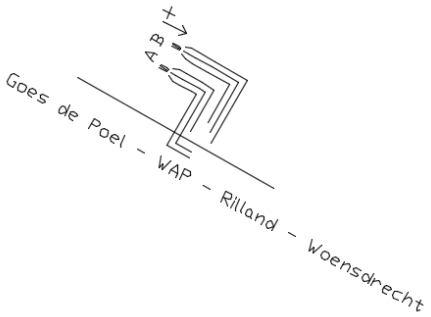
6 RESULTAAT BEREKENINGEN

In onderstaande figuren is de “Cumulatieve magneetvelden” 0,4 microteslacontour van station WAP weergegeven.



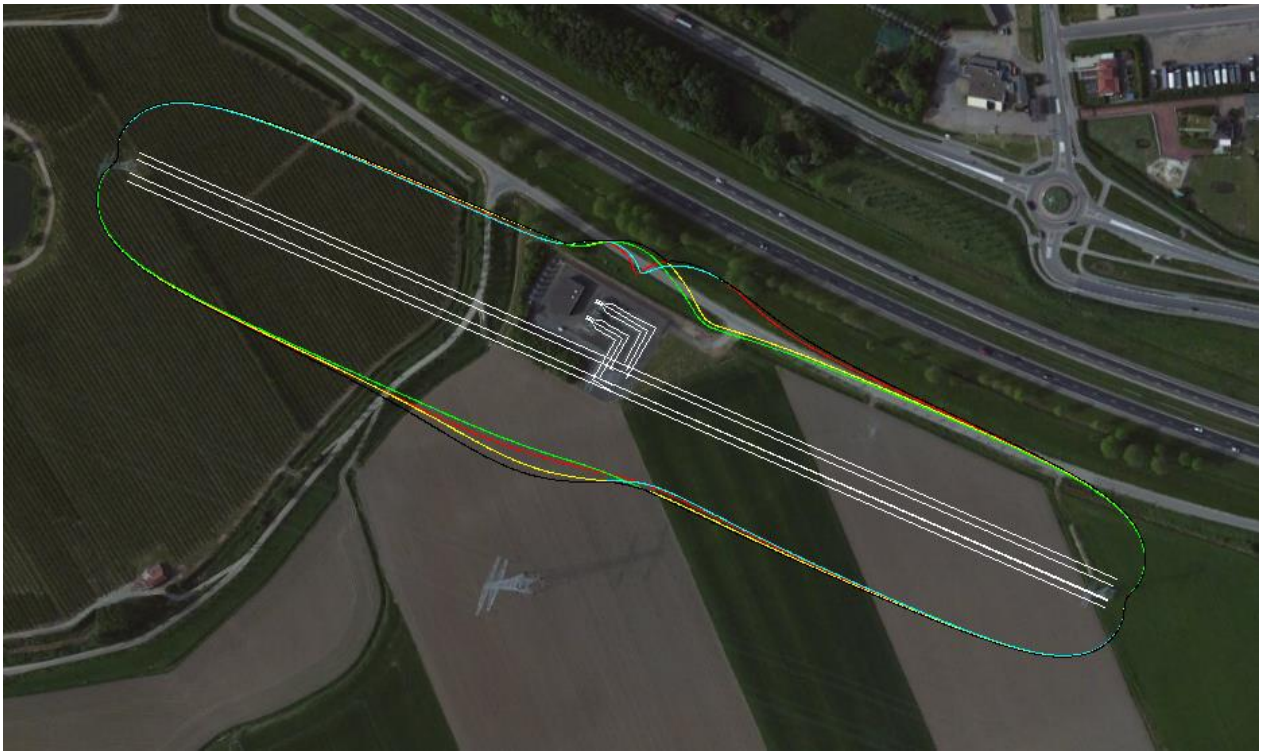
Figuur 2 Weergave “Cumulatieve magneetveld” 0,4 microteslacontour station WAP(150kV)

APPENDIX A
BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN DOOR DE HOOFDRAILS



Rail	A	B	Kleur
Richting	+	+	Rood
	+	-	Geel
	-	+	Groen
	-	-	Cyaan

APPENDIX B
0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN STATION WAP VOOR ALLE SITUATIES



Figuur 3: weergave alle contouren "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microtesla station WAP(150kV)

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

NOTITIE

AAN
KOPIE AAN

DATUM
REFERENTIE
VAN

ONDERWERP Toename magneetveldcontour 380kV station Borssele door Zuid-West 380kV West

1. Inleiding

Binnen het project Zuid-West 380kV West is een uitbreiding voorzien van het 380kV station Borssele. Van dit station wordt de hoofdrail verlengd en worden er een viertal nieuwe velden geplaatst. Tevens worden er ten zuiden van de hoofdrail portaalmasten geplaatst.

Deze notitie gaat kort in op de gevolgen van deze uitbreiding op de magneetveldcontour van 380kV station Borssele.

2. Magneetveldcontour 380kV station Borssele

DNV-GL heeft in opdracht van TenneT de magneetveldcontour berekend van 380kV station Borssele. Het kenmerk van dit rapport is 000.145.11 0386944.

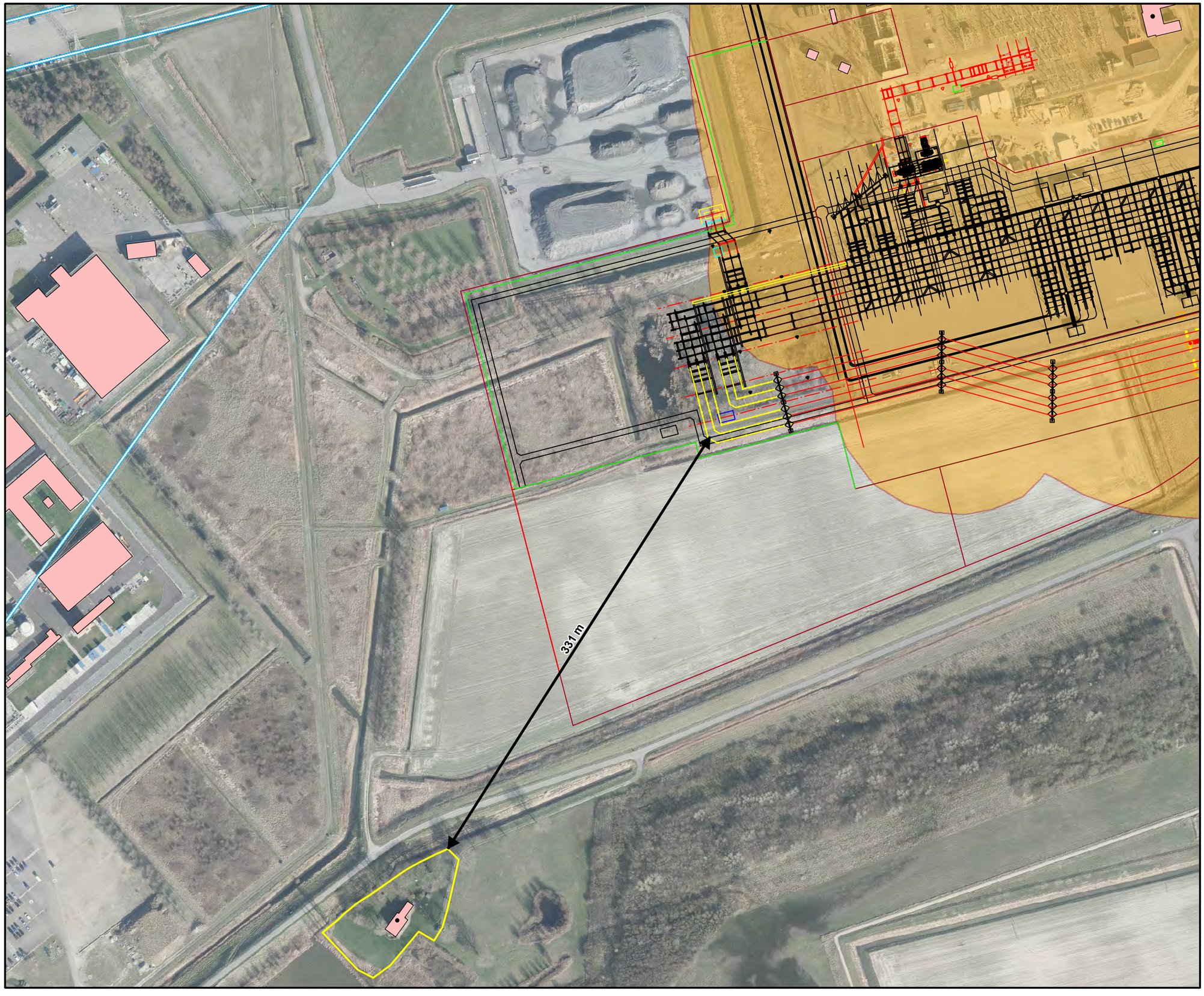
In deze rapportage is te zien dat de grootste afstand tussen stroom voerende delen van 380kV station Borssele en de 0,4 µT grens ongeveer 150 meter bedraagt. De magneetveldcontour van het 380kV station Borssele met de voorziene uitbreiding voor Zuid-West 380kV West zal groter worden dan de nu berekende zone. Immers het station wordt uitgebreid en een groter oppervlak van stroom voerende geleiders zal leiden tot een groter oppervlak van de magneetveldcontour. De verwachting is dat met name naar het zuiden en het westen de 0,4 µT zone groter zal worden. Echter wordt niet verwacht dat de maximale afstand tussen stroom voerende geleiders en de 0,4 µT grens significant groter zal gaan worden.

In bijgevoegde afbeelding is te zien dat de dichtstbijzijnde gevoelige bestemming op ruim 300 meter afstand ligt van de stroom voerende geleiders van 380kV station Borssele.
Gezien het feit dat de dichtstbijzijnde gevoelige bestemming op ruim 300 meter afstand ligt wordt het onwaarschijnlijk geacht dat, door de uitbreidingen die gepland is binnen Zuid-West 380 kV West, er een woning in de 0,4 µT zone komt te liggen.
Weliswaar zal de huidige afstand van 150 meter (de afstand tussen stroom voerende geleiders en de 0,4 µT grens) iets toenemen maar dit zal niet met een factor 2 zijn.

In een latere fase wordt de magneetveldcontour exact berekend en gerapporteerd
door een deskundig adviesbureau.

Zuid • West 380kV

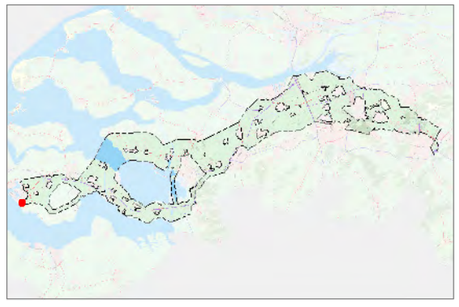
Situatie Borssele



Legenda

- Gevoelige bestemming
- BAG panden
- Magneetveld situatie BSL

Zuid • West 380 kV Borssele



Revisiedatum	25-8-2015	**Formaat**	A3
Aanmaakdatum	20-08-2015	**Schaal**	1:2.500
Versie	VKA 2.0	**Blad**	

Kenmerk
A:\p_zw380\producten\ZW380-West\techniek\150825_locatie_Borssele\150825p_zw380_situatie_borssele_GB_A3l

0 25 50 75 100 125 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV Station Kruiningen

TenneT T.S.O. B.V.

Document nr.: 15-1635 V1.0
Datum: 2015-06-30



Rapport titel:	150 kV Station Kruiningen	DNV GL - Energy
Klant:	TenneT T.S.O. B.V., Postbus 718 6812 AR ARNHEM	

BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep or diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2015-06-30	Definitief	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.2 Disclaimer 2

3 ACHTERGRONDINFORMATIE 3
3.1 Magnetische velden en gezondheid 3
3.2 Rijksbeleid 4
3.3 Zoneberekening 4

4 SITUATIESCHETS 5

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL 5

6 RESULTAAT BEREKENINGEN 7

Appendix A BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN DOOR DE HOOFDRAILS
Appendix B 0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN STATION KRUININGEN VOOR ALLE SITUATIES

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

Aanleiding voor deze magneetveldberekening van het 150kV station Kruiningen is de aanpassing van het bestaande hoogspanningsnet.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningsstations. Voor het traject Randstad 380 zijn echter aanvullende afspraken gemaakt voor het toepassen van het voorzorgbeleid op hoogspanningskabels en -stations die horen bij dit traject. Hierbij zijn ook afspraken gemaakt hoe de magneetveldcontouren kunnen worden uitgerekend voor hoogspanningsstations. Op verzoek van TenneT is berekend hoe breed de 0,4 microtesla contouren zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op het hoogspanningsstation Kruiningen 150 kV.

De in dit rapport opgenomen berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels die gecombineerd lopen met bovengrondse hoogspanningslijnen en de afspraken die gemaakt zijn voor onderstations in Randstad 380.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

2 INLEIDING

Dit document betreft een onderzoek naar de magneetveldcontouren van het 150kV hoogspannings-station Kruiningen voor en na de aanpassingen aan de aansluitende hoogspanningsverbinding.

TenneT is voornemens om aanpassingen te realiseren in het 150 kV hoogspanningsnet en de daarbij horende aansluiting op het hoogspanningstation Kruiningen. Op het hoogspanningsstation te Kruiningen is één 150 kV hoogspanningslijn aangesloten, een uitloper van de verbinding Goes de Poel – WAP – Rilland - Woensdrecht.

In de nieuwe situatie na aanpassing is de hoogspanningsverbinding op het station vervallen en vervangen door een kabelverbinding.

In dit document zijn de resultaten van de berekeningen van 0,4 microTesla (µT) contour rond 150 kV station Kruiningen beschreven.

In hoofdstuk3 is achtergrondinformatie over gezondheidsaspecten van magnetische velden van hoogspanningslijnen opgenomen. Tevens is het huidige beleid van de Nederlandse overheid ten aanzien van hoogspanninglijnen kort samengevat. In hoofdstuk5 worden de modellering en de uitgangspunten weergegeven die zijn toegepast voor de berekening. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in hoofdstuk 6. De toegepaste informatie is opgenomen in de bijlagen.

2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de berekende jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla. Ondanks dat dit beleid niet van toepassing is op hoogspanningsstations en ondergrondse kabels in het algemeen, is voor het traject Randstad 380 kV berekend wat de magneetveldcontouren zullen zijn voor de onderstations en ondergrondse kabels.

TenneT heeft aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla contouren van het 150 kV station Kruiningen vóór en ná de geplande aanpassingen. De berekening van deze 0,4 microteslacontouren dient hierbij gebaseerd te zijn op de rekenmethode die van toepassing is op Randstad 380kV.

Dit rapport bevat de resultaten van de berekening van de magnetische veldsterkte van het 150kV hoogspanningsstations Kruiningen.

2.2 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en

hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGRONDINFORMATIE

Met betrekking tot de gehanteerde eenheid voor de sterkte van het magnetisch veld geldt dat de magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in Ampère per meter (A/m); de eenheid microTesla (µT) is de eenheid van de magnetische fluxdichtheid. In de praktijk wordt de microTesla echter beschouwd als maat voor de sterkte van het magnetische veld. Om verwarring te voorkomen wordt in dit rapport over magnetische veldsterkte gesproken (uitgedrukt in µT), daar waar de fluxdichtheid bedoeld wordt.

3.1 Magnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (maar wel boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kunnen die velden leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijk extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond en recent onderzoek uit Denemarken en het Verenigd Koninkrijk laat geen verhoogd gezondheidsrisico meer gezien. Uit het wetenschappelijk onderzoek mag dus niet (omgekeerd en in het algemeen) geconcludeerd worden dat kinderen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen of daar langdurig verblijven een verhoogd gezondheidsrisico hebben.

3.2 Rijksbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van VROM in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies raadt VROM aan zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microTesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van VROM een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Zoneberekening

In het advies wordt de 'specifieke magneetveldzone' gedefinieerd: dit is de zone aan weerszijden van een hoogspanningslijn waar de magnetische veldsterkte gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 microTesla, of dat in de toekomst kan worden. De manier waarop deze specifieke magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd. DNV GL is aangemerkt als 'bureau waarvan bekend is dat het ervaring heeft met zoneberekeningen volgens de handreiking'.

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening, zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn.

Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

4 SITUATIESCHETS

De situatie van het 150 kV hoogspanningsstation Kruinigen is weergegeven in onderstaande figuur. De bovengrondse hoogspanningsverbinding Goes de Poel – WAP – Rilland - Woensdrecht is op het 150 kV hoogspanningsstation aangesloten en wordt na aanpassing vervangen door een kabelverbinding.



Figuur 1 Overzicht 150 kV hoogspanningsstation Kruiningen

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL

De berekeningen voor hoogspanningsstation Kruiningen 150kV zijn uitgevoerd conform

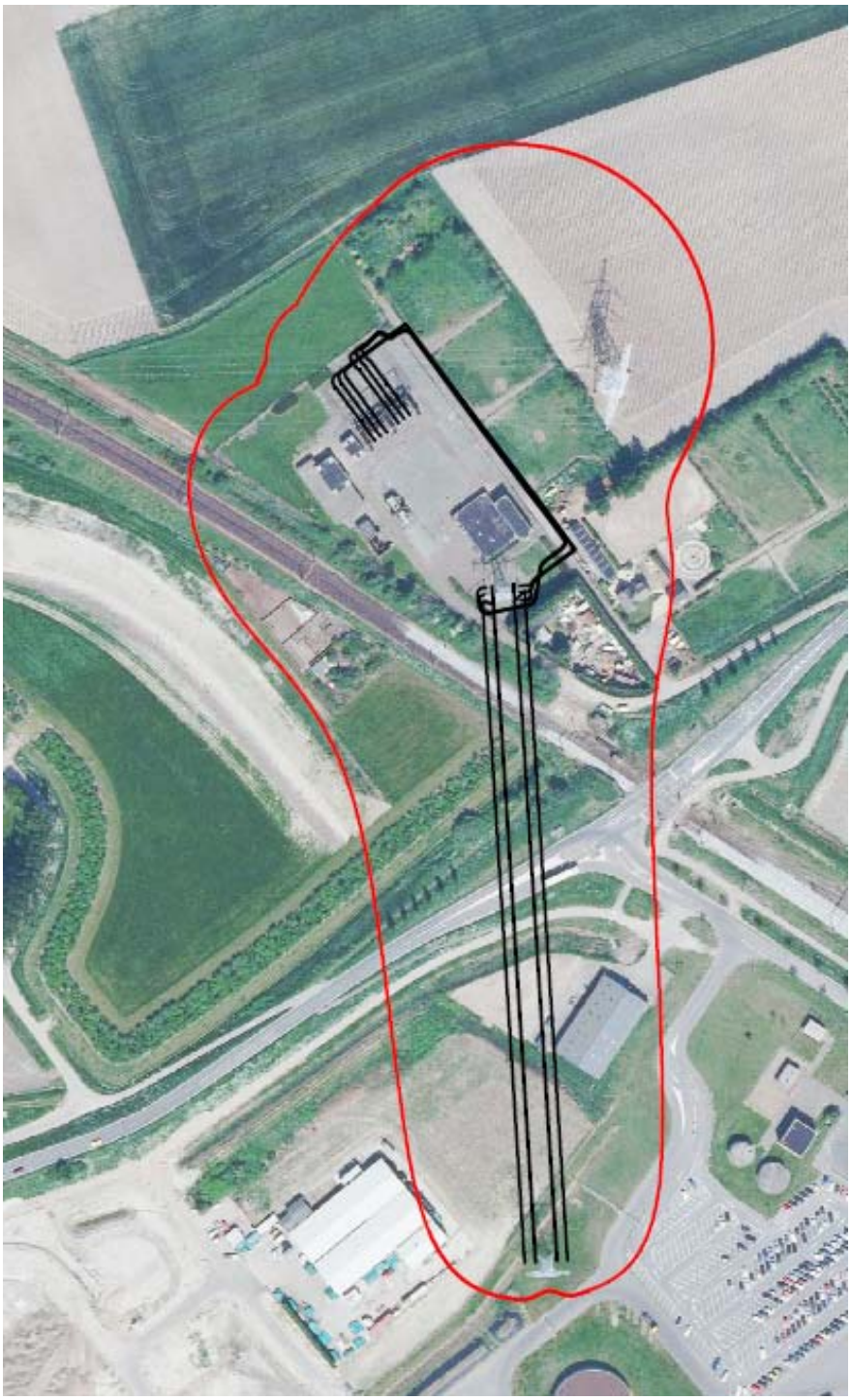
- RIVM Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen versie 4.0, 3 november 2014
- Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse-kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie 14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief.

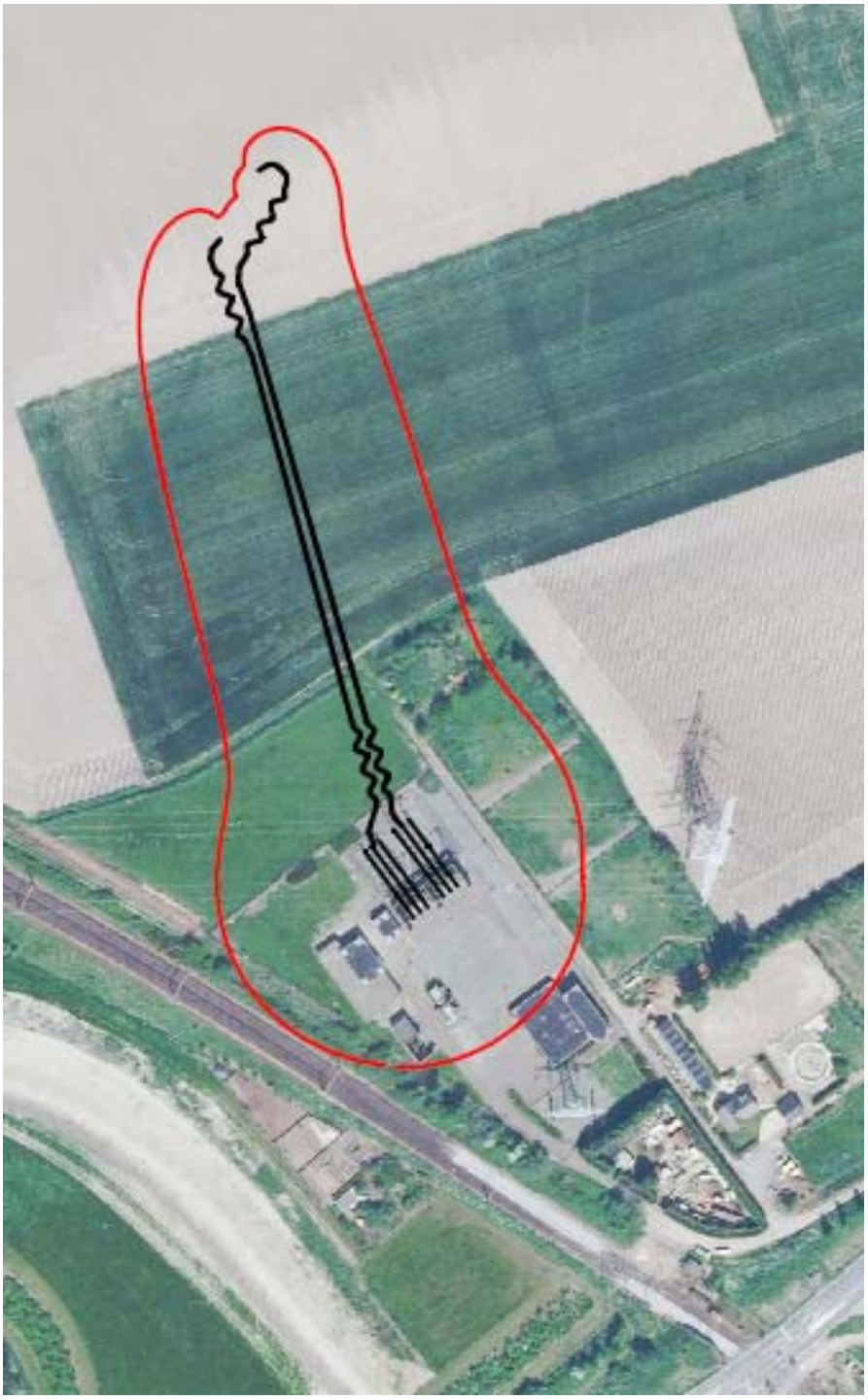
Hierbij moet worden opgemerkt dat de gestuurde boringen, indien van toepassing, niet zijn beschouwd maar als open ontgraving worden meegenomen. De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

6 RESULTAAT BEREKENINGEN

In onderstaande figuren zijn de "Cumulatieve magneetvelden" 0,4 microteslacontour van station Kruiningen weergegeven.

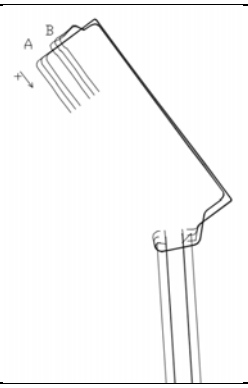


Figuur 2 Weergave "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microteslacontour station Kruiningen (150kV) vóór aanpassing



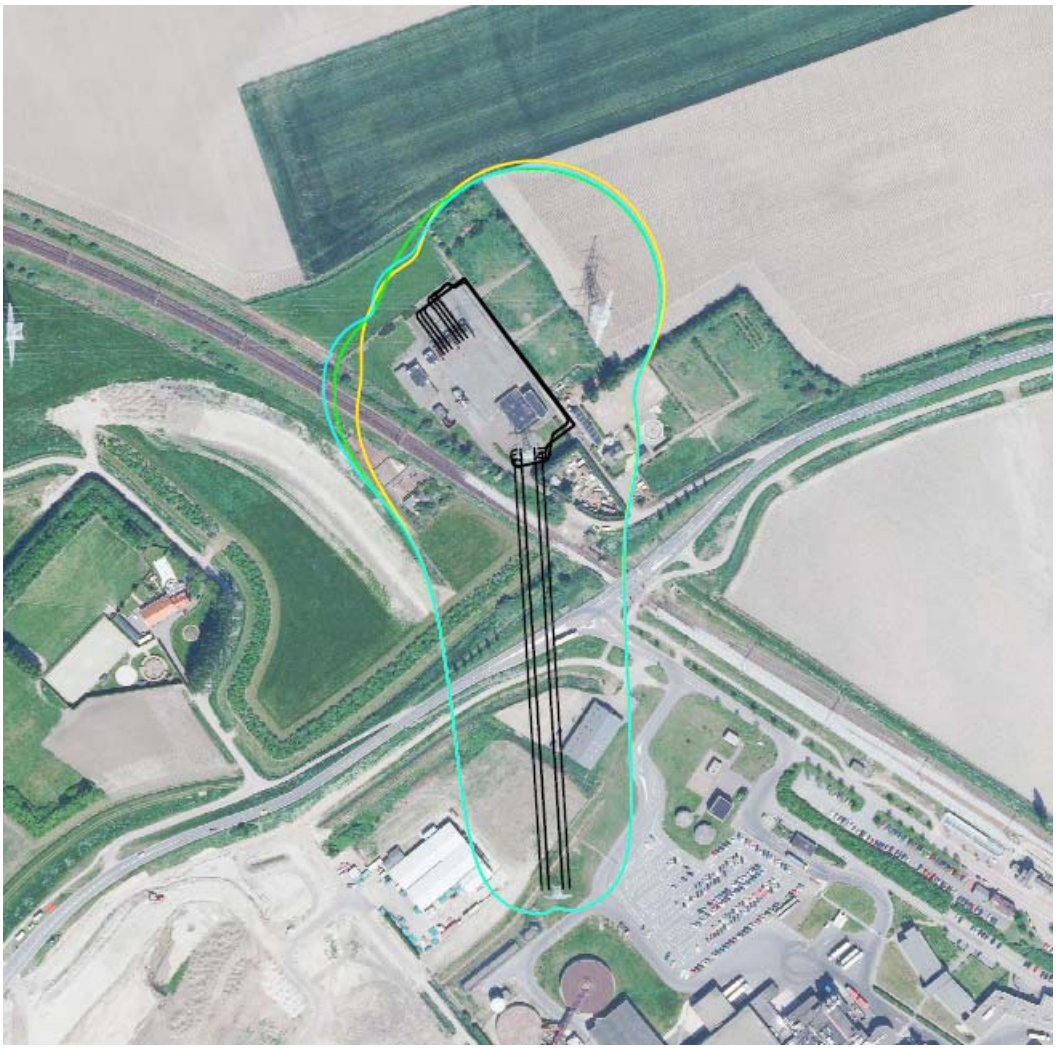
Figuur 3: Weergave “Cumulatieve magneetveld” 0,4 microteslacontour station Kruiningen (150kV) na aanpassing

APPENDIX A
BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN DOOR DE HOOFDRAILS

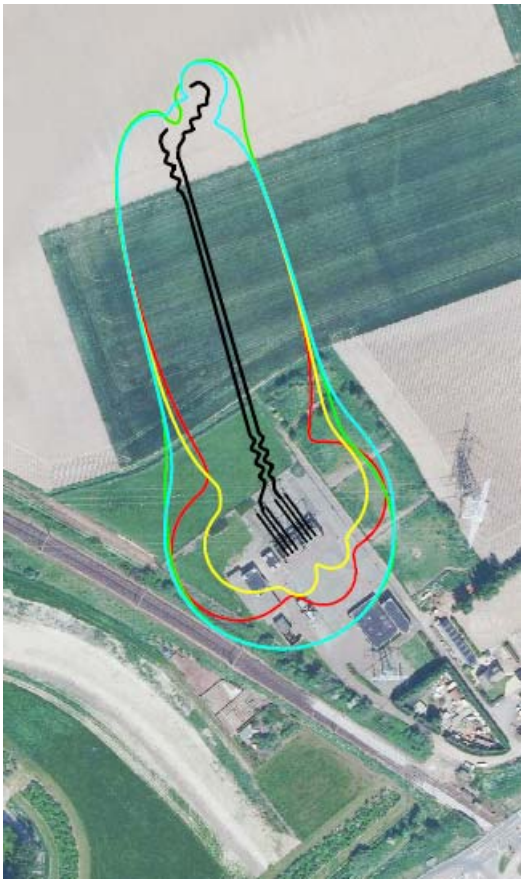


Rail	A	B	Kleur
Richting	+	+	Rood
	+	+	Geel
	+	-	Groen
	+	-	Cyaan

APPENDIX B
0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN STATION KRUININGEN VOOR ALLE SITUATIES



Figuur 4: weergave alle contouren “Cumulatieve magneetveld” 0,4 microtesla station Kruiningen(150kV) vóór aanpassing



Figuur 5: weergave alle contouren “Cumulatieve magneetveld” 0,4 microtesla station Kruiningen(150kV) na aanpassing

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV opstijgpunt 153a en 153b

TenneT T.S.O. B.V.

Document nr.: 15-1637 V1.0
Datum: 2015-06-30



Rapport titel:	150 kV opstijgpunt 153a en 153b	DNV GL - Energy
Klant:	TenneT T.S.O. B.V., Postbus 718 6812 AR ARNHEM	KEMA Nederland B.V. Postbus 9035
Contactpersoon:		
Datum:		
Project nr.:		
Unit:		
Document nr.:		

BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep or diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.2 Disclaimer 2

3 ACHTERGRONDINFORMATIE 3
3.1 Magnetische velden en gezondheid 3
3.2 Rijksbeleid 3
3.3 Zoneberekening 4

4 SITUATIESCHETS 5

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL 5

6 RESULTAAT BEREKENINGEN 6

Appendix A BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN
Appendix B 0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN OPSTIJGPUNT 153A EN 153B VOOR ALLE SITUATIES

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

Aanleiding voor deze magneetveldberekening is het geplande opstijgpunt 153a en 153b ter hoogte van station Willem Anna Polder.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningsstations. Voor het traject Randstad 380 zijn echter aanvullende afspraken gemaakt voor het toepassen van het voorzorgbeleid op hoogspanningskabels en -stations die horen bij dit traject. Hierbij zijn ook afspraken gemaakt hoe de magneetveldcontouren kunnen worden uitgerekend voor hoogspanningsstations. Op verzoek van TenneT is berekend hoe breed de 0,4 microtesla contouren zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op het 150 kV opstijgpunt 153a en 153b.

De in dit rapport opgenomen berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels die gecombineerd lopen met bovengrondse hoogspanningslijnen en de afspraken die gemaakt zijn voor onderstations in Randstad 380.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

2 INLEIDING

Dit document betreft een onderzoek naar de magneetveldcontouren van het geplande 150 kV opstijgpunt 153a en 153b.

De nieuwe opstijgpunten zijn onderdeel van de geplande Zuid-West 380 kV West verbinding tussen Borssele en Tilburg.

In dit document zijn de resultaten van de berekeningen van 0,4 microTesla (µT) contour rond opstijgpunt 153a en 153b beschreven.

In hoofdstuk 3 is achtergrondinformatie over gezondheidsaspecten van magnetische velden van hoogspanningslijnen opgenomen. Tevens is het huidige beleid van de Nederlandse overheid ten aanzien van hoogspanninglijnen kort samengevat. In hoofdstuk 5 worden de modellering en de uitgangspunten weergegeven die zijn toegepast voor de berekening. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in hoofdstuk0. De toegepaste informatie is opgenomen in de bijlagen.

2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de berekende jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla. Ondanks dat dit beleid niet van toepassing is op hoogspanningsstations en ondergrondse kabels in het algemeen, is voor het traject Randstad 380 kV berekend wat de magneetveldcontouren zullen zijn voor de onderstations en ondergrondse kabels.

TenneT heeft aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla contouren van de opstijgpunten 153a en 153b. De berekening van deze 0,4 microteslacontouren dient hierbij gebaseerd te zijn op de rekenmethode die van toepassing is op Randstad 380kV.

Dit rapport bevat de resultaten van de berekening van de magnetische veldsterkte van het 150kV opstijgpunt 153a en 153b.

2.2 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe

gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGRONDINFORMATIE

Met betrekking tot de gehanteerde eenheid voor de sterkte van het magnetisch veld geldt dat de magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in Ampère per meter (A/m); de eenheid microTesla (μT) is de eenheid van de magnetische fluxdichtheid. In de praktijk wordt de microTesla echter beschouwd als maat voor de sterkte van het magnetische veld. Om verwarring te voorkomen wordt in dit rapport over magnetische veldsterkte gesproken (uitgedrukt in μT), daar waar de fluxdichtheid bedoeld wordt.

3.1 Magnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (maar wel boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kunnen die velden leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijk extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond en recent onderzoek uit Denemarken en het Verenigd Koninkrijk laat geen verhoogd gezondheidsrisico meer gezien. Uit het wetenschappelijk onderzoek mag dus niet (omgekeerd en in het algemeen) geconcludeerd worden dat kinderen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen of daar langdurig verblijven een verhoogd gezondheidsrisico hebben.

3.2 Rijksbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van VROM in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies raadt VROM aan zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microTesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van VROM een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Zoneberekening

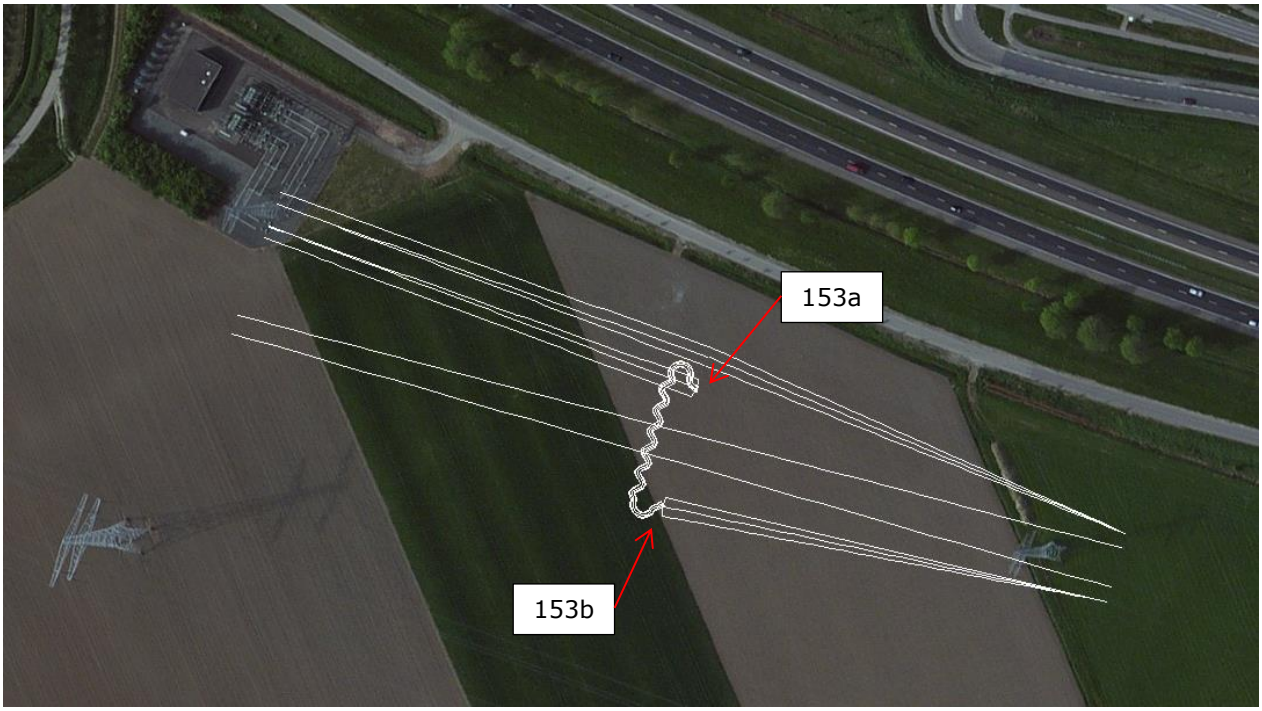
In het advies wordt de 'specifieke magneetveldzone' gedefinieerd: dit is de zone aan weerszijden van een hoogspanningslijn waar de magnetische veldsterkte gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 microTesla, of dat in de toekomst kan worden. De manier waarop deze specifieke magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd. DNV GL is aangemerkt als 'bureau waarvan bekend is dat het ervaring heeft met zoneberekeningen volgens de handreiking'.

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening, zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn.

Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

4 SITUATIESCHETS

De situatie van het 150 kV opstijgpunt 153a en 153b is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1 Overzicht 150 kV opstijgpunt 153a en 153b

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL

De berekeningen voor het opstijgpunt 153a en 153b zijn uitgevoerd conform

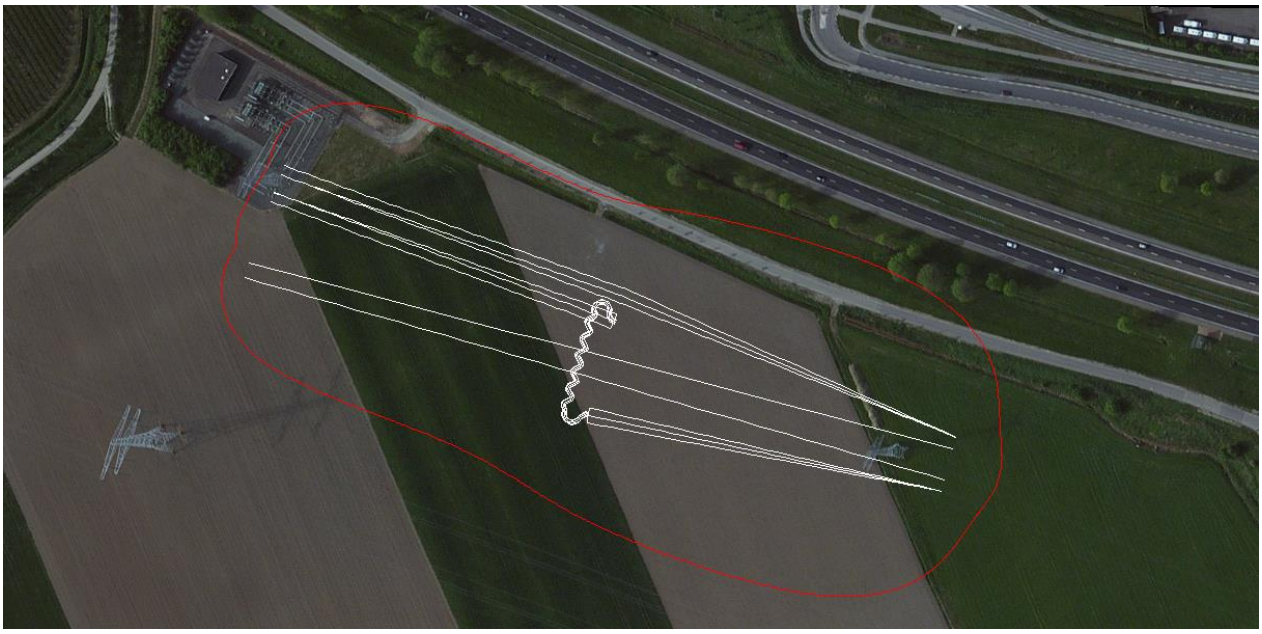
- RIVM Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen versie 4.0, 3 november 2014
- Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse-kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie 14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de gestuurde boringen, indien van toepassing, niet zijn beschouwd maar als open ontgraving worden meegenomen. De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

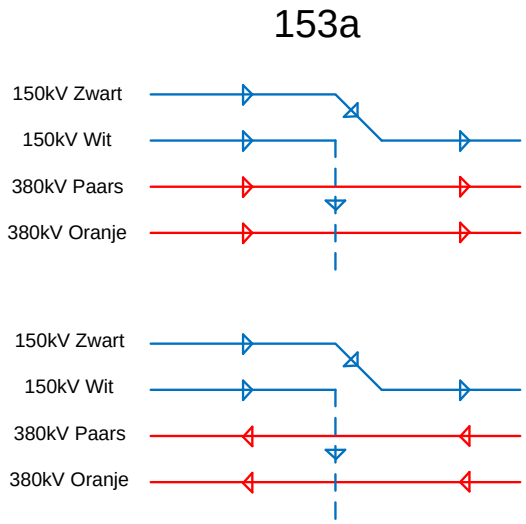
6 RESULTAAT BEREKENINGEN

In onderstaande figuren zijn de "Cumulatieve magneetvelden" 0,4 microteslacontour van opstijgpunt 153a en 153b weergegeven.

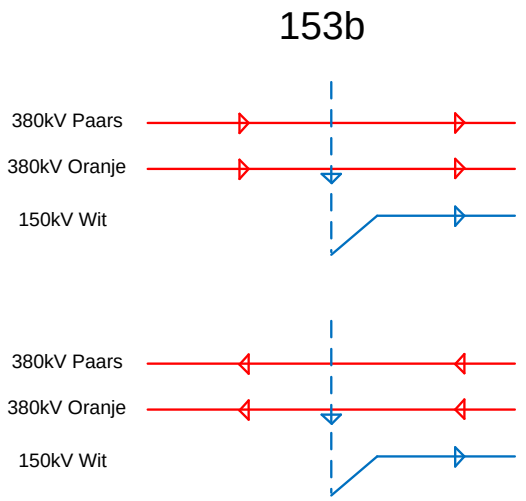


Figuur 2: Weergave "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microteslacontour opstijgpunt 153a en 153b

APPENDIX A
BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN

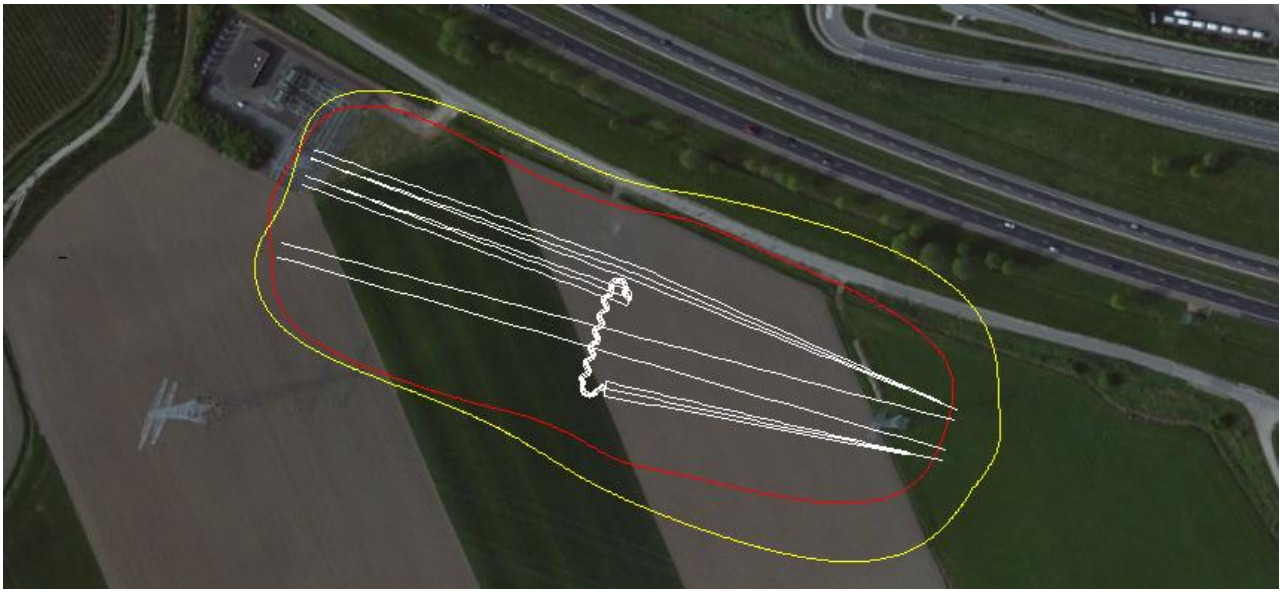


Figuur 3: Berekende situaties van de stromen OSP 153a



Figuur 4: Berekende situaties van de stromen OSP 153b

APPENDIX B
0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN OPSTIJGPUNT 153A EN 153B VOOR ALLE SITUATIES



Figuur 5: weergave alle contouren "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microtesla opstijgpunt 153a en 153b

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV opstijgpunt 1066

TenneT T.S.O. B.V.

Document nr.: 15-1638 V1.0
Datum: 2015-06-30



BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep or diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2015-06-30	Definitief	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.2 Disclaimer 2

3 ACHTERGRONDINFORMATIE 3
3.1 Magnetische velden en gezondheid 3
3.2 Rijksbeleid 3
3.3 Zoneberekening 4

4 SITUATIESCHETS 5

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL 5

6 RESULTAAT BEREKENINGEN 6

Appendix A BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN
Appendix B 0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN OPSTIJGPUNT 1066 VOOR ALLE SITUATIES

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

Aanleiding voor deze magneetveldberekening is het geplande opstijgpunt 1066 ter hoogte van station Kruiningen.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningsstations. Voor het traject Randstad 380 zijn echter aanvullende afspraken gemaakt voor het toepassen van het voorzorgbeleid op hoogspanningskabels en -stations die horen bij dit traject. Hierbij zijn ook afspraken gemaakt hoe de magneetveldcontouren kunnen worden uitgerekend voor hoogspanningsstations. Op verzoek van TenneT is berekend hoe breed de 0,4 microtesla contouren zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op het 150 kV opstijgpunt 1066.

De in dit rapport opgenomen berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels die gecombineerd lopen met bovengrondse hoogspanningslijnen en de afspraken die gemaakt zijn voor onderstations in Randstad 380.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

2 INLEIDING

Dit document betreft een onderzoek naar de magneetveldcontouren van het geplande 150 kV opstijgpunt 1066.

De nieuwe opstijgpunten zijn onderdeel van de geplande Zuid-West 380 kV West verbinding tussen Borssele en Tilburg.

In dit document zijn de resultaten van de berekeningen van 0,4 microTesla (µT) contour rond opstijgpunt 1066 beschreven.

In hoofdstuk 3 is achtergrondinformatie over gezondheidsaspecten van magnetische velden van hoogspanningslijnen opgenomen. Tevens is het huidige beleid van de Nederlandse overheid ten aanzien van hoogspanninglijnen kort samengevat. In hoofdstuk 5 worden de modellering en de uitgangspunten weergegeven die zijn toegepast voor de berekening. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in hoofdstuk6. De toegepaste informatie is opgenomen in de bijlagen.

2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de berekende jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla. Ondanks dat dit beleid niet van toepassing is op hoogspanningsstations en ondergrondse kabels in het algemeen, is voor het traject Randstad 380 kV berekend wat de magneetveldcontouren zullen zijn voor de onderstations en ondergrondse kabels.

TenneT heeft aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla contouren van opstijgpunt 1066. De berekening van deze 0,4 microteslacontouren dient hierbij gebaseerd te zijn op de rekenmethode die van toepassing is op Randstad 380kV.

Dit rapport bevat de resultaten van de berekening van de magnetische veldsterkte van het 150kV opstijgpunt 1066.

2.2 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe

gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGRONDINFORMATIE

Met betrekking tot de gehanteerde eenheid voor de sterkte van het magnetisch veld geldt dat de magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in Ampère per meter (A/m); de eenheid microTesla (µT) is de eenheid van de magnetische fluxdichtheid. In de praktijk wordt de microTesla echter beschouwd als maat voor de sterkte van het magnetische veld. Om verwarring te voorkomen wordt in dit rapport over magnetische veldsterkte gesproken (uitgedrukt in µT), daar waar de fluxdichtheid bedoeld wordt.

3.1 Magnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (maar wel boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kunnen die velden leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijk extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond en recent onderzoek uit Denemarken en het Verenigd Koninkrijk laat geen verhoogd gezondheidsrisico meer gezien. Uit het wetenschappelijk onderzoek mag dus niet (omgekeerd en in het algemeen) geconcludeerd worden dat kinderen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen of daar langdurig verblijven een verhoogd gezondheidsrisico hebben.

3.2 Rijksbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van VROM in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies raadt VROM aan zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microTesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van VROM een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Zoneberekening

In het advies wordt de 'specifieke magneetveldzone' gedefinieerd: dit is de zone aan weerszijden van een hoogspanningslijn waar de magnetische veldsterkte gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 microTesla, of dat in de toekomst kan worden. De manier waarop deze specifieke magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd. DNV GL is aangemerkt als 'bureau waarvan bekend is dat het ervaring heeft met zoneberekeningen volgens de handreiking'.

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening, zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn.

Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

4 SITUATIESCHETS

De situatie van het 150 kV opstijgpunt 1066 is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1 Overzicht 150 kV opstijgpunt 1066

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL

De berekeningen voor het opstijgpunt 1066 zijn uitgevoerd conform

- RIVM Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen versie 4.0, 3 november 2014
- Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse-kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie 14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de gestuurde boringen, indien van toepassing, niet zijn beschouwd maar als open ontgraving worden meegenomen. De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

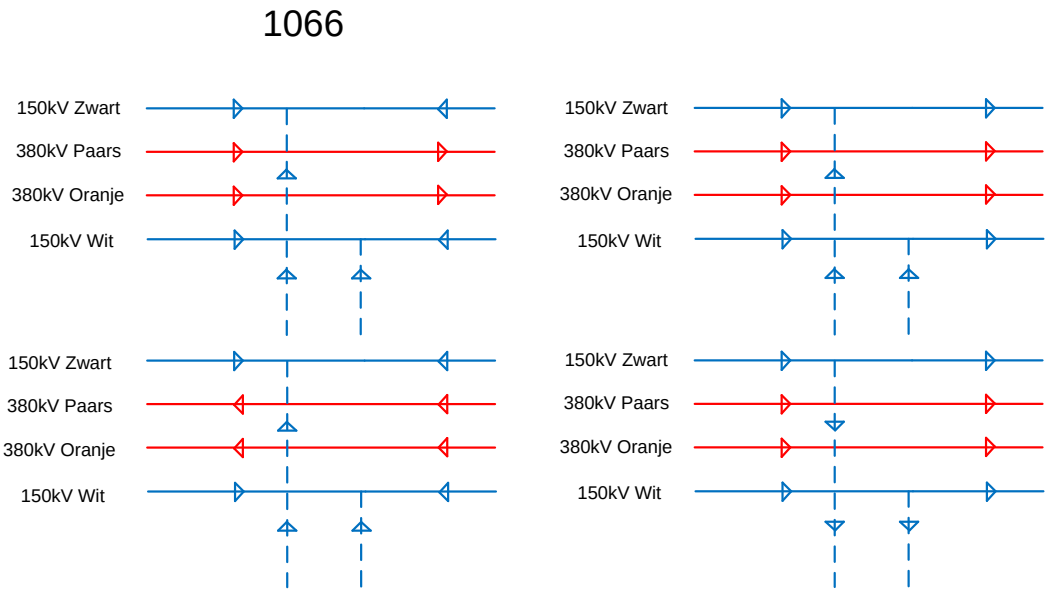
6 RESULTAAT BEREKENINGEN

In onderstaande figuren zijn de "Cumulatieve magneetvelden" 0,4 microteslacontour van opstijgpunt 1066 weergegeven.



Figuur 2: Weergave "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microteslacontour opstijgpunt 1066

APPENDIX A
BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN



Figuur 3: Berekende situaties van de stromen OSP 1066

APPENDIX B
0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN OPSTIJGPUNT 1066 VOOR ALLE SITUATIES



Figuur 4: weergave alle contouren "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microtesla opstijgpunt 1066

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV opstijgpunt 1104

TenneT T.S.O. B.V.

Document nr.: 15-1639 V2.0
Datum: 2015-09-17



BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep or diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.2 Disclaimer 2

3 ACHTERGRONDINFORMATIE 3
3.1 Magnetische velden en gezondheid 3
3.2 Rijksbeleid 3
3.3 Zoneberekening 3

4 SITUATIESCHETS 5

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL 6

6 RESULTAAT BEREKENINGEN 6

Appendix A BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN
Appendix B 0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN OPSTIJGPUNT 1104 VOOR ALLE BEREKENDE SITUATIES

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate 150 kV kabelverbindingen.

Aanleiding voor deze magneetveldberekening is het geplande 150 kV opstijgpunt 1104 ter hoogte van station Rilland 380 kV.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningsstations. Voor het traject Randstad 380 zijn echter aanvullende afspraken gemaakt voor het toepassen van het voorzorgbeleid op hoogspanningskabels en -stations die horen bij dit traject. Hierbij zijn ook afspraken gemaakt hoe de magneetveldcontouren kunnen worden uitgerekend voor hoogspanningsstations. Op verzoek van TenneT is berekend hoe breed de 0,4 microtesla contouren zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op het 150 kV opstijgpunt 1104.

De in dit rapport opgenomen berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels die gecombineerd lopen met bovengrondse hoogspanningslijnen en de afspraken die gemaakt zijn voor onderstations in Randstad 380.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

2 INLEIDING

Dit document betreft een onderzoek naar de magneetveldcontouren van het geplande 150 kV opstijgpunt 1104 (OSP 1104).

Dit nieuwe opstijgpunt is onderdeel van de geplande Zuid-West 380 kV West verbinding tussen Borssele en Tilburg.

In dit document zijn de resultaten van de berekeningen van 0,4 microtesla (µT) contour rond opstijgpunt 1104 beschreven.

In hoofdstuk 3 is achtergrondinformatie over gezondheidsaspecten van magnetische velden van hoogspanningslijnen opgenomen. Tevens is het huidige beleid van de Nederlandse overheid ten aanzien van hoogspanningslijnen kort samengevat. Hoofdstuk 4 bevat een situatieschets van het opstijgpunt. In hoofdstuk 5 worden de modellering en de uitgangspunten weergegeven die zijn toegepast voor de berekening. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in hoofdstuk 6. Aanvullende toegepaste informatie is opgenomen in de bijlagen.

2.1 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de berekende jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla. Ondanks dat dit beleid niet van toepassing is op hoogspanningsstations en ondergrondse kabels in het algemeen, is voor het traject Randstad 380 kV berekend wat de magneetveldcontouren zullen zijn voor de onderstations en ondergrondse kabels.

TenneT heeft aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla contouren van opstijgpunt 1104. De berekening van deze 0,4 microteslacontouren dient hierbij gebaseerd te zijn op de rekenmethode die van toepassing is op Randstad 380kV.

Dit rapport bevat de resultaten van de berekening van de magnetische veldsterkte van het 150kV opstijgpunt 1104.

2.2 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. In deze rapportage zijn ook de magneetveldcontouren (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones en –contouren zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones een verhoogd gezondheidsrisico te verwachten is. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGRONDINFORMATIE

Met betrekking tot de gehanteerde eenheid voor de sterkte van het magnetisch veld geldt dat de magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in Ampère per meter (A/m); de eenheid microtesla (µT) is de eenheid van de magnetische fluxdichtheid. In de praktijk wordt de microtesla echter beschouwd als maat voor de sterkte van het magnetische veld. Om verwarring te voorkomen wordt in dit rapport over magnetische veldsterkte gesproken (uitgedrukt in µT), daar waar de fluxdichtheid bedoeld wordt.

3.1 Magnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (maar wel boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kunnen die velden leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijk extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond en recent onderzoek uit Denemarken en het Verenigd Koninkrijk laat geen verhoogd gezondheidsrisico meer gezien. Uit het wetenschappelijk onderzoek mag dus niet (omgekeerd en in het algemeen) geconcludeerd worden dat kinderen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen of daar langdurig verblijven een verhoogd gezondheidsrisico hebben.

3.2 Rijksbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van VROM in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies raadt VROM aan zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van VROM een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Zoneberekening

In het advies wordt de 'specifieke magneetveldzone' gedefinieerd: dit is de zone aan weerszijden van een hoogspanningslijn waar de magnetische veldsterkte gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4

microtesla, of dat in de toekomst kan worden. De manier waarop deze specifieke magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd. DNV GL is aangemerkt als 'bureau waarvan bekend is dat het ervaring heeft met zoneberekeningen volgens de handreiking'.

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening, zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn.

Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

4 SITUATIESCHETS

De situatie van het 150 kV opstijgpunt 1104 is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht 150 kV opstijgpunt 1104

5 UITGANGSPUNTEN REKENMODEL

De berekeningen voor het opstijgpunt 1104 zijn uitgevoerd conform:

- RIVM Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen versie 4.0, 3 november 2014
- Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse-kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie 14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de gestuurde boringen, indien van toepassing, niet zijn beschouwd maar als open ontgraving worden meegenomen. De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

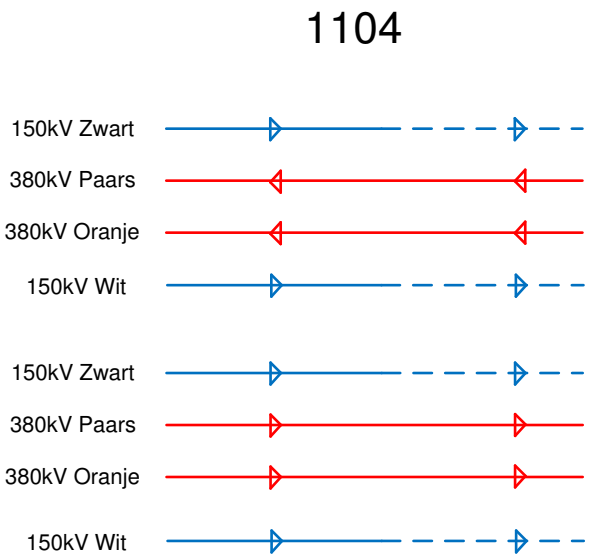
6 RESULTAAT BEREKENINGEN

In Figuur 2 is de "Cumulatieve magneetvelden" 0,4 microteslacontour van opstijgpunt 1104 weergegeven.



Figuur 2: Weergave "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microteslacontour opstijgpunt 1104

APPENDIX A
BEREKENDE SITUATIES VAN STROMEN



Figuur 3: Berekende situaties van de stromen OSP 1104

APPENDIX B
0,4 MICROTESLA CONTOURLIJNEN OPSTIJGPUNT 1104 VOOR ALLE BEREKENDE SITUATIES



Figuur 4: Weergave alle contouren "Cumulatieve magneetveld" 0,4 microtesla opstijgpunt 1104

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV kabelverbinding Willem Anna Polder

TenneT TSO B.V.

Rapport nr.: 14-2974 V1.0
Datum: 2015-06-30



BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep of diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2014-10-30	First issue	H. Vos	G.E. Tap	A. Van der Wal
1	2015-06-30	RFC01 verwerkt	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Situatieschets 2
2.2 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.3 Disclaimer 3

3 ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN 4
3.1 Elektromagnetische velden en gezondheid 4
3.2 Rijksoverheidsbeleid 4
3.3 Berekening specifieke magneetveldzone bij hoogspanningslijnen 5
3.4 Berekening 0,4 microteslazone bij hoogspanningskabels 5

4 RESULTATEN 0,4 MICROTESLAZONES 6

5 CONCLUSIES 7

6 REFERENTIES 8

Appendix A Akkoord uitgangspunten
Appendix B 0,4 Microteslazones op (deel)plattegronden

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla, conform de Europese aanbevelingen uit 1999 die in Nederland als advies zijn overgenomen. Dat betekent dat boven kabels de magnetische veldsterkte, ook bij 100% belasting van de kabels, niet boven deze waarde mag komen.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningskabels. Op verzoek van TenneT is echter berekend hoe breed de 0,4 microtesla-zones zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op deze ondergrondse hoogspanningskabelverbinding. Deze berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels, wanneer het voorzorgbeleid ook voor kabels zou gelden. Deze afspraken waren alleen van toepassing verklaard op de verbinding Randstad380 maar worden ook toegepast voor Zuid-West 380kV West.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

Uit de berekeningen volgde voor kabelverbinding Willem Anna Polder:

- voor het grootste deel van het tracé (alle rechte stukken kabel met open ontgraving) geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone een breedte heeft van circa 2x18 meter uit het hart van de kabel. De specifieke magneetveld-zone bedraagt daarom 20 meter aan iedere kant van de hartlijn recht boven het kabeltracé
- nabij hoeken in het kabeltracé en overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de breedte van de specifieke magneetveld-zone een grillig verloop hebben en plaatselijk breder zijn dan 2x20 meter. Voor details wordt verwezen naar de bij dit rapport geleverde digitale tekeningen (dxf-files) van de zoneberekeningen.

2 INLEIDING

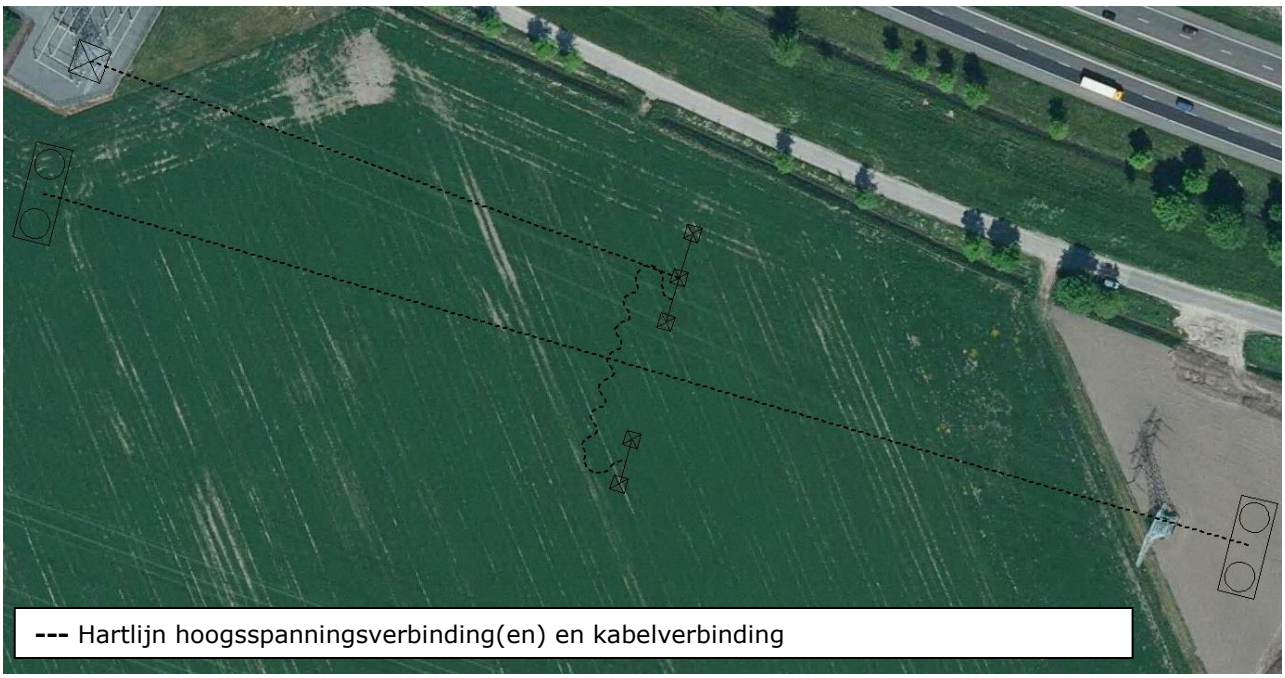
2.1 Situatieschets

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg, genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met het bestaande tracés.

De Zuid-West 380kV West hoogspanningsverbinding bestaat uit een 5-tal deelgebieden. Voor twee deelgebieden, te weten deelgebied 1 (DT1) en 2 (DT2), worden op aanvraag van TenneT magneetveldzoneberekeningen uitgevoerd.

Het betreft hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabel verbindingen, zoals opgegeven door TenneT. Voor de duidelijkheid wordt in dit rapport voor de kabelverbinding de term 0,4 microteslazone gehanteerd in plaats van de term “magneetveldzone”. Daarnaast word alleen de kabelverbinding beschouwd en niet in combinatie met bovengrondse hoogspanningsverbinding.

Eén van deze aanpassingen is een nieuwe 150 kV-kabelverbinding “Willem Anna Polder”, zie figuur 1. Deze kabelverbinding, circa 87 meter lang, zal worden aangelegd door middel van open ontgraving.



Figuur 1 Schematisch overzichtssituatie nieuwe 150 kV-kabelverbinding Willem Anna Polder samen met nieuwe en bestaande hoogspanningsverbinding.

2.2 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone

is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla of dat in de toekomst kan worden. Hoewel dit beleid niet van toepassing is op ondergrondse kabelverbindingen, heeft TenneT aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla-zones van de geplande kabelverbinding.

Dit rapport bevat zowel de resultaten van de berekening van de maximaal mogelijke veldsterkte boven de kabels (in vergelijking met de geadviseerde grenswaarde van 100 microtesla), als de berekeningen van de 0,4 microteslazones van de 150 kV-kabelverbinding Willem Anna Polder. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten die worden gehanteerd voor de berekening van specifieke magneetveldzones van bovengrondse hoogspanningslijnen, aangevuld met uitgangspunten voor de berekening van vergelijkbare zones voor kabelverbindingen [1,2].

Omdat de gehele verbinding ondergronds zal worden aangelegd, spelen elektrische velden geen rol: de elektrische velden worden door de kabelmantel en grond boven de kabel afgeschermd.

2.3 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones gezondheidseffecten zijn te verwachten. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

De berekeningen als vermeld in deze rapportage zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Elektromagnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kan dit leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan nog lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijke extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond.

3.2 Rijksoverheidsbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van I&M (destijds Ministerie van VROM) in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van I&M een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Berekening specifieke magneetveldzone bij hoogspanningslijnen

De manier waarop deze specifieke magneetveldzone 'waar het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven de 0,4 microtesla ligt' kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd [1].

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn, tenzij het om meerdere hoogspannings-verbindingen in elkaars nabijheid gaat, dan worden de contouren berekend. Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een toekomstgerichte magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

3.4 Berekening 0,4 microteslazone bij hoogspanningskabels

De Nederlandse Rijksoverheid adviseert om bij bovengrondse hoogspanningslijnen zoveel mogelijk te vermijden dat nieuwe situaties ontstaan waarbij gevoelige bestemmingen (zoals woningen) binnen de specifieke magneetveldzone van die lijnen worden gerealiseerd. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waar de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla of dat in de toekomst kan worden. Deze zone moet worden berekend volgens een vastgestelde methode, op basis van een aantal aannames en vereenvoudigingen; het is niet mogelijk om de zone vast te stellen met behulp van metingen.

Voor andere bronnen, zoals een (ondergrondse) hoogspanningskabel, geldt het voorzorgadvies van de overheid niet. Bij de realisatie van de Zuid-West 380kV West verbinding heeft TenneT er echter voor gekozen om het voorzorgadvies ook toe te passen op de hoogspanningskabels die deel uitmaken van deze verbinding. De aannames en vereenvoudigingen in de berekeningsmethode voor specifieke magneetveldzones van hoogspanningslijnen kunnen niet rechtstreeks worden vertaald naar hoogspanningskabels. Daarom is door onder andere het RIVM en TenneT een aangepaste methodiek voor het berekenen van 0,4 microtesla-contouren van hoogspanningskabels voor het project Zuid-West 380kV West ontwikkeld. Deze aangepaste methodiek is voor de berekeningen in dit rapport gebruikt voor de 150 kV kabelverbinding Willem Anna Polder.

4 RESULTATEN 0,4 MICROTESLAZONES

De berekeningen voor kabelverbinding Willem Anna Polder is uitgevoerd op 16 oktober 2014 met handreiking RIVM versie 4.0, november 2014 als uitgangspunt indien dit tevens van toepassing zou zijn voor kabels.

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie "14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief". Bij de berekeningen zijn gestuurde boringen beschouwd als open ontgravingen De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

Resultaat berekeningen

In onderstaande Figuur 1 zijn de berekende 0,4 microtesla-zones weergegeven met behulp van roodgekleurde contouren (gesloten lijn) waarbij de hartlijn van de verbinding(en) in zwart is weergegeven (stippellijn).



Figuur 2 Willem Anna Polder Magneetveld contour 0,4 uT

Voor alle rechte stukken van het kabeltracé geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone 2x20 meter breed is, dus 20 meter aan iedere zijde van de hartlijn van het kabeltracé.

Nabij de bochten in het tracé en bij de overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de 0,4 microtesla-zone onregelmatig verlopen en plaatselijk breder zijn dan 2x20 meter. Dit is niet eenvoudig in een tabel aan te geven; bovendien betreft het onregelmatig verlopende contouren. Daarom wordt voor details binnen het tracé verwezen naar de bij dit rapport aan TenneT geleverde digitale tekeningen (dxf-files) van de magneetveldcontouren.

5 CONCLUSIES

Op verzoek van TenneT zijn de 0,4 microtesla-zones berekend van de hoogspanningskabelverbinding Willem Anna Polder, conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt voor ondergrondse hoogspanningskabels. Deze 0,4 microtesla-zones zijn niet maatgevend voor de realisatie van het hoogspanningskabeltracé, omdat het bijbehorende voorzorgbeleid van de Nederlandse overheid niet geldt voor hoogspanningskabels. De berekeningen dienen om betrokkenen meer inzicht te geven in de magnetische velden van de kabels.

Voor het grootste deel van het tracé (alle rechte stukken kabel met open ontgraving) geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone 2x20 meter bedraagt, dus 20 meter aan iedere kant van de hartlijn recht boven het kabeltracé.

Nabij hoeken in het kabeltracé en overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de magneetveldcontour een grillig verloop hebben en plaatselijk breder zijn dan 2x20 meter. Voor details wordt verwezen naar de bij dit rapport geleverde dxf-file “14-2974 Magneetveld 04uT WAP” van de zoneberekening.

6 REFERENTIES

1 Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen (G. Kelfkens en M.J.M. Pruppers). RIVM, versie 4.0, 3 november 2014.

2 Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding, RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

3 Ministerie van VROM, 2005. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief van staatssecretaris Van Geel. SAS/2005183118, oktober 2005.

4 Ministerie van VROM, 2008. Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief van Minister Cramer, 4 november 2008. DGM\2008105664.

APPENDIX A
Akkoord uitgangspunten

De uitgangspunten zijn vastgelegd in document: "14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief".

De coördinaten en klokgetallen van het kabeltracé zijn overgenomen uit tekeningnummer TE113900-D01-T01 dd. 28–04–2014.

APPENDIX B
0,4 Microteslazones op (deel)plattegronden

Op (deel)plattegronden van het geplande kabeltracé zijn de berekende 0,4 microteslazones weergegeven met behulp van rood gekleurde contouren. Binnen deze contour is de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger dan 0,4 microtesla of kan dat in de toekomst worden.

Voor meer detail met betrekking tot de ligging van de contouren bij scherpe hoeken in het tracé en bij overgangen tussen kabelconfiguraties wordt verwezen naar de bij dit rapport aan TenneT geleverde dxf-file “14-2974 Magneetveld 04uT WAP”.

DNV GL

Vanuit haar streven leven, bezit en het milieu te beschermen stelt DNV GL organisaties in staat de veiligheid en duurzaamheid van hun activiteiten te bevorderen. DNV GL biedt classificering en technische borging, naast software en onafhankelijk, deskundig advies voor de maritieme, de olie- en gas en de energiesector. Daarnaast biedt het bedrijf certificeringsservices voor klanten in uiteenlopende sectoren. DNV GL, opgericht in 1864, is actief in meer dan 100 landen over de hele wereld en telt 16.000 medewerkers, die klanten helpen richting een veiligere, slimmere en groenere wereld.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV Kabelverbinding Kruiningen

TenneT TSO B.V.

Rapport nr.: 14-3237 V1.0
Datum: 2015-06-30



BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep of diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Situatieschets 2
2.2 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 3
2.3 Disclaimer 3

3 ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN 4
3.1 Elektromagnetische velden en gezondheid 4
3.2 Rijksoverheidsbeleid 4
3.3 Berekening specifieke magneetveldzone bij hoogspanningslijnen 5
3.4 Berekening 0,4 microteslazone bij hoogspanningskabels 5

4 RESULTATEN 0,4 MICROTESLAZONES 6

5 CONCLUSIES 7

6 REFERENTIES 8

Appendix A Akkoord uitgangspunten
Appendix B 0,4 Microteslazones op (deel)plattegronden

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla, conform de Europese aanbevelingen uit 1999 die in Nederland als advies zijn overgenomen. Dat betekent dat boven kabels de magnetische veldsterkte, ook bij 100% belasting van de kabels, niet boven deze waarde mag komen.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningskabels. Op verzoek van TenneT is echter berekend hoe breed de 0,4 microtesla-zones zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op deze ondergrondse hoogspanningskabelverbinding. Deze berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels, wanneer het voorzorgbeleid ook voor kabels zou gelden. Deze afspraken waren alleen van toepassing verklaard op de verbinding Randstad380 maar worden ook toegepast voor Zuid-West 380kV West.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

Uit de berekeningen volgde voor kabelverbinding Kruiningen:

- voor het grootste deel van het tracé (alle rechte stukken kabel met open ontgraving) geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone een breedte heeft van circa 2x40 meter uit het hart van de kabel met een tegengestelde stroomrichting. De specifieke magneetveld-zone bedraagt daarom 40 meter aan iedere kant van de hartlijn recht boven het kabeltracé
- nabij hoeken in het kabeltracé en overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de breedte van de specifieke magneetveld-zone een grillig verloop hebben en plaatselijk breder zijn dan 2x40 meter. Voor details wordt verwezen naar de bij dit rapport geleverde digitale tekeningen (dxf-files) van de zoneberekeningen.

2 INLEIDING

2.1 Situatieschets

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg, genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met het bestaande tracés.

De Zuid-West 380kV West hoogspanningsverbinding bestaat uit een 5-tal deelgebieden. Voor twee deelgebieden, te weten deelgebied 1 (DT1) en 2 (DT2), worden op aanvraag van TenneT magneetveldzoneberekeningen uitgevoerd.

Het betreft hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabel verbindingen, zoals opgegeven door TenneT. Voor de duidelijkheid wordt in dit rapport voor de kabelverbinding de term 0,4 microteslazone gehanteerd in plaats van de term “magneetveldzone”. Daarnaast word alleen de kabelverbinding beschouwd en niet in combinatie met bovengrondse hoogspanningsverbinding.

Eén van deze aanpassingen is een nieuwe 150 kV-kabelverbinding “Kruiningen”, zie figuur 1. Deze kabelverbinding, circa 250 meter lang, zal worden aangelegd door middel van open ontgraving.



Figuur 1 Schematisch overzichtssituatie nieuwe 150 kV-kabelverbinding Kruiningen

2.2 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla of dat in de toekomst kan worden. Hoewel dit beleid niet van toepassing is op ondergrondse kabelverbindingen, heeft TenneT aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla-zones van de geplande kabelverbinding.

Dit rapport bevat zowel de resultaten van de berekening van de maximaal mogelijke veldsterkte boven de kabels (in vergelijking met de geadviseerde grenswaarde van 100 microtesla), als de berekeningen van de 0,4 microteslazones van de 150 kV-kabelverbinding Kruiningen. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten die worden gehanteerd voor de berekening van specifieke magneetveldzones van bovengrondse hoogspanningslijnen, aangevuld met uitgangspunten voor de berekening van vergelijkbare zones voor kabelverbindingen [1,2].

Omdat de gehele verbinding ondergronds zal worden aangelegd, spelen elektrische velden geen rol: de elektrische velden worden door de kabelmantel en grond boven de kabel afgeschermd.

2.3 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones gezondheidseffecten zijn te verwachten. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

De berekeningen als vermeld in deze rapportage zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Elektromagnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kan dit leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan nog lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijke extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond.

3.2 Rijksoverheidsbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van I&M (destijds Ministerie van VROM) in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van I&M een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Berekening specifieke magneetveldzone bij hoogspanningslijnen

De manier waarop deze specifieke magneetveldzone 'waar het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven de 0,4 microtesla ligt' kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd [1].

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn, tenzij het om meerdere hoogspannings-verbindingen in elkaars nabijheid gaat, dan worden de contouren berekend. Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een toekomstgerichte magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

3.4 Berekening 0,4 microteslazone bij hoogspanningskabels

De Nederlandse Rijksoverheid adviseert om bij bovengrondse hoogspanningslijnen zoveel mogelijk te vermijden dat nieuwe situaties ontstaan waarbij gevoelige bestemmingen (zoals woningen) binnen de specifieke magneetveldzone van die lijnen worden gerealiseerd. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waar de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla of dat in de toekomst kan worden. Deze zone moet worden berekend volgens een vastgestelde methode, op basis van een aantal aannames en vereenvoudigingen; het is niet mogelijk om de zone vast te stellen met behulp van metingen.

Voor andere bronnen, zoals een (ondergrondse) hoogspanningskabel, geldt het voorzorgadvies van de overheid niet. Bij de realisatie van de Zuid-West 380 kV West verbinding heeft TenneT er echter voor gekozen om het voorzorgadvies ook toe te passen op de hoogspanningskabels die deel uitmaken van deze verbinding. De aannames en vereenvoudigingen in de berekeningsmethode voor specifieke magneetveldzones van hoogspanningslijnen kunnen niet rechtstreeks worden vertaald naar hoogspanningskabels. Daarom is door onder andere het RIVM en TenneT een aangepaste methodiek voor het berekenen van 0,4 microtesla-contouren van hoogspanningskabels voor het project Zuid-West 380 kV West ontwikkeld. Deze aangepaste methodiek is voor de berekeningen in dit rapport gebruikt voor de 150 kV kabelverbinding Kruiningen.

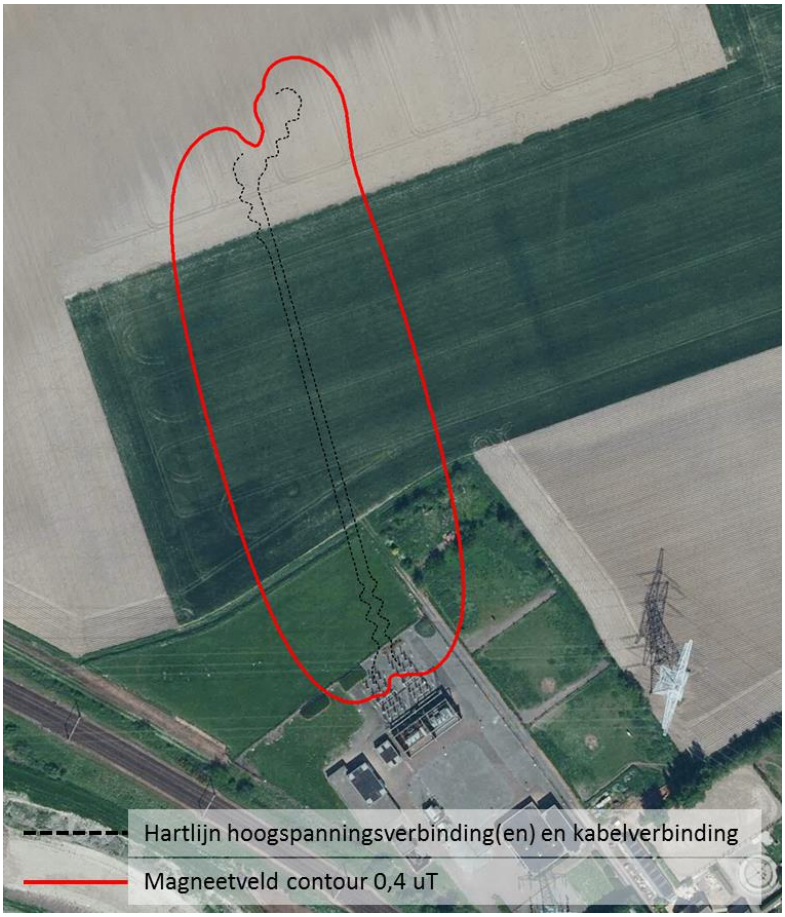
4 RESULTATEN 0,4 MICROTESLAZONES

De berekeningen voor kabelverbinding Kruiningen zijn uitgevoerd conform handreiking RIVM versie 4.0, november 2014 als uitgangspunt indien dit tevens van toepassing zou zijn voor kabels.

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie "14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief". Bij de berekeningen zijn gestuurde boringen beschouwd als open ontgravingen. De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

Resultaat berekeningen

In onderstaande Figuur 1 zijn de berekende 0,4 microtesla-zones weergegeven met behulp van roodgekleurde contouren (gesloten lijn) waarbij de hartlijn van de verbinding(en) in zwart is weergegeven (stippellijn).



Figuur 2 Kruiningen Magneetveld contour 0,4 uT

Voor alle rechte stukken van het kabeltracé geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone 2x40 meter breed is, dus 40 meter aan iedere zijde van de hartlijn van het kabeltracé.

Nabij de bochten in het tracé en bij de overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de 0,4 microtesla-zone onregelmatig verlopen en plaatselijk breder zijn dan 2x40 meter. Dit is niet eenvoudig in een tabel aan te geven; bovendien betreft het onregelmatig verlopende contouren. Daarom wordt voor details binnen het tracé verwezen naar de bij dit rapport aan TenneT geleverde digitale tekeningen (dxf-files) van de magneetveldcontouren.

5 CONCLUSIES

Op verzoek van TenneT zijn de 0,4 microtesla-zones berekend van de hoogspanningskabelverbinding Kruiningen, conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt voor ondergrondse hoogspanningskabels. Deze 0,4 microtesla-zones zijn niet maatgevend voor de realisatie van het hoogspanningskabeltracé, omdat het bijbehorende voorzorgbeleid van de Nederlandse overheid niet geldt voor hoogspanningskabels. De berekeningen dienen om betrokkenen meer inzicht te geven in de magnetische velden van de kabels.

Voor het grootste deel van het tracé (alle rechte stukken kabel met open ontgraving) geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone 2x40 meter bedraagt, dus 40 meter aan iedere kant van de hartlijn recht boven het kabeltracé.

Nabij hoeken in het kabeltracé en overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de magneetveldcontour een grillig verloop hebben en plaatselijk breder zijn dan 2x40 meter. Voor details wordt verwezen naar de bij dit rapport geleverde dxf-file “14-3237 Magneetveld 04uT Kruiningen” van de zoneberekening.

6 REFERENTIES

1 Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen (G. Kelfkens en M.J.M. Pruppers). RIVM, versie 4.0, 3 november 2014.

2 Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding, RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

3 Ministerie van VROM, 2005. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief van staatssecretaris Van Geel. SAS/2005183118, oktober 2005.

4 Ministerie van VROM, 2008. Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief van Minister Cramer, 4 november 2008. DGM\2008105664.

APPENDIX A
Akkoord uitgangspunten

De uitgangspunten zijn vastgelegd in document: "14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief".

De coördinaten en klokgetallen van het kabeltracé zijn overgenomen uit tekeningnummer TE113900-D2-T09 -15-11-2013.

APPENDIX B
0,4 Microteslazones op (deel)plattegronden

Op (deel)plattegronden van het geplande kabeltracé zijn de berekende 0,4 microteslazones weergegeven met behulp van rood gekleurde contouren. Binnen deze contour is de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger dan 0,4 microtesla of kan dat in de toekomst worden.

Voor meer detail met betrekking tot de ligging van de contouren bij scherpe hoeken in het tracé en bij overgangen tussen kabelconfiguraties wordt verwezen naar de bij dit rapport aan TenneT geleverde dxf-file “14-3237 Magneetveld 04uT Kruiningen”.

DNV GL

Vanuit haar streven leven, bezit en het milieu te beschermen stelt DNV GL organisaties in staat de veiligheid en duurzaamheid van hun activiteiten te bevorderen. DNV GL biedt classificering en technische borging, naast software en onafhankelijk, deskundig advies voor de maritieme, de olie- en gas en de energiesector. Daarnaast biedt het bedrijf certificeringsservices voor klanten in uiteenlopende sectoren. DNV GL, opgericht in 1864, is actief in meer dan 100 landen over de hele wereld en telt 16.000 medewerkers, die klanten helpen richting een veiligere, slimmere en groenere wereld.

DNV·GL

MAGNEETVELD BEREKENING

150 kV Kabelverbinding Rilland West

TenneT TSO B.V.

Rapport nr.: 14-3253 V2.0
Datum: 2015-09-04



BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de DNV GL entiteit die dit document heeft opgesteld ("DNV GL"). Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant") en wie met DNV GL een schriftelijke overeenkomst is aangegaan. Indien en voor zover de wet dat toelaat, is noch DNV GL noch enige groepsmaatschappij ("de Groep") verantwoordelijk op grond van een contract, onrechtmatige daad, nalatigheid daarbij inbegrepen, of op enige andere wijze, jegens derden (daarvan uitgezonderd de Klant). Geen van de Groep deel uitmakende entiteit is aansprakelijk voor enig verlies of schade hoe dan ook geleden als gevolg van enig handelen, nalaten of verzuim (ontstaan door onachtzaamheid of anderszins) door DNV GL, de Groep of diens medewerkers, onderaannemers dan wel agenten. De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise.

Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is veranderd. Behalve indien en voor zover een opdracht tot het verifiëren van informatie en gegevens uitdrukkelijk met de Klant is overeengekomen, is DNV GL op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev.	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	2015-03-30	Concept	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal
1	2015-06-30	RFC01 verwerkt	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal
2	2015-09-04	RFC02 verwerkt	M. Clerx	C. Stuurman	A. Van der Wal

Inhoud

1 SAMENVATTING 1

2 INLEIDING 2
2.1 Situatieschets 2
2.2 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones? 2
2.3 Disclaimer 3

3 ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN 4
3.1 Elektromagnetische velden en gezondheid 4
3.2 Rijksoverheidsbeleid 4
3.3 Berekening specifieke magneetveldzone bij hoogspanningslijnen 5
3.4 Berekening 0,4 microteslazone bij hoogspanningskabels 5

4 RESULTATEN 0,4 MICROTESLAZONES 6

5 CONCLUSIES 7

6 REFERENTIES 8

Appendix A Akkoord uitgangspunten
Appendix B 0,4 Microteslazones op (deel)plattegronden

1 SAMENVATTING

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met de bestaande 150kV tracés. De werkzaamheden hebben betrekking op zowel hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabelverbindingen.

De maximale magnetische veldsterkte waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld bedraagt 100 microtesla, conform de Europese aanbevelingen uit 1999 die in Nederland als advies zijn overgenomen. Dat betekent dat boven kabels de magnetische veldsterkte, ook bij 100% belasting van de kabels, niet boven deze waarde mag komen.

In Nederland wordt voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen een voorzorgbeleid gehanteerd, waarbij de specifieke magneetveldzone dient te worden berekend. Dit voorzorgbeleid geldt niet voor hoogspanningskabels. Op verzoek van TenneT is echter berekend hoe breed de 0,4 microtesla-zones zouden zijn als het voorzorgbeleid ook van toepassing zou zijn op deze ondergrondse hoogspanningskabelverbinding. Deze berekeningen zijn uitgevoerd conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt over de te volgen rekenmethodiek voor hoogspanningskabels, wanneer het voorzorgbeleid ook voor kabels zou gelden. Deze afspraken waren alleen van toepassing verklaard op de verbinding Randstad380 maar worden ook toegepast voor Zuid-West 380kV West.

Deze berekeningen zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

Uit de berekeningen volgde voor kabelverbinding “Rilland West”:

- voor het grootste deel van het tracé (alle rechte stukken kabel met open ontgraving) geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone een breedte heeft van circa 2x27 meter uit het hart van de kabel met een tegengestelde stroomrichting. Conform RIVM handreiking 4.0 bedraagt de specifieke magneetveld-zone 25 meter aan iedere kant van de hartlijn recht boven het kabeltracé.
- nabij hoeken in het kabeltracé en overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de breedte van de specifieke magneetveld-zone een grillig verloop hebben en plaatselijk breder zijn dan 2x27 meter. Voor details wordt verwezen naar de bij dit rapport geleverde digitale tekeningen (dxf-files) van de zoneberekeningen.

2 INLEIDING

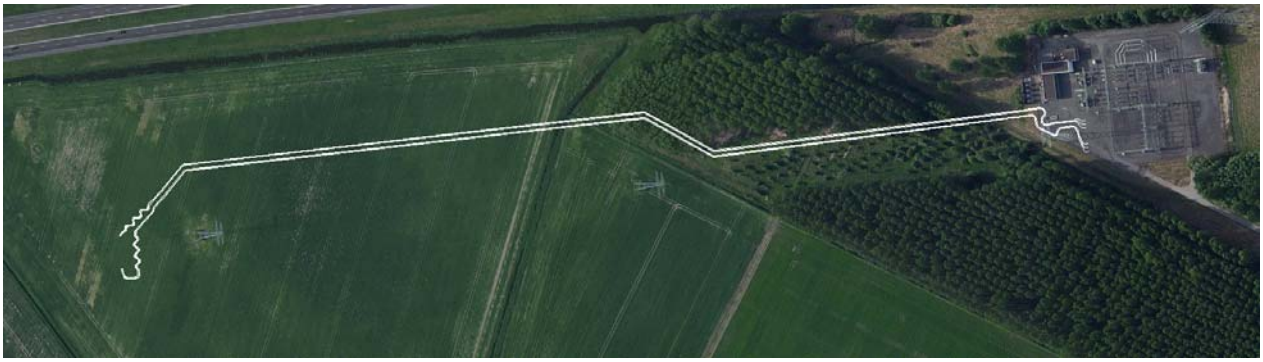
2.1 Situatieschets

TenneT is bezig met de voorbereidingen voor het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding van Borssele naar Tilburg, genaamd Zuid-West 380kV West. Een deel van dit nieuwe tracé zal worden gecombineerd met het bestaande tracés.

De Zuid-West 380kV West hoogspanningsverbinding bestaat uit een 5-tal deelgebieden. Voor twee deelgebieden, te weten deelgebied 1 (DT1) en 2 (DT2), worden op aanvraag van TenneT magneetveldzoneberekeningen uitgevoerd.

Het betreft hoogspanningsstations met aanliggende lijn- en kabelverbindingen alsook separate kabel verbindingen, zoals opgegeven door TenneT. Voor de duidelijkheid wordt in dit rapport voor de kabelverbinding de term 0,4 microteslazone gehanteerd in plaats van de term “magneetveldzone”. Daarnaast word alleen de kabelverbinding beschouwd en niet in combinatie met bovengrondse hoogspanningsverbinding.

Eén van deze aanpassingen is een nieuwe 150 kV-kabelverbinding “Rilland West”, zie figuur 1. Deze kabelverbinding, circa 780 meter lang, zal worden aangelegd door middel van open ontgraving.



Figuur 1 Schematisch overzichtssituatie nieuwe 150 kV-kabelverbinding “Rilland West”.

2.2 Waarom berekening 0,4 microtesla-zones?

Voor nieuwe situaties van gevoelige bestemmingen (woningen, scholen en kinderopvangplaatsen) bij bovengrondse hoogspanningslijnen hanteert het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een voorzorgbeleid op basis van de advieswaarde van 0,4 microtesla. Bij dit beleid hoort een vastgestelde rekenmethodiek voor de berekening van de specifieke magneetveldzone. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waarbinnen de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla of dat in de toekomst kan worden. Hoewel dit beleid niet van toepassing is op ondergrondse kabelverbindingen, heeft TenneT aangegeven dat zij inzicht wil krijgen in de 0,4 microtesla-zones van de geplande kabelverbinding.

Dit rapport bevat zowel de resultaten van de berekening van de maximaal mogelijke veldsterkte boven de kabels (in vergelijking met de geadviseerde grenswaarde van 100 microtesla), als de berekeningen van de 0,4 microteslazones van de 150 kV-kabelverbinding “Rilland West”. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten die worden gehanteerd voor de berekening van specifieke magneetveldzones van bovengrondse hoogspanningslijnen, aangevuld met uitgangspunten voor de berekening van vergelijkbare zones voor kabelverbindingen [1,2].

Omdat de gehele verbinding ondergronds zal worden aangelegd, spelen elektrische velden geen rol: de elektrische velden worden door de kabelmantel en grond boven de kabel afgeschermd.

2.3 Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen [3,4]. In deze rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" (in dit rapport: 0,4 microteslazones) berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie "*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Het feit dat in deze rapportage 0,4 microtesla-zones zijn berekend, betekent niet dat er binnen deze zones gezondheidseffecten zijn te verwachten. De 0,4 microtesla-zones geven aan binnen welke afstand van de hoogspanningsverbinding wordt aangeraden om te vermijden dat er nieuwe gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd, mits de hoogspanningsverbinding uit een bovengrondse lijn zou bestaan.

De berekeningen als vermeld in deze rapportage zijn uitsluitend bedoeld voor dit specifieke project en gelden niet als algemeen beleid.

3 ACHTERGROND EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Elektromagnetische velden en gezondheid

Bij hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden, net als overal waar elektriciteit wordt getransporteerd of gebruikt. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om wisselende velden met een frequentie van 50 Hz.

Als 50 Hz velden zeer sterk zijn, dan kunnen zenuwen worden geprikkeld, waardoor spieren ongecontroleerd kunnen gaan bewegen. Dit kan in bepaalde (arbeids)omstandigheden tot ongewenste situaties leiden, maar het leidt niet tot ziektes. Deze zeer sterke velden komen in de normale woon- of werkomgeving niet voor.

Bij minder sterke velden (boven een bepaalde waarde van de veldsterkte) kan dit leiden tot acute effecten, zoals het 'zien' van lichtflitsen. Dit effect is niet schadelijk, maar het kan wel leiden tot schrikreacties. Voor de magnetische veldsterkte heeft de Europese Commissie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden dit referentieniveau veroorzaakt het magnetische veld geen acute effecten.

Veel minder duidelijk is wat de effecten zijn van langdurige blootstelling aan nog lagere veldsterkten (beneden het referentieniveau). Onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen geeft aanwijzingen dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magnetisch veld relatief sterk is, mogelijke extra kans op leukemie lopen. Het gaat hierbij om langdurige blootstelling aan magnetische veldsterkten die gemiddeld hoger zijn dan ongeveer 0,4 microtesla. Een oorzakelijk verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen is echter niet aangetoond.

3.2 Rijksoverheidsbeleid

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het Ministerie van I&M (destijds Ministerie van VROM) in 2005 een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen.

In 2008 heeft het Ministerie van I&M een verduidelijking van het advies opgesteld; hierin worden definities en begrippen uit het advies nader toegelicht (bijvoorbeeld wat wordt verstaan onder "langdurig verblijf" en "gevoelige bestemming").

3.3 Berekening specifieke magneetveldzone bij hoogspanningslijnen

De manier waarop deze specifieke magneetveldzone 'waar het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven de 0,4 microtesla ligt' kan worden berekend, is vastgelegd in een handreiking die door het RIVM wordt beheerd [1].

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening zijn in de genoemde handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn, tenzij het om meerdere hoogspannings-verbindingen in elkaars nabijheid gaat, dan worden de contouren berekend. Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een toekomstgerichte magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid.

3.4 Berekening 0,4 microteslazone bij hoogspanningskabels

De Nederlandse Rijksoverheid adviseert om bij bovengrondse hoogspanningslijnen zoveel mogelijk te vermijden dat nieuwe situaties ontstaan waarbij gevoelige bestemmingen (zoals woningen) binnen de specifieke magneetveldzone van die lijnen worden gerealiseerd. De specifieke magneetveldzone is het gebied rond de hoogspanningslijn waar de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla of dat in de toekomst kan worden. Deze zone moet worden berekend volgens een vastgestelde methode, op basis van een aantal aannames en vereenvoudigingen; het is niet mogelijk om de zone vast te stellen met behulp van metingen.

Voor andere bronnen, zoals een (ondergrondse) hoogspanningskabel, geldt het voorzorgadvies van de overheid niet. Bij de realisatie van de Zuid-West 380kV West verbinding heeft TenneT er echter voor gekozen om het voorzorgadvies ook toe te passen op de hoogspanningskabels die deel uitmaken van deze verbinding. De aannames en vereenvoudigingen in de berekeningsmethode voor specifieke magneetveldzones van hoogspanningslijnen kunnen niet rechtstreeks worden vertaald naar hoogspanningskabels. Daarom is door onder andere het RIVM en TenneT een aangepaste methodiek voor het berekenen van 0,4 microtesla-contouren van hoogspanningskabels voor het project Zuid-West 380kV West ontwikkeld. Deze aangepaste methodiek is voor de berekeningen in dit rapport gebruikt voor de 150 kV kabelverbinding "Rilland West".

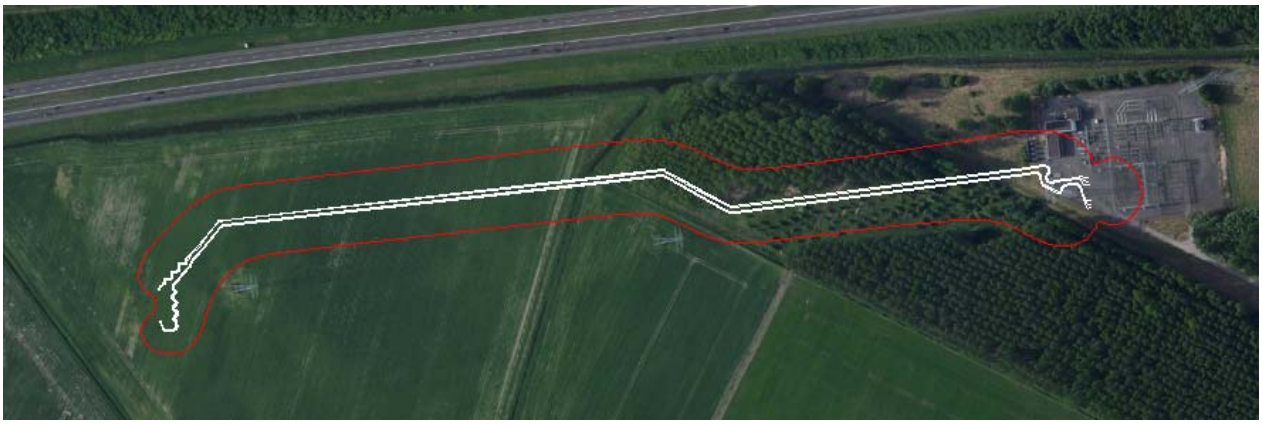
4 RESULTATEN 0,4 MICROTESLAZONES

De berekeningen voor kabelverbinding “Rilland West” zijn uitgevoerd conform handreiking RIVM versie 4.0, november 2014 als uitgangspunt indien dit tevens van toepassing zou zijn voor kabels.

Alle voor de berekeningen gebruikte uitgangspunten zijn weergegeven in het uitgangspuntendocument referentie “14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief“. Bij de berekeningen zijn gestuurde boringen beschouwd als open ontgravingen De open ontgraving is hierbij een worst case scenario t.o.v. gestuurde boring (bij gestuurde boring liggen de kabels dieper waardoor boven maaiveld een lager magneetveld ontstaat).

Resultaat berekeningen

In onderstaande Figuur 1 zijn de berekende 0,4 microtesla-zones weergegeven met behulp van roodgekleurde contouren (gesloten lijn).



Figuur 2 “Rilland West” Magneetveld contour 0,4 uT

Voor alle rechte stukken van het kabeltracé geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone 2x27 meter breed is. Conform RIVM handreiking 4.0 betekent dit een magneetveldzone van 25 meter aan iedere zijde van de hartlijn van het kabeltracé.

Nabij de bochten in het tracé en bij de overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de 0,4 microtesla-zone onregelmatig verlopen en plaatselijk breder zijn dan 2x27 meter. Dit is niet eenvoudig in een tabel aan te geven; bovendien betreft het onregelmatig verlopende contouren. Daarom wordt voor details binnen het tracé verwezen naar de bij dit rapport aan TenneT geleverde digitale tekeningen (dxf-files) van de magneetveldcontouren.

5 CONCLUSIES

Op verzoek van TenneT zijn de 0,4 microtesla-zones berekend van de hoogspanningskabelverbinding “Rilland West”, conform de afspraken die met het RIVM zijn gemaakt voor ondergrondse hoogspanningskabels. Deze 0,4 microtesla-zones zijn niet maatgevend voor de realisatie van het hoogspanningskabeltracé, omdat het bijbehorende voorzorgbeleid van de Nederlandse overheid niet geldt voor hoogspanningskabels. De berekeningen dienen om betrokkenen meer inzicht te geven in de magnetische velden van de kabels.

Voor het grootste deel van het tracé (alle rechte stukken kabel met open ontgraving) geldt dat de berekende 0,4 microtesla-zone 2x27 meter bedraagt. Conform RIVM handreiking 4.0 betekent dit een magneetveldzone van 25 meter aan iedere kant van de hartlijn recht boven het kabeltracé.

Nabij hoeken in het kabeltracé en overgangsgebieden tussen kabelconfiguraties kan de magneetveldcontour een grillig verloop hebben en plaatselijk breder zijn dan 2x27 meter. Voor details wordt verwezen naar de bij dit rapport geleverde dxf-file “74106359-005 Magneetveld 04uT Rilland west hergebruik kabelverbinding” van de zoneberekening.

6 REFERENTIES

1 Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen (G. Kelfkens en M.J.M. Pruppers). RIVM, versie 4.0, 3 november 2014.

2 Afspraken over de berekening van de “magneetveldzone” bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding, RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

3 Ministerie van VROM, 2005. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief van staatssecretaris Van Geel. SAS/2005183118, oktober 2005.

4 Ministerie van VROM, 2008. Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief van Minister Cramer, 4 november 2008. DGM\2008105664.

APPENDIX A
Akkoord uitgangspunten

De uitgangspunten zijn vastgelegd in document: “14-2628 DNV GL TenneT TSO Magneetveld onderzoek ZW380 hs-stations DT1 en 2 rev5 definitief”.

De coördinaten en klokgetallen van het kabeltracé zijn overgenomen uit tekeningnummer TE113900-D2-T19-RefB

APPENDIX B
0,4 Microteslazones op (deel)plattegronden

Op (deel)plattegronden van het geplande kabeltracé zijn de berekende 0,4 microteslazones weergegeven met behulp van rood gekleurde contouren. Binnen deze contour is de jaargemiddelde magnetische veldsterkte hoger dan 0,4 microtesla of kan dat in de toekomst worden.

Voor meer detail met betrekking tot de ligging van de contouren bij scherpe hoeken in het tracé en bij overgangen tussen kabelconfiguraties wordt verwezen naar de bij dit rapport aan TenneT geleverde dxf-file “74106359-005 Magneetveld 04uT Rilland west hergebruik kabelverbinding”.

DNV GL

Vanuit haar streven leven, bezit en het milieu te beschermen stelt DNV GL organisaties in staat de veiligheid en duurzaamheid van hun activiteiten te bevorderen. DNV GL biedt classificering en technische borging, naast software en onafhankelijk, deskundig advies voor de maritieme, de olie- en gas en de energiesector. Daarnaast biedt het bedrijf certificeringsservices voor klanten in uiteenlopende sectoren. DNV GL, opgericht in 1864, is actief in meer dan 100 landen over de hele wereld en telt 16.000 medewerkers, die klanten helpen richting een veiligere, slimmere en groenere wereld.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

> Retouradres Postbus 1 3720 BA Bilthoven

Ministerie van Infrastructuur en Milieu
DG Rijkswaterstaat, Directie Netwerk Ontwikkeling

Postbus 20906
2500 EX DEN HAAG

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

KvK Utrecht 30276683

T 030 274 91 11

F 030 274 29 71
info@rivm.nl

Ons kenmerk
135/2015 DMG BL/MP/afz

Behandeld door
Mathieu Pruppers
DMG

T 030-2743577
F 030-2744451
mathieu.pruppers@rivm.nl

Datum 24 augustus 2015
Betreft Beoordeling Petersburg rapport Zuid-West 380kV West Deeltracés 1 en 2

Geachte heer

Hierbij stuur ik u de beoordeling van het Petersburg rapport getiteld: 'Specifieke Magneetveldzone Zuid-West 380kV West Deeltracés 1 en 2' (referentie TE120100-R15 MP, versie 1.2, 19 augustus 2015). Het rapport beschrijft de berekening van de specifieke magneetveldzone voor de bovengrondse 380 kV hoogspanningsverbinding tussen Borssele en Rilland. Deze verbinding is gedeeltelijk gecombineerd met bestaande hoogspanningsverbindingen.

De beoordeling heeft plaatsgevonden volgens versie 4.0 (3 november 2014) van de Handreiking van het RIVM. Het rapport is in digitale vorm van TenneT ontvangen op 20 augustus 2015 (bestand: 000.145.20 0374174 M-veld berekening lijn TE.pdf).

De beoordeling is door het RIVM uitgevoerd ten laste van project 'Magneetvelden Hoogsp.lijnen RIP' (M/290002/15/BB).

Hierbij verklaar ik dat het bovengenoemde rapport van Petersburg in overeenstemming is met versie 4.0 van de Handreiking van het RIVM.

AL 683 - 32*1PL

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
De Minister van Economische Zaken
de heer H.G.J. Kamp
Postbus 20101
2500 EC DEN HAAG

DATUM 20 maart 2015
ONZE REFERENTIE
BEHANDELD DOOR
TELEFOON DIRECT

BETREFT Actualisatie van visie op ondergrondse aanleg 380kV

Geachte heer Kamp,

In 2008 heeft TenneT aangegeven maximaal 20 km 380 kV-kabel verantwoord in het Nederlandse, vermaasde hoogspanningsnet ondergronds aan te kunnen leggen. Dit vanwege de specifieke eigenschappen van een 380 kV-wisselstroomkabel en het ontbreken van voldoende (internationale) ervaring met het systeemgedrag van zo'n kabel. De tracélengte van 20 km - met een totale kabellengte van 240 km - was op dat moment op de grens van wat wereldwijd in de praktijk was beproefd. Bij het opstellen van Rijksinpassingsplannen voor de aanleg van nieuwe 380 kV-verbindingen is sindsdien deze 20 km als landelijk maximum gehanteerd. De Raad van State heeft dit uitgangspunt bekrachtigd.
TenneT heeft zeer recent haar visie op de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabel geactualiseerd en is tot de conclusie gekomen dat de 20 km onder bepaalde condities niet meer als strikt maximum hoeft te worden gehanteerd. In deze brief geven wij onze geactualiseerde visie weer en gaan wij in op de achtergronden hiervan. Wij zijn uiteraard bereid dit beleid nader toe te lichten en verder te bespreken.

Aanleiding, bronnen en status
Parallel aan de beslissing om 20 km 380 kV-kabel te installeren in de Randstad startte TenneT samen met de technische universiteiten van Delft en Eindhoven in 2009 een onderzoeks- en monitoringprogramma. Dit om beter inzicht te krijgen in het elektrotechnische systeemgedrag en de impact van een 380 kV-kabel op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het net. Het huidige programma heeft vooralsnog een looptijd tot 2018.
Eind 2014 zijn de eerste resultaten van het programma vrijgekomen. TenneT heeft deze resultaten samen met onderzoek van externe deskundigen gebruikt voor een tussentijdse analyse. Deze was mede nodig vanwege technische vragen over ondergrondse aansluitleidingen en kwam in een stroomversnelling doordat TenneT behoefte had aan een standpunt betreffende de mogelijkheden van ondergrondse aanleg van 380 kV-verbindingen in Duitsland. De Duitse overheid heeft bij wet de mogelijkheid geopend om enkele pilotprojecten met ondergrondse aanleg van 380 kV te ontwikkelen, als onderdeel van nieuwe verbindingen

die nodig zijn voor de realisatie van de Energiewende (Energieleitungsausbaugesetz, EnLAG[1]). Regionale overheden verlangen vervolgens - in het kader van vergunningverlening - daadwerkelijke uitvoering van deze pilots. De facto leidt dit voor de hoogspanningsnetbeheerders in Duitsland tot een verplichting om de pilots uit te voeren. Met een aanvullend wetsvoorstel, dat waarschijnlijk op 25 maart a.s. in het Kabinet wordt behandeld, worden extra pilotprojecten aangewezen, bovenop de vier die al in de EnLAG worden genoemd. Hoewel niet is vastgelegd hoe lang de kabels per pilot moeten zijn, ziet het er naar uit dat de totale tracélengte van ondergrondse 380 kV-wisselstroomkabel in het Duitse net - mede door de extra pilotprojecten - binnen afzienbare tijd zal oplopen van 0 km naar circa 50 km in totaal. De analyse van de onderzoeksresultaten die TenneT heeft gedaan maakt het mogelijk om een gefundeerd standpunt ten aanzien van deze ontwikkeling in Duitsland te bepalen en biedt daarnaast nieuwe perspectieven voor het beleid in Nederland.

Deze analyse moet worden gezien als een tussenstap. Het lopende onderzoek in het Randstad-project moet zonder meer worden voortgezet. Momenteel is nog slechts 10 km van de geplande 20 km kabel in het Randstad 380 kV-project in bedrijf en de belasting van deze 10 km kabel is nog niet op het uiteindelijk geplande niveau. Om beter inzicht te krijgen in het gedrag van een kabel in een 380 kV-net is het nog steeds essentieel om praktijkervaring op te doen en het onderzoek voort te zetten totdat de 20 km in zijn geheel is geïnstalleerd en enige tijd volledig in bedrijf is.
Aanvullend zal TenneT bij de ontwikkeling van pilot-kabelprojecten in Duitsland wetenschappelijke ondersteuning vragen van het Universiteit van Hannover, de Technische Universiteit van Delft en de kabelvereniging Europacable.

Voorlopige onderzoeksresultaten elektrotechnische parameters: harmonische impedantie in combinatie met de resonantiefrequentie meest kritische factor
Uit de momenteel beschikbare onderzoeksresultaten komt naar voren dat de harmonische impedantie in combinatie met de resonantiefrequentie een belangrijke rol speelt voor de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het hoogspanningsnet. Dit is het meest kritische elektrotechnische fenomeen als het gaat om inpassing van ondergrondse kabels. Resonantie is een trillingsverschijnsel dat in het net kan leiden tot overspanningen. Die overspanningen kunnen beschadiging en/of uitval van de kabel en van netcomponenten op stations tot gevolg hebben met stroomstoringen als resultaat.
Het blijkt dat de maximaal aanvaardbare kabellengte in een 380 kV-verbinding sterk gerelateerd is aan parameters die de harmonische impedantie bepalen. Vanuit elektrotechnisch perspectief lijkt er dus een duidelijke maatstaf te zijn voor de acceptabele kabellengte, zij het dat het intensief onderzoek vergt om de *waarde* van deze parameters per geval te bepalen. Deze waarden worden bijvoorbeeld beïnvloed door kabels die elders in het net zijn aangelegd. Daarnaast zal een nieuwe kabel invloed hebben op het gedrag van bestaande kabels en ook met dàt aspect zal rekening moeten worden gehouden. Het bepalen van de maximaal aanvaardbare kabellengte vergt dan ook voor iedere potentiële kabelverbinding een uitvoerige studie waarbij de onderlinge invloed met reeds aanwezige kabels in het net moet worden onderzocht en waarin verwachte toekomstige ontwikkelingen moeten worden betrokken.

[1] Zie: http://www.gesetze-im-internet.de/enlag/index.html

De beïnvloeding vanuit andere delen van het net is sterker dan tot voor kort werd verwacht. Het maximum van 20 km 380 kV-kabel heeft altijd betrekking gehad op kabels in het vermaasde net. Punt-tot-punt-verbindingen, waarmee grootschalige elektriciteitsproductie-faciliteiten zijn aangesloten op het vermaasde hoogspanningsnet, zouden in beginsel altijd ondergronds kunnen worden aangelegd. Inmiddels is gebleken dat ook dergelijke punt-tot-punt kabelverbindingen van invloed zijn op de harmonische impedantie in het aangrenzende, vermaasde net. Bij een situatie-specifiek onderzoek naar de mogelijkheden voor het ondergronds aanleggen van een deel van een verbinding zal TenneT dan ook rekening moeten houden met de mogelijkheid dat één of meer elektriciteitsproducenten op termijn een kabelaansluiting zullen aanvragen.

Een andere toekomstige ontwikkeling die TenneT in dergelijke studies moet betrekken is de reductie van elektriciteitsopwekking door conventionele centrales als gevolg van de energietransitie. In tegenstelling tot conventionele generatoren leveren windparken en zonne-energie een geringe bijdrage aan het kortsluitvermogen. Samen met de toename van de ondergrondse netdelen zorgt dit voor een grotere kans op het vóórkomen van ongewenste resonanties. Dit fenomeen is zeer lastig met maatregelen terug te dringen. De energietransitie zal de mogelijkheden voor ondergrondse aanleg dus beperken en ook daarmee moet in de bedoelde, situatie-specifieke studies rekening worden gehouden.

De mogelijkheden voor het toepassen van ondergrondse 380 kV-kabels zijn dus mede afhankelijk van de huidige en toekomstige complexiteit en het gebruik van het hoogspanningsnet. Vanzelfsprekend betekent dit onder andere dat in een groter gebied waarschijnlijk meer kilometers kabel mogelijk zijn dan in een kleiner gebied, maar de essentie van de bevindingen is, dat de mogelijkheden voor kabels per project moeten worden bestudeerd.

Behalve de harmonische impedantie zijn er nog andere elektrotechnische verschijnselen die bij 380 kV-kabels voor risico's of suboptimale situaties zorgen, maar deze blijken te kunnen worden ondervangen door aanvullende maatregelen. Zo is bevestigd dat bij een relatief lange 380 kV-kabel op één of meer plaatsen op het tracé bovengrondse blindstroomcompensatiespoelen zullen moeten worden geïnstalleerd om de transportcapaciteit van de kabel optimaal te kunnen blijven benutten.

Betrouwbaarheid en beschikbaarheid blijft van primair belang

Naast de elektrotechnische aspecten blijft de beschikbaarheid van het hoogspanningsnet een zeer belangrijke en in sommige gevallen doorslaggevende factor van betekenis. Kabels hebben een significant langere reparatietijd in vergelijking met bovengrondse lijnen (de storingsduur van een 380 kV-kabel is ordegrootte 3 weken). Dit is niet alleen te wijten aan de ondergrondse ligging, maar ook aan de grotere systeemcomplexiteit en het grotere aantal componenten (bijv. compensatiespoelen). Daarbij is het ook moeilijker om (snel) een storingsoorzaak op te sporen.

Gezien dit leveringszekerheidsrisico is het zaak om de systeemcomplexiteit niet onnodig te vergroten. Zo zou bijvoorbeeld moeten worden voorkomen dat bovengrondse en ondergrondse tracés elkaar binnen één

verbinding op korte afstand afwisselen. Dit kan worden bereikt door een uitgangspunt vast te stellen voor de minimale lengte die een kabeltracé zou moeten hebben.

Verder is het van belang om vast te stellen dat de extra leveringszekerheidsrisico's van een kabel bij cruciale verbindingen in het net zeer ongewenst zijn. TenneT rekent de verbindingen met het buitenland in ieder geval onder die cruciale verbindingen. De gezamenlijke Europese hoogspanningsnetbeheerders (ENTSO-E) hebben onderlinge gedragsregels afgesproken die inhouden dat zij elkaar enerzijds zullen assisteren bij het oplossen van calamiteiten en dat zij elkaar anderzijds zoveel mogelijk zullen behoeden voor onderbrekingen. Dat houdt in, dat interconnectoren bij uitstek robuust en stabiel moeten zijn. Daarom acht TenneT het zeer ongewenst om in grensoverschrijdende wisselstroomverbindingen ondergrondse kabels op te nemen.

Ook de landelijke 380 kV-ring is van cruciaal belang; als ruggengraat van de landelijke stroomvoorziening, maar ook als onderdeel van het grote Europese hoogspanningsnet. Daarom vindt TenneT het eveneens zeer ongewenst om in deze ring één of meer kabeltracés op te nemen.

Geactualiseerde inzichten

Verkabeling van 380 kV blijft een zeer complexe aangelegenheid. Wèl lijkt er situationeel inmiddels meer mogelijk dan de 20 km die enkele jaren geleden als voorlopig maximum is bepaald. Voorzichtigheid blijft echter geboden; de leveringszekerheid blijft immers voorop staan. Daarmee rekening houdend zoekt TenneT de grenzen op van wat haalbaar en verantwoord is. Dat leidt tot de volgende geactualiseerde inzichten:

- Op cruciale verbindingen, zoals met name de interconnectoren en de landelijke 380 kV-ring, is het vanuit het oogpunt van leveringszekerheid zeer ongewenst om ondergrondse kabels aan te leggen.
- Om de systeemcomplexiteit te beperken moet worden voorkomen dat binnen één verbinding ondergrondse kabel en bovengrondse lijn elkaar op korte afstand verschillende keren afwisselen.
- De huidige limiet van 20 km 380 kV-kabel hoeft waarschijnlijk niet meer als zodanig te worden gehanteerd. TenneT zal - in overleg met u en met uw collega van I&M - situatie-specifieke studies doen om na te gaan of aanvullend op de geplande 20 km in de Randstad gedeeltelijke ondergrondse aanleg bij sommige projecten mogelijk is. TenneT houdt er rekening mee, dat de huidige lengte van 20 km mogelijk kan worden verdubbeld, mits de kabeltracés geografisch worden gespreid.

Overigens realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk een kabel wordt aangelegd of niet. U en uw collega van I&M zullen immers een brede afweging maken als bevoegd gezag voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling en daarbij bijvoorbeeld ook milieuaspecten in beschouwing nemen evenals de (substantieel hogere) kosten van verkabeling.

Zoals reeds gemeld zal de Duitse regering waarschijnlijk op 25 maart a.s. een ontwerpwet behandelen die de Duitse TSO's de facto verplicht om een aantal extra pilotprojecten uit te voeren op het gebied van ondergrondse aanleg van 380 kV-verbindingen. TenneT is voornemens om daar op te reageren op basis van de hierboven beschreven, geactualiseerde visie. Deze visie zal spoedig bekend worden gemaakt.

Omdat u - samen met uw collega van I&M - als bevoegd gezag binnen de Rijkscoördinatieregeling uiteindelijk besluit over het al dan niet inlassen van kabeltracés in nieuwe 380 kV-verbindingen, vinden wij het van belang om overleg met u of met uw ministerie te hebben over de bovengenoemde ontwikkelingen.

Wij zijn dan ook graag bereid tot nadere toelichting en overleg.

Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Voorzitter van de Tweede Kamer
der Staten-Generaal
Binnenhof 4
2513 AA 's-GRAVENHAGE

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energiemarkt

Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag

Overheidsidentificatienr

T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/ez

Ons kenmerk

Bijlage(n)
1

Datum 2 april 2015
Betreft Ondergrondse aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen

Geachte Voorzitter,

Op verschillende plaatsen in Europa wordt gewerkt aan (het voorbereiden van) de aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen. Bij veel projecten vragen omwonenden om delen van de verbinding ondergronds aan te leggen. Het kabinet hanteert bij wijze van proef een maximum van 20 kilometer 380 kV-tracé dat ondergronds mag worden aangelegd. Deze proef gaat vergezeld van een monitorings- en evaluatieprogramma. Daarnaast kijk ik naar de ontwikkelingen in het buitenland op dit gebied. Hierbij informeer ik uw Kamer over actuele ontwikkelingen met betrekking tot het ondergronds aanleggen van nieuwe hoogspanningsverbindingen.

Wisselstroom bovengronds

Het Nederlandse hoogspanningsnetwerk is een van de meest betrouwbare elektriciteitsnetwerken in de wereld met een betrouwbaarheid van 99,99%. Hoogspanningsverbindingen van 220 kV en meer zijn de ruggengraat van ons elektriciteitsnetwerk en vormen de hoofdsnelwegen van elektriciteit in ons land en in Europa. In het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III) is als uitgangspunt neergelegd dat nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220 kV en meer bovengronds worden aangelegd. De leveringszekerheid is leidend geweest bij het neerleggen van dit principe. Er is wereldwijd weinig ervaring met het ondergronds aanleggen (verkabelen) van 380 kV-verbindingen in de kransslagaders van nationale elektriciteitssystemen. Bekend is dat een ondergrondse kabel zich elektrotechnisch gezien anders gedraagt dan een bovengrondse lijn en dat de tijd dat een ondergronds aangelegd circuit na een storing uit bedrijf is, varieert tussen de 48 uur en 20 dagen. Voor een bovengrondse verbinding varieert de reparatieduur tussen de 8 en 48 uur. Daarnaast is het ondergronds aanleggen van een 380 kV-verbinding een factor 5 duurder dan het bovengronds bouwen van dezelfde hoogspanningsverbinding met vakwerkmasten.

In 2008 is via een partiële wijziging van het Tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening mogelijk gemaakt, dat delen van een 380 kV-verbinding ondergronds worden aangelegd (kamerstukken II, 2007-2008, 30892, nr. 14). Deze wijziging houdt concreet in dat in totaal 20 kilometer 380 kV-tracé

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energiemarkt

Ons kenmerk
DGETM-EM / 15042423

ondergronds mag worden aangelegd als proef. Dat komt overeen met het ondergronds aanleggen van 240 kilometer 380 kV-kabel. Deze 20 kilometer wordt toegepast op delen van het tracé tussen Wateringen en Beverwijk in het Randstad 380 kV-project. De proef gaat vergezeld van een uitgebreid monitorings- en evaluatieprogramma, dat TenneT in samenwerking met de TU Delft en de TU Eindhoven uitvoert, om na te gaan hoe kabels zich ondergronds gedragen en welk effect de aanleg van ondergrondse kabels heeft op het hele nationale elektriciteitsnetwerk. Het is immers van belang dat ook met ondergrondse kabels de betrouwbaarheid van ons netwerk op het huidige niveau gehandhaafd blijft.

Duitsland
Niet alleen in Nederland maar ook in Duitsland is het als pilot mogelijk om in enkele nieuw aan te leggen projecten een deel van de 380 kV-verbinding ondergronds aan te leggen. De Duitse overheid stelt hierbij als randvoorwaarden dat het technisch mogelijk en economisch rendabel moet zijn om te verkabelen.

Naar aanleiding van signalen van TenneT dat in Duitsland nieuwe wetgeving met betrekking tot ondergronds verkabelen zou worden ingevoerd, heeft op ambtelijk niveau overleg tussen beide landen plaatsgevonden. In Duitsland is wettelijk vastgelegd dat alleen in bepaalde projecten (beperkte) delen van de nieuwe verbindingen ondergronds verkabeld mogen worden, maar dat is niet verplicht. Het is op dit moment nog niet duidelijk of en waar ondergronds verkabeld zal worden en om hoeveel kilometer tracé het daarbij zal gaan. Het blijft ook mogelijk de nieuwe verbinding helemaal bovengronds aanleggen.

De Duitse overheid heeft aangegeven dat overwogen wordt om het aantal pilots waarbij een beperkt deel van de 380 kV-verbinding verkabeld mag worden, uit te breiden. Hoewel het uitgangspunt in Duitsland net als in Nederland is dat 380 kV-verbindingen bovengronds aangelegd worden, zal het voor de zogenaamde Noord-Zuidprojecten – de hoogspanningsverbindingen van het noorden van Duitsland naar het zuiden van Duitsland – mogelijk worden om bij ruimtelijke knelpunten beperkte delen van een verbinding ondergronds aan te leggen. Met Duitsland is afgesproken om de komende jaren de ervaringen en onderzoeksresultaten van de projecten, waar een deel van de 380 kV-verbinding ondergronds wordt aangelegd, uit te wisselen om inzicht te krijgen in de gedragingen van ondergrondse 380 kV-kabels en de effecten op de systeemstabiliteit.

Tussentijdse rapportage
De eerste 10 kilometer kabel is ondergronds aangelegd in Randstad 380 kV tussen Wateringen en Bleiswijk ter hoogte van Delft en Pijnacker. De andere 10 kilometer moet nog aangelegd worden in de Randstand 380 kV-Noordring. Ik heb TenneT gevraagd om een tussentijdse rapportage van de onderzoeksresultaten naar de gedragingen van de eerste 10 kilometer kabel die ondergronds is aangelegd.

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energiemarkt

TenneT heeft mij hierover op 20 maart 2015 een brief gestuurd, welke als bijlage bij deze brief is gevoegd. De uitkomsten hiervan zijn hoopgevend.

TenneT geeft aan dat de eerste resultaten van het onderzoek indiceren dat het technisch mogelijk is om meer dan het huidige maximum van 20 kilometer ondergronds te verkabelen. Volgens TenneT dient wel per geval bekeken te worden wat mogelijk is en gelden voor de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabels strikte randvoorwaarden. Zo is het volgens TenneT zeer onwenselijk om delen van interconnectoren of de landelijke ring ondergronds te verkabelen vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese stroomvoorziening. Ik onderschrijf dit standpunt. Indien een interconnector of een deel van de landelijke ring uitvalt, kan dat zeer grote gevolgen hebben voor het hele Nederlandse en zelfs het Europese net. Recent is dit nog gebleken bij de stroomstoring in Noord-Holland en Diemen van 27 maart jl. Toepassing van ondergrondse 380 kV-kabels in genoemde cruciale verbindingen dient daarom vooralsnog vermeden te worden.

Second opinion
Een technische mogelijkheid om meer delen van nieuw aan te leggen verbindingen ondergronds te kunnen realiseren is zeer welkom. In beginsel biedt dit ruimte om moeilijke knelpunten op het gebied van de ruimtelijke ordening op te lossen. Tegelijkertijd spelen de leveringszekerheid, de kaders van SEV III en de kosten een belangrijke rol. De 220 kV- en 380 kV-verbindingen vormen de ruggengraat van ons elektriciteitssysteem en de betrouwbaarheid en leveringszekerheid daarvan hebben de hoogste prioriteit. Gelet op de grote belangen die spelen en het feit dat het nu nog om een eerste evaluatie van tussentijdse resultaten gaat, zal ik een second opinion laten uitvoeren op basis van de voorliggende onderzoeksresultaten. Ik zal een bureau vragen om de analyse van TenneT te beoordelen en daarbij de tussentijdse resultaten van de 10 kilometer ondergrondse Randstad 380 kV-verbinding te betrekken en aan te geven welke randvoorwaarden in acht genomen moeten worden bij het ondergronds verkabelen van nieuwe (delen van) 380 kV-verbindingen uit het oogpunt van leveringszekerheid.

Vanwege het cruciale belang van de landelijke ring en van interconnectoren voor de leveringszekerheid en betrouwbaarheid van de Nederlandse en de Europese energievoorziening ondersteun ik vooralsnog de beleidslijn van TenneT om interconnectoren en de landelijke ring niet ondergronds te verkabelen. Als de second opinion daar aanleiding toe geeft, zal ik mijn standpunt in deze herzien.

Vervolgstappen
Op dit moment worden voorbereidende werkzaamheden getroffen voor de aanleg van diverse nieuwe hoogspanningsverbindingen. Hieronder geef ik weer wat het gevolg kan zijn van het bovenstaande voor de verschillende projecten.

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energiemarkt

Ons kenmerk
DGETM-EM / 15042423

Doetinchem - Wesel
Op korte termijn zal ik, samen met de minister van Infrastructuur en Milieu, het inpassingsplan voor het Nederlandse deel (Doetinchem - Voorst) van de grensoverschrijdende verbinding Doetinchem - Wesel (DUI) vaststellen. Deze verbinding wordt aangelegd om de markten van Nederland en Duitsland beter aan elkaar te koppelen. De verwachting is dat dit leidt tot een reductie van de verschillen in elektriciteitsprijs tussen Duitsland en Nederland. Vanwege het cruciale belang van interconnectoren voor de Europese leveringszekerheid zal deze verbinding bovengronds worden uitgevoerd, zoals ook door TenneT wordt geadviseerd. Bovendien is tijdige realisatie van deze interconnector van groot belang voor de concurrentiepositie van het Nederlandse bedrijfsleven.

Quick scan voor Borssele - Rilland
Ik zal TenneT vragen om ten behoeve van de verbinding Zuid-West west (Borssele - Rilland) een quick scan uit te voeren om na te gaan of, aan de hand van de door TenneT zelf gestelde randvoorwaarden, er mogelijkheden zijn om eventuele knelpunten op deze verbinding ondergronds op te lossen. Hierbij wil ik aantekenen dat een uiteindelijk besluit om hier ondergrondse kabel toe te passen mede afhangt van de vraag of een knelpunt ook op een andere wijze opgelost kan worden en wat de effecten zijn op de doorlooptijd van het project. Vertraging van de aanleg van het traject Borssele - Rilland kan problematisch zijn, omdat het eerste stopcontact op zee voor windenergie aangesloten wordt op Borssele. Het stopcontact moet vanaf 2019 operationeel zijn. Hiervoor is het noodzakelijk dat de nieuwe verbinding Borssele - Rilland in bedrijf is. De planning voor deze verbinding kent daarmee een krap tijdpad.

Quick scan voor Rilland - Tilburg
Voor de verbinding Zuid-West oost (Rilland - Tilburg) zal ik eveneens aan TenneT vragen om een quick scan uit te voeren om na te gaan of er mogelijkheden zijn om knelpunten in dit tracé ondergronds op te lossen. De regio heeft voor het tracé Rilland - Tilburg een aantal alternatieve tracés voorgesteld in plaats van het huidige zuidelijke voorkeurstracé. Bij de beoordeling van de haalbaarheid van de alternatieven zal de mogelijkheid van ondergrondse verkabeling worden meegenomen. Ook in dit geval hangt het uiteindelijke besluit om ondergrondse kabel toe te passen mede af van de vraag of een knelpunt ook op een andere wijze opgelost kan worden en wat de effecten zijn op de doorlooptijd van het project.

Quick scan voor Noordwest
Voor de verbinding Noordwest (Eemshaven - Vierverlaten) zal ik TenneT vragen om door middel van een quick scan ook voor dit tracé na te gaan wat de mogelijkheden zijn om knelpunten in het tracé ondergronds op te lossen. Gezien in dit project de nieuwe 380 kV-verbinding gecombineerd zal worden met de bestaande 220 kV-verbinding en delen van de bestaande 110 kV-verbinding, en er

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energiemarkt

Ons kenmerk
DGETM-EM / 15042423

dus geen sprake is van een nieuwe doorsnijding, ligt het ondergronds brengen van deze verbinding niet voor de hand.

Samenwerking met Duitsland
Tot slot zullen de onderzoeksresultaten van zowel de ondergrondse verkabeling in de Randstad 380 kV als de ondergrondse verkabeling in Duitsland (die nog gerealiseerd moet worden) verzameld worden, zodat zo snel mogelijk in beeld is hoe ondergrondse verkabeling van 380 kV-hoogspanningslijnen de systeemstabiliteit en leveringszekerheid beïnvloeden en hoeveel kilometer in Nederland ondergronds aangelegd kan worden zonder dat de betrouwbaarheid van de energievoorziening en de leveringszekerheid negatief beïnvloed worden.

Concluderend
De uitkomsten van de tussentijdse rapportage en de analyse die TenneT naar aanleiding van deze uitkomsten heeft gemaakt, zijn hoopgevend en bieden mogelijk ruimte om in de toekomst meer kabel toe te passen bij ruimtelijke knelpunten. Echter, het huidige onderzoeksprogramma is nog niet afgerond en er is pas 10 van de maximaal 20 kilometer ondergrondse 380 kV-verbinding gerealiseerd. Ik vind het daarom belangrijk dat allereerst een second opinion wordt uitgevoerd ten aanzien van de tussentijdse resultaten. Rond de zomer hoop ik hier meer duidelijkheid over te hebben.

Lopende de second opinion, zal ik TenneT vanwege de urgentie van het traject Borssele - Rilland vragen reeds te onderzoeken in hoeverre het mogelijk is een deel van de verbinding ondergronds te brengen. Ook voor de trajecten Rilland - Tilburg en Eemshaven - Vierverlaten vraag ik TenneT een quick scan te doen naar de mogelijkheid om delen van de verbinding ondergronds te brengen. In de procedure voor de interconnector Doetinchem - Wesel ga ik uit van bovengrondse aanleg vanwege het cruciale belang van deze verbinding, zowel wat betreft de betrouwbaarheid als het tempo van realisatie omwille van de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie.

De samenwerking op energieterrein met Duitsland is de afgelopen jaren geïntensiveerd. Ook op dit terrein zal ik blijvend de samenwerking met Duitsland zoeken, onder andere door informatie ten aanzien van de gerealiseerde ondergrondse trajecten over en weer te delen.

(w.g.) H.G.J. Kamp
Minister van Economische Zaken

TenneT
Taking power further

Position Paper

Aanleg ondergrondse 220- en 380 kV-kabels



Geactualiseerde inzichten verkabelen

Aanleg ondergrondse 220- en 380 kV-kabels

In 2008 heeft TenneT aangegeven maximaal 20 km 380 kV-kabel verantwoord in het Nederlandse, vermaasde hoogspanningsnet ondergronds aan te kunnen leggen. Dit vanwege de specifieke eigenschappen van een 380 kV-wisselstroomkabel en het ontbreken van voldoende (internationale) ervaring met het systeemgedrag van zo'n kabel. De tracélengte van 20 km – met een totale kabellengte van 240 km – was op dat moment op de grens van wat wereldwijd in de praktijk was beproefd. Door verkabeling van deze 20 kilometer 380 kV-dubbel-circuit verbinding met een transportcapaciteit van 4000 Ampére plaatst Nederland zich in één keer in de wereldtop van verkabeling op 380-kV niveau. TenneT start daarbij een 10-jarig onderzoeks-programma op samen met de Technische Universiteiten van Delft en Eindhoven. Bij het opstellen van Rijksinpassingsplannen voor de aanleg van nieuwe 220/380 kV-verbindingen in het vermaasde net is sindsdien deze 20 km als landelijk maximum gehanteerd.

Situationeel meer verkabelen

Op basis van de tussentijdse resultaten van onderzoek aan de 10 km kabel die inmiddels in bedrijf is en aanvullend onderzoek van TenneT en derden heeft TenneT geconcludeerd, dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het inmiddels mogelijk is situationeel meer te verkabelen. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk een kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een brede afweging maken als bevoegd gezag voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Achtergrond

Er is brede maatschappelijke roep om nieuwe hoogspanningslijnen ondergronds aan te leggen. Dit heeft met name te maken met de zichtbaarheid van bovengrondse hoogspanning in het landschap.

- Voor 110/150 kV is het technisch mogelijk op grotere schaal te verkabelen en wordt dit ook veelvuldig gedaan.
- Voor 220/380 kV kàn en gebeurt dit slechts in zeer beperkte mate. De voornaamste redenen om ondergronds niet grootschalig toe te passen zijn:
  - Wereldwijd is er nog zeer weinig kennis en ervaring met de bedrijfsvoering van kabels in een vermaasd netwerk op 220/380kV spanningsniveau en het effect op de leveringszekerheid van het net.
  - Verder is de hersteltijd bij storingen langer dan bij bovengrondse verbindingen en is het effect van storingen op ring-verbindingen en interconnectoren van het 380/220 kV-net zeer groot.
  - Een kabel gedraagt zich elektrotechnisch anders dan een bovengrondse lijn. Voor een juiste bedrijfsvoering zijn er bij de toepassing van kabel compensatiemiddelen noodzakelijk. De grote uitdaging bij de bedrijfsvoering van een hoogspanningsnet is te zorgen voor een ononderbroken levering. De opgewekte elektrisch energie moet te allen tijde de gebruikers kunnen bereiken. Daarbij is het van belang om de hoogte van de spanning en de omvang van de transporten. Bij een overwegend boven-gronds net met minder componenten is dat eenvoudiger dan bij een ondergronds net, waaraan de noodzakelijke compensatie-middelen zijn toegevoegd.

De belangrijkste conclusies

- TenneT heeft geconcludeerd dat de tracélengte van 20 km ondergrondse 380 kV-kabel niet meer als strikte limiet hoeft te worden gehanteerd en dat situationeel kan worden bekeken of meer verkabeling van 380 kV mogelijk is.
- De resultaten en aanvullend onderzoek tonen verder aan dat verkabeling van 380 kV een zeer complexe aangelegenheid blijft. Inpassing van ondergrondse kabels in het bovengrondse hoogspanningsnet kan in sommige situaties leiden tot spanningspieken met mogelijk stroomstoringen tot gevolg. De kans op dergelijke spanningspieken neemt toe,
  - naarmate er meer kabel in het net is aangelegd. Dit geldt niet alleen voor kabels in het vermaasde net maar ook voor ondergrondse aansluitingen van productie.
  - naarmate er meer conventioneel productie-vermogen wordt vervangen door zonne- en windenergie. Per situatie zal daarom op basis van de huidige netconfiguratie en de verwachte toekomstige ontwikkelingen moeten worden bekeken of verder verkabelen mogelijk is.
- Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van onder-grondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in verbindingen, die cruciaal zijn voor de stroomvoorziening op landelijk of Europees niveau. Dit zijn in ieder geval de landelijke 380 kV-ring, interconnectoren (onderdeel Europese net) en verbindingen tussen interconnectoren en de landelijke ring. Als een interconnector door twee afzonderlijke dubbelcircuitverbindingen met de landelijke ring is verbonden zou in tenminste één daarvan geen kabel moeten worden ingepast. De langdurige storingsduur van 220/380 kV-kabels zorgt juist bij cruciale verbindingen voor ongewenste leverings-zekerheidsrisico's met mogelijke grote impact.

Waar niet verkabelen?

1. De 380 kV-ring (Diemen - Hengelo - Maasbracht - Geertruidenberg - Krimpen)
2. De grensoverschrijdende verbindingen (interconnecties met het buitenland)
3. De verbindingen tussen de 380 kV-ring en de interconnecties.

Daarbij geldt de volgende uitzondering. Indien een interconnector is verbonden met de landelijke ring door twee afzonderlijke 2-circuit-verbindingen, kan in één van beide verbindingen mogelijk wel een kabel worden toegepast mits hiervoor geen technische belemmeringen zijn.



Achtergrond huidige beleid

In Nederland geldt het beleid ‘bovengronds tenzij’. Ondergronds kan slechts overwogen worden op basis van een integrale afweging op projectniveau – voor zover dit uit oogpunt van leveringszekerheid verantwoord is – in bijzondere gevallen en met name voor kortere trajecten. Deze integrale afweging vindt bij projecten van nationaal belang plaats binnen de Rijkscoördinatieregeling (RCR). De ministers van Economische Zaken (EZ) en Infrastructuur en Milieu (IenM) zijn voor deze RCR-procedures verantwoordelijk. Dit betekent concreet dat nieuwe hoogspanningsverbindingen 220- en 380 kV standaard bovengronds worden aangelegd. Uitgangspunt hierbij is om nieuwe doorsnijdingen van het landschap zoveel mogelijk te vermijden. Waar mogelijk wordt daarom een nieuwe verbinding gecombineerd met een andere, bestaande hoogspanningslijn. Als dit niet kan, wordt geprobeerd om de nieuwe verbinding te bundelen met andere infrastructuur, zoals spoorlijnen en snelwegen.

Voor bovengrondse aanleg wordt in Nederland tegenwoordig vooral gebruik gemaakt van de nieuwe hoogspanningsmast met een kleinere magneetveldzone genaamd Wintrack.

Resultaten onderzoeksprogramma en verdere analyse

Op basis van tussentijdse resultaten aan de 10 km kabel die inmiddels in bedrijf is en aanvullend onderzoek van TenneT en derden heeft TenneT geconcludeerd, dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet en dat de 20 km onder bepaalde condities niet meer als strikt maximum hoeft te worden gehanteerd.

- Uit de momenteel beschikbare onderzoeksresultaten komt naar voren dat de harmonische impedantie in combinatie met de resonantiefrequentie een belangrijke rol speelt voor de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het hoogspanningsnet. Het is het meest kritische elektrotechnische fenomeen als het gaat om inpassing van ondergrondse kabels. Resonantie is een opslingeringsverschijnsel dat in het net kan leiden tot overspanningen (spanning gaat omhoog). Die overspanningen kunnen beschadiging en/of uitval van de kabel en van netcomponenten op stations tot gevolg hebben met stroomstoringen als resultaat.
- De harmonische impedantie wordt onder andere beïnvloed door andere kabels in het net. In een situatie-specifieke studie moet dan ook rekening worden gehouden met de invloed van bestaande (en toekomstige) kabels op de nieuwe kabel, maar ook met het effect van de nieuwe kabel op de bestaande kabels.



- De beïnvloeding vanuit andere delen van het net is sterker dan tot voor kort werd verwacht. Het maximum van 20 km 380 kV-kabel heeft altijd betrekking gehad op kabels in het vermaasde net. Punt-tot-punt-verbindingen, waarmee grootschalige elektriciteitsproductie-faciliteiten zijn aangesloten op het vermaasde hoogspanningsnet, zouden in beginsel altijd ondergronds kunnen worden aangelegd. Inmiddels is gebleken dat ook dergelijke punt-tot-punt kabelverbindingen van invloed zijn op de harmonische impedantie in het aangrenzende, vermaasde net.

- Een andere toekomstige ontwikkeling die TenneT bij situatie-specifieke studies voor mogelijk verder verkabelen moet betrekken is de reductie van elektriciteitsopwekking door conventionele centrales als gevolg van de energietransitie. In tegenstelling tot conventionele generatoren leveren windparken en zonne-energie een geringe bijdrage aan het kortsluitvermogen. Samen met de toename van de ondergrondse netdelen zorgt dit voor een grotere kans op ongewenste resonanties. Dit fenomeen is zeer lastig met maatregelen op te lossen. De energietransitie zal de mogelijkheden voor ondergrondse aanleg dus beperken en daarmee moet in de bedoelde, situatie-specifieke studies rekening worden gehouden.
- De harmonische impedantie blijkt een sleutelfactor te zijn bij het bepalen van de mogelijkheden voor ondergrondse aanleg. Bij nieuwe verbindingen moet situatie-specifiek worden onderzocht of de harmonische impedantie het toelaat om een deel van de verbinding uit te voeren als ondergrondse kabel en, zo ja, hoe lang die kabel dan zou mogen zijn.



- De mogelijkheden voor het toepassen van ondergrondse 380 kV-kabels zijn dus mede afhankelijk van de huidige en toekomstige complexiteit en het gebruik van het hoogspanningsnet. Vanzelfsprekend betekent dit onder andere dat in een groter gebied waarschijnlijk meer kilometers kabel mogelijk zijn dan in een kleiner gebied, maar de essentie van de bevindingen is, dat de mogelijkheden voor kabels per project moeten worden bestudeerd.
- Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van ondergrondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in verbindingen, die cruciaal zijn voor de stroomvoorziening op landelijk of Europees niveau. De langdurige storingsduur van 220/380 kV-kabels zorgt juist bij cruciale verbindingen voor ongewenste leverings-zekerheidsrisico's met mogelijke grote impact.

Verder onderzoek

De resultaten moeten worden gezien als een tussenstap. Het lopende onderzoek in het Randstad-project moet zonder meer worden voortgezet. Momenteel is nog slechts 10 km van de geplande 20 km kabel in het Randstad 380 kV-project in bedrijf en de belasting van deze 10 km kabel is nog niet op het uiteindelijk geplande niveau. Om beter inzicht te krijgen in het gedrag van een kabel in een 380 kV-net is het nog steeds essentieel om praktijkervaring op te doen en het onderzoek voort te zetten totdat de 20 km in zijn geheel is geïnstalleerd en enige tijd volledig in bedrijf is. Aanvullend zal TenneT bij de ontwikkeling van pilot-kabelprojecten in Duitsland wetenschappelijke ondersteuning vragen van het Universiteit van Hannover, de Technische Universiteit van Delft en de kabelvereniging Europacable.

De essentie:

- Verkabeling van 380 kV blijft een zeer complexe aangelegenheid.
- Wèl lijkt er situationeel inmiddels meer mogelijk dan de 20 km die enkele jaren geleden als voorlopig maximum is bepaald.
- Dit moet per situatie specifiek verder worden onderzocht.
- Op verbindingen, die cruciaal zijn voor de stroomvoorziening op landelijk of Europees niveau, is het vanuit het oogpunt van leveringszekerheid zeer ongewenst om ondergrondse kabels aan te leggen.
- Om de systeemcomplexiteit te beperken moet worden voorkomen dat binnen één verbinding ondergrondse kabel en bovengrondse lijn elkaar op korte afstand verschillende keren afwisselen.
- TenneT realiseert zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk een kabel wordt aangelegd of niet. De Ministers van EZ en IenM zullen immers een brede afweging maken als bevoegd gezag voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Over TenneT

TenneT is een toonaangevende Europese netbeheerder (Transmission System Operator, TSO) met haar belangrijkste activiteiten in Nederland en Duitsland. Met circa 21.000 kilometer aan hoogspanningsverbindingen zorgen we voor een betrouwbare en zekere elektriciteitsvoorziening aan de 41 miljoen eindgebruikers in de markten die we bedienen. Met 2.800 medewerkers realiseren we een omzet van 2,3 miljard euro en een totale activawaarde van 13,6 miljard euro. TenneT is een van de grootste investeerders in nationale en internationale elektriciteitsnetten op land en op zee. Onze focus ligt op het samenbrengen van de Noordwest-Europese energiemarkten en het faciliteren van de energie transitie. TenneT zet zich in om te voldoen aan de behoeften van de samenleving door verantwoordelijk, betrokken en verbonden te zijn.**Taking power further**

TenneT TSO B.V.
Utrechtseweg 310, Arnhem
Postbus 718, 6800 AS Arnhem
Telefoon 026 373 17 17
Fax 026 373 13 59
E-mail servicecentrum@tennet.eu
Twitter @tennettso www.tennet.eu

© TenneT
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt zonder uitdrukkelijke toestemming van TenneT. Aan de inhoud van dit document kunnen geen rechten worden ontleend. Maart 2015.

NOTITIE

Quick scan naar mogelijke 380 kV-verkabeling in het project Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten (EOS-VVL)

Opsteller: Projectteam Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten
Datum: 18 november 2015
Doc.nr.: 000.144.21 0366090
Versie: 2.2

Inhoud

MANAGEMENTSAMENVATTING 3

1. INLEIDING 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Project Noord-West 380 kV EOS-VVL 6
1.3 Doel document 8
1.4 Leeswijzer 8

2. ANALYSE VAN (NET)TECHNISCHE CONSEQUENTIES 9
2.1 Inleiding 9
2.2 Harmonische analyse & betrouwbaarheid 9
2.3 Conclusie 9

3. ANALYSE VAN RUIMTELIJKE CONSEQUENTIES VAN VERKABELING BINNEN EOS-VVL 11
3.1 Milieueffecten 380 kV verkabeling 11
3.2 Verkenning locaties op tracé 15
3.3 Uitwerking locaties op meerwaarde 16
3.3.1 Aansluiting Eemshaven Oudeschip 16
3.3.2 Wierde de Weer te Stedum 17
3.3.3 Westerdijkshorn 18
3.3.4 Middag-Humsterland 19
3.3.5 Westpoort 21
3.4 Uitwerking Middag Humsterland m.b.v. afwegingstabel 22

4. ANALYSE DOORLOOPTIJDEN 25
4.1 Planologie 25
4.2 Aanbesteding/inkoop 25
4.3 Realisatie 25

5. OVERWEGING 26

6. BIJLAGEN 27
6.1 Bijlage 1 27
6.2 Bijlage 2 36
6.3 Bijlage 3 43
6.4 Bijlage 4 44

Managementsamenvatting

TenneT TSO B.V. heeft in april 2015 haar visie op de aanleg van 380 kV-kabel geactualiseerd. Op basis van de tussentijdse resultaten van onderzoek aan de 10 km 380 kV-kabel die inmiddels in bedrijf is (Randstad 380 kV Zuid-ring) en aanvullend onderzoek van TenneT en derden heeft TenneT geconcludeerd, dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet met 380 kV kabels. Tot begin 2015 hanteerden de Ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu en TenneT het aantal van 20 km twee circuits 380 kV als maximum aantal kilometers dat in Nederland in het vertakte 220/380 kV-net als ondergrondse kabel kan worden aangelegd.

De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het inmiddels mogelijk is situationeel meer te verkabelen. TenneT heeft dit publiek gemaakt in een nieuwe position paper: 'Aanleg ondergrondse 220- en 380 kV-kabels[1] *en in een brief aan de Minister van Economische Zaken. De Minister heeft vervolgens via een brief de Tweede kamer ingelicht*[2]*. Hierin geeft hij aan dat hij TenneT zal verzoeken om voor de projecten ZW380 West, ZW380 Oost en NW380 EOS-VVL een quick scan op te stellen waarin vastgesteld wordt of het mogelijk is ruimtelijke knelpunten middels ondergrondse 380 kV kabels op te lossen. De quick scans van alle drie bovengenoemde projecten hebben inmiddels plaatsgevonden.*

Voor u ligt de quick scan naar mogelijke 380 kV-verkabeling in het project Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten. De quick scan bestaat uit twee delen: een (net)technisch onderdeel en een ruimtelijk onderdeel. In deze rapportage worden de resultaten van deze analyse voorgelegd. Het eerste deel is een (net)technische analyse uitgevoerd naar 380 kV verkabeling binnen de nieuwe verbinding Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten. Het tweede deel is een ruimtelijke analyse naar locaties waar mogelijk meerwaarde valt te behalen door het introduceren van 380 kV-kabel ten opzichte van een bovengrondse oplossing. De quick scan geeft antwoord op de vragen van de minister óf en wáár verkabeling mogelijk is en of het meerwaarde biedt in het project Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten.

De (net)technische analyse is gedaan door middel van een "harmonische analyse" enerzijds en een analyse naar de impact op betrouwbaarheid anderzijds. In de harmonische analyse wordt het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties onderzocht. Met betrekking tot betrouwbaarheid wordt gekeken naar de statistiek van falen en repareren van kabels versus lijnen en hoe dit de zekerheid van de energievoorziening beïnvloedt.
Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses is de conclusie dat met een grote mate van zekerheid kan worden gesteld dat het toepassen van kabel in de 380 kV-verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten niet mogelijk is.
De harmonische analyse geeft een kritische impedantiepiek van ca. 250 Ohm bij ca. 100 Hz. Via een transiënte studie zal uitsluitsel moeten worden verkregen of de geobserveerde impedantiepiek bij 100 Hz

[1] *http://www.tennet.eu/nl/nl/over-tennet/nieuws-pers-publicaties/publicaties/postion-papers.html*
[2] *http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/04/02/kamerbrief-over-ondergrondse-aanleg-van-nieuwe-hoogspanningsverbindingen.html*

niet leidt tot ongewenste overspanningen.
De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Ens naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval.

Ondanks dat uit de harmonische analyse is gebleken dat verkabelen binnen Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten met grote mate van zekerheid niet mogelijk is, is de ruimtelijke analyse wel volledig uitgevoerd. Dit als onderdeel van het verzoek van de minister.

In de ruimtelijke analyse zijn vijf locaties onderzocht waar een 380 kV-verkabeling vanuit een ruimtelijk perspectief mogelijk meerwaarde biedt. De keuze voor deze locaties is in overleg met het ministerie van Economische Zaken tot stand gekomen. Bij vier locaties is geconcludeerd dat verkabeling onvoldoende meerwaarde levert ten opzichte van het voorgenomen bovengrondse tracé. Na analyse is één locatie overgebleven waar vanuit beleids- en milieucriteria mogelijk meerwaarde is te behalen ten opzichte van een bovengronds tracé. Deze locatie is de passage van Middag Humsterland. In de analyse komt naar voren dat een verkabeling hier positieve effecten heeft op de thema's:

- *landschap (gebiedskarakteristiek openheid en zichtbaarheid)*
- *gevoelige bestemmingen*
- *ecologie (aantal draadslachtoffers en verstoring leefgebied weidevogels).*

Een verkabeling bij de passage van Middag Humsterland heeft op de volgende thema's negatieve effecten ten opzichte van een bovengrondse oplossing:

- *bodem en water (cultuurhistorische kernwaarden zoals dijken, bodemlagen met aardkundige waarde zoals kweldervlaktes en opbarstgevaar en/of opkwelling zout grondwater)*
- *archeologie*
- *amoveren van bestaande lijnen door combinatie (SEVIII)*

Een ondergronds tracé langs Middag Humsterland (circa 12 km.) gaat gepaard met meerkosten van 60 en 165 mio ten opzichte van de totale bouwkosten voor respectievelijk een 2 en 4 circuits verbinding. Bij een bovengrondse oplossing is de investering voor het later toevoegen van de 2 extra circuits relatief beperkt en daarom is het verschil groter. Het uitgangspunt is dat in de eindsituatie sprake is van een 4 circuit verbinding.

Conclusie van de quick scan en de achterliggende onderzoeken is:
1. Op basis van de resultaten van de harmonische analyse is de conclusie dat het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten met een grote mate van zekerheid niet mogelijk is.
2. Uit de ruimtelijke analyse blijkt dat er één locatie is waar verkabeling mogelijk meerwaarde heeft. Een ondergrondse oplossing kent naast positieve echter ook negatieve milieueffecten. De meerkosten van een verkabeling ten opzichte van een bovengrondse oplossing zijn 60 mio voor 2 circuits en 165 mio voor 4 circuits. Het uitgangspunt is dat in de eindsituatie sprake is van een 4 circuit verbinding.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In Nederland geldt voor nieuwe hoogspanningsverbindingen het beleid “bovengronds tenzij”, zoals verwoord in Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III). Ondergronds kan slechts overwogen worden op basis van een integrale afweging op projectniveau. In 2008 heeft TenneT aangegeven maximaal 20 km 380 kV-kabel verantwoord in het Nederlandse, vermaasde hoogspanningsnet ondergronds aan te kunnen leggen. De tracélengte van 20 km – met een totale kabellengte van 240 km – was op dat moment op de grens van wat wereldwijd in de praktijk was beproefd. Bij het opstellen van Rijksinpassingsplannen voor de aanleg van nieuwe 380 kV-verbindingen is sindsdien deze 20 km als landelijk maximum gehanteerd. De genoemde 20 kilometer zijn volledig toegepast bij de Randstad 380 kV-verbinding (de Zuidring en de Noordring gezamenlijk).

Gewijzigde inzichten TenneT

TenneT heeft de minister van Economische Zaken per brief (d.d. 20 maart 2015) laten weten dat zij haar visie op de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabel op basis van tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft aangepast en tot de conclusie is gekomen dat 20 km verkabelen onder bepaalde condities niet meer als strikt maximum hoeft te worden gehanteerd en situationeel mogelijk meer kan worden verkabeld. Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van ondergrondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in cruciale verbindingen zoals de landelijke 380 kV-ring, verbindingen naar interconnectoren en de interconnectoren zelf. De langdurige reparatieduur van 220/380 kV-kabels zorgt immers juist op dergelijke belangrijke verbindingen voor ongewenste leveringszekerheidsrisico's met mogelijke grote impact. Bovendien dient, om de systeemcomplexiteit te beperken, worden voorkomen dat binnen één verbinding ondergrondse kabel en bovengrondse lijn elkaar op korte afstand verschillende keren afwisselen.

Second opinion

De minister van Economische Zaken heeft in de brief aan de Tweede Kamer aangegeven dat hij een second opinion zal laten uitvoeren op basis van de voorliggende onderzoeksresultaten van TenneT. Pas na ontvangst van de second opinion zal hij een definitief standpunt innemen. De minister van Economische Zaken heeft de Tweede Kamer geïnformeerd dat hij de mening van TenneT op dit moment deelt, maar dat hij na het ontvangen van de second opinion definitief zijn standpunt in deze zal bepalen.

Quick scan

TenneT heeft een quick scan uitgevoerd naar de nettechnische mogelijkheden tot het gedeeltelijk verkabelen van de verbindingen Zuid-West 380 kV en Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip – Vierverlaten (EOS-VVL). De quick scan bestaat uit twee delen: een (net)technisch onderdeel en een ruimtelijk onderdeel. TenneT brengt bij het opstellen van de quick scan beide zaken in beeld.

De bevindingen van de TenneT quick scans worden meegenomen in de in opdracht van het ministerie van Economische Zaken door een derde partij uit te voeren second opinion.

De minister van Economische Zaken zal op basis hiervan zijn uiteindelijke standpunt innemen.

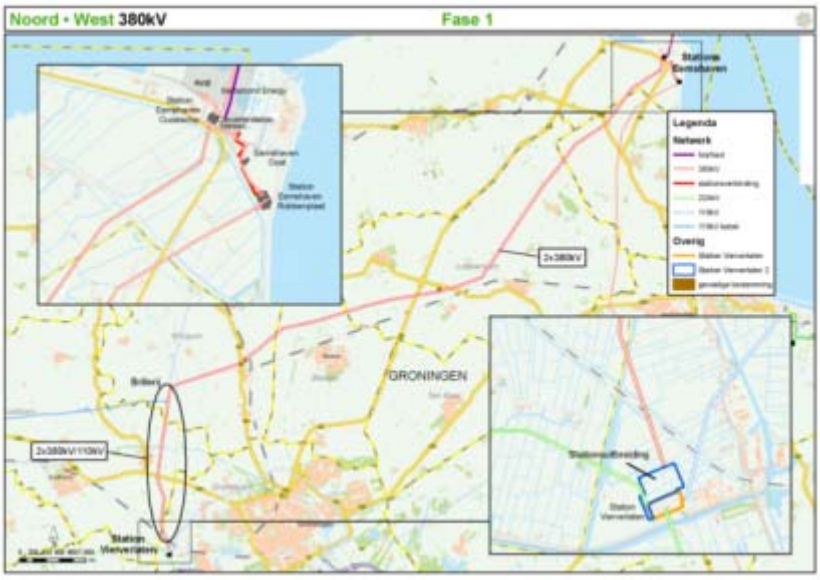
De quick scan bestaat uit de onderdelen:

1. De analyse van (net)technische consequenties:
   Omvat een harmonische analyse naar de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel en een analyse naar de impact op de betrouwbaarheid door het toepassen van kabel in plaats van lijn. In notitie PU-AM 15-301[3] zijn de uitgangspunten en uitvoering van beide analyses beschreven. Het ministerie van EZ laat een second opinion uitvoeren op zowel de uitgangspunten als de analyses en hieruit voortvloeiende vervolgstudies;
2. De analyse van de ruimtelijke consequenties:
   Een uitwerking op locaties waar een ondergrondse oplossing tot mogelijke meerwaarde kan leiden ten opzichte van een bovengrondse oplossing;
3. Een analyse naar de financiële gevolgen en doorlooptijd indien 380 kV-kabel mogelijke meerwaarde biedt ten opzichte van een bovengrondse uitvoering.

1.2 Project Noord-West 380 kV EOS-VVL

Het project EOS-VVL omvat het bouwen van een nieuwe 380 kV-verbinding met maximaal 4 circuits tussen de stations Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten. Masten en fundaties worden hierop uitgelegd. Twee circuits worden direct ingehangen (fase 1), de twee andere circuits in de toekomst, zodra de vraag zich aandient (fase 2). De bestaande 220 kV verbinding tussen Eemshaven en Vierverlaten wordt afgebroken. Planologische voorbereiding vindt plaats voor de eindsituatie: 4c 380 kV.

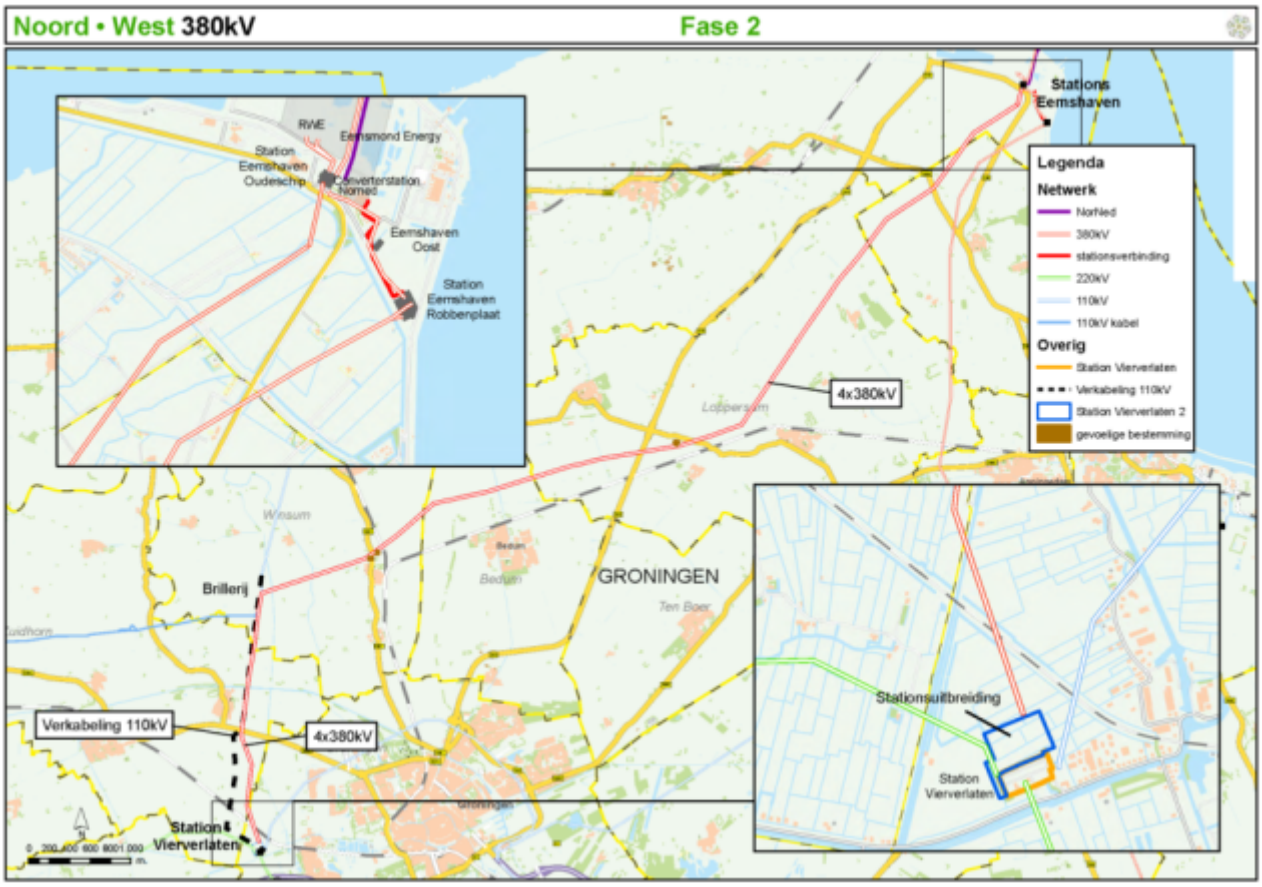
Tussen Brillerij en station Vierverlaten wordt de bestaande 110 kV tijdelijk (fase 1) met de 380 kV gecombineerd door het 3e en 4e 380 kV circuit direct aan te brengen in de masten en op 110 kV te bedrijven. Over dit tracédeel wordt naast de 220 kV ook de 110 kV afgebroken. Aansluitend aan het bestaande 220/110 kV station wordt de uitbreiding met een 380/220 kV station gebouwd.



Figuur 1: Overzicht van maatregelen fase 1

[3] TenneT, juni 2015, '*Uitgangspunten Harmonische analyse*' PU-AM 15-301

Na aanleg van fase 1 is de helft van de uiteindelijke transportcapaciteit op het tracé tussen EOS en VVL beschikbaar. Zodra in de toekomst op dit tracédeel meer transportcapaciteit nodig is op het tracédeel Eemshaven – Brillerij het 3e en 4e circuit toegevoegd en de 110 kV verbinding verkabeld (fase 2). In fase 2 zijn dan tussen Eemshaven en Vierverlaten 4c380 kV beschikbaar.



Figuur 2: Overzicht eindsituatie tussen EOS en VVL (na fase 2)

Vastgesteld voorkeursalternatief

Begin 2015 is het voorkeursalternatief formeel goedgekeurd. Eind mei 2015 is de rapportage[4] door TenneT aan het ministerie van EZ aangeboden.

Het voorgenomen bovengrondse tracé kent draagvlak bij de bevoegde gezagen en bij nagenoeg alle grondeigenaren-gebruikers. Het voorgenomen bovengrondse tracé kent geen grote ruimtelijke knelpunten. Mogelijk zijn er wel tracédelen waar een verkabeling eventueel meerwaarde kan bieden. Deze locaties worden in deze quick scan toegelicht.

[4] Projectteam EOS-VVL, april 2015, *'Beschrijving voorgesteld voorkeursalternatief'*, 000.144.21 0364072

1.3 Doel document

Voorliggend document bevat de quick scan Noord-West 380 kV EOS-VVL. En is de basis voor verdere besluitvorming over het al dan niet toepassen van 380 kV kabel in het project Noord-West 380 kV EOS-VVL.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de analyse van de (net)technische consequenties van verkabeling binnen Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de ruimtelijke analyse beschreven. Dit hoofdstuk gaat in op de ruimtelijke consequenties van het ondergronds brengen van de verbinding Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten. In dit hoofdstuk wordt ook ingegaan op locaties waar verkabeling mogelijk meerwaarde kan bieden. Hoofdstuk 4 gaat in op de gevolgen voor de doorlooptijden waarna hoofdstuk 5 de overweging beschrijft.

2. Analyse van (net)technische consequenties

In dit hoofdstuk is het resultaat beschreven van de analyses die uitgevoerd zijn voor het 380 kV-net in de regio Eemshaven[5]. Aanleiding is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en het nieuw te realiseren 380 kV-station Vierverlaten. Dit hoofdstuk is een samenvatting van de uitgevoerde analyses. De volledige uitwerking van deze analyses is opgenomen in bijlage 1.

2.1 Inleiding

Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV kabel wordt aangelegd of niet. Als Bevoegd Gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

2.2 Harmonische analyse & betrouwbaarheid

Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit worden harmonische analyses genoemd. De harmonische analyse geeft inzicht of de uitbreiding van het hoogspanningsnet met ondergrondse kabel leidt tot situaties waarbij ongewenst hoge netspanningen kunnen optreden. Een additioneel aspect is de lagere betrouwbaarheid van 380kV kabels ten opzichte van de traditionele bovengrondse verbindingen. Deze lagere betrouwbaarheid heeft een negatieve invloed op de zekerheid van de energievoorziening. Beide aspecten worden in deze quick scan geadresseerd. Aanleiding voor deze analyses is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en het nieuw te realiseren 380 kV-station Vierverlaten en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

Voor zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen zijn uitgangspunten[6] gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren.

2.3 Conclusie

Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses is de conclusie dat met een grote mate van zekerheid kan worden gesteld dat het toepassen van kabel in de 380 kV-verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten niet mogelijk is.

[5] TenneT, juni 2015, *'Harmonische analyse 380 kV-net regio Eemshaven'* PU-AM 15-370
[6] TenneT, juni 2015, '*Uitgangspunten Harmonische analyse*' PU-AM 15-301

De harmonische analyse geeft een kritische impedantiepiek van ca. 250 Ohm bij ca. 100 Hz. Deze is als kritisch beoordeeld omdat bij het inschakelen van een transformator een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan groot. De overspanningen leiden tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Via een transiënte studie[7] zal uitsluitsel moeten worden verkregen of de impedantiepiek bij 100 Hz niet leidt tot ongewenste overspanningen.
De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Ens naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval.

[7] Bij een transiënte studie wordt een gebeurtenis, bijvoorbeeld het inschakelen van een transformator of een fout in het net (kortsluiting), gesimuleerd. De netsituatie die als kritisch beoordeeld is wordt in een computer model nagespeeld. Er kan dan vastgesteld worden of de in de harmonische analyse vastgestelde impedantiepiek tot daadwerkelijke problemen in het net leidt. Op basis van dit resultaat kan dan uitgezocht worden of er kabel toegepast kan worden, en zo ja, hoeveel.

3. Analyse van ruimtelijke consequenties van verkabeling binnen EOS-VVL

In dit hoofdstuk wordt een ruimtelijke verkenning op hoofdlijnen gemaakt van locaties op het huidige tracé van EOS-VVL waar verkabeling mogelijk meerwaarde heeft ten opzichte van een bovengronds tracé. Dit is een onderdeel van de quick scan (een (net)technische- en ruimtelijke analyse). Ondanks dat uit de harmonische analyse is gebleken dat verkabelen binnen Noord-West 380 kV EOS-VVL technisch met grote mate van zekerheid niet mogelijk is, is de ruimtelijke analyse wel uitgevoerd. Dit naar aanleiding van het verzoek van de Minister.

Bij de ruimtelijke analyse wordt gewerkt van grof naar fijn:

1. Algemene milieueffecten van verkabeling;
2. Verkenning locaties op het tracé;
3. Uitwerking per locatie op meerwaarde van verkabeling;
4. Nadere uitwerking van locatie(s) met mogelijke meerwaarde o.b.v. een afwegingstabel.

3.1 Milieueffecten 380 kV verkabeling

Het huidige bovengrondse tracé is tot stand gekomen op basis van een integrale milieu- en beleidsafweging van tracéalternatieven. Om de milieueffecten van verkabeling inzichtelijk te maken is onder andere gebruik van het concept Milieu Effect Rapport (MER) en bijbehorende achtergronddocumenten. Kengetallen, oppervlaktes en andere kenmerken van 380 kV-kabels staan omschreven in bijlage 2.

In onderstaande alinea's worden de criteria beschreven waarop de tracéalternatieven zijn beoordeeld.

Ruimtegebruik

Een hoogspanningsverbinding loopt doorgaans met name door open, agrarisch gebied. Een bovengrondse verbinding heeft enig areaalverlies bij de mastvoeten, maar kent verder weinig gebruiksbeperkingen voor de agrarische bedrijfsvoering onder de geleiders. Een ondergrondse verbinding veroorzaakt geen permanente belemmeringen voor agrarisch gebruik. Er moet echter wel rekening worden gehouden met het feit dat er geen bebouwing, diep wortelende beplanting of diepe grondbewerking (dieper dan bij normaal agrarisch gebruik) kan worden toegepast boven de kabel.

Ook voor bosgebieden zijn er relevante effecten. Onder een bovengrondse verbinding is hoge begroeing niet toegestaan vanwege overslag en brandgevaar. Boven een kabelbed is diepwortelende beplanting niet toegestaan.

Bij de aanlegfase van een verbinding geldt tijdelijk dat het effect op ruimtegebruik groot is. Het ruimtegebruik en de daarmee gepaard gaande beperkingen worden veroorzaakt door de aanleg van bouwwegen en bouwterreinen met daarop bouwketen en materieel opslag. Dit heeft niet alleen effecten op de agrarische gebieden waar de verbinding doorheen loopt, maar overal waar die bouwterreinen en bouwwegen aangelegd worden, soms in/nabij woonwijken, recreatiegebieden, bedrijventerreinen en de bermen van (snel)wegen en andere infrastructuur. Daardoor zijn deze terreinen tijdelijk niet, of via een omweg

bereikbaar. Werkterreinen op agrarisch gebied hebben tot gevolg dat deze tijdens de uitvoering niet kunnen worden beteeld. Bij bovengrondse verbindingen treden deze tijdelijke effecten voornamelijk op bij de mastvoetlocaties en de werkwegen ernaartoe. Bij ondergrondse verbindingen treden deze tijdelijke effecten op langs de gehele lengte van het tracé en bij opstijgpunten en incidenteel bij werkwegen naar het tracé. Bij bovengrondse verbindingen zijn deze effecten daarom minder omvangrijk dan bij ondergrondse verbindingen.

De aanleg van zowel een bovengrondse- als een ondergrondse hoogspanningsverbinding heeft effect op het ruimtegebruik van de gronden. In de beoordeling van de tracé alternatieven moet worden bepaald in welke mate hier mogelijke meerwaarde kan worden bereikt door te verkabelen.

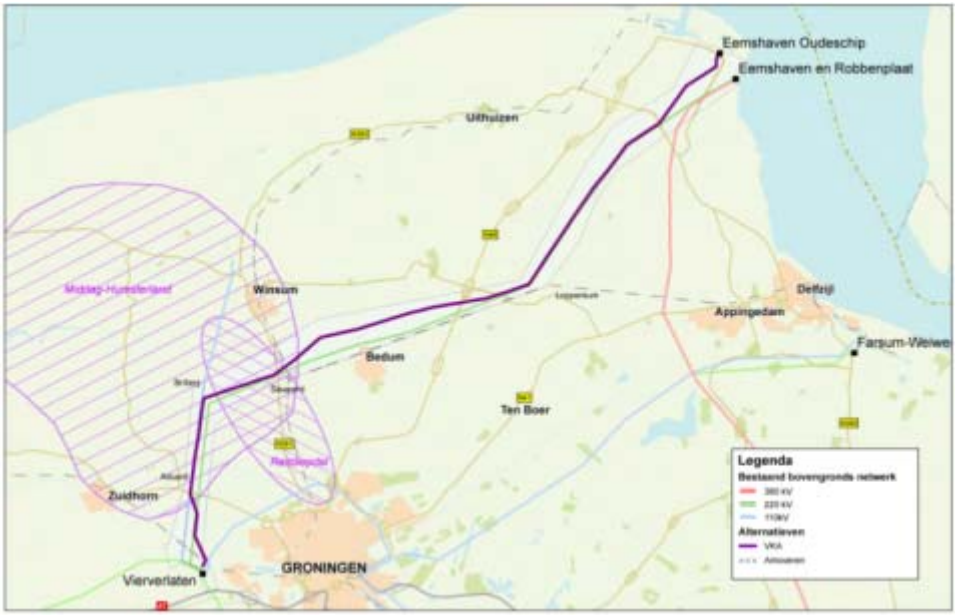
Landschap en cultuurhistorie

De tracéalternatieven van EOS-VVL lopen deels door gebieden met hoge landschappelijke en cultuurhistorische waarde (zoals bijv. het Middag Humsterland en het Reitdiepdal). Deze gebieden worden in het provinciaal en gemeentelijk beleid aangeduid als gebieden met hoge landschappelijke en cultuurhistorische kernwaarden zoals:

- Een bijzonder reliëf met wierden, kwelderruggen en dijken;
- Een bijzonder blokverkavelingspatroon;
- Een grote openheid.

Belangrijk is dat een verbinding helder en begrijpelijk is en zoveel mogelijk samenhang vertoont. Een lijn die bestaat uit een aaneenschakeling van boven- en ondergrondse tracédelen op korte onderlinge afstand mist deze helderheid, begrijpelijkheid en samenhang. En is daarom ongewenst. Bij de toepassing van een ondergrondse verbinding in delen van een bovengrondse verbinding dient hiermee rekening worden gehouden.

De aanleg van zowel een bovengrondse- als een ondergrondse hoogspanningsverbinding zal effect hebben op in het beleid vastgestelde landschappelijke waarden. In de beoordeling van de tracé alternatieven moet worden bepaald in welke mate deze landschappelijke waarde wordt aangetast. En of hierbij mogelijke meerwaarde kan worden bereikt door te verkabelen.



Figuur 3: Landschappen Middag Humsterland en Reitdiepdal

Archeologie

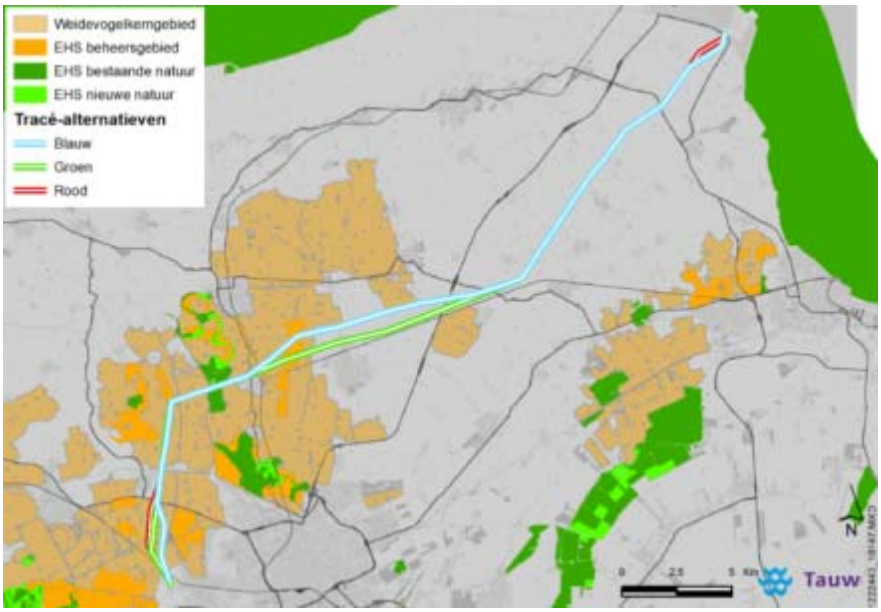
De alternatieven van Eemshaven naar Vierverlaten lopen door oude cultuurhistorische landschappen. Vanaf de prehistorie zijn hier nederzettingen geweest. Deze liggen vaak op de hogere delen in het landschap, zoals kreekruggen en wierden. Het gebied heeft voor een deel een hoge verwachtingswaarde volgens de Indicatie Kaart van Archeologische Waarde.

De aanleg van zowel een bovengrondse- als een ondergrondse hoogspanningsverbinding kan effect hebben op archeologie. In de beoordeling van de tracé alternatieven moet worden bepaald of, en zo ja hoeveel meerwaarde hier te bereiken valt door te verkabelen.

Ecologie

De tracéalternatieven tussen Eemshaven en Vierverlaten lopen deels door weidevogelgebied en EHS. Het ondergronds brengen van de verbinding en het verwijderen van de bestaande 220 kV verbinding vermindert de verstoring van weidevogels na ingebruikname. Dit betreft zowel broedvogels als het aantal draadslachtoffers. Er vallen geen draadslachtoffers en de verstorende werking van masten (als potentiele observatielocatie van predatoren) komt te vervallen.

Bij een bovengrondse verbinding zijn de belangrijkste effecten op natuur ‘draadslachtoffers’ en verstoring van het leefgebied van vogels. Deze effecten treden op in de gebruiksfase van de verbinding. Voor natuur worden geen permanente effecten verwacht bij een ondergrondse verbinding. De aanleg van een ondergrondse verbinding heeft in een aanlegfase wel een relevant tijdelijk effect, zoals het graven van kabelsleuven, lawaai en grondroering. Tijdens de aanleg worden effecten zoveel mogelijk voorkomen door effect beperkende maatregelen te treffen.



Figuur 4: EHS en weidevogelgebieden

Geluid en trillingen

Bij een bovengrondse verbinding zijn er geen noemenswaardige geluidseffecten en geen trillingen in de gebruiksfase. Bij de aanleg van de bovengrondse verbinding is er geluidshinder (door bijvoorbeeld bouwverkeer) en trillingen (door bijvoorbeeld heien fundering) ter plaatse van de mastvoeten. Bij een ondergrondse verbinding zijn er geen geluidseffecten en/of trillingen in de gebruiksfase. Bij de aanleg van een ondergrondse verbinding is er sprake van geluidshinder (door bijvoorbeeld graven sleuf) en trillingen (door bijvoorbeeld verplaatsen grond met zwaar materieel) over de gehele lengte van het tracé.

Zowel in het geval van een bovengrondse als van een ondergrondse verbinding wordt er op de hoogspanningsstations geluid geproduceerd door de daar opgestelde transformatoren. In het geval van een ondergrondse verbinding komen daar compensatiespoelen en/of filters bij die ook geluid produceren en staan opgesteld in de hoogspanningsstations en/of de opstijgpunten.

Bodem en water

Het graven van de kabelsleuven en het uitvoeren van bemalingen tijdens de aanleg van de kabels kunnen mogelijk negatieve effecten hebben op de bodem en water van het gebied. Zoals verstoring van het bodemprofiel, ontstaan van verdichtingen, veranderingen in de grondwaterstand, (ongelijke) zettingen, en maaivelddalingen. In grote delen van het plangebied is sprake van opbarstgevaar en/of zout grondwater, wanneer er een bouwput wordt gegraven. Wanneer het eerste watervoerend pakket brak/ zout grondwater bevat, dan kan dit terecht komen in het zoete oppervlaktewater. De aanleg van een kabelverbinding gaat grotendeels via open ontgraving met bemaling. In de beoordeling van de tracéalternatieven moet worden bepaald of, en zo ja hoeveel meerwaarde hier te bereiken valt door te verkabelen.

Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen (2005)

Het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen (2005) gebaseerd op het voorzorgsbeginsel is alleen van toepassing op bovengrondse verbindingen. Gevoelige bestemmingen die in de magneetveldzone van bovengrondse verbindingen liggen worden inzichtelijk gemaakt. Hoogspanningsstations, opstijgpunten en kabelverbindingen vallen niet onder het beleidsadvies. Overigens wordt desondanks wel inzicht gegeven in de 0,4 microtesla magneetveldzone van hoogspanningsstations, opstijgpunten en kabelverbindingen.

3.2 Verkenning locaties op tracé

Voor Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten zijn, in samenspraak met het Ministerie van EZ, vijf locaties naar voren gekomen waar verkabeling mogelijk een meerwaarde biedt ten opzichte van een bovengrondse lijn. De locaties zijn in figuur 5 weergegeven. In deze paragraaf worden de locaties beschouwd en toegelicht.



Figuur 5: Locaties waar verkabeling mogelijk meerwaarde biedt.

1. Aansluiting Eemshaven Oudeschip
   - Veel ruimteclaims met name op het gebied van windturbines en de vestiging van nieuwe bedrijvigheid (o.a. datacentra). Daarnaast spelen er agrarische belangen (hoogwaardig akkerbouwgebied).
2. Wierde de Weer te Stedum
   - Wierde van grote cultuurhistorische waarde (RCE Rijksmonument). Op de wierde bevindt zich

één gevoelige bestemming binnen de magneetveldzone van het voorgenomen bovengrondse tracé. Mogelijk cultuurhistorische meerwaarde te behalen door verkabeling i.p.v. bovengronds tracé.

3. Westerdijkshorn
    - Tracé knikt om het buurtschap Westerdijkshorn (mogelijke meerwaarde zichtbaarheid en beleving).
4. Middag Humsterland
    - Nationaal landschap;
    - EHS en Weidevogelgebieden tussen Bedum en Aduard;
    - Passage tussen Sauwerd en Klein Wetsinge (tussen en op korte afstand van twee woonkernen). Mogelijk meerwaarde te behalen door verkabeling mbt landschap en cultuurhistorie en aanwezigheid van twee gevoelige bestemmingen in de magneetveldzone van het voorgenomen bovengrondse tracé EOS-VVL;
    - Kruising van Starkenborghkanaal, Reitdiep en Aduarderdiep in het voorgenomen bovengrondse tracé middels hoge masten (techniek / kosten);
    - Project rondweg Aduard en verplaatsing loswal;
    - Tijdelijke kruising 220 kV vervalt bij verkabeling tijdens uitvoering;
    - Geen aantak van de 110 kV op het project, hierdoor geen special (meerdere aansluiting van kabels, o.a. vanuit Grijpskerk).
5. Bedrijfsterrein Westpoort te Groningen
    - Bestemd als industrieterrein, mogelijke vestiging grootschalige bedrijvigheid.

3.3 Uitwerking locaties op meerwaarde

In dit hoofdstuk staan de beschreven locaties uit hoofdstuk 3.2 in detail uitgewerkt.

3.3.1 Aansluiting Eemshaven Oudeschip

Het gebied direct ten zuiden van het station Oudeschip is door de provincie aangewezen als zoekgebied voor windturbines. In de Eemshaven staan al meerdere windturbines, waarvan 1 vrij dicht op het voorgenomen tracé (VKA) en het station (afstand minder dan 100m.). Daarnaast spelen in het gebied agrarische belangen, het is een hoogwaardig grootschalig akkerbouwgebied, dat met name voor pootaardappelen (oa veredeling) geschikt is. Lokale partijen hebben de wens om grote bedrijven naar de Eemshaven te trekken.



Figuur 6: Aansluiting Eemshaven

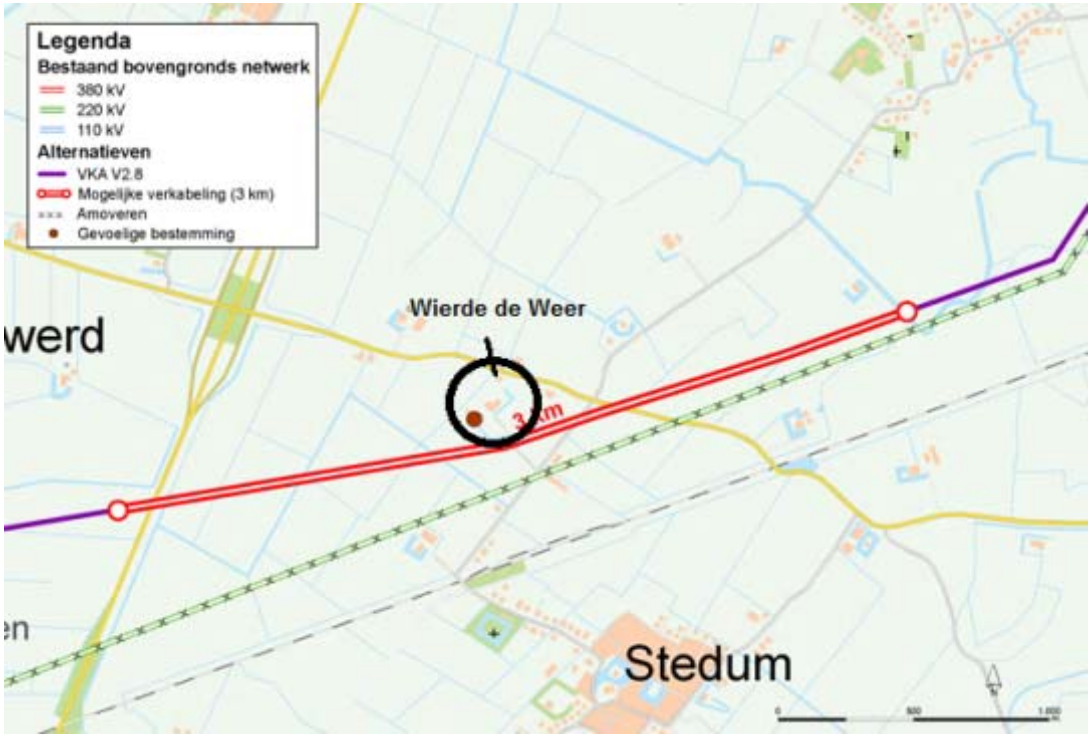
- Met provincie en gemeente heeft afstemming plaatsgevonden. Definitieve locaties van windturbines zijn nog niet bekend, maar rekening wordt gehouden met huidig tracé en het handboek risicozonering (voldoende afstand) bij de verder invulling van de windopgave;
- De provincie heeft een brief (met kenmerk 2013-26-836/26 RS 466704) gestuurd, waarin een bevestiging voor het voorgenomen bovengrondse tracé wordt gegeven;
- TenneT zal ook voor ondergrondse kabels afstanden tot windturbines wensen, aangezien turbine(bladen) bij een calamiteit ook een impact op de ondergrond kunnen hebben;
- TenneT staat op het standpunt op termijn te streven naar het saneren van de windturbine nabij station Oudeschip. Het ondergronds brengen van de nieuwe verbinding op deze locatie houdt ook beperkingen in vanwege veiligheid.

Op basis van bovenstaande argumenten wordt voorgesteld voor deze locatie een verkabeling niet langer te beschouwen, omdat dit onvoldoende meerwaarde heeft ten opzichte van het huidige bovengrondse tracé.

3.3.2 Wierde de Weer te Stedum

Het voorgenomen bovengrondse tracé maakt ter hoogte van de wierde een richtingsverandering. Zowel de wierde als de boerderij op de wierde zijn een rijksmonument. Mede vanwege de richtingsverandering en de status van de wierde, is dit een locatie waar mbt landschap en cultuurhistorie mogelijk meerwaarde is te

behalen door te verkabelen. Daarnaast valt één gevoelige bestemming binnen de magneetveldzone van het voorgenomen bovengrondse tracé van Noord-west 380 kV.



Figuur 7: Wierde de Weer

- Enkele woningen in de nabijheid van het tracé;
- Mogelijkheid om één gevoelige bestemming buiten de magneetveldzone van het bovengrondse tracé van Noord-West 380 kV te houden;
- TenneT is in gesprek met bewoners over aankoop van object binnen magneetveldzone bovengrondse lijn;
- Wierde van hoge cultuurhistorische waarde (RCE Rijksmonument);
- Beperken van de zichtbaarheid.
- Lengte circa 3km. (kosten 30 á 40mio, voor 4c verdubbelt het bedrag).

Op basis van bovenstaande argumenten wordt voorgesteld voor deze locatie een verkabeling niet langer te beschouwen, omdat dit onvoldoende meerwaarde heeft ten opzichte van het huidige bovengrondse tracé.

3.3.3 Westerdijkshorn

De bestaande 220 kV verbinding loopt door het gehucht Westerdijkshorn. Het voorgenomen bovengrondse tracé ligt noordelijker en houdt ruim afstand tot de woonbebouwing. Mogelijke meerwaarde om te verkabelen liggen vooral op gebied van beleving en uitzicht.



Figuur 8: Westerdijkshorn

- Uitzicht vanuit het dorp;
- Lengte circa 3km. (kosten 30 á 40mio, voor 4c verdubbelt het bedrag).

Op basis van bovenstaande argumenten wordt voorgesteld voor deze locatie een verkabeling niet langer te beschouwen, omdat dit onvoldoende meerwaarde heeft ten opzichte van het huidige bovengrondse tracé.

3.3.4 Middag-Humsterland

Het Middag-Humsterland was voorheen een nationaal landschap en heeft veel cultuurhistorische waarde. In het gebied lopen de bestaande 220 kV en 110 kV. De mogelijke meerwaarde van een verkabeling in dit gebied bestaat uit verschillende aspecten:

- Passage tussen Sauwerd en Klein Wetsinge (lijn en grote hoekmast op korte afstand zichtbaar vanuit twee woonkernen);
- Twee gevoelige bestemmingen op het tracé van het voorgenomen bovengrondse tracé;
- EHS en Weidevogelgebieden tussen Bedum en Aduard;
- Kruising van Starkenborghkanaal, Reitdiep en Aduarderdiep, hoge masten;
- Project rondweg Aduard en verplaatsing loswal;
- Tijdelijke kruising 220 kV, tijdens uitvoering complex;

- Doorsnijding Reitdiepdal blijft.



Figuur 9: Middag Humsterland

- De lengte van verkabeling is ca. 12 kilometer. De uitkomsten van het nader (net)technisch onderzoek zijn nog niet bekend, daaruit moet blijken of een dergelijk lengte acceptabel is;
- Het voorgenomen bovengrondse tracé bevat een aantal (kostenverhogende) specials zoals,
    - Hoge masten ivm oversteek Reitdiep, Aduarderdiep en v. Starkenborghkanaal;
    - Aangepast bouwen tussen Aduarder Voorwerk en Friesestraatweg;
    - Tijdelijke kruising met de 220 kV;
    - Kabelaansluitingen 110 kV;

  Met een verkabeling komen deze technische maatregelen te vervallen;
- Bij een verkabeling worden twee gevoelige bestemmingen minder geraakt;
- Met een verkabeling is geen combinatie met de 110 kV mogelijk. Dit betekent dat de bovengrondse 110 kV verbinding blijft bestaan. Aandachtspunten onder/nabij deze 110 kV-lijn worden derhalve niet opgelost, bij het voorgenomen bovengrondse tracé wel;
- De cultuurhistorische- en archeologische waarde van Middag Humsterland ligt voor een groot deel in de ondergrond. Met de aanleg van een kabel verstoor je het gebied mogelijk eveneens/meer ten opzichte van een gecombineerde bovengrondse verbinding;
- Lengte circa 12 km (kosten 110 à 120mio voor 2c, voor 4c verdubbelt het bedrag).

Op basis van bovenstaande argumenten blijkt dat er mogelijk meerwaarde te behalen is ten opzichte van een bovengronds tracé en daarom wordt voorgesteld voor deze locatie een verkabeling verder uit te werken en te vergelijken met een bovengrondse verbinding o.b.v. afwegingstabel. Naast de milieueffecten worden hierin de effecten op techniek, kosten en draagvlak verder inzichtelijk gemaakt.

Zoals in paragraaf 3.1 is aangegeven is het ongewenst om bovengrondse en ondergrondse tracédelen op korte afstand van elkaar toe te passen. Het opknippen van het tracé door langs Middag Humsterland in boven- en ondergrondse delen is derhalve niet wenselijk. Dat betekent als er wordt verkabeld, een kabel over het gehele tracédeel wordt toegepast (circa 12 km.).

3.3.5 Westpoort

De nieuwe verbinding sluit aan op de nieuw te bouwen uitbreiding van het bestaande hoogspanningsstation Vierverlaten. Om met 380 kV aan te kunnen sluiten op dit station, moet het station worden uitgebreid. Omdat het gebied ten zuiden van de spoorlijn bestemd is als bedrijventerrein en de gemeente in gesprek is met bedrijven voor vestiging in dit gebied, kan worden gekeken of verkabeling hier meerwaarde heeft.



Figuur 10: Westpoort

- Het voorgenomen bovengrondse tracé en de ontwikkelingen op bedrijventerrein Westpoort zijn op elkaar afgestemd. Het voorgenomen bovengrondse tracé doorkruist het gebied over een beperkte lengte;
- De gemeente Groningen staat achter het voorgenomen bovengrondse tracé (draagvlak);
- De 110 kV, met gebruiksbeperkingen, blijft bij een verkabeling staan;
- Ook een ondergrondse verbinding kent beperkingen voor potentiele marktpartijen die zich willen vestigingen op Westpoort.

Op basis van bovenstaande argumenten wordt voorgesteld voor deze locatie een verkabeling niet langer te beschouwen, omdat dit onvoldoende meerwaarde heeft ten opzichte van het huidige bovengrondse tracé.

3.4 Uitwerking Middag Humsterland m.b.v. afwegingstabel

Om een goede afweging te kunnen maken tussen een bovengronds en een ondergrondse verbinding in Middag Humsterland wordt gebruik gemaakt van dezelfde afwegingstabel, die is gebruikt bij het ontwikkelen van het voorkeursalternatief Noord-West 380 kV Eemshaven - Vierverlaten. Uit de totale VKA-afwegingstabel zijn de voor deze analyse relevante thema's en criteria overgenomen, te weten:

- milieuthema's:
    - magneetveld
    - ecologie
    - landschap en cultuurhistorie
    - bodem en water
    - archeologie
    - ruimtegebruik
- (net)technische thema's
    - lengte
    - effect op bestaande 220 kV
    - effect op bestaande 110 kV
    - complexiteit tijdens realisatiefase
- kosten
- draagvlak

Afwegingstabel Middag Humsterland

	Middag Humsterland		VKA (bovengronds) 2c voorb. 4c	VKA (bovengronds) 4c	Kabeltracé 2c	Kabeltracé 2c + 2c -> 4c
	Subcriteria	**Eenheid**				
Magneetveld	Woningen, scholen, crèches binnen het magneetveld van de nieuwe verbinding.	Aantal	2	2	nvt	nvt
	Woonbebouwing in de 0,4 microteslazone van de kabelverbinding	Aantal	nvt	nvt	0	0
Ecologie (eindsituatie)	Weidevogels, draadslachtoffers, EHS.	Kwalitatief	0	0	+	+
Ecologie (realisatiefase)	Weidevogels, draadslachtoffers, EHS.	Kwalitatief	-	-	--	--
Landschap / cultuurhistorie	Invloed op in het vigerend beleid vastgestelde waarden.	Kwalitatief	0	0	+	+
Bodem / water			0	0	-	--
Archeologie			0	0	-	--
Ruimtegebruik			0	0	+	+
(Net)techniek	Lengte		11,5km	11,5km	12km	2 x 12km
	Effect op bestaande 220 kV	Kwalitatief	220 kV vervalt	220 kV vervalt	220 kV vervalt	220 kV vervalt
	Effect op bestaande 110 kV	Kwalitatief	110 kV vervalt	110 kV vervalt	110 kV blijft in stand	110 kV blijft in stand
	Complexiteit in realisatie	Kwalitatief	-	0	0	0
Kosten		Euro	50mio	50mio + 5mio	110mio	220mio
Draagvlak			+	+	?	?

Uit bovenstaande afwegingstabel komt naar voren dat een verkabeling positieve effecten heeft op de thema's:

- landschap (gebiedskarakteristiek openheid en zichtbaarheid),
- magneetveld

- ecologie (aantal draadslachtoffers en verstoring leefgebied weidevogels).

Een verkabeling bij de passage van Middag Humsterland heeft op de volgende thema's negatieve effecten ten opzichte van een bovengrondse oplossing:

- bodem en water (cultuurhistorische kernwaarden zoals dijken, bodemlagen met aardkundige waarde zoals kweldervlaktes en opbarstgevaar en/of opkwelling zout grondwater),
- archeologie
- amoveren van bestaande lijnen door combinatie (SEVIII)

Een ondergronds tracé langs Middag Humsterland (circa 12 km.) gaat gepaard met meerkosten van 60 en 165 mio ten opzichte van de totale bouwkosten voor respectievelijk een 2 en 4 circuits verbinding. Bij een bovengrondse oplossing is de investering voor het later toevoegen van de 2 extra circuits relatief beperkt en daarom is het verschil groter. Het uitgangspunt is dat in de eindsituatie sprake is van een 4 circuit verbinding.

4. Analyse doorlooptijden

4.1 Planologie

Indien er besloten wordt niet te verkabelen is de vertraging van het project Noord-West380 kV EOS-VVL beperkt. In dat geval kan de planologische procedure op basis van het voorgenomen bovengrondse tracé worden afgerond. De opgelopen vertraging is dan circa vier maanden.

In geval er wordt besloten wél te verkabelen dienen diverse onderzoeken te worden uitgevoerd:

- Ontwikkeling tracéalternatieven
- Milieuonderzoeken, bepalen milieueffecten en verwerken in MER
- Vaststellen VKA en verwerken in IP
- Betredingstoestemmingen en veldonderzoeken
- Vergunningaanvragen

Dit vraagt een langere doorlooptijd van naar verwachting minimaal anderhalf jaar extra. De inbedrijfname (IBN) verplaatst dan grofweg van eind 2018 naar medio 2020. Dit is een scopewijziging ten opzichte van het huidige project.

4.2 Aanbesteding/inkoop

De nu lopende aanbesteding voor Wintrack II is geënt op het starten van de voorbereiding in april 2016 met start realisatie eind 2016 en inbedrijfname eind 2018. Het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument gaat uit van een operationele verbinding in 2019. Een vertraging van anderhalf jaar in de planologische fase geeft daarmee problemen in de aanbesteding (aannemer staat klaar maar het werk is er niet) en de IBN (te late IBN-datum en daarmee kans op congestiemanagement). De huidige lopende aanbesteding moeten daarom worden stilgezet dan wel aangepast.

4.3 Realisatie

Op basis van de ervaringen in het project Randstad 380 kV kan gesteld worden dat er geen verschil in doorlooptijd is tussen realisatie van Wintrack II in vergelijking met 380 kV-kabels.

5. Overweging

Het huidige bovengrondse voorkeursalternatief wordt voorbereid op 4c 380 kV. In de eerste fase worden 2c 380 kV ingehangen en zijn masten en funderingen voorbereid op 4c 380 kV. Zodra de vraag naar extra transportcapaciteit zich aandient worden het 3e en 4e circuit toegevoegd (inhangen geleiders). Deze toekomstvaste oplossing kent draagvlak bij de bevoegde gezagen. Het MER en Inpassingsplan bevinden zich in de afrondende fase waarna het BRO-overleg wordt opgestart.

Uit de harmonische analyse is gebleken dat verkabelen binnen Noord-West 380 kV EOS-VVL met grote mate van zekerheid niet mogelijk is. Indien uit de aanvullende transiënten studie blijkt dat verkabeling toch mogelijk is en wordt besloten tot het toepassen van kabel, spelen de volgende zaken een rol:

- De maatregelen voor een tweede fase zijn bij een ondergrondse oplossingen ingrijpend en duurder;
- Gedurende de aanlegfase grotere impact op de omgeving in vergelijking met een bovengrondse oplossing;
- De kosten voor een 2c 380 kV kabel liggen een factor 2 hoger in vergelijking met een bovengrondse oplossing. Daarnaast geldt dat de kosten voor een kabel in fase 2 gelijk zijn aan die in fase 1. Voor een bovengrondse verbinding zijn deze aanzienlijk lager, omdat enkel de geleiders hoeven te worden getrokken (toekomstvaste oplossing).

Na analyse is één locatie overgebleven waar vanuit beleids- en milieucriteria mogelijk meerwaarde is te behalen ten opzichte van een bovengronds tracé. Deze locatie is de passage van Middag Humsterland. In de analyse komt naar voren dat een verkabeling hier positieve effecten heeft op de thema's:

- landschap (gebiedskarakteristiek openheid en zichtbaarheid),
- magneetveld
- ecologie (aantal draadslachtoffers en verstoring leefgebied weidevogels).

Een verkabeling bij de passage van Middag Humsterland heeft op de volgende thema's negatieve effecten ten opzichte van een bovengrondse oplossing:

- bodem en water (cultuurhistorische kernwaarden zoals dijken, bodemlagen met aardkundige waarde zoals kweldervlaktes en opbarstgevaar en/of opkwelling zout grondwater),
- archeologie
- amoveren van bestaande lijnen door combinatie (SEVIII)

Een ondergronds tracé langs Middag Humsterland (circa 12 km) gaat gepaard met meerkosten van 60 en 165 mio ten opzichte van de totale bouwkosten voor respectievelijk een 2 en 4 circuits verbinding. Bij een bovengrondse oplossing is de investering voor het later toevoegen van de 2 extra circuits relatief beperkt en daarom is het verschil groter. Het uitgangspunt is dat in de eindsituatie sprake is van een 4 circuit verbinding.

6. Bijlagen

6.1 Bijlage 1

Harmonische analyse 380 kV-net regio Eemshaven

AAN	Lourens van der Werff, Caroline van Dalen (EZ)	DATUM	22 juli 2015
KOPIE AAN	Manno Bannink, Sjouke Bootsma, Marc de Zwaan, Niels van Campen (EZ), Marije Schouwstra (EZ)	REFERENTIE	PU-AM 15-369
		VAN	John Zwaal

ONDERWERP Harmonische analyse 380 kV-net regio Eemshaven

TER BESLUITVORMING ☐
TER INFORMATIE ■

Samenvatting
Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV-kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Harmonische analyse & betrouwbaarheid
Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit worden harmonische analyses genoemd. De harmonische analyse geeft inzicht of de uitbreiding van het hoogspanningsnet met ondergrondse kabel leidt tot situaties waarbij ongewenst hoge netspanningen kunnen optreden. Een additioneel aspect is de lagere betrouwbaarheid van 380 kV kabels ten opzichte van de traditionele bovengrondse verbindingen. Deze lagere betrouwbaarheid heeft een negatieve invloed op de zekerheid van de energievoorziening. Beide aspecten worden in deze quick scan geadresseerd. Aanleiding voor deze analyse is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en het nieuw te realiseren 380 kV-station Vierverlaten en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

Uitgangspunten
Voor zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen zijn uitgangspunten gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten

moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren.

Conclusie

Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses is de conclusie dat met een grote mate van zekerheid kan worden gesteld dat het toepassen van kabel in de 380 kV-verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten niet mogelijk is.

De harmonische analyse geeft een kritische impedantiepiek van ca. 250 Ohm bij ca. 100 Hz. Deze is als kritisch beoordeeld omdat bij het inschakelen van een transformator een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan groot. De overspanningen leiden tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Via een transiënte studie zal uitsluitsel moeten worden verkregen of de impedantiepiek bij 100 Hz niet leidt tot ongewenste overspanningen.

De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Ens naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval.

Inleiding

Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV-kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Harmonische analyse, impedantiecurve en resonantie

Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij de verschillende frequenties worden harmonische analyses genoemd.

In het Nederlandse hoogspanningsnet, opgebouwd uit verbindingen (kabels en lijnen), transformatoren en compensatiemiddelen (om de netspanning op de juiste waarde te kunnen bedrijven) speelt naast de weerstand bij gelijkspanning, ook de spoel- en condensatorwerking van het hoogspanningsnet een rol. De spoelwerking is het gevolg van de stroom die door de geleider loopt. De stroom in het hoogspanningsnet varieert met de vraag naar elektriciteit en daarmee varieert de spoelwerking. De spoelwerking is beter bekend als het magnetisch veld rond een verbinding. Het hele hoogspanningsnet kan dan gezien worden als de wikkeling van een spoel. De condensator werking is het gevolg van het toepassen van (hoge) spanning op elektrische geleiders (de verbindingen) die gescheiden zijn door een niet geleider (de lucht bij lijnen of kunststof bij kabels). Deze is er altijd omdat het hoogspanningsnet altijd onder spanning staat. Doordat de afstand tussen de geleiders bij het toepassen van kabel veel kleiner is dan bij lijnen is de condensator-werking bij kabels aanzienlijk groter dan bij lijnen.

De totale elektrische weerstand bij wisselspannings-verbindingen wordt impedantie genoemd. De impedantie van spoel- en condensatorwerking is frequentie afhankelijk. Met computermodellen van het hoogspanningsnet kan de impedantie van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties worden berekend. Het resultaat daarvan is een impedantiecurve.

Het hoogspanningsnet werkt op wisselspanning met een frequentie van 50 Hz, maar er komen ook afwijkende frequenties voor. Andere frequenties dan de netfrequentie van 50 Hz zijn of afkomstig van vermogenselektronica (hogere harmonische, veelvouden van 50 Hz) bij verbruikers of van installaties die wisselstroom omzetten in gelijkspanning voor gelijkspanningsverbindingen of zijn afkomstig van schakelhandelingen in het hoogspanningsnet, zoals bijvoorbeeld het inschakelen van transformatoren.

De impedantie van het hoogspanningsnet is niet bij elke frequentie even groot, maar vertoont bij sommige frequenties veel hogere waarden (dit noemen we resonantiepieken). Dit betekent dat bij verschillende frequenties resonantie kan ontstaan. De resonantiepiek met de laagste frequentie bevindt zich in een

hoogspanningsnet waarbij geen 380 kV-kabel is toegepast ver boven de netfrequentie van 50 Hz. Toevoeging van kabel verandert de totale impedantiecurve van het hoogspanningsnet en leidt tot resonantiepieken bij lagere frequenties. Wijziging van de impedantiecurve als gevolg van het toepassen van 380 kV-kabel moet daarom altijd worden onderzocht.

Valt door het toepassen van 380 kV-kabel de laagste resonantiepiek samen met de netfrequentie van 50 Hz dan ontstaat zeker resonantie met verhoging van de netspanning als gevolg. De overspanning die hierbij ontstaat leidt onherroepelijk tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Tegen het op deze wijze ontstaan van resonantie bestaat geen remedie en moet dus worden voorkomen. Dit voorkomen kan dan alleen door het beperkt of het niet toepassen van kabel. Vandaar dat situationeel bekeken moet worden of en zo ja hoeveel kabel verantwoord is.

Wanneer toevoeging van kabel aan het hoogspanningsnet leidt tot verdachte pieken in de impedantiecurve is vervolgonderzoek noodzakelijk. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar de bron van de resonantie en de mate van overspanning. Dit is tijdrovend werk omdat het hoogspanningsnet veel verschillende toestanden kan aannemen (verbindingen en generatoren in of uit), waarbij op voorhand moeilijk valt te zeggen welke situaties allemaal tot overspanningen kunnen leiden.

De harmonische analyse wordt dus als een eerste screening uitgevoerd om verdachte impedantiepieken vast te stellen. Worden deze niet vastgesteld en blijft de impedantie laag dan is met een grote zekerheid te stellen dat kabel kan worden toegepast; in het uitgangspunten document is dit gebied vastgesteld bij een frequentie lager dan 500 Hz en met een impedantie lager dan 100 Ohm. Worden er wel impedantiepieken vastgesteld dan is het belangrijk om vast te stellen bij welke frequentie dit plaats vindt en hoe hoog de impedantiepiek is. Op zich hoeft een combinatie van lage frequentie (lager dan 500 Hz) en hoge impedantie (hoger dan 100 Ohm) niet zorgwekkend te zijn, mits er geen bron[8] in het hoogspanningsnet aanwezig is die bij die betreffende frequentie voldoende stroom produceert om resonantie in het hoogspanningsnet te veroorzaken. Daarbij moet een impedantiepiek bij 100 Hz zeker vermeden worden omdat bij het inschakelen van een transformator (het moment van inschakelen van de transformator is dan de bron) een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan zeer groot.

Transiënte studie

Bij twijfel of onzekerheden moet als vervolg op de harmonische analyse een transiënte studie uitgevoerd worden. Bij een transiënte studie wordt als het ware een gebeurtenis, bijvoorbeeld het inschakelen van een transformator of een fout in het hoogspanningsnet (kortsluiting), gesimuleerd. De netsituatie die als kritisch beoordeeld is wordt in een computer model nagespeeld. Er kan dan vastgesteld worden of de in de harmonische analyse vastgestelde impedantiepiek tot daadwerkelijke problemen in het hoogspanningsnet leidt. Op basis van dit resultaat kan dan uitgezocht worden of er kabel toegepast kan worden en zo ja,

[8] Met bron wordt hier de aanleiding voor de mogelijke resonantie bedoelt. Een goed voorbeeld is de brug die in resonantie komt. Dit wordt veroorzaakt door een externe 'bron', de wind die met een bepaalde windsnelheid de brug belast of een in een bepaald tempo marcherende groep mensen.

hoeveel.

Betrouwbaarheid

Op basis van beschikbare casuïstiek is gebleken dat 380kV kabelsystemen zich kenmerken door een lagere betrouwbaarheid in vergelijking met bovengrondse lijnen. Concreet betekent dit dat 380kV kabels vaker zullen storen dan 380kV lijnen, en dat het doorgaans bij kabels langer duurt voordat de storing hersteld is. Deze lagere betrouwbaarheid betekent ook dat toepassing van 380kV kabels een negatieve invloed hebben op de zekerheid van de energievoorziening. Voor de inbreuk op deze zekerheid zijn een drietal parameters bekeken, te weten:

- Additionele kans op overbelastingen
- Toename op kosten als gevolg van transportbeperkingen
- Additionele kans op uitval

Betrokken regio

In deze notitie wordt het resultaat gegeven van de harmonische analyse en de betrouwbaarheidsberekeningen die uitgevoerd zijn voor het 380 kV-net in de regio Eemshaven. Aanleiding is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en het nieuw te realiseren 380 kV-station Vierverlaten en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

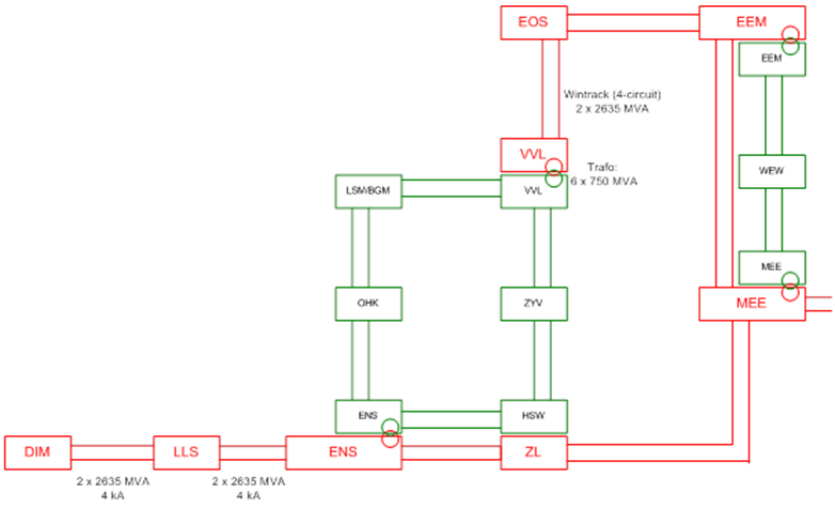
Uitgangspunten

Voor beide analyses zijn uitgangspunten gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren (zie document PU-AM 15-301 Uitgangspunten Harmonische analyse). Hierbij zijn de volgende punten van belang:

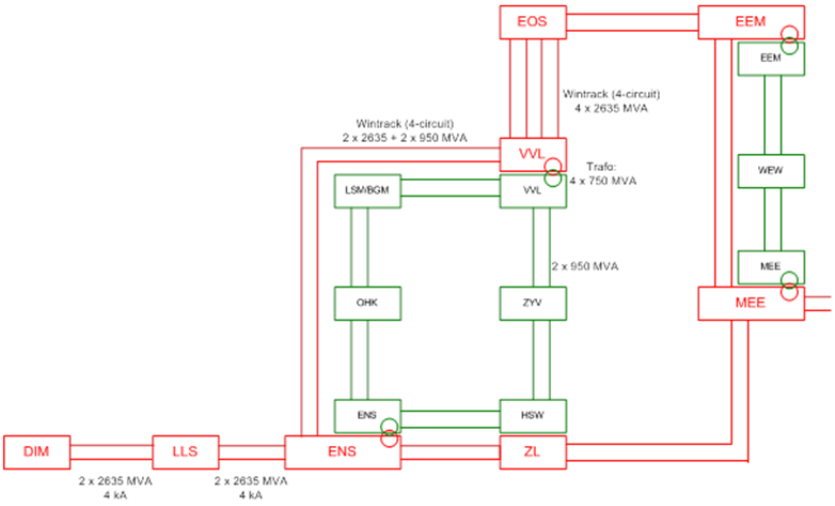
1. Toekomstige netconfiguraties;
2. Bestaande of reeds geplande 380 kV-kabel;
3. De verwachte energietransitie van conventionele energiebronnen naar duurzame energiebronnen;
4. Net ontwerpcriteria zoals vastgelegd in de E-Wet en technische codes.

Toekomstige netconfiguraties

Voor de regio Eemshaven zijn in de harmonische analyse twee voorziene netsituaties beschouwd. Voorzien is dat in 2019 het eerste deel van de nieuwe bovengrondse verbinding NW380 gereed is met twee circuits tussen het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en het nieuw te realiseren 380 kV-station Vierverlaten (fase 1). Voor verder in de tijd is voorzien dat het tweede deel gereed is met twee nieuwe circuits tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten en twee circuits van het 380 kV-station Vierverlaten naar het 380 kV-station Ens (fase 2). In figuur 11 en 12 zijn beide netsituaties schematisch weergegeven.



Figuur 11: Voorziene netuitbreiding regio Eemshaven - fase 1



Figuur 12: Voorziene netuitbreiding regio Eemshaven - fase 2

Voor de betrouwbaarheidsberekeningen is uitgegaan van alleen de uiteindelijke situatie zoals weergeven in figuur 12.

Bestaande of reeds geplande 380 kV-kabel

In de regio Eemshaven wordt voor twee aansluitingen het toepassen van 380 kV-kabel voorzien. Het betreft de aansluiting van Cobra Cable (de op hoge gelijkspanning bedreven zeekabel tussen Nederland en Denemarken) met een toepassing van enkele honderden meters, en de aansluiting van het offshore windpark Gemini met een toepassing van 1,8 km; daarnaast is voor de aansluiting van het offshore windpark Gemini voor de aansluiting van het platform uitgegaan van twee 220 kV-kabelcircuits met een gemiddelde lengte van ca. 100 km aangesloten via twee 220/380 kV-transformatoren.

De verwachte energietransitie van conventionele energiebronnen naar duurzame energiebronnen

In de energietransitie is de verwachting dat de bijdrage van conventionele energiebronnen (de opwekeenheden met als brandstof onder andere gas of kolen) aan de totale elektriciteitsvoorziening sterk zal verminderen. Doordat nu al deze opwekeenheden gekoppeld aan het net zijn en met 3000 toeren per minuut (die zorgen voor de netfrequentie van 50 Hz) hun vermogen aan het net leveren, is de weerstand tegen verstoringen in het net groot; in vaktermen wordt dit kortsluitvermogen genoemd. Met veel gekoppelde (conventionele) opwekeenheden is er dus een hoog kortsluitvermogen in het net en daarmee een hoge weerstand tegen verstoringen. De weerstand tegen verstoringen neemt sterk af als er minder gekoppelde opwekeenheden aan het net gekoppeld zijn; het kortsluitvermogen is dan laag. De duurzame opwekbronnen die het vermogen aan het net leveren zijn via vermogenselektronica aan het net gekoppeld en geven hierdoor nauwelijks tot geen bijdrage in de weerstand tegen verstoringen.

Omdat de mate van kortsluitvermogen in het net dus een cruciale factor is, is in de harmonische analyse daarom een worst case situatie verondersteld waar er geen conventionele productie in bedrijf is op 220/380 kV-niveau. Daarnaast is verondersteld dat in het buitenland ook een vermindering in de bijdrage van de conventionele opwekeenheden plaats vindt. Immers, ook in de landen om ons heen en vanuit Brussel (Europa) is de trend naar meer duurzame energie. Dit is in het computermodel verwerkt door het huidige kortsluitvermogen op de grensverbindingen te reduceren tot 25% van de huidige waarde.

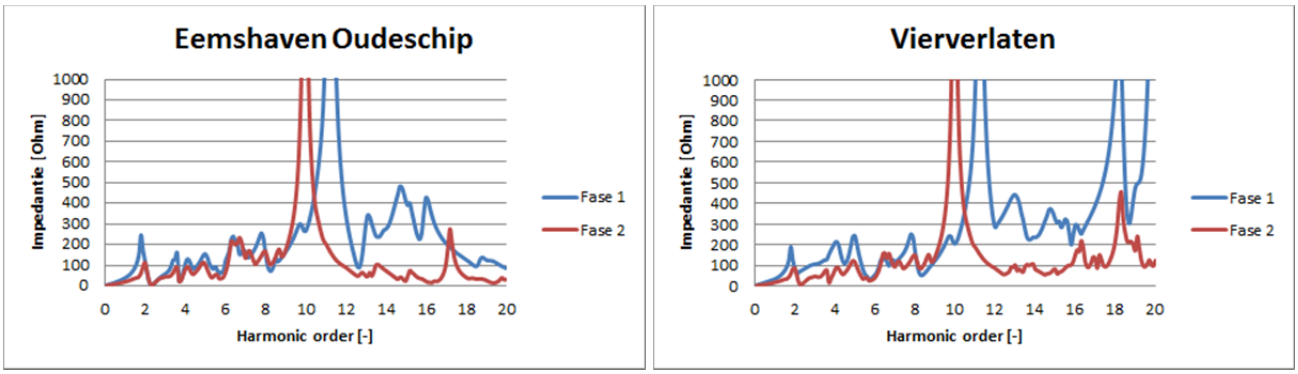
Het wordt opgemerkt dat dit uitgangspunt enkel van belang is voor de harmonische analyse en geen impact heeft op de betrouwbaarheidsberekeningen.

Net ontwerpcriteria zoals vastgelegd in de E-Wet en technische codes

In de analyse is de harmonische impedantie van het hoogspanningsnet beschouwd bij een enkelvoudige uitvalsituatie van een circuit of transformator (n-1) en bij een enkelvoudige uitval van een circuit tijdens onderhoud van het parallelle circuit (n-2). Hiermee wordt de impedantie van het hoogspanningsnet vastgesteld voor de verschillende netsituaties die in het hoogspanningsnet kunnen voorkomen. Voor de betrouwbaarheidsanalyses is naast enkel- en dubbelvoudig falen ook naar meervoudige uitvalscenario's gekeken.

Resultaat harmonische analyse

In figuur 13 en 14, respectievelijk voor het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten is het resultaat van de harmonische analyse weergegeven. De figuren geven de berekende harmonische impedantie (in Ohm) als functie van de frequentie; de frequentie wordt aangegeven via 'Harmonic order'. Dit getal moet met 50 Hz vermenigvuldigd worden om de frequentie te verkrijgen. Een Harmonic order van 1 betekent 50 Hz, van 2 betekent 100 Hz etc. De blauw gekleurde lijn geeft het resultaat van de analyse waarbij een netsituatie verondersteld is met twee circuits tussen het 380 kV-station Eemshaven Oudeschip en het nieuw te realiseren 380 kV-station Vierverlaten (fase 1). De rood gekleurde lijn geeft het resultaat van de analyse waarbij een netsituatie verondersteld is met nogmaals twee nieuwe circuits tussen de 380 kV-stations Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten en twee circuits tussen het 380 kV-station Vierverlaten en het 380 kV-station Ens (fase 2).



Figuur 13 en 14: Resultaat harmonische analyse regio Eemshaven

Het resultaat van de analyse geeft voor fase 1 in zowel Eemshaven Oudeschip als Vierverlaten een aantal impedantiepieken variërend van ca. 150 tot 250 Ohm bij vooral de lagere frequenties. Daarbij ligt een impedantiepiek van ca. 250 Ohm op ca. 100 Hz. Zoals aangegeven is de impedantiewaarde bij de frequentie van 100 Hz zeer kritische omdat bij het inschakelen van transformatoren stromen met een frequentie van 100 Hz optreden.

Het resultaat van de harmonische analyse geeft na realisatie van fase 2 een genuanceerder beeld. De impedantiepieken liggen over het algemeen lager en de impedantiepiek bij ca. 100 Hz is gedaald tot een acceptabele waarde van onder de 100 Ohm. Dit komt doordat het net robuuster wordt als gevolg van de realisatie van fase 2. Omdat fase 2 in de tijd veel later gepland is dan fase 1 en hiervoor nog alle wettelijke procedures doorlopen moet worden, is het resultaat van de harmonische analyse van het net na de realisatie van fase 2 niet meegenomen in de beoordeling van de vraag of in fase 1 380 kV-kabel toegepast kan worden.

Op basis van de resultaten van de harmonische analyse is de conclusie dat met een grote mate van zekerheid kan worden gesteld dat het toepassen van kabel in de 380 kV-verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten niet mogelijk is. De analyse geeft een kritische impedantiepiek van ca. 250 Ohm bij ca. 100 Hz. Deze is als kritisch beoordeeld omdat bij het inschakelen van een transformator een stroom in

het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan groot. De overspanningen leiden tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Via een transiënte studie zal uitsluitsel moeten worden verkregen of de impedantiepiek bij 100 Hz niet leidt tot ongewenste overspanningen.

Over de planning en mogelijkheden voor het uitvoeren van een transiënte studie vindt momenteel overleg plaats met een markt partij.

Resultaat betrouwbaarheid

De berekeningen laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Ens naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval. Om die reden is betrouwbaarheid niet een limiterende factor voor verkabeling in Eemshaven Oudeschip – Ens.

6.2 Bijlage 2

Kengetallen 380 kV kabels ondergronds

In deze bijlage worden de uitgangspunten en kengetallen voor de aanleg en het beheer van een 380 kV verkabeling benoemd. Deze gegevens vormen de basis om een inschatting te kunnen geven over de milieueffecten.

In de quick scan worden verschillende uitvoeringsvormen voor Noord-West 380 kV EOS-VVL in ogenschouw genomen. Het vastgestelde voorkeurstracé van Noord-West 380 kV EOS-VVL gaat uit van een 2c 380 kV bovengrondse verbinding voorbereid op 4c 380 kV. Voor de ondergrondse uitvoeringsvormen is het mogelijk om:
1.) in één keer 4c 380 kV ondergronds aan te leggen;
2.) 2c 380 kV ondergronds aan te leggen en in fase 2 nogmaals 2c 380 kV ondergronds of;
3.) nu te kiezen voor een 2c 380 kV ondergrondse oplossing en later een 2c bovengrondse oplossing.

Aan de verschillende opties kleven voor- en nadelen. Voor deze quick scan wordt van optie 2 uitgegaan. De belangrijkste reden hiervoor is dat het in één keer aanleggen (1) een veel te grote voorinvestering vergt (circa factor 2) en in uitvoeringsvorm 3 niet de voordelen van ondergronds optreden, maar wel de nadelen van bovengrondse aanleg.

Uitgangspunten

Voor het inzichtelijk maken van de ruimtelijke effecten van een mogelijke verkabeling, zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- *Scope en fasering*: de scope (fase 1+2) van EOS-VVL gaat uit van een bovengrondse oplossing met 4c 380 kV (zie ook hoofdstuk 2). Hierbij worden de masten in fase 1 toekomstvast gebouwd en zijn ze geschikt voor 4x380 kV. In fase 2 worden enkel de geleiders gemonteerd, waardoor de effecten in de aanleg in deze fase beperkt zijn.
  Voor een ondergrondse verbinding wordt in de quick scan uitgegaan van een 2c aanleg en een 4c oplossing met dezelfde fasering. Planologisch en voor de ZRO wordt uitgegaan van de effecten van 4 circuits, waarbij in fase 1, 2 circuits worden aangelegd. Voor wat betreft de aanleg betekent dat er twee keer volledige fysieke aanleg plaatsvindt.
- *Bestaande 220 kV*: zowel bij een bovengrondse als bij een ondergrondse aanleg wordt uitgegaan van amoveren van de bestaande 220 kV, na afronding van fase 1.
- *Bestaande 110 kV-verbinding:* in de huidige scope van EOS-VVL bovengronds wordt tussen Brillerij en Vierverlaten gecombineerd met de 110 kV. Indien op dit tracédeel een deel van de nieuwe 380 kV-verbinding ondergronds wordt aangelegd, kan er niet gecombineerd worden met de 110 kV en blijft de 110 kV staan.
- *Lengte*: vanuit netstrategie is aangegeven dat de minimaal te verkabelen lengte 3 km (tracélengte) is. De vervolgstudie van netstrategie moet uitwijzen of en zo ja hoeveel kilometer er kan worden

verkabeld. Het aantal kilometers dat als maximum uit deze vervolgstudie kan komen, dient gelijkmatig over de 2 fases verdeeld te worden zodat over dezelfde tracédelen verkabeld kan worden. Indien dat niet gebeurt, zal in de eindsituatie namelijk alsnog een bovengrondse verbinding gerealiseerd moeten worden. Voor het inzichtelijk maken van de ruimtelijke effecten van een mogelijke verkabeling wordt nu niet uitgegaan van een maximum.

- Mogelijke meerwaarde ten opzichte van huidige bovengrondse tracé: verkabeling wordt in deze quickscan alleen onderzocht op plekken waar mogelijke meerwaarde te behalen is ten opzichte van het huidige bovengrondse tracé.

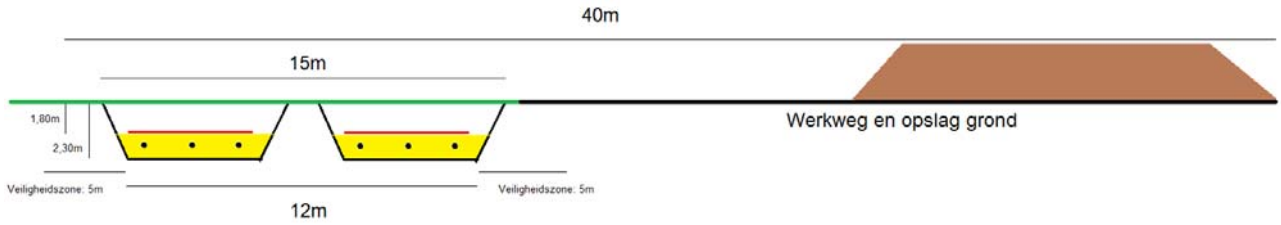
Kabel

Algemeen

De aanleg van een ondergrondse hoogspanningskabel kan worden gedaan door: een open ontgraving (het graven van een kabelsleuf waar de kabels in worden gelegd, waarna de sleuf weer wordt dichtgelegd) of een gestuurde boring.

Bij een open ontgraving worden de kabels gelegd op minimaal 1,5 m onder het maaiveld in een strook van minimaal 12 m breed (2 circuits).

Bij een boring worden de kabels dieper aangelegd om bijvoorbeeld een vaarweg te kunnen kruisen. Daarbij wordt ook een andere configuratie toegepast: er worden meerdere kabels in één mantelbuis geplaatst. Het aantal kabels per mantelbuis is afhankelijk van de lokale thermische eigenschappen van de ondergrond. De lengte en diepte van de boring verschilt per situatie.



Figuur 15: Schematische weergave 2x380 kV kabel

Voor een 4c 380 kV verdubbelen de afstanden.

Binnen de belaste strook of belemmerde strook van de ondergrondse hoogspanningsverbinding worden beperkingen opgelegd aan het gebruik van deze strook. Voor een 4c 380 kV kabel wordt uitgegaan van een breedte van ca. 40 à 50 meter.

Bepaalde werkzaamheden in deze strook zijn niet toegestaan. Hierbij moet gedacht worden aan het roeren van de grond (bv. graafwerkzaamheden, heiwerkzaamheden), het wijzigen van het maaiveldniveau, het planten van diepwortelende beplanting of bomen en het oprichten of uitbreiden van bouwwerken.

Aanleg

Het ruimtebeslag bij open ontgraving voor de ondergrondse 2c 380 kV-verbinding betreft een strook van 40 m breed over de hele lengte van de open ontgraving. Deze strook wordt benut voor het kabelbed, de werkstrook, opslag gronden en de werkweg. Zowel in fase 1 als in fase 2, wordt uitgegaan een werkstrook van 40 meter.

Bij een boring zijn twee werkterreinen nodig, namelijk bij het intredepunt en het uittredepunt. De werkterreinen benodigd voor de realisatie van opstijgpunten zijn circa 3.500 m² (2c 380 kV).

Bij boringen zijn er uitlegterreinen van mantelbuizen nodig. Het ruimtegebruik van de uitleglocaties hangt af van type kabel. Daarnaast geldt dat de lengte van de boring overeenkomstig is met de benodigde lengte van het uitlegterrein. Hieronder is beeldmateriaal van de 380 kV boring ten noorden van Noordzeekanaal bij Beverwijk opgenomen.



Figuur 16: Boring Randstad 380 kV



Figuur 17: Boring Randstad 380 kV



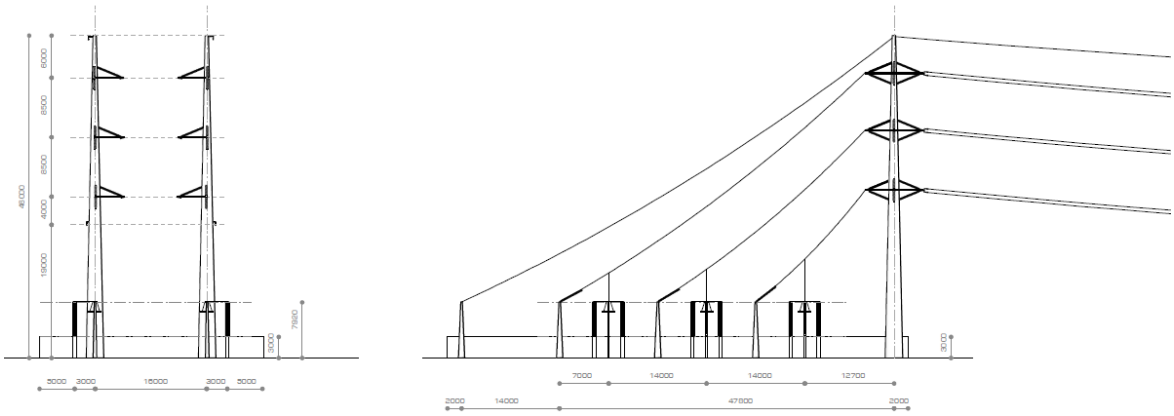
Figuur 18: Uitleglocatie boring van ca. 800 meter, de langste boring in de Noordring.



Foto 19: Open ontgraving, sleuven graven en kabels trekken.

Opstijgpunten

De overgang van een bovengrondse 380 kV-lijn naar een ondergrondse kabel en andersom gebeurt via opstijgpunten. In het opstijgpunt wordt de hoogspanningslijn afgespannen en naar beneden gebracht. Opstijgpunten zijn afgeschermd met een hoog hekwerk. De opstijgpunten bij een 2c 380 kV verbinding hebben een permanent ruimtebeslag van ongeveer 65m lang en 35m breed. Dit is exclusief eventuele hekwerken of sloten om het opstijgpunt af te schermen.

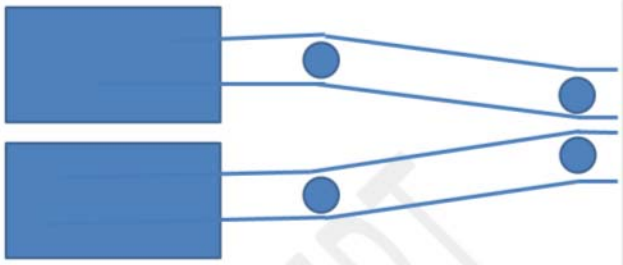


Figuur 20: Visual Bi-pole 380 kV eindstation en opstijgstation Randstad 380kV.



Foto 21: Opstijgpunt Pijnacker langs de N470 (richting hoogspanningsstation Bleiswijk)

Voor een 4x380 kV opstijgpunt wordt uitgegaan van een twee keer zo groot ruimtebeslag (zie figuur 21 voor een schematische weergave). Het ruimtebeslag is twee maal 65 m bij 35 m (blauwe vlakken) met een tussenruimte van 5 meter. De totale afmeting is dus 65 meter breed en 75 meter (35 + 5 + 35m) lang.



Figuur 22: Schematische weergave 4x380 kV opstijgpunt

Voor het opstijgpunt van de 380/110 kV moet een ruimtebeslag van 46m bij 85 meter worden gehanteerd. Dit is het ruimtebeslag dat is gehanteerd binnen het project Randstad 380 kV (380/150 kV). Hierbij ligt het 150 kV afstapgedeelte onder de geleiders.

Financiële kengetallen

De kosten per kilometer voor een kabel 2c 380 kV (capaciteit 1.975 tot 2.635 MVA) zijn vooral afhankelijk van het vermogen (transportcapaciteit), materiaal kabel (koper of aluminium), wijze van aanleggen (open ontgraving of gestuurde boring) en het aantal opstijgpunten per km

De kosten per kilometer voor Wintrack 2c 380 kV (capaciteit 1.975 tot 2.635 MVA) zijn vooral afhankelijk van het vermogen (transportcapaciteit), het aantal specials (tijdelijke kruisingen, aangepast bouwen etc.) en de verhouding hoek- en steunmasten.

In deze quick scan worden de volgende kengetallen gehanteerd. De werkelijke kosten kunnen hoger of lager zijn, afhankelijk van lokale omstandigheden en de gekozen oplossing.

	Kabel 2x380 kV	Wintrack 2x380 kV
Gemiddeld	10 M€/km	5 M€/km

Prijspeil 1-1-2015

Kosten fase 2

De kosten voor een kabel zijn in fase 2 gelijk aan die in fase 1. Voor een bovengrondse verbinding zijn deze aanzienlijk lager, omdat enkel de geleiders hoeven te worden getrokken.

Technische specificaties kabeltracés

2x380 kV kabel		
Nominaal vermogen	2635	[MVA]
Kabelbed breedte	14,5	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	24,5	[m]
Aantal circuits	2	[-]
Afstand tussen circuits	3,75	[m]
Afstand tussen fasen	0,75	[m]
Aantal kabels per fase	2	[-]

2x380 kV / 2x150 kV kabel		
Nominaal vermogen 380 kV	2635	[MVA]
Nominaal vermogen 150 kV	500	[MVA]
Kabelbed breedte	23	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	33	[m]
Aantal circuits 380 kV	2	[-]
Afstand tussen circuits 380 kV	3,75	[m]
Afstand tussen fasen 380 kV	0,75	[m]
Aantal kabels per fase 380 kV	2	[-]
Aantal circuits 150 kV	2	[-]
Afstand tussen circuits 150 kV	3	[m]
Afstand tussen fasen 150 kV	0,5	[m]
Aantal kabels per fase 150 kV	1	[-]
Afstand tussen 380 kV en 150 kV	3,4	[m]

4x380 kV kabel		
Nominaal vermogen	2x2635	[MVA]
Kabelbed breedte	30,75	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	40,75	[m]
Aantal circuits	4	[-]
Afstand tussen circuits	3,75	[m]
Afstand binnenste circuits	5	[m]
Afstand tussen fasen	0,75	[m]
Aantal kabels per fase	2	[-]

6.3 Bijlage 3

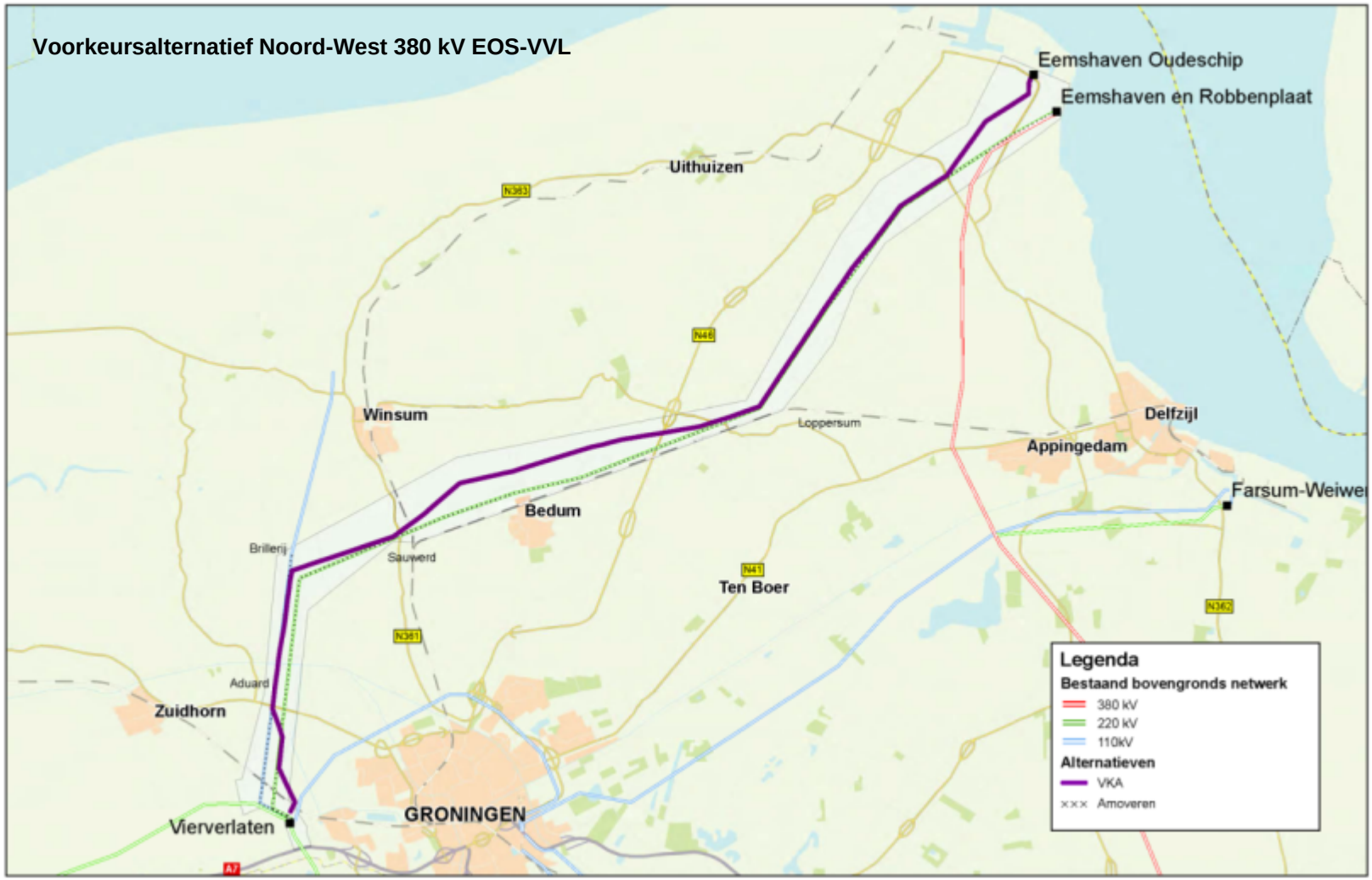
Analyse tracéalternatieven

Uitgangspunt bij het huidig voorkeursalternatief is een bovengrondse verbinding. Nu de mogelijkheden van een ondergrondse verbinding worden beschouwd, is het de vraag of het huidige bovengrondse tracé nog steeds het optimale tracé is. Daarom is een analyse gedaan of met de mogelijkheid te verkabelen andere tracéalternatieven realistisch worden. Op basis van dezelfde traceringsprincipes als bij EOS-VVL in combinatie met deels ondergrondse aanleg, blijkt dat andere tracéalternatieven niet voldoen. Zoals bijvoorbeeld langs de N46 of ten zuidoosten van Bedum langs. Hier bevindt zich ook EHS en weidevogelgebieden. Daarnaast is hier meer bebouwing aanwezig, waardoor de fysieke ruimte ontbreekt om in rechte lijnen de verbinding te realiseren.

Een parallel tracéalternatief aan de oostkant van de bestaande 220 kV vanaf Brillerij wordt met verkabeling wel een realistisch alternatief. Dit tracé is in het MER afgevallen omdat deze kruising met de 220 kV bovengronds technisch niet te realiseren was. Met een verkabeling is dit op te lossen, en ook het andere knelpunt, meerdere gevoelige bestemmingen zijn met een deel verkabelen op te lossen. Deze combinatie van bovengronds en ondergronds wordt daarom in de quick scan verder onderzocht (onderdeel Middag-Humsterland).

Binnen het bovengrondse voorgenomen tracé zijn locaties beschouwd waar verkabeling mogelijk een meerwaarde kan hebben. De onderzochte locaties bevinden zich binnen het voorgenomen tracé van Noord-West 380 kV en leiden niet tot andere tracékeuzes. Mocht uit de (net)technische analyse blijken dat een verkabeling over tientallen kilometers mogelijk blijkt dient dit opnieuw onderzocht te worden. Dit is een dermate grote scopewijziging dat "alles gaat glijden".

6.4 Bijlage 4


Voorkeursalternatief Noord-West 380 kV EOS-VVL
Eemshaven Oudeschip
Eemshaven en Robbenplaat
Uithuizen
N363
N46
Winsum
Loppersum
Delfzijl
Appingedam
Farsum-Weiwe
Bedum
Brillerij
Sauwerd
N41
Ten Boer
N362
N361
Aduard
Zuidhorn
Vierverlaten
GRONINGEN
A7
Legenda
Bestaand bovengronds netwerk
380 kV
220 kV
110kV
Alternatieven
VKA
Amoveren

NOTITIE

Quick scan naar mogelijke 380kV-verkabeling in ZW380kV Oost (Rilland-Tilburg)

Opsteller: Projectteam Zuid-West 380kV
Datum: 18 november 2015
Documentnummer: 002.678.20 0393453
Versie: 2.2

Inhoud

MANAGEMENTSAMENVATTING 3

1. INLEIDING 4
1.1 Aanleiding 4
1.2 Project Zuid-West 380 kV Oost 5
1.3 Doel document 5
1.4 Leeswijzer 5

2. ANALYSE VAN NETTECHNISCHE CONSEQUENTIES 6
2.1 Inleiding 6
2.2 Harmonische analyse 6
2.3 Conclusie 7

3. ANALYSE VAN RUIMTELIJKE CONSEQUENTIES 8
3.1 Milieueffecten 380 kV verkabeling 8
3.2 Verkenning locaties op tracé 11
3.3 Uitwerking per locatie op meerwaarde verkabeling 11

4. ANALYSE DOORLOOPTIJDEN 12
4.1 Planologie 12
4.2 Aanbesteding/inkoop 12
4.3 Realisatie 12

5. OVERWEGING 13

6. BIJLAGEN 13
Bijlage 1 Harmonische analyse 380kV-net regio zuidwest Brabant 14
Bijlage 2 Kengetallen 380kV kabels 24

Managementsamenvatting

Op verzoek van de minister van EZ (http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/04/02/kamerbrief-over-ondergrondse-aanleg-van-nieuwe-hoogspanningsverbindingen.html) is een quick scan uitgevoerd om na te gaan of, aan de hand van de door TenneT zelf gestelde randvoorwaarden, er mogelijkheden zijn om eventuele knelpunten op deze verbinding ondergronds op te lossen. Op basis van deze quick scan kan de minister zijn besluit om ondergrondse kabels toe te passen mede baseren.

De quick scan bestaat uit twee delen: een (net)technisch onderdeel en een ruimtelijk onderdeel. In deze rapportage worden de resultaten van deze analyse voorgelegd. Als startpunt is een harmonische analyse uitgevoerd om de nettechnische mogelijkheden van verkabeling inzichtelijk te maken. Hierin is het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties onderzocht. Daarnaast is gekeken naar de statistiek van falen en repareren van kabels versus lijnen en hoe dit de betrouwbaarheid van de energievoorziening beïnvloedt. Bij een positieve resultante van deze analyses, waaruit blijkt dat het mogelijk is om 380 kV verkabeling toe te passen binnen het project wordt vervolgens gekeken naar mogelijke locaties en de meerwaarde van verkabeling.

Op basis van de resultaten van zowel de harmonische analyse als de berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid wordt het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg realistisch geacht.

Gezien de uitkomst van de (net)technische analyses zal er nu aansluitend voor het project Zuid-West 380kV Oost een verdere studie worden uitgevoerd naar specifieke locaties waar verkabeling meerwaarde kan bieden. In het milieueffectrapport zullen de milieueffecten van verkabeling breed worden onderzocht. Op basis hiervan zal bij het voorkeurstracé worden bepaald op welke plaatsen in het tracé het toepassen van kabel meerwaarde heeft.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In Nederland geldt voor nieuwe hoogspanningsverbindingen het beleid “bovengronds tenzij”, zoals verwoord in Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III). Ondergronds kan slechts overwogen worden op basis van een integrale afweging op projectniveau. In 2008 heeft TenneT aangegeven maximaal 20 km 380 kV-kabel verantwoord in het Nederlandse, vermaasde hoogspanningsnet ondergronds aan te kunnen leggen. De tracélengte van 20 km – met een totale kabellengte van 240 km – was op dat moment op de grens van wat wereldwijd in de praktijk was beproefd. Bij het opstellen van Rijksinpassingsplannen voor de aanleg van nieuwe 380 kV-verbindingen is sindsdien deze 20 km als landelijk maximum gehanteerd.

Gewijzigde inzichten TenneT

TenneT heeft de minister van Economische Zaken per brief (d.d. 20 maart 2015) laten weten Dat zij haar visie op de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabel op basis van tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft aangepast en tot de conclusie is gekomen dat 20 km verkabelen onder bepaalde condities niet meer als strikt maximum hoeft te worden gehanteerd en situationeel mogelijk meer kan worden verkabeld. Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van ondergrondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in cruciale verbindingen zoals de landelijke 380 kV-ring, verbindingen naar interconnectoren en de interconnectoren zelf. De langdurige reparatieduur van 220/380 kV-kabels zorgt immers juist op dergelijke belangrijke verbindingen voor ongewenste leveringszekerheidsrisico's met mogelijke grote impact. Bovendien dient, om de systeemcomplexiteit te beperken, worden voorkomen dat binnen één verbinding ondergrondse kabel en bovengrondse lijn elkaar op korte afstand verschillende keren afwisselen.

Second opinion

De minister van Economische Zaken heeft in de brief aan de Tweede Kamer aangegeven dat hij een second opinion zal laten uitvoeren op basis van de voorliggende onderzoeksresultaten van TenneT. Pas na ontvangst van de second opinion zal hij een definitief standpunt innemen. De minister van Economische Zaken heeft de Tweede Kamer geïnformeerd dat hij de mening van TenneT op dit moment deelt, maar dat hij na het ontvangen van de second opinion definitief zijn standpunt in deze zal bepalen.

Quick scan

Op verzoek van de minister van EZ is een quick scan uitgevoerd naar de nettechnische mogelijkheden tot het gedeeltelijk verkabelen van de verbindingen Zuid - West 380 kV en Noord - West 380 kV (Eemshaven – Vierverlaten). De Quick scan bestaat uit twee delen: een (net)technisch onderdeel en een ruimtelijk onderdeel. TenneT zal bij het opstellen van de quick scan beide zaken in beeld brengen.

De bevindingen van de TenneT quick scans worden meegenomen in de in opdracht van het ministerie van Economische Zaken door een derde partij uit te voeren second opinion.
De minister van Economische Zaken zal op basis hiervan zijn uiteindelijke standpunt innemen.

De Quick scan bestaat uit de onderdelen:

1. De analyse van (net)technische consequenties:
   Omvat een harmonische analyse naar de mogelijkheid voor het toepassen van 380kV-kabel en een analyse naar de impact op de betrouwbaarheid door het toepassen van kabel in plaats van lijn. In notitie PU-AM 15-301[1] zijn de uitgangspunten en uitvoering van beide analyses beschreven. Het ministerie van EZ laat een second opinion uitvoeren op zowel de uitgangspunten als de analyses en hieruit voortvloeiende vervolgstudies;
2. De analyse van de ruimtelijke consequenties:
   Een uitwerking op locaties waar een ondergrondse oplossing tot mogelijke meerwaarde kan leiden ten opzichte van een bovengrondse oplossing;
3. Een analyse naar de gevolgen voor en doorlooptijd indien 380kV-kabel mogelijke meerwaarde biedt ten opzichte van een bovengrondse uitvoering.

1.2 Project Zuid-West 380 kV Oost

Er komt een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Rilland en Tilburg. Tussen Rilland en Roosendaal wordt de nieuwe 380 kV verbinding gecombineerd met de reeds aanwezige 150 kV verbinding tussen Rilland en Roosendaal. Het nieuwe tracé komt grotendeels op het tracé van de bestaande 150 kV verbinding. Ten noorden van Roosendaal wordt de nieuwe 380 kV verbinding gecombineerd met de bestaande 150 kV verbinding Roosendaal Borchwerf – Roosendaal. Ook hier wordt grotendeels het bestaande tracé gevolgd.
Vervolgens gaat het tracé verder ten westen van Oudenbosch om vervolgens naar het oosten af te buigen in de richting van Breda. Tot aan Breda wordt de bestaande 150 kV verbinding tussen Roosendaal en Breda met de nieuwe 380 kV verbinding gecombineerd. Ten noorden van Breda takt deze 150 kV verbinding af en wordt vervolgens gecombineerd met de 150 kV verbinding tussen Geertruidenberg en Tilburg West. Het tracé loopt dan ten zuiden van Oosterhout en ten zuiden van Dongen naar de noordzijde van Tilburg. Daar eindigt het tracé bij een nieuw 380 kV station dat wordt gesitueerd nabij De Spinder. Het beschreven tracé kan nog wijzigen naar aanleiding van het lopende participatietraject dat wordt doorlopen ten aanzien van het toevoegen van tracéalternatieven vanuit de regio West Brabant. Er worden mogelijk extra alternatieven meegenomen in de afweging van het voorkeurstracé.

1.3 Doel document

Voorliggend document bevat de quick scan Zuid-West 380 kV Oost. Deze quick scan is de basis voor verdere besluitvorming ten aanzien van toepassing van 380 kV verkabeling binnen het project.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de analyse van de (net)technische consequenties van verkabeling binnen Zuid-West 380kV Oost. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de ruimtelijke consequenties van toepassing van 380 kV kabel beschreven. Hoofdstuk 4 gaat in op de gevolgen voor de doorlooptijden waarna hoofdstuk 5 de overweging beschrijft.

[1] TenneT, juni 2015, '*Uitgangspunten Harmonische analyse*' PU-AM 15-301

2. Analyse van nettechnische consequenties

In dit hoofdstuk wordt het resultaat gegeven van de analyses die uitgevoerd zijn voor het 380 kV-net in de regio zuid-west Brabant[2]. Aanleiding is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het nieuw te realiseren 380 kV-station Rilland en het nieuw te realiseren 380 kV-station Tilburg. In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van de uitgevoerde analyses. De volledige uitwerking van deze analyses is opgenomen in bijlage 1

2.1 Inleiding

Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV-kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

2.2 Harmonische analyse & Betrouwbaarheid

Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit worden harmonische analyses genoemd. De harmonische analyse geeft inzicht of uitbreiding van het hoogspanningsnet met ondergrondse kabel leidt tot situaties waarbij ongewenste overspanningen kunnen optreden. Een additioneel aspect is de lagere betrouwbaarheid van 380kV kabels ten opzichte van de traditionele bovengrondse verbindingen. Deze lagere betrouwbaarheid heeft een negatieve invloed op de zekerheid van de energievoorziening. Beide aspecten worden in deze quick scan geadresseerd.

Voor zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen zijn uitgangspunten[3] gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren.

[2] TenneT, juni 2015, *'Harmonische analyse 380 kV-net regio zuidwest Brabant'* PU-AM 15-369
[3] TenneT, juni 2015, '*Uitgangspunten Harmonische analyse*' PU-AM 15-301

2.3 Conclusie

Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses wordt het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg realistisch geacht. De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Rilland en Tilburg naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval. Daarnaast hebben de initieel uitgevoerde harmonische berekeningen acceptabele waarden laten zien. Om meer inzicht te krijgen in de daadwerkelijke mogelijkheden voor het toepassen van kabel zijn aanvullende harmonische analyses uitgevoerd waarbij 10 km systeem lengte 380 kV-kabel[4,5] is toegepast in de verbinding tussen de 380 kV-stations Rilland en Tilburg. Omdat het toepassen van de 10 km kabel niet tot grote veranderingen in de uitkomst van de analyse leidt, is de conclusie dat het toepassen van 10 km systeem lengte 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg mogelijk is. Een aanvullende transiënte studie[6], die inmiddels opgestart is en medio oktober met resultaten komt, moet nader bevestigen of er meer kabel en hoeveel meer kabel er in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg toegepast kan worden.

[4] De keuze van 10 km systeem lengte kabel is gebaseerd op de ervaringen en inzichten van de huidige 10 km systeem kabel lengte in de 380 kV-verbinding Wateringen – Bleiswijk inclusief benodigde compensatiemiddelen om te hoge netspanningen te voorkomen.

[5] Systeem lengte is verbindingslengte bestaande uit 2 circuits, waarbij elk circuit bestaat uit 3 fasen, met 2 kabels per fase , 10 km systeemlengte is 120 km kabel lengte.

[6] Bij twijfel of onzekerheden moet als vervolg op de harmonische analyse een transiënte studie uitgevoerd worden. Bij een transiënte studie wordt als het ware een gebeurtenis, bijvoorbeeld het inschakelen van een transformator of een fout in het hoogspanningsnet (kortsluiting), gesimuleerd. De netsituatie die als kritisch beoordeeld is wordt in een computer model nagespeeld. Er kan dan vastgesteld worden of de in de harmonische analyse vastgestelde impedantiepiek tot daadwerkelijke problemen in het hoogspanningsnet leidt. Op basis van dit resultaat kan dan uitgezocht worden of er kabel toegepast kan worden en zo ja, hoeveel.

3. Analyse van ruimtelijke consequenties

In dit hoofdstuk wordt een ruimtelijke verkenning op hoofdlijnen gemaakt die in beeld brengt of er locaties zijn op het tracé waar verkabeling meerwaarde heeft. Hierbij wordt gewerkt van grof naar fijn:

1. Milieueffecten van een verkabeling
2. Verkenning locaties op tracé
3. Uitwerking per locatie op meerwaarde verkabeling

Voor het bepalen van milieueffecten en het de verkenning van locaties en hun meerwaarde is het van belang een aantal technische uitgangspunten te definiëren. Hiervoor zijn de afmetingen van kabelbedden, werkstroken, opstijgpunten etc. in beeld gebracht op basis van ervaring vanuit het project Randstad 380kV en op basis van globale berekeningen. In bijlage 2 van dit document zijn deze gegevens opgesomd.

Door de uitkomsten van de harmonische analyse en de daaraan verbonden conclusie dat verkabeling in ZW380kV Oost wel mogelijk is, geeft voldoende aanleiding om verder te gaan met de stappen 1, 2 en 3. Door het recente participatietraject[7] dat wordt doorlopen ten aanzien van het toevoegen van tracéalternatieven vanuit de regio West Brabant en er mogelijk extra alternatieven worden meegenomen in de afweging van het voorkeurstracé, is het nu niet relevant om naar potentiële locaties voor verkabeling te gaan kijken (stappen 2 en 3). Hierdoor zal dit hoofdstuk worden beperkt tot het beschrijven van de milieueffecten van 380 kV kabels (stap 1).

3.1 Milieueffecten 380 kV verkabeling

De effecten van een 380kV verkabeling in open ontgraving zijn zowel in de uitvoeringsfase als na de realisatie aanwezig. Om de milieueffecten inzichtelijk te maken zullen in het milieueffectrapport de milieueffecten van verkabeling breed worden onderzocht. De uiteindelijke afweging waar verkabeling zal worden toegepast wordt mede gemaakt op basis van de milieueffecten. Er zijn nog geen locatie specifieke aanvullende onderzoeken uitgevoerd. Kengetallen, oppervlaktes en andere kenmerken van 380kV-kabels staan omschreven in bijlage 2.

<u>Ruimtegebruik</u>

Een hoogspanningsverbinding loopt doorgaans met name door open, agrarisch gebied. Een bovengrondse verbinding heeft enig areaalverlies bij de mastvoeten, maar kent verder weinig gebruiksbeperkingen voor de agrarische bedrijfsvoering onder de geleiders. Een ondergrondse verbinding veroorzaakt geen permanente belemmeringen voor agrarisch gebruik. Er moet echter wel rekening worden gehouden met het feit dat er geen bebouwing, diep wortelende beplanting of diepe grondbewerking (dieper dan bij normaal agrarisch gebruik) kan worden toegepast boven de kabel.

Ook voor bosgebieden zijn er relevante effecten. Onder een bovengrondse verbinding is hoge begroeing niet toegestaan vanwege overslag en brandgevaar. Boven een kabelbed is diepwortelende beplanting niet toegestaan.

[7] Zie brief van de minister aan de Kamer, met kenmerk DGETM-EM / 15010648 (http://bit.ly/1zaF4ZJ)

Bij de aanlegfase van een verbinding geldt tijdelijk dat het effect op ruimtegebruik groot is. Het ruimtegebruik en de daarmee gepaard gaande beperkingen worden veroorzaakt door de aanleg van bouwwegen en bouwterreinen met daarop bouwketen en materieel opslag. Dit heeft niet alleen effecten op de agrarische gebieden waar de verbinding doorheen loopt, maar overal waar die bouwterreinen en bouwwegen aangelegd worden, soms in/nabij woonwijken, recreatiegebieden, bedrijventerreinen en de bermen van (snel)wegen en andere infrastructuur. Daardoor zijn deze terreinen tijdelijk niet, of via een omweg bereikbaar. Werkterreinen op agrarisch gebied hebben tot gevolg dat deze tijdens de uitvoering niet kunnen worden beteeld. Bij bovengrondse verbindingen treden deze tijdelijke effecten voornamelijk op bij de mastvoetlocaties en de werkwegen ernaartoe. Bij ondergrondse verbindingen treden deze tijdelijke effecten op langs de gehele lengte van het tracé en bij opstijgpunten en incidenteel bij werkwegen naar het tracé. Bij bovengrondse verbindingen zijn deze effecten daarom minder omvangrijk dan bij ondergrondse verbindingen.

Landschap en cultuurhistorie

Belangrijk is dat een verbinding helder en begrijpelijk is en zoveel mogelijk samenhang vertoont. Een lijn die sterk verbrokkeld is doordat er ondergrondse delen in voorkomen mist deze helderheid, begrijpelijkheid en samenhang. Bij de toepassing van een ondergrondse verbinding in delen van een bovengrondse verbinding dient hiermee rekening worden gehouden.

De aanleg van zowel een bovengrondse- als een ondergrondse hoogspanningsverbinding kan effect hebben op in het beleid vastgestelde landschappelijke waarden. In de beoordeling van de tracé alternatieven moet worden bepaald in welke mate deze landschappelijke waarde wordt aangetast. En of hierbij mogelijke meerwaarde kan worden bereikt door te verkabelen.

Archeologie

In vergelijking met een bovengrondse verbinding heeft een ondergronds verbinding in het algemeen veel grotere effecten op archeologie omdat de ingreep in de bodem vele malen groter is door het graven van sleuven waarin de kabels worden gelegd. Door het graven van een sleuf in de ondergrond voor het aanleggen van kabels wordt meer oppervlak doorsneden dan met het aanleggen van mastvoeten of portalen ten behoeve van een bovengrondse verbinding. Daarnaast kunnen effecten op archeologische monumenten in de bodem bij een bovengrondse verbinding gemakkelijker worden voorkomen doordat mastvoetposities kunnen worden aangepast bij de tracéuitwerking (mitigerende maatregel).

Ecologie

Bij een bovengrondse verbinding zijn de belangrijkste effecten op natuur ‘draadslachtoffers’ en verstoring van het leefgebied van vogels. Deze effecten treden op in de gebruiksfase. Voor natuur worden geen permanente effecten verwacht bij een ondergrondse verbinding. Tijdens de aanleg worden eventuele effecten zoveel mogelijk voorkomen door effect beperkende maatregelen te treffen.

Geluid en trillingen

Bij een bovengrondse verbinding zijn er geen noemenswaardige geluidseffecten en geen trillingen in de gebruiksfase. Bij de aanleg van de bovengrondse verbinding is er geluidshinder (door bijvoorbeeld bouwverkeer) en trillingen (door bijvoorbeeld heien fundering) ter plaatse van de mastvoeten. Bij een ondergrondse verbinding zijn er geen geluidseffecten en/of trillingen in de gebruiksfase. Bij de aanleg van een ondergrondse verbinding is er sprake van geluidshinder (door bijvoorbeeld graven sleuf) en trillingen (door bijvoorbeeld verplaatsen grond met zwaar materieel) over de gehele lengte van het tracé.

Zowel in het geval van een bovengrondse als van een ondergrondse verbinding wordt er op de hoogspanningsstations geluid geproduceerd door de daar opgestelde transformatoren. In het geval van een ondergrondse verbinding komen daar compensatiespoelen en/of filters bij die ook geluid produceren en staan opgesteld in de hoogspanningsstations en/of de opstijgpunten.

Bodem en water

Het graven van de kabelsleuven en het uitvoeren van bemalingen tijdens de aanleg van de kabels kunnen mogelijk negatieve effecten hebben op de bodem en water van het gebied. Zoals verstoring van het bodemprofiel, ontstaan van verdichtingen, veranderingen in de grondwaterstand, (ongelijke) zettingen, en maaivelddalingen. In grote delen van het plangebied is sprake van opbarstgevaar en/of zout grondwater,

wanneer er een bouwput wordt gegraven. Wanneer het eerste watervoerend pakket brak/ zout grondwater bevat, dan kan dit terecht komen in het zoete oppervlaktewater. De aanleg van een kabelverbinding gaat grotendeels via open ontgraving met bemaling.

Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen (2005)
Het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen (2005) gebaseerd op het voorzorgsbeginsel isalleen van toepassing op bovengrondse verbindingen. Gevoelige bestemmingen die in de magneetveldzone van bovengrondse verbindingen liggen worden inzichtelijk gemaakt.
Hoogspanningsstations, opstijgpunten en kabelverbindingen vallen niet onder het beleidsadvies. Overigens wordt desondanks wel inzicht gegeven in de 0,4 microtesla magneetveldzone van hoogspanningsstations, opstijgpunten en kabelverbindingen.

3.2 Verkenning locaties op tracé

Niet van toepassing door het recente participatietraject dat wordt doorlopen ten aanzien van het toevoegen van tracéalternatieven vanuit de regio West Brabant en er mogelijk extra alternatieven worden meegenomen in de afweging van het voorkeurstracé.

3.3 Uitwerking per locatie op meerwaarde verkabeling

Niet van toepassing door het recente participatietraject dat wordt doorlopen ten aanzien van het toevoegen van tracéalternatieven vanuit de regio West Brabant en er mogelijk extra alternatieven worden meegenomen in de afweging van het voorkeurstracé.

4. Analyse doorlooptijden

4.1 Planologie

Binnen het project ZW380kV Oost zal mogelijk worden overgegaan tot het toepassen van 380kV kabels. Het toevoegen van kabel in de alternatievenafweging zal mogelijk een klein effect hebben op de planning van de planologische fase. Er loopt reeds een traject ten behoeve van het toevoegen van alternatieven. De toevoeging van 380 kV kabel kan hier grotendeels in meegenomen worden.

4.2 Aanbesteding/inkoop

Binnen het project ZW380kV Oost zal mogelijk worden overgegaan tot het toepassen van 380kV kabels. Dit heeft zoals in paragraaf 4.1 maar een kleine invloed op de planning. Daarom zijn er geen gevolgen voorzien ten aanzien van (extra) vertraging binnen het aanbestedings- en inkooptraject.

4.3 Realisatie

Op basis van de ervaringen in het project Randstad 380kV kan worden gesteld dat er geen verschil in doorlooptijd is tussen realisatie van Wintrack II in vergelijking met 380kV-kabels.

5. Overweging

Op basis van de resultaten van zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen wordt het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg realistisch geacht. Om meer inzicht te krijgen in de daadwerkelijke mogelijkheden voor het toepassen van kabel zijn aanvullende harmonische analyses uitgevoerd waarbij 10 km systeem lengte 380 kV-kabel is toegepast in de verbinding tussen de 380 kV-stations Rilland en Tilburg. Omdat het toepassen van de 10 km kabel niet tot grote veranderingen in de uitkomst van de analyse leidt, is de conclusie dat het toepassen van 10 km systeem lengte 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg mogelijk is.

Gezien de uitslag van de (net)technische analyses zal er voor het project Zuid-West 380kV Oost dan ook verdere studie moeten worden uitgevoerd naar specifieke locaties waar een verkabeling meerwaarde kan bieden. Gezien het lopende participatietraject ten aanzien van het te volgen tracé wordt de studie naar mogelijke locaties op een later moment uitgevoerd.

6. Bijlagen

Bijlage 1 Harmonische analyse 380kV-net regio zuidwest Brabant

AAN	Patrick Piepers, Caroline van Dalen (EZ)	DATUM	22 Juli 2015
KOPIE AAN	Jos van Jole, Sjouke Bootsma, Marc de Zwaan, Niels van Campen (EZ), Marije Schouwstra (EZ)	REFERENTIE	PU-AM 15-369
		VAN	John Zwaal
ONDERWERP	Harmonische analyse 380 kV-net regio zuidwest Brabant		

TER BESLUITVORMING	☐
TER INFORMATIE	■

Samenvatting
Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV-kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Harmonische analyse & Betrouwbaarheid
Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit worden harmonische analyses genoemd. De harmonische analyse geeft inzicht of de uitbreiding van het hoogspanningsnet met kabel leidt tot situaties waarbij ongewenste overspanningen kunnen optreden. Een additioneel aspect is de lagere betrouwbaarheid van 380kV kabels ten opzichte van de traditionele bovengrondse verbindingen. Deze lagere betrouwbaarheid heeft een negatieve invloed op de zekerheid van de energievoorziening. Beide aspecten worden in deze quick scan geadresseerd. Aanleiding is de voorziene nieuwe bovengrondse verbinding tussen de nieuwe 380 kV-stations Rilland en Tilburg en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

Uitgangspunten
Voor zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen zijn uitgangspunten gedefinieerd die een beeld schetsen van het hoogspanningsnet zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren.

Conclusie
Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses wordt het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg realistisch geacht.
De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Rilland en Tilburg naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval.

Daarnaast hebben de initieel uitgevoerde harmonische berekeningen acceptabele waarden laten zien. Om meer inzicht te krijgen in de daadwerkelijke mogelijkheden voor het toepassen van kabel zijn aanvullende harmonische analyses uitgevoerd waarbij 10 km systeem lengte 380 kV-kabel , is toegepast in de verbinding tussen de 380 kV-stations Rilland en Tilburg. Omdat het toepassen van de 10 km kabel niet tot grote veranderingen in de uitkomst van de analyse leidt, is de conclusie dat het toepassen van 10 km systeem lengte 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg mogelijk is. Een aanvullende transiënte studie , die inmiddels opgestart is en medio oktober met resultaten komt, moet nader bevestigen of er meer kabel en hoeveel meer kabel er in de 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg toegepast kan worden.

Inleiding

Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380kV kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Harmonische analyse, impedantiecurve en resonantie

Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij de verschillende frequenties worden harmonische analyses genoemd.

In het Nederlandse hoogspanningsnet, opgebouwd uit verbindingen (kabels en lijnen), transformatoren en compensatiemiddelen (om de netspanning op de juiste waarde te kunnen bedrijven) speelt naast de weerstand bij gelijkspanning, ook de spoel- en condensatorwerking van het hoogspanningsnet een rol. De spoelwerking is het gevolg van de stroom die door de geleider loopt. De stroom in het hoogspanningsnet varieert met de vraag naar elektriciteit en daarmee varieert de spoelwerking. De spoelwerking is beter bekend als het magnetisch veld rond een verbinding. Het hele hoogspanningsnet kan dan gezien worden als de wikkeling van een spoel. De condensator werking is het gevolg van het toepassen van (hoge) spanning op elektrische geleiders (de verbindingen) die gescheiden zijn door een niet geleider (de lucht bij lijnen of kunststof bij kabels). Deze is er altijd omdat het hoogspanningsnet altijd onder spanning staat. Doordat de afstand tussen de geleiders bij het toepassen van kabel veel kleiner is dan bij lijnen is de condensator-werking bij kabels aanzienlijk groter dan bij lijnen.

De totale elektrische weerstand bij wisselspannings-verbindingen wordt impedantie genoemd. De impedantie van spoel- en condensatorwerking is frequentie afhankelijk. Met computermodellen van het hoogspanningsnet kan de impedantie van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties worden berekend. Het resultaat daarvan is een impedantiecurve.

Het hoogspanningsnet werkt op wisselspanning met een frequentie van 50 Hz, maar er komen ook afwijkende frequenties voor. Andere frequenties dan de netfrequentie van 50 Hz zijn of afkomstig van vermogenselektronica (hogere harmonische, veelvouden van 50 Hz) bij verbruikers of van installaties die wisselstroom omzetten in gelijkspanning voor gelijkspanningsverbindingen of zijn afkomstig van schakelhandelingen in het hoogspanningsnet, zoals bijvoorbeeld het inschakelen van transformatoren.

De impedantie van het hoogspanningsnet is niet bij elke frequentie even groot, maar vertoont bij sommige frequenties veel hogere waarden (dit noemen we resonantiepieken). Dit betekent dat bij verschillende frequenties resonantie kan ontstaan. De resonantiepiek met de laagste frequentie bevindt zich in een hoogspanningsnet waarbij geen 380 kV-kabel is toegepast ver boven de netfrequentie van 50 Hz. Toevoeging van kabel verandert de totale impedantiecurve van het hoogspanningsnet en leidt tot

resonantiepieken bij lagere frequenties. Wijziging van de impedantiecurve als gevolg van het toepassen van 380 kV-kabel moet daarom altijd worden onderzocht.

Valt door het toepassen van 380 kV-kabel de laagste resonantiepiek samen met de netfrequentie van 50 Hz dan ontstaat zeker resonantie met verhoging van de netspanning als gevolg. De overspanning die hierbij ontstaat leidt onherroepelijk tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels). Tegen het op deze wijze ontstaan van resonantie bestaat geen remedie en moet dus worden voorkomen. Dit voorkomen kan dan alleen door het beperkt of het niet toepassen van kabel. Vandaar dat situationeel bekeken moet worden of en zo ja hoeveel kabel verantwoord is.

Wanneer toevoeging van kabel aan het hoogspanningsnet leidt tot verdachte pieken in de impedantiecurve is vervolgonderzoek noodzakelijk. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar de bron van de resonantie en de mate van overspanning. Dit is tijdrovend werk omdat het hoogspanningsnet veel verschillende toestanden kan aannemen (verbindingen en generatoren in of uit), waarbij op voorhand moeilijk valt te zeggen welke situaties allemaal tot overspanningen kunnen leiden.

De harmonische analyse wordt dus als een eerste screening uitgevoerd om verdachte impedantiepieken vast te stellen. Worden deze niet vastgesteld en blijft de impedantie laag dan is met een grote zekerheid te stellen dat kabel kan worden toegepast; in het uitgangspunten document is dit gebied vastgesteld bij een frequentie lager dan 500 Hz en met een impedantie lager dan 100 Ohm. Worden er wel impedantiepieken vastgesteld dan is het belangrijk om vast te stellen bij welke frequentie dit plaats vindt en hoe hoog de impedantiepiek is. Op zich hoeft een combinatie van lage frequentie (lager dan 500 Hz) en hoge impedantie (hoger dan 100 Ohm) niet zorgwekkend te zijn, mits er geen bron[8] in het hoogspanningsnet aanwezig is die bij die betreffende frequentie voldoende stroom produceert om resonantie in het hoogspanningsnet te veroorzaken. Daarbij moet een impedantiepiek bij 100 Hz zeker vermeden worden omdat bij het inschakelen van een transformator (het moment van inschakelen van de transformator is dan de bron) een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan zeer groot.

Transiënte studie

Bij twijfel of onzekerheden moet als vervolg op de harmonische analyse een transiënte studie uitgevoerd worden. Bij een transiënte studie wordt als het ware een gebeurtenis, bijvoorbeeld het inschakelen van een transformator of een fout in het hoogspanningsnet (kortsluiting), gesimuleerd. De netsituatie die als kritisch beoordeeld is wordt in een computer model nagespeeld. Er kan dan vastgesteld worden of de in de harmonische analyse vastgestelde impedantiepiek tot daadwerkelijke problemen in het hoogspanningsnet leidt. Op basis van dit resultaat kan dan uitgezocht worden of er kabel toegepast kan worden en zo ja, hoeveel.

Betrouwbaarheid

Op basis van beschikbare casuïstiek is gebleken dat 380kV kabelsystemen zich kenmerken door een lagere

[8] Met bron wordt hier de aanleiding voor de mogelijke resonantie bedoelt. Een goed voorbeeld is de brug die in resonantie komt. Dit wordt veroorzaakt door een externe 'bron', de wind die met een bepaalde windsnelheid de brug belast of een in een bepaald tempo marcherende groep mensen.

betrouwbaarheid in vergelijking met bovengrondse lijnen. Concreet betekent dit dat 380kV kabels vaker zullen storen dan 380kV lijnen, en dat het doorgaans bij kabels langer duurt voordat de storing hersteld is. Deze lagere betrouwbaarheid betekent ook dat toepassing van 380kV kabels een negatieve invloed hebben op de zekerheid van de energievoorziening. Voor de inbreuk op deze zekerheid zijn een drietal parameters bekeken, te weten:

- Additionele kans op overbelastingen
- Toename op kosten als gevolg van transportbeperkingen
- Additionele kans op uitval

Betrokken regio

In deze notitie wordt het resultaat gegeven van de harmonische analyse en de betrouwbaarheidsberekeningen die uitgevoerd zijn voor het 380 kV-net in de regio zuidwest Brabant. Aanleiding is de voorziene bovengrondse 380 kV-verbinding tussen de nieuwe 380 kV-stations Rilland en Tilburg en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

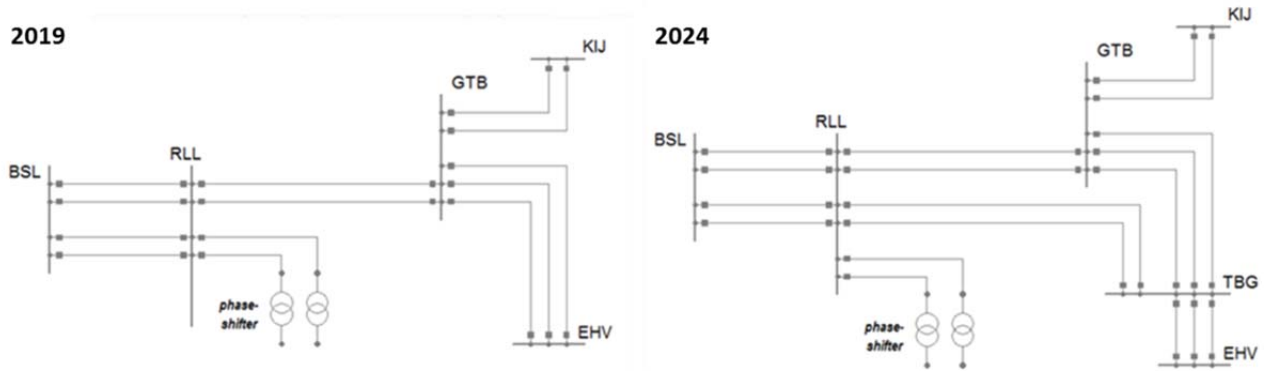
Uitgangspunten

Voor beide analyses zijn uitgangspunten gedefinieerd die een beeld schetsen van het hoogspanningsnet zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren (zie document PU-AM 15-301 Uitgangspunten Harmonische analyse). Hierbij zijn de volgende punten van belang:

1. Toekomstige netconfiguraties;
2. Bestaande of reeds geplande 380 kV-kabel;
3. De verwachte energietransitie van conventionele energiebronnen naar duurzame energiebronnen;
4. Net ontwerpcriteria zoals vastgelegd in de E-Wet en technische codes.

<u>Toekomstige netconfiguraties</u>

Voor de regio zuidwest Brabant zijn in de harmonische analyse twee voorziene netsituaties beschouwd zoals weergegeven in figuur 1. Voor het jaar 2024, waarbij het project ZW380 west (fase 1 in 2019) en oost (fase 2 in 2024) gerealiseerd zijn, is uitgegaan van een nieuwe bovengrondse verbinding met vier circuits tussen het 380 kV-station Borssele en Rilland, en een nieuwe bovengrondse verbinding van twee circuits tussen het 380 kV-station Rilland en Tilburg.



Figuur 1 voorziene netuitbreiding zuidwest Brabant

Voor de aansluiting van offshore wind op het 380 kV-station Borssele is voor de aansluiting van de twee platforms uitgegaan van vier 220 kV-kabelcircuits met een gemiddelde lengte van ca. 60 km aangesloten via vier 220/380 kV-transformatoren. Momenteel is voorzien is dat de aansluiting van de platforms vanuit het station Borssele geheel met kabel wordt uitgevoerd.

Voor de betrouwbaarheidsberekeningen is uitgegaan van alleen de uiteindelijke situatie zoals weergeven in figuur 1.

Bestaande of reeds geplande 380 kV-kabel
In de regio zuidwest Brabant is nu geen 380 kV-kabel toegepast. Daarnaast is ook geen 380 kV-kabel toepassing voorzien. In de analyse is dus geen 380 kV-kabel voor de regio meegenomen.

De verwachte energietransitie van conventionele energiebronnen naar duurzame energiebronnen
In de energie transitie is de verwachting dat de bijdrage van conventionele energiebronnen (de opwekeenheden met als brandstof onder andere gas of kolen) aan de totale elektriciteitsvoorziening sterk zal verminderen. Doordat nu al deze opwekeenheden gekoppeld aan het hoogspanningsnet zijn en met 3000 toeren per minuut (die zorgen voor de netfrequentie van 50 Hz) hun energie aan het hoogspanningsnet leveren, is de aanwezige 'draaiende' weerstand tegen verstoringen in het hoogspanningsnet groot; in vaktermen wordt dit massa traagheid genoemd waarbij daarnaast een hoog kortsluitvermogen aanwezig is. De weerstand tegen verstoringen neemt sterk af als er minder opwekeenheden aan het hoogspanningsnet gekoppeld zijn; de massa traagheid en het kortsluitvermogen is dan laag. De duurzame opwekbronnen die het vermogen aan het hoogspanningsnet leveren zijn via vermogenselektronica aan het hoogspanningsnet gekoppeld en geven hierdoor nauwelijks tot geen bijdrage in massa traagheid en kortsluitvermogen en dus geen bijdrage in de weerstand tegen verstoringen.

Omdat de mate van massa traagheid en kortsluitvermogen in het hoogspanningsnet een cruciale factor is, is in de harmonische analyse daarom een worst case situatie verondersteld waar er geen conventionele productie in bedrijf is op 220/380 kV-niveau. Daarnaast is verondersteld dat in het buitenland ook een vermindering in de bijdrage van de conventionele opwekeenheden plaats vindt. Immers, ook in de landen om ons heen en vanuit Brussel (Europa) is de trend naar meer duurzame energie. Dit is in het computermodel verwerkt door het huidige kortsluitvermogen op de grensverbindingen te reduceren tot 25%

van de huidige waarde.

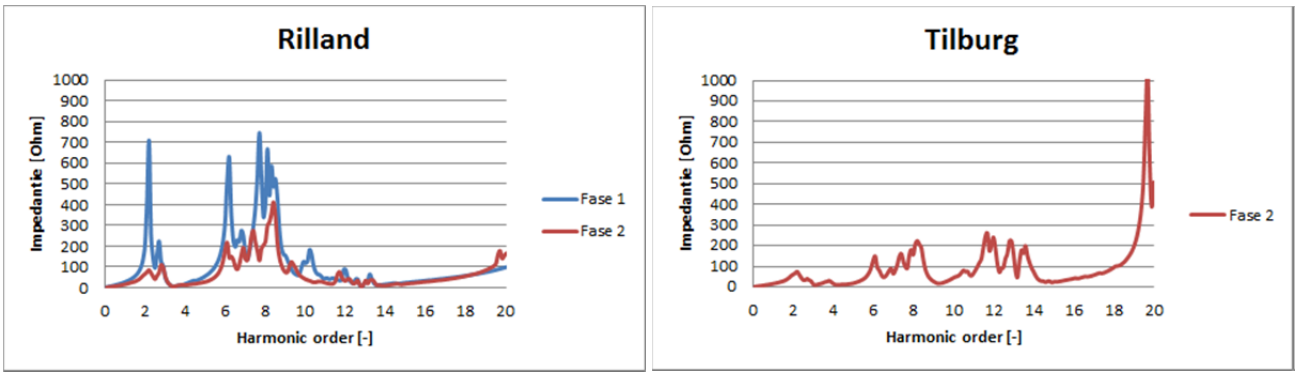
Het wordt opgemerkt dat dit uitgangspunt enkel van belang is voor de harmonische analyse en geen impact heeft op de betrouwbaarheidsberekeningen.

Net ontwerpcriteria zoals vastgelegd in de E-Wet en technische codes

In de analyse is de harmonische impedantie van het hoogspanningsnet beschouwd bij een enkelvoudige uitvalsituatie van een circuit of transformator (n-1) en bij een enkelvoudige uitval van een circuit tijdens onderhoud van het parallelle circuit (n-2). Hiermee wordt de impedantie van het hoogspanningsnet vastgesteld voor de verschillende netsituaties die in het hoogspanningsnet kunnen voorkomen. Voor de betrouwbaarheidsanalyses is naast enkel- en dubbelvoudig falen ook naar meervoudige uitvalscenario's gekeken.

Resultaat harmonische analyse

In figuur 2 en 3, respectievelijk voor het 380 kV-station Rilland en Tilburg is het resultaat van de harmonische analyse weergegeven. De figuren geven de berekende harmonische impedantie (in Ohm) als functie van de frequentie; de frequentie wordt aangegeven via 'Harmonic order'. Dit getal moet met 50 Hz vermenigvuldigd worden om de frequentie te verkrijgen. Een Harmonic order van 1 betekent 50 Hz, van 2 betekent 100 Hz etc. De blauw gekleurde lijn geeft het resultaat van de analyse waarbij een netsituatie verondersteld is met alleen ZW380 west gerealiseerd. De rood gekleurde lijn geeft het resultaat van de analyse waarbij een netsituatie verondersteld is met zowel ZW380 west als ook oost gerealiseerd.



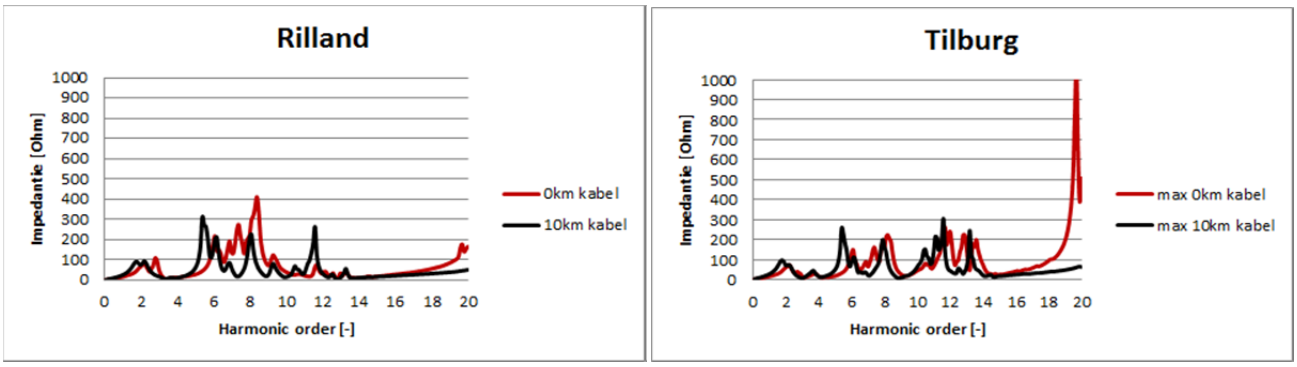
Figuur 2 en 3, resultaat harmonische analyse regio zuidwest Brabant

Op het station Rilland, figuur 2, is de invloed van ZW380 oost (fase 2) ten opzichte van ZW380 west (fase 1) op de impedantie van het hoogspanningsnet duidelijk waarneembaar; de impedantie pieken in de rode lijn liggen veel lager dan de impedantie pieken in de blauwe lijn. Dit komt doordat het hoogspanningsnet robuuster wordt als gevolg van de realisatie van ZW380 oost. Er zijn nu meerdere verbindingen die het 380 kV-station Rilland ontsluiten, waarbij dus ook bij storingssituaties het hoogspanningsnet minder verzwakt wordt. De problematische zeer hoge impedantie piek in fase 1 van ca. 700 Ohm bij ca. 100 Hz is gedaald tot een acceptabele waarde van onder de 100 Ohm. Ook op het station Tilburg, figuur 3, worden geen noemenswaardige impedantiepieken geconstateerd. Op basis van de resultaten van de harmonische analyse wordt het toepassen van 380 kV-kabel in de verbinding tussen Rilland en Tilburg realistisch geacht.

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor het toepassen van kabel zijn aanvullende harmonische analyses uitgevoerd. Hierbij is in de modellering van het hoogspanningsnet 10 km systeem lengte 380 kV-kabel[9,10] in de verbinding tussen de 380 kV-stations Rilland en Tilburg in de computer simulatie meegenomen.

[9] De keuze van 10 km systeem lengte kabel is gebaseerd op de ervaringen en inzichten van de huidige 10 km systeem kabel lengte in de 380 kV-verbinding Wateringen – Bleiswijk inclusief benodigde compensatiemiddelen om te hoge netspanningen te voorkomen.
[10] Systeem lengte is verbindingslengte bestaande uit 2 circuits, waarbij elk circuit bestaat uit 3 fasen, en met 2 kabels per fase, 10 km systeemlengte is 120 km kabel lengte.

In figuur 4 en 5, respectievelijk voor het 380 kV-station Rilland en Tilburg is het resultaat van de harmonische analyse weergegeven waarbij 10 km systeem lengte kabel in de 380 kV-verbinding tussen de 380 kV-stations Rilland en Tilburg is meegenomen.



Figuur 4 en 5, resultaat harmonische analyse regio zuidwest Brabant met 10 km systeem lengte kabel

Waarneembaar is dat de impedantiepieken in zowel Rilland als Tilburg iets naar links in de grafiek opschuiven en (in Tilburg) iets hoger wordt. Dit betekent dat de impedantiepieken bij een iets lagere frequentie optreden. Dit is in lijn met de verwachting van het toepassen van kabel op de impedantiecurve van het net. Omdat het toepassen van de 10 km systeem lengte kabel niet tot significante veranderingen in de impedantiecurve in vooral het lagere frequentie gebied leidt is de conclusie dat het toepassen van 10 km systeem lengte kabel in de verbinding tussen Rilland en Tilburg mogelijk is. Een aanvullende transiënte studie, dat opgestart is en medio oktober met een resultaat komt, moet uitwijzen of er meer kabel en hoeveel meer kabel, er in de verbinding Rilland – Tilburg toegepast kan worden.

Het toepassen van 380 kV-kabel vraagt wel om aanvullende maatregelen in het hoogspanningsnet en nader onderzoek. In het hiervoor genoemde stukje '**Harmonische analyse, impedantiecurve en resonantie'** is kort ingegaan op de spoel- en condensatorwerking van het hoogspanningsnet. Gesteld is:

> *'Het effect van spoel- en condensatorwerking is complementair. De spoelwerking zorgt voor een spanningsdaling en de condensatorwerking zorgt voor een spanningsstijging. Dit betekent dat als bij een zekere vraag naar elektriciteit de spoel- en condensatorwerking gelijk zijn, het hoogspannings-net zich spanning technisch neutraal gedraagt. Wanneer de een over de ander domineert, moet er complementair gecompenseerd worden om de netspanning binnen de gestelde bandbreedte te houden.'*

Door het toepassen van 380 kV-kabel gaat de condensatorwerking overheersen. Dit betekent dat compensatiemiddelen (veelal vaste spoelen) nodig zijn om de spanningsstijging te compenseren. De werking van de verbinding wordt hierdoor afhankelijk van het functioneren van de compensatiemiddelen en er worden onder andere door de spoelen weer andere elektrotechnische verschijnselen geïntroduceerd die onderzocht moeten worden. Echter, de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoek-programma tonen aan dat dit, mits goed onderzocht en met de juiste maatregelen gemitigeerd, beheersbare verschijnselen zijn.

Resultaat betrouwbaarheid

De berekeningen laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Rilland en Tilburg naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval. Om die reden is betrouwbaarheid niet een limiterende factor voor verkabeling in Rilland – Tilburg.

Bijlage 2 Kengetallen 380kV kabels

In deze bijlage worden de uitgangspunten en kengetallen van de aanleg en het beheer van een 380 kV verkabeling benoemd. Deze gegevens vormen de basis om een inschatting te kunnen geven over de milieueffecten.

De kengetallen zijn opgesteld om een goede indruk te geven ten aanzien van de impact van een kabelverbinding. Een gedeelte van de gegevens is gebaseerd op de ervaring uit het project Randstad 380 kV. Voor andere zaken zijn op basis van globale berekeningen en 'expert judgement' inschattingen gemaakt van ruimtebeslagen, magneetvelden etc. als vanzelfsprekend kunnen daarom aan deze gegevens geen rechten worden ontleend.

Om een goede afweging te maken tussen een bovengrondse en een ondergrondse verbinding, is het van belang om meer inzicht te krijgen in de effecten op hoofdlijnen van een 380 kV verkabeling. In deze paragraaf worden de uitgangspunten en kengetallen van de aanleg en het beheer van een 380 kV verkabeling benoemd.

Uitgangspunten

Voor het inzichtelijk maken van de ruimtelijke effecten van een mogelijke verkabeling, zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- *Scope*: de scope van ZW380kV Oost gaat uit van een bovengrondse 380 kV verbinding tussen Rilland en Tilburg die waar mogelijk zal worden gebundeld en/of gecombineerd met een bestaande verbinding.
- *Bestaande verbindingen:* In principe worden bestaande verbindingen niet meer geamoveerd wanneer wordt overgegaan tot verkabeling van de nieuwe verbinding. Er komt immers geen nieuwe bovengrondse verbinding bij. Wanneer er echter een gedeelte van een gecombineerde verbinding wordt verkabeld zal de bestaande (gecombineerd met de nieuwe 380 kV) verbinding logischerwijs ook mee verkabeld moeten worden. Anders blijft de gehele bestaande verbinding staan en neemt het aantal bovengrondse kilometers toe.
- *Lengte*: vanuit netstrategie is aangegeven dat de minimaal te verkabelen lengte 3 km (tracélengte) is. Vanuit het oogpunt van landschappelijke inpassing heeft het de voorkeur om aaneengesloten stukken geheel te verkabelen, in plaats van meerdere korte ondergrondse tracés. In het bijzonder gelet op de ruimtelijke impact en kosten van opstijgpunten (voor ieder stuk, zijn twee opstijglocaties vereist) en de verhoogde kans op storingen.

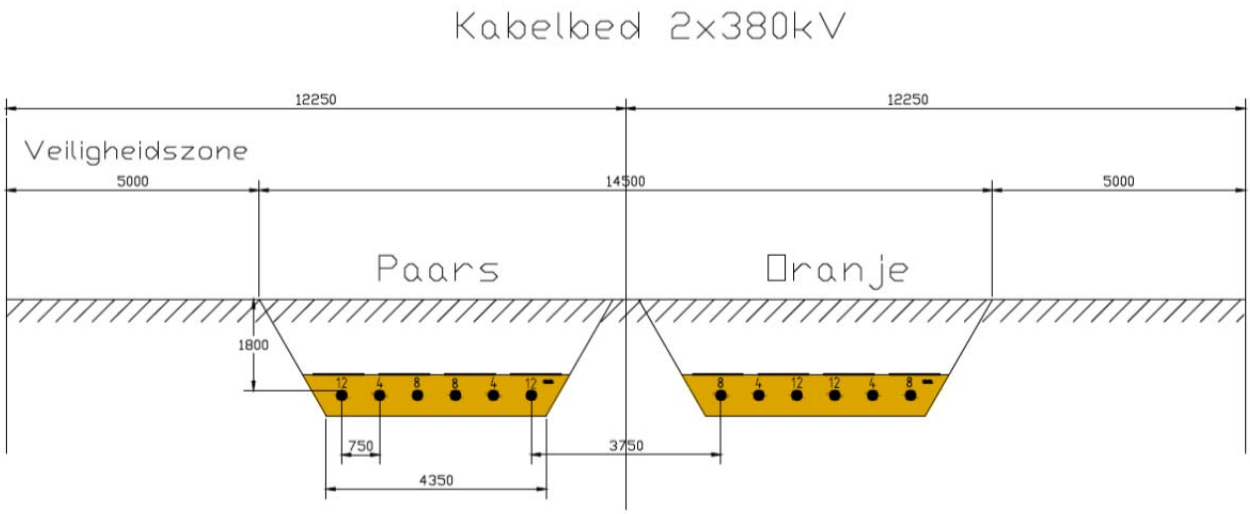
Kabel

Algemeen
De aanleg van een ondergrondse hoogspanningskabel kan op twee manieren plaatsvinden:

- door open ontgraving (het graven van een kabelsleuf waar de kabels in worden gelegd, waarna de sleuf weer wordt dichtgelegd)
- of door gestuurde boringen. Bij een boring worden de kabels niet los in de grond gelegd, maar in mantelbuizen.

Bij een open ontgraving worden de kabels (aantal is afhankelijk van hoeveelheid circuits, bodemsoort, vermogen etc) die nodig zijn voor de ondergrondse verbinding gelegd op minimaal 1,5 m onder het maaiveld.

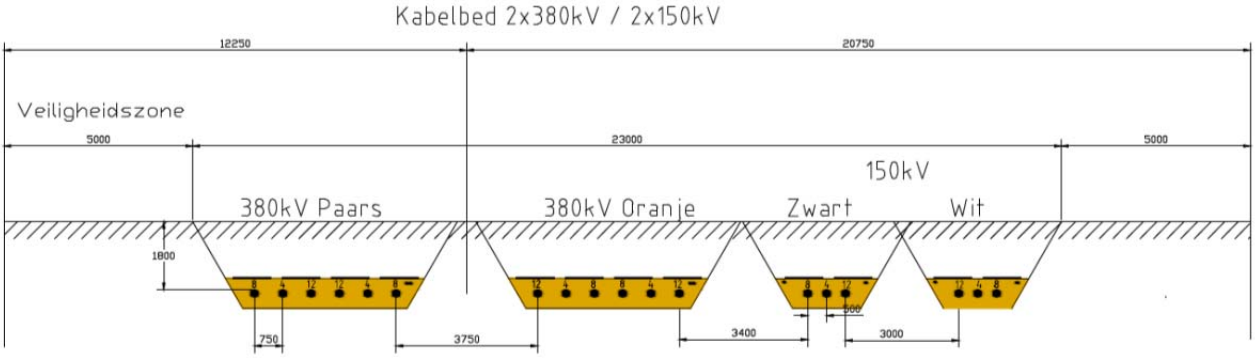
Bij een boring worden de kabels dieper aangelegd om een bepaald object of obstakel te kunnen kruisen. Daarbij wordt ook een andere configuratie toegepast: er worden meerdere kabels in een mantelbuis geplaatst. Het aantal kabels per mantelbuis is afhankelijk van de lokale thermische eigenschappen van de ondergrond. Hoe diep de mantelbuizen liggen als een boring wordt toegepast, hangt af van hoe diep het obstakel ligt dat wordt gekruist.



Figuur 1 Schematische weergave 2x380 kV kabel

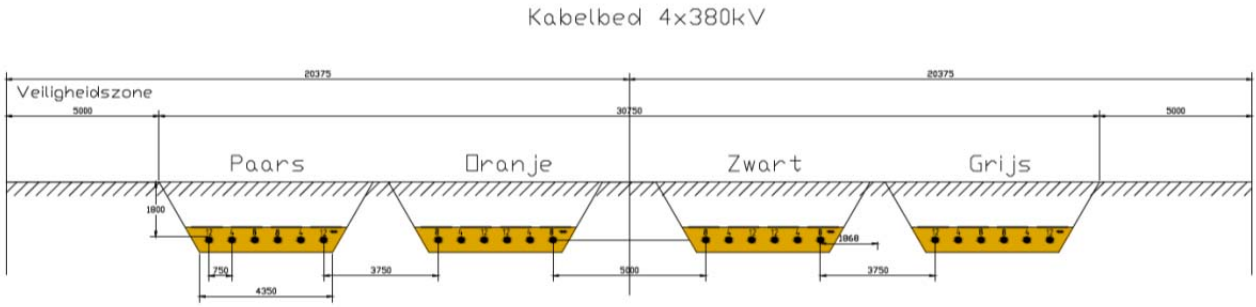
Het inpassingsplan Randstad bevat geen informatie over de configuratie van een Combi 380 kV/150 kV kabelbed en/of boring. Hetzelfde geld voor de configuratie van een 4x380 kV kabelbed en/of boring. Onderstaande informatie is daarom op basis aannames opgebouwd op basis van IP Randstad.

Bij een gecombineerde 380 kV/150 kV verbinding is de configuratie vergelijkbaar als bij een 2x380 kV kabeltracé. Bij een combi tracé wordt er parallel aan het 2x380 kV kabeltracé nog een 2x150 kV kabeltracé gelegd. Bij een open ontgraving worden de kabels die nodig zijn voor de ondergrondse verbinding gelegd op minimaal 1,5 m onder het maaiveld in een strook van ongeveer 23 m breed.



Figuur 2 Schematische weergave combinatie 150kV / 380 kV kabel

Bij een 4x380 kV is de configuratie hetzelfde als bij een 2x380 kV verbinding. Alleen dan worden er een tweetal 2x380 kV kabeltracés parallel aan elkaar gelegd, zie onderstaande afbeelding.



Figuur 3 Schematische weergave combinatie 4x380 kV kabel

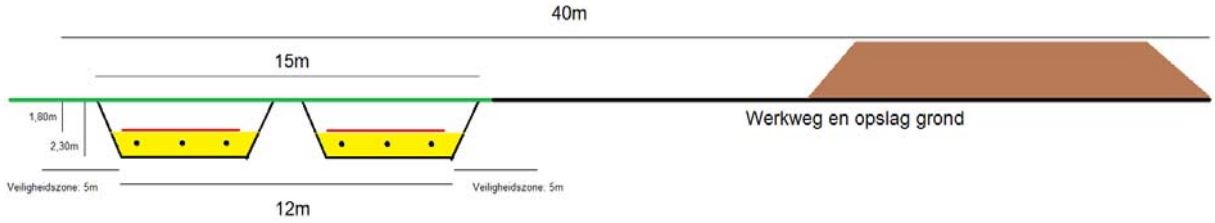
Binnen de belaste strook of belemmerde strook van de ondergrondse hoogspanningsverbinding worden beperkingen opgelegd aan het gebruik van deze strook. De breedte van de strook is o.a. afhankelijk van het spanningsniveau, de configuratie van de verbinding. Voor een 4x380 kV kabel wordt uitgegaan van een breedte van ca. 40 meter.

Bepaalde werkzaamheden in deze strook zijn niet toegestaan, tenzij hiervoor toestemming is verleend door de beheerder van de hoogspanningskabel (meestal TenneT). Hierbij moet gedacht worden aan het roeren van de grond (bv. graafwerkzaamheden, heiwerkzaamheden), het wijzigen van het maaiveldniveau, het planten van diep wortelende beplanting of bomen en het oprichten of uitbreiden van enig bouwwerk. Voor specifieke informatie wordt verwezen naar de brochure "Uw veiligheid en de ongestoorde werking van de ondergrondse hoogspanningsverbinding".

Aanleg

Het ruimtebeslag bij open ontgraving voor de ondergrondse 2x380 kV-verbinding betreft een strook van ongeveer 40 m breed over de hele lengte van de open ontgraving. Deze strook wordt benut voor het kabelbed, de werkstrook, opslag gronden en de werkweg. Bij een gecombineerde kabelverbinding zal de werkstrook ongeveer het dubbele beslaan (80 meter).

Bij een boring zijn twee werkterreinen nodig, namelijk bij het intredepunt en het uittredepunt. De werkterreinen benodigd voor de realisatie van opstijgpunten zijn circa 3.500 m² (2 x 380 kV).



Figuur 4 Werkstrook open ontgravingen van de 380 kV

Bij boringen zijn er uitlegterreinen van mantelbuizen nodig. Het ruimtegebruik van de uitleglocaties hangt af van type kabel. Daarnaast geld dat de lengte van de boring overeenkomstig is met de benodigde lengte van het uitlegterrein. Hieronder is beeldmateriaal van de 380kV (2-circuit) boring ten noorden van Noordzeekanaal bij Beverwijk opgenomen.



Figuur 5: Boring 2 circuits 380 kV



Figuur 6 Boring 2 circuits 380 kV



Figuur 7 Uitleglocatie boring van ca. 800 meter, de langste boring in de Noordring.

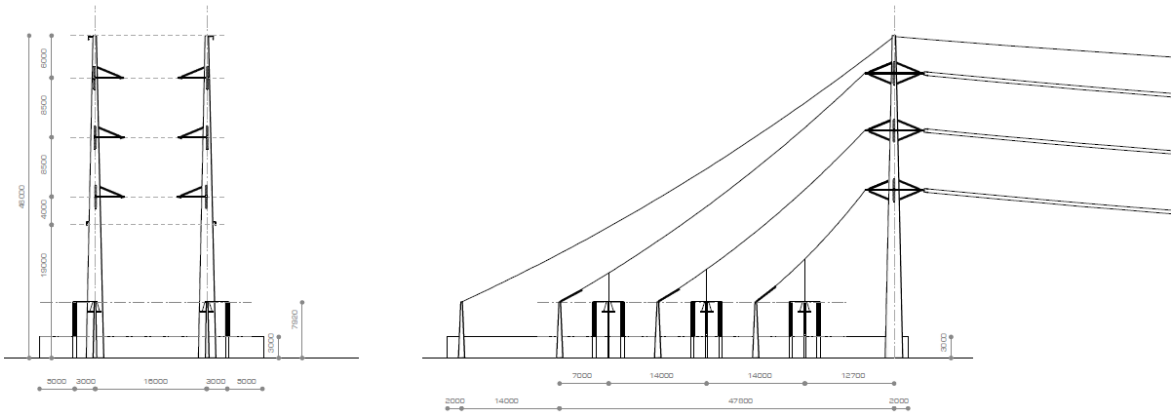




Figuur 8 en 9 Open ontgraving

Opstijgpunten

De overgang van een bovengrondse 380 kV-lijn naar een ondergrondse kabel en andersom gebeurt via opstijgpunten. In het opstijgpunt wordt de hoogspanningslijn afgespannen en naar beneden gebracht. Opstijgpunten zijn afgeschermd met een 3 m hoog hekwerk. De bouwwerken bij een 2x380 kV zijn anders dan de hoogspanningsmasten, ter plaatse van een opstijgpunt zijn deze circa 13 m hoog. De opstijgpunten bij een 2x380 kV verbinding hebben een permanent ruimtebeslag van ongeveer 65 m lang en 35 m breed. Dit is exclusief eventuele hekwerken of sloten om het opstijgpunt af te schermen.

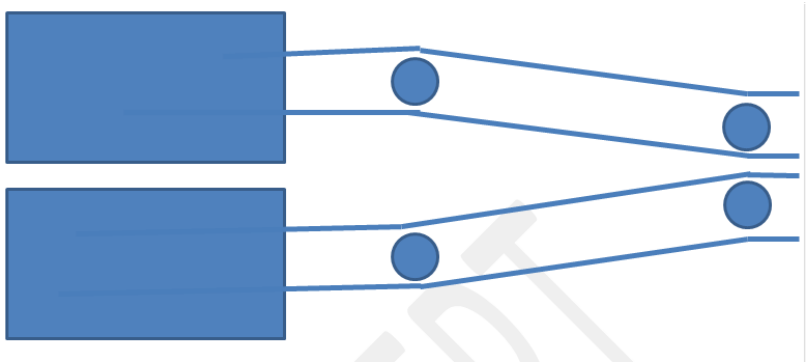


Figuur 10 Visual Bi-pole 380 kV eindstation en opstijgstation Randstad 380 kV



Figuur 11: Opstijgpunt Pijnacker langs de N470 (richting hoogspanningsstation Bleiswijk)

Voor een 4x380 kV opstijgpunt wordt in deze notitie uitgegaan van een twee keer zo groot ruimtebeslag (zie figuur 12 voor een schematische weergave). Het ruimtebeslag is twee maal 65 m bij 35 m (blauwe vlakken) met een tussenruimte van 5 meter. De totale afmeting is dus 65 meter breed en 75 meter (35 + 5 + 35m) lang.



Figuur 12 Schematische weergave 4x380 kV opstijgpunt

Voor het opstijgpunt van de 380/150 kV moet een ruimtebeslag van 46m bij 85 meter worden gehanteerd. Dit is het ruimtebeslag dat is gehanteerd binnen het project Randstad 380 kV. Hierbij ligt het 150 kV afstapgedeelte onder de geleiders.

Financiële kengetallen

Om een indicatie te geven tussen de kostenverschillen tussen een boven- en ondergrondse verbinding zijn in deze paragraaf de algemene kostenbepalende factoren beschreven.

De belangrijkste kostenbepalende factoren voor een kabel 2x380 kV (capaciteit 1.975 tot 2.635 MVA) zijn:

- vermogen (transportcapaciteit)
- materiaal kabel (koper of aluminium)
- wijze van aanleggen (open ontgraving of gestuurde boring)
- tracé lengte (aantal OSP per km)
- bodemgesteldheid (weerstand van de grond)

Dit vertaald zich voorlopig in de volgende algemene kosten indicatie:
Minimum: 9,0 M€/km
Gemiddeld: 12,1 M€/km
Maximum: 21,0 M€/km
(Het betreft altijd investeringskosten prijspeil 01-01-2015)

De belangrijkste kostenbepalende factoren voor Wintrack 2x380 kV (capaciteit 1.975 tot 2.635 MVA) zijn:

- vermogen (transportcapaciteit)
- veldlengte (afstand tussen de masten)
- verhouding hoek- en steun
- uitkoop gevoelige bestemmingen
- bodemgesteldheid (type en diepte fundering)

Dit vertaald zich voorlopig in de volgende algemene kosten indicatie:
Minimum: 4,2 M€/km
Gemiddeld: 5,2 M€/km
Maximum: 6,2 M€/km

In de verdere afweging worden de gemiddelde kosten van bovengronds en ondergronds als indicatie meegenomen om een inzicht te geven in de verhouding in kosten. Deze inschatting is gegeven op basis van een 2x380 kV configuratie. Per kilometer is de toepassing van kabel ongeveer 7 miljoen euro duurder (verschil tussen 5,2 en 12,1 miljoen euro). In een later stadium kunnen eventueel specifieke berekeningen per locatie en configuratie gemaakt worden.

Technische specificaties kabeltracés

2x380 kV kabel		
Nominaal vermogen	2635	[MVA]
Kabelbed breedte	14,5	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	24,5	[m]
Aantal circuits	2	[-]
Afstand tussen circuits	3,75	[m]
Afstand tussen fasen	0,75	[m]
Aantal kabels per fase	2	[-]

2x380 kV / 2x150 kV kabel		
Nominaal vermogen 380kV	2635	[MVA]
Nominaal vermogen 150kV	500	[MVA]
Kabelbed breedte	23	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	33	[m]
Aantal circuits 380kV	2	[-]
Afstand tussen circuits 380kV	3,75	[m]
Afstand tussen fasen 380kV	0,75	[m]
Aantal kabels per fase 380kV	2	[-]
Aantal circuits 150kV	2	[-]
Afstand tussen circuits 150kV	3	[m]
Afstand tussen fasen 150kV	0,5	[m]
Aantal kabels per fase 150kV	1	[-]
Afstand tussen 380kV en 150kV	3,4	[m]

4x380 kV kabel		
Nominaal vermogen	2x2635	[MVA]
Kabelbed breedte	30,75	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	40,75	[m]
Aantal circuits	4	[-]
Afstand tussen circuits	3,75	[m]
Afstand binnenste circuits	5	[m]
Afstand tussen fasen	0,75	[m]
Aantal kabels per fase	2	[-]

NOTITIE

QuickScan naar mogelijke 380kV-verkabeling in ZW380kV West (Borssele – Rilland)

Opsteller: Projectteam Zuid-West 380kV
Datum: 18 november 2015
Documentnummer: 000.145.20 0393457
Versie: 2.2

Inhoud

MANAGEMENTSAMENVATTING 3

1. INLEIDING 4
1.1 Aanleiding 4
1.2 Project Zuid-west 380kV West 5
1.3 Doel document 6
1.4 Leeswijzer 6

2. ANALYSE VAN NETTECHNISCHE CONSEQUENTIES 7
2.1 Inleiding 7
2.2 Harmonische analyse & Betrouwbaarheid 7
2.3 Conclusie 8

3. ANALYSE VAN RUIMTELIJKE CONSEQUENTIES 9
3.1 Milieueffecten 380kV verkabeling 9
3.2 Verkenning locaties op tracé 12
3.3 Uitwerking per locatie op meerwaarde verkabeling 12

4. ANALYSE DOORLOOPTIJDEN 12
4.1 Planologie 12
4.2 Aanbesteding/inkoop 12
4.3 Realisatie 12

5. OVERWEGING 12

6. BIJLAGEN 13
Bijlage 1 Harmonische analyse 380kV-net regio Zeeland 14
Bijlage 2 Kengetallen 380kV kabels 23

Managementsamenvatting

Op verzoek van de minister van EZ (http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/04/02/kamerbrief-over-ondergrondse-aanleg-van-nieuwe-hoogspanningsverbindingen.html) is een quick scan uitgevoerd om na te gaan of, aan de hand van de door TenneT zelf gestelde randvoorwaarden, er mogelijkheden zijn om eventuele knelpunten op deze verbinding ondergronds op te lossen. Op basis van deze quick scan kan de minister zijn besluit om ondergrondse kabels toe te passen mede baseren.

De quick scan bestaat uit twee delen: een (net)technisch onderdeel en een ruimtelijk onderdeel. In deze rapportage worden de resultaten van deze analyse voorgelegd. Als startpunt is een harmonische analyse uitgevoerd om de nettechnische mogelijkheden van verkabeling inzichtelijk te maken. Hierin is het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties onderzocht. Daarnaast is gekeken naar de statistiek van falen en repareren van kabels versus lijnen en hoe dit de betrouwbaarheid van de energievoorziening beïnvloedt. Bij een positieve resultante van deze analyses, waaruit blijkt dat het mogelijk is om 380 kV verkabeling toe te passen binnen het project, wordt vervolgens gekeken naar mogelijke locaties en de meerwaarde van verkabeling.

Hoewel de berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Borssele en Rilland naar verwachting niet leidt tot toename van de kans op uitval, moet op basis van de resultaten van de harmonische analyse worden geconcludeerd dat het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Borssele en Rilland niet mogelijk geacht wordt.

Gezien de uitslag van de harmonische analyse wordt er voor het project Zuid-West 380kV West dan ook geen verdere studie uitgevoerd naar specifieke locaties waar een verkabeling meerwaarde kan bieden. De nieuwe 380kV verbinding blijft bovengronds.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In Nederland geldt voor nieuwe hoogspanningsverbindingen het beleid “bovengronds tenzij”, zoals verwoord in Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III). Ondergronds kan slechts overwogen worden op basis van een integrale afweging op projectniveau. In 2008 heeft TenneT aangegeven maximaal 20 km 380 kV-kabel verantwoord in het Nederlandse, vermaasde hoogspanningsnet ondergronds aan te kunnen leggen. De tracélengte van 20 km – met een totale kabellengte van 240 km – was op dat moment op de grens van wat wereldwijd in de praktijk was beproefd. Bij het opstellen van Rijksinpassingsplannen voor de aanleg van nieuwe 380 kV-verbindingen is sindsdien deze 20 km als landelijk maximum gehanteerd.

Gewijzigde inzichten TenneT

TenneT heeft de minister van Economische Zaken per brief (d.d. 20 maart 2015) laten weten Dat zij haar visie op de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabel op basis van tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft aangepast en tot de conclusie is gekomen dat 20 km verkabelen onder bepaalde condities niet meer als strikt maximum hoeft te worden gehanteerd en situationeel mogelijk meer kan worden verkabeld. Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van ondergrondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in cruciale verbindingen zoals de landelijke 380 kV-ring, verbindingen naar interconnectoren en de interconnectoren zelf. De langdurige reparatieduur van 220/380 kV-kabels zorgt immers juist op dergelijke belangrijke verbindingen voor ongewenste leveringszekerheidsrisico's met mogelijke grote impact. Bovendien dient, om de systeemcomplexiteit te beperken, worden voorkomen dat binnen één verbinding ondergrondse kabel en bovengrondse lijn elkaar op korte afstand verschillende keren afwisselen.

Second opinion

De minister van Economische Zaken heeft in de brief aan de Tweede Kamer aangegeven dat hij een second opinion zal laten uitvoeren op basis van de voorliggende onderzoeksresultaten van TenneT. Pas na ontvangst van de second opinion zal hij een definitief standpunt innemen. De minister van Economische Zaken heeft de Tweede Kamer geïnformeerd dat hij de mening van TenneT op dit moment deelt, maar dat hij na het ontvangen van de second opinion definitief zijn standpunt in deze zal bepalen.

Quick scan

Op verzoek van de minister van EZ is een Quick scan uitgevoerd naar de nettechnische mogelijkheden tot het gedeeltelijk verkabelen van de verbindingen Zuid - West 380 kV (West en Oost) en Noord - West 380 kV (Eemshaven – Vierverlaten). De quick scan bestaat uit twee delen: een (net)technisch onderdeel en een ruimtelijk onderdeel. TenneT zal bij het opstellen van de Quick scan beide zaken in beeld brengen.

De bevindingen van de TenneT quick scans worden meegenomen in de in opdracht van het ministerie van Economische Zaken door een derde partij uit te voeren second opinion.
De minister van Economische Zaken zal op basis hiervan zijn uiteindelijke standpunt innemen.

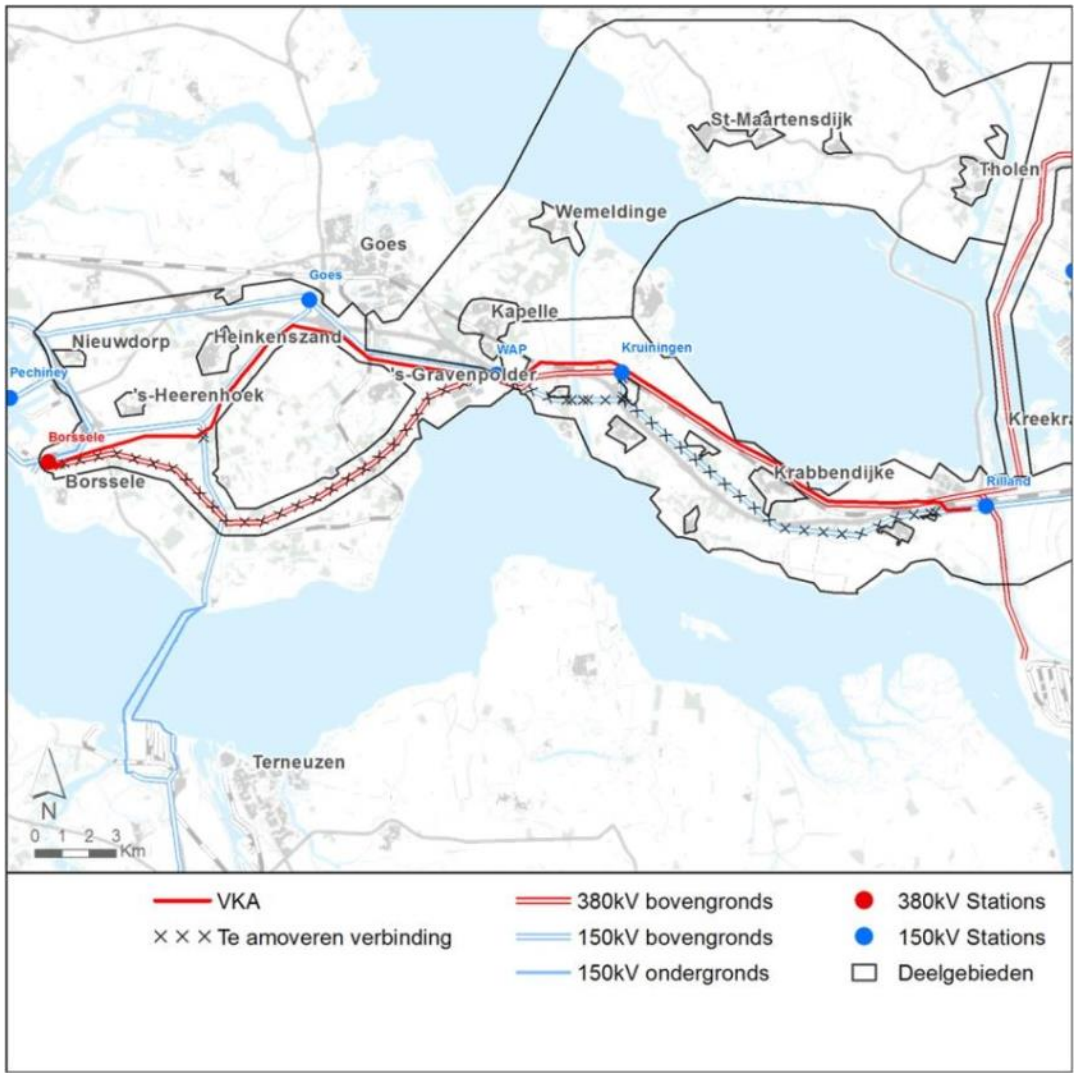
De Quick scan bestaat uit de onderdelen:

1. De analyse van (net)technische consequenties:
   Omvat een harmonische analyse naar de mogelijkheid voor het toepassen van 380kV-kabel en een analyse naar de impact op de betrouwbaarheid door het toepassen van kabel in plaats van lijn. In notitie PU-AM 15-301[1] zijn de uitgangspunten en uitvoering van beide analyses beschreven. Het ministerie van EZ laat een second opinion uitvoeren op zowel de uitgangspunten als de analyses en hieruit voortvloeiende vervolgstudies;
2. De analyse van de ruimtelijke consequenties:
   In deze paragraaf wordt ingegaan op de algemene ruimtelijke consequenties van verkabeling. Daarnaast vindt er een uitwerking plaats van locaties waar een ondergrondse oplossing tot mogelijke meerwaarde kan leiden ten opzichte van een bovengrondse oplossing, indien de analyse onder 1 heeft uitgewezen dat verkabelen daadwerkelijk een optie is;
3. Een analyse naar de gevolgen voor en doorlooptijd indien 380kV-kabel mogelijke meerwaarde biedt ten opzichte van een bovengrondse uitvoering.

1.2 Project Zuid-west 380kV West

Er komt een nieuwe 380kV hoogspanningsverbinding tussen Borssele en Rilland. De nieuwe verbinding komt tussen Borssele en Kapelle ten zuiden van de bestaande 150 kV verbinding van Borssele naar 150 kV station Willem-Anna-Polder (WAP) te staan. Het tracé komt daardoor langs Heinkenszand, 's-Heer Abtskerke en Eversdijk. De nieuwe verbinding wordt hier gecombineerd met de bestaande 380 kV verbinding door de Zak van Zuid Beveland. Hierdoor kan de bestaande 380 kV verbinding door de Zak van Zuid Beveland worden afgebroken.
Vervolgens gaat het tracé via bedrijventerrein Smokkelhoek verder aan de noordzijde van de bestaande 380 kV verbinding van Borssele naar Rilland. De verbinding loopt dan langs Vlake en Krabbendijke en eindigt vervolgens bij het nieuwe 380 kV station Rilland. De verbinding wordt hier gecombineerd met de bestaande 150 kV verbinding Willem Annapolder (WAP) – Rilland – Kruiningen, waardoor deze verbinding ook kan worden afgebroken.

[1] TenneT, juni 2015, '*Uitgangspunten Harmonische analyse*' PU-AM 15-301



Figuur 1 Het project ZW380kV West

1.3 Doel document

Voorliggend document bevat de quick scan Zuid-West 380kV West. Deze quick scan is de basis voor verdere besluitvorming ten aanzien van toepassing van 380kV kabels binnen het project.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de analyse van de (net)technische consequenties van verkabeling binnen Zuid-West 380kV West. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de ruimtelijke consequenties van toepassing van 380 kV kabel beschreven. Hoofdstuk 4 gaat in op de gevolgen voor de doorlooptijden waarna hoofdstuk 5 de overweging beschrijft.

2. Analyse van nettechnische consequenties

In dit hoofdstuk wordt het resultaat gegeven van de analyses die zijn uitgevoerd voor het 380 kV-net in de regio Zeeland[2]. Aanleiding is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Borssele en het nieuw te realiseren 380 kV-station Rilland. In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van de uitgevoerde analyses. De volledige uitwerking van deze analyses is opgenomen in bijlage 1.

2.1 Inleiding

Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV-kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

2.2 Harmonische analyse & Betrouwbaarheid

Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit worden harmonische analyses genoemd. De harmonische analyse geeft inzicht of de uitbreiding van het hoogspanningsnet met kabel leidt tot situaties waarbij ongewenste overspanningen kunnen optreden. Een additioneel aspect is de lagere betrouwbaarheid van 380kV kabels ten opzichte van de traditionele bovengrondse verbindingen. Deze lagere betrouwbaarheid heeft een negatieve invloed op de zekerheid van de energievoorziening. Beide aspecten worden in deze quick scan geadresseerd. Aanleiding voor deze analyses is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Borssele en het nieuw te realiseren 380 kV-station Rilland en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

Voor zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen zijn uitgangspunten[3] gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren.

[2] TenneT, juni 2015, *'Harmonische analyse 380 kV-net regio Zeeland'* PU-AM 15-299
[3] TenneT, juni 2015, '*Uitgangspunten Harmonische analyse*' PU-AM 15-301

2.3 Conclusie

Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses is de conclusie dat het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Borssele en Rilland niet mogelijk geacht wordt.
De harmonische analyse geeft een aantal zeer hoge impedantiepieken, waarvan de meest kritische gelijk is aan 800 Ohm bij ca. 100 Hz. Deze is zeer kritisch omdat bij het inschakelen van een transformator een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan zeer groot. De overspanningen leiden tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Om vast te stellen of de integriteit van het huidige net met de voorziene aansluitingen van offshore wind geborgd is, is een transiënte studie[4] in opdracht gegeven. Begin oktober zullen de resultaten van deze studie opgeleverd worden. De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Borssele en Rilland naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval.

[4] Bij twijfel of onzekerheden moet als vervolg op de harmonische analyse een transiënte studie uitgevoerd worden. Bij een transiënte studie wordt als het ware een gebeurtenis, bijvoorbeeld het inschakelen van een transformator of een fout in het hoogspanningsnet (kortsluiting), gesimuleerd. De netsituatie die als kritisch beoordeeld is wordt in een computer model nagespeeld. Er kan dan vastgesteld worden of de in de harmonische analyse vastgestelde impedantiepiek tot daadwerkelijke problemen in het hoogspanningsnet leidt. Op basis van dit resultaat kan dan uitgezocht worden of er kabel toegepast kan worden en zo ja, hoeveel.

3. Analyse van ruimtelijke consequenties

In dit hoofdstuk wordt in algemene zin aangegeven wat de ruimtelijke consequenties zijn van ondergrondse aanleg. Hiervoor is een aantal technische uitgangspunten gedefinieerd. Hiervoor zijn de afmetingen van kabelbedden, werkstroken, opstijgpunten etc. in beeld gebracht op basis van ervaring vanuit het project Randstad 380kV en op basis van globale berekeningen. In bijlage 2 van dit document zijn deze gegevens opgesomd. Door de uitkomsten van de harmonische analyse en de daaraan verbonden conclusie dat verkabeling in ZW380kV West niet mogelijk is zal dit hoofdstuk worden beperkt tot het beschrijven van de milieueffecten van 380kV kabels (paragraaf 1). De paragrafen 2 en 3 van dit hoofdstuk zijn hierdoor niet relevant en worden daarom niet verder uitgewerkt.

3.1 Milieueffecten 380kV verkabeling

De effecten van een 380kV verkabeling in open ontgraving zijn zowel in de uitvoeringsfase als na de realisatie aanwezig. Om de milieueffecten inzichtelijk te maken zullen in het milieueffectrapport de milieueffecten van verkabeling breed worden onderzocht. De uiteindelijke afweging waar verkabeling zal worden toegepast wordt mede gemaakt op basis van de milieueffecten. Er zijn nog geen locatie specifieke aanvullende onderzoeken uitgevoerd. Kengetallen, oppervlaktes en andere kenmerken van 380kV-kabels staan omschreven in bijlage 2.

Ruimtegebruik

Een hoogspanningsverbinding loopt doorgaans met name door open, agrarisch gebied. Een bovengrondse verbinding heeft enig areaalverlies bij de mastvoeten, maar kent verder weinig gebruiksbeperkingen voor de agrarische bedrijfsvoering onder de geleiders. Een ondergrondse verbinding veroorzaakt geen permanente belemmeringen voor agrarisch gebruik. Er moet echter wel rekening worden gehouden met het feit dat er geen bebouwing, diep wortelende beplanting of diepe grondbewerking (dieper dan bij normaal agrarisch gebruik) kan worden toegepast boven de kabel.

Ook voor bosgebieden zijn er relevante effecten. Onder een bovengrondse verbinding is hoge begroeing niet toegestaan vanwege overslag en brandgevaar. Boven een kabelbed is diepwortelende beplanting niet toegestaan.

Bij de aanlegfase van een verbinding geldt tijdelijk dat het effect op ruimtegebruik groot is. Het ruimtegebruik en de daarmee gepaard gaande beperkingen worden veroorzaakt door de aanleg van bouwwegen en bouwterreinen met daarop bouwketen en materieel opslag. Dit heeft niet alleen effecten op de agrarische gebieden waar de verbinding doorheen loopt, maar overal waar die bouwterreinen en bouwwegen aangelegd worden, soms in/nabij woonwijken, recreatiegebieden, bedrijventerreinen en de bermen van (snel)wegen en andere infrastructuur. Daardoor zijn deze terreinen tijdelijk niet, of via een omweg bereikbaar. Werkterreinen op agrarisch gebied hebben tot gevolg dat deze tijdens de uitvoering niet kunnen worden beteeld. Bij bovengrondse verbindingen treden deze tijdelijke effecten voornamelijk op bij de mastvoetlocaties en de werkwegen ernaartoe. Bij ondergrondse verbindingen treden deze tijdelijke effecten

op langs de gehele lengte van het tracé en bij opstijgpunten en incidenteel bij werkwegen naar het tracé. Bij bovengrondse verbindingen zijn deze effecten daarom minder omvangrijk dan bij ondergrondse verbindingen.

Landschap en cultuurhistorie

Belangrijk is dat een verbinding helder en begrijpelijk is en zoveel mogelijk samenhang vertoont. Een lijn die sterk verbrokkeld is doordat er ondergrondse delen in voorkomen mist deze helderheid, begrijpelijkheid en samenhang. Bij de toepassing van een ondergrondse verbinding in delen van een bovengrondse verbinding dient hiermee rekening worden gehouden.

De aanleg van zowel een bovengrondse- als een ondergrondse hoogspanningsverbinding kan effect hebben op in het beleid vastgestelde landschappelijke waarden. In de beoordeling van de tracé alternatieven moet worden bepaald in welke mate deze landschappelijke waarde wordt aangetast. En of hierbij mogelijke meerwaarde kan worden bereikt door te verkabelen.

Archeologie

In vergelijking met een bovengrondse verbinding heeft een ondergronds verbinding in het algemeen veel grotere effecten op archeologie omdat de ingreep in de bodem vele malen groter is door het graven van sleuven waarin de kabels worden gelegd. Door het graven van een sleuf in de ondergrond voor het aanleggen van kabels wordt meer oppervlak doorsneden dan met het aanleggen van mastvoeten of portalen ten behoeve van een bovengrondse verbinding. Daarnaast kunnen effecten op archeologische monumenten in de bodem bij een bovengrondse verbinding gemakkelijker worden voorkomen doordat mastvoetposities kunnen worden aangepast bij de tracéuitwerking (mitigerende maatregel).

Ecologie

Bij een bovengrondse verbinding zijn de belangrijkste effecten op natuur 'draadslachtoffers' en verstoring van het leefgebied van vogels. Deze effecten treden op in de gebruiksfase. Voor natuur worden geen permanente effecten verwacht bij een ondergrondse verbinding. Tijdens de aanleg worden eventuele effecten zoveel mogelijk voorkomen door effect beperkende maatregelen te treffen.

Geluid en trillingen

Bij een bovengrondse verbinding zijn er geen noemenswaardige geluidseffecten en geen trillingen in de gebruiksfase. Bij de aanleg van de bovengrondse verbinding is er geluidshinder (door bijvoorbeeld bouwverkeer) en trillingen (door bijvoorbeeld heien fundering) ter plaatse van de mastvoeten. Bij een ondergrondse verbinding zijn er geen geluidseffecten en/of trillingen in de gebruiksfase. Bij de aanleg van een ondergrondse verbinding is er sprake van geluidshinder (door bijvoorbeeld graven sleuf) en trillingen (door bijvoorbeeld verplaatsen grond met zwaar materieel) over de gehele lengte van het tracé.

Zowel in het geval van een bovengrondse als van een ondergrondse verbinding wordt er op de hoogspanningsstations geluid geproduceerd door de daar opgestelde transformatoren. In het geval van een ondergrondse verbinding komen daar compensatiespoelen en/of filters bij die ook geluid produceren en staan opgesteld in de hoogspanningsstations en/of de opstijgpunten.

Bodem en water

Het graven van de kabelsleuven en het uitvoeren van bemalingen tijdens de aanleg van de kabels kunnen mogelijk negatieve effecten hebben op de bodem en water van het gebied. Zoals verstoring van het bodemprofiel, ontstaan van verdichtingen, veranderingen in de grondwaterstand, (ongelijke) zettingen, en maaivelddalingen. In grote delen van het plangebied is sprake van opbarstgevaar en/of zout grondwater, wanneer er een bouwput wordt gegraven. Wanneer het eerste watervoerend pakket brak/ zout grondwater bevat, dan kan dit terecht komen in het zoete oppervlaktewater. De aanleg van een kabelverbinding gaat grotendeels via open ontgraving met bemaling.

Beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen (2005)

Het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen (2005) gebaseerd op het voorzorgsbeginsel is alleen van toepassing op bovengrondse verbindingen. Gevoelige bestemmingen die in de magneetveldzone van bovengrondse verbindingen liggen worden inzichtelijk gemaakt.

Hoogspanningsstations, opstijgpunten en kabelverbindingen vallen niet onder het beleidsadvies. Overigens wordt desondanks wel inzicht gegeven in de 0,4 microtesla magneetveldzone van hoogspanningsstations, opstijgpunten en kabelverbindingen.

3.2 Verkenning locaties op tracé

Niet van toepassing door de conclusie van hoofdstuk 2.

3.3 Uitwerking per locatie op meerwaarde verkabeling

Niet van toepassing door de conclusie van hoofdstuk 2.

4. Analyse doorlooptijden

4.1 Planologie

Binnen het project ZW380kV West zal niet worden overgegaan tot het toepassen van 380 kV kabels. Dit heeft als gevolg dat er geen vertraging zal optreden in de planologische fase.

4.2 Aanbesteding/inkoop

Binnen het project ZW380kV West zal niet worden overgegaan tot het toepassen van 380 kV kabels. Dit heeft als gevolg dat er geen vertraging zal optreden binnen het aanbestedings- en inkooptraject.

4.3 Realisatie

Ook voor de realisatie geldt dat er geen effect is op de doorlooptijd, aangezien er geen 380 kV kabels kunnen worden toegepast. Tevens kan op basis van de ervaringen in het project Randstad 380kV worden gesteld dat er geen verschil in doorlooptijd is tussen realisatie van Wintrack II in vergelijking met 380 kV kabels.

5. Overweging

De harmonische studie laat een hoge impedantiepiek zien, waardoor het niet mogelijk is verkabeling toe te passen binnen het project ZW380kV West. Verder onderzoek naar de mogelijke locaties is dan ook niet aan de orde.

6. Bijlagen

Bijlage 1 Harmonische analyse 380kV-net regio Zeeland

AAN	Patrick Piepers, Caroline van Dalen (EZ)	DATUM	22 juli 2015
KOPIE AAN	Jos van Jole, Sjouke Bootsma, Marc de Zwaan, Niels van Campen (EZ), Marije Schouwstra (EZ)	REFERENTIE	PU-AM 15-369
		VAN	John Zwaal
ONDERWERP	Harmonische analyse 380 kV-net regio Zeeland		

TER BESLUITVORMING	☐
TER INFORMATIE	■

Samenvatting
Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380 kV-kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Harmonische analyse & Betrouwbaarheid
Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit worden harmonische analyses genoemd. De harmonische analyse geeft inzicht of de uitbreiding van het hoogspanningsnet met kabel leidt tot situaties waarbij ongewenste overspanningen kunnen optreden. Een additioneel aspect is de lagere betrouwbaarheid van 380kV kabels ten opzichte van de traditionele bovengrondse verbindingen. Deze lagere betrouwbaarheid heeft een negatieve invloed op de zekerheid van de energievoorziening. Beide aspecten worden in deze quick scan geadresseerd. Aanleiding voor deze analyse is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Borssele en het nieuw te realiseren 380 kV-station Rilland en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

Uitgangspunten
Voor zowel de harmonische analyse als de betrouwbaarheidsberekeningen zijn uitgangspunten gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren.

Conclusie
Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses is de conclusie dat het toepassen van 380 kV-kabel in de 380 kV-verbinding tussen Borssele en Rilland niet mogelijk geacht wordt.
De harmonische analyse geeft een aantal zeer hoge impedantiepieken, waarvan de meest kritische gelijk is

aan 800 Ohm bij ca. 100 Hz. Deze is zeer kritisch omdat bij het inschakelen van een transformator een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan zeer groot. De overspanningen leiden tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Om vast te stellen of de integriteit van het huidige net met de voorziene aansluitingen van offshore wind geborgd is, is een transiënte studie in opdracht gegeven. Begin oktober zullen de resultaten van deze studie opgeleverd worden. De berekeningen met betrekking tot betrouwbaarheid laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Borssele en Rilland naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval.

Inleiding

Op basis van de tussentijdse resultaten van het 380 kV kabelonderzoeksprogramma en aanvullend onderzoek heeft TenneT geconcludeerd dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het toepassen van 380 kV-kabel. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het mogelijk lijkt om situationeel meer kabel toe te passen in het 380 kV-net. Daarbij realiseert TenneT zich dat de nettechnische mogelijkheid voor ondergrondse aanleg niet meteen bepalend zal zijn voor de vraag of er daadwerkelijk 380kV kabel wordt aangelegd of niet. Als bevoegd gezag zullen de ministers van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu immers een bredere afweging maken voor het vaststellen van inpassingsplannen binnen de Rijkscoördinatieregeling.

Harmonische analyse, impedantiecurve en resonantie

Een bepalend technisch aspect voor het al dan niet kunnen toepassen van 380 kV-kabel is het vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties. Dit vaststellen van het gedrag van het hoogspanningsnet bij de verschillende frequenties worden harmonische analyses genoemd.

In het Nederlandse hoogspanningsnet, opgebouwd uit verbindingen (kabels en lijnen), transformatoren en compensatiemiddelen (om de netspanning op de juiste waarde te kunnen bedrijven) speelt naast de weerstand bij gelijkspanning, ook de spoel- en condensatorwerking van het hoogspanningsnet een rol. De spoelwerking is het gevolg van de stroom die door de geleider loopt. De stroom in het hoogspanningsnet varieert met de vraag naar elektriciteit en daarmee varieert de spoelwerking. De spoelwerking is beter bekend als het magnetisch veld rond een verbinding. Het hele hoogspanningsnet kan dan gezien worden als de wikkeling van een spoel. De condensator werking is het gevolg van het toepassen van (hoge) spanning op elektrische geleiders (de verbindingen) die gescheiden zijn door een niet geleider (de lucht bij lijnen of kunststof bij kabels). Deze is er altijd omdat het hoogspanningsnet altijd onder spanning staat. Doordat de afstand tussen de geleiders bij het toepassen van kabel veel kleiner is dan bij lijnen is de condensator-werking bij kabels aanzienlijk groter dan bij lijnen.

De totale elektrische weerstand bij wisselspannings-verbindingen wordt impedantie genoemd. De impedantie van spoel- en condensatorwerking is frequentie afhankelijk. Met computermodellen van het hoogspanningsnet kan de impedantie van het hoogspanningsnet bij verschillende frequenties worden berekend. Het resultaat daarvan is een impedantiecurve.

Het hoogspanningsnet werkt op wisselspanning met een frequentie van 50 Hz, maar er komen ook afwijkende frequenties voor. Andere frequenties dan de netfrequentie van 50 Hz zijn of afkomstig van vermogenselektronica (hogere harmonische, veelvouden van 50 Hz) bij verbruikers of van installaties die wisselstroom omzetten in gelijkspanning voor gelijkspanningsverbindingen of zijn afkomstig van schakelhandelingen in het hoogspanningsnet, zoals bijvoorbeeld het inschakelen van transformatoren.

De impedantie van het hoogspanningsnet is niet bij elke frequentie even groot, maar vertoont bij sommige frequenties veel hogere waarden (dit noemen we resonantiepieken). Dit betekent dat bij verschillende frequenties resonantie kan ontstaan. De resonantiepiek met de laagste frequentie bevindt zich in een

hoogspanningsnet waarbij geen 380 kV-kabel is toegepast ver boven de netfrequentie van 50 Hz. Toevoeging van kabel verandert de totale impedantiecurve van het hoogspanningsnet en leidt tot resonantiepieken bij lagere frequenties. Wijziging van de impedantiecurve als gevolg van het toepassen van 380 kV-kabel moet daarom altijd worden onderzocht.

Valt door het toepassen van 380 kV-kabel de laagste resonantiepiek samen met de netfrequentie van 50 Hz dan ontstaat zeker resonantie met verhoging van de netspanning als gevolg. De overspanning die hierbij ontstaat leidt onherroepelijk tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen. Tegen het op deze wijze ontstaan van resonantie bestaat geen remedie en moet dus worden voorkomen. Dit voorkomen kan dan alleen door het beperkt of het niet toepassen van kabel. Vandaar dat situationeel bekeken moet worden of en zo ja hoeveel kabel verantwoord is.

Wanneer toevoeging van kabel aan het hoogspanningsnet leidt tot verdachte pieken in de impedantiecurve is vervolgonderzoek noodzakelijk. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar de bron van de resonantie en de mate van overspanning. Dit is tijdrovend werk omdat het hoogspanningsnet veel verschillende toestanden kan aannemen (verbindingen en generatoren in of uit), waarbij op voorhand moeilijk valt te zeggen welke situaties allemaal tot overspanningen kunnen leiden.

De harmonische analyse wordt dus als een eerste screening uitgevoerd om verdachte impedantiepieken vast te stellen. Worden deze niet vastgesteld en blijft de impedantie laag dan is met een grote zekerheid te stellen dat kabel kan worden toegepast; in het uitgangspunten document is dit gebied vastgesteld bij een frequentie lager dan 500 Hz en met een impedantie lager dan 100 Ohm. Worden er wel impedantiepieken vastgesteld dan is het belangrijk om vast te stellen bij welke frequentie dit plaats vindt en hoe hoog de impedantiepiek is. Op zich hoeft een combinatie van lage frequentie (lager dan 500 Hz) en hoge impedantie (hoger dan 100 Ohm) niet zorgwekkend te zijn, mits er geen bron[5] in het hoogspanningsnet aanwezig is die bij die betreffende frequentie voldoende stroom produceert om resonantie in het hoogspanningsnet te veroorzaken. Daarbij moet een impedantiepiek bij 100 Hz zeker vermeden worden omdat bij het inschakelen van een transformator (het moment van inschakelen van de transformator is dan de bron) een stroom in het hoogspanningsnet optreedt met een frequentie van 100 Hz. De kans op resonantie met ongewenste overspanningen is dan zeer groot.

Transiënte studie

Bij twijfel of onzekerheden moet als vervolg op de harmonische analyse een transiënte studie uitgevoerd worden. Bij een transiënte studie wordt als het ware een gebeurtenis, bijvoorbeeld het inschakelen van een transformator of een fout in het hoogspanningsnet (kortsluiting), gesimuleerd. De netsituatie die als kritisch beoordeeld is wordt in een computer model nagespeeld. Er kan dan vastgesteld worden of de in de harmonische analyse vastgestelde impedantiepiek tot daadwerkelijke problemen in het hoogspanningsnet leidt. Op basis van dit resultaat kan dan uitgezocht worden of er kabel toegepast kan worden en zo ja,

[5] Met bron wordt hier de aanleiding voor de mogelijke resonantie bedoelt. Een goed voorbeeld is de brug die in resonantie komt. Dit wordt veroorzaakt door een externe 'bron', de wind die met een bepaalde windsnelheid de brug belast of een in een bepaald tempo marcherende groep mensen.

hoeveel.

Betrouwbaarheid

Op basis van beschikbare casuïstiek is gebleken dat 380kV kabelsystemen zich kenmerken door een lagere betrouwbaarheid in vergelijking met bovengrondse lijnen. Concreet betekent dit dat 380kV kabels vaker zullen storen dan 380kV lijnen, en dat het doorgaans bij kabels langer duurt voordat de storing hersteld is. Deze lagere betrouwbaarheid betekent ook dat toepassing van 380kV kabels een negatieve invloed hebben op de zekerheid van de energievoorziening. Voor de inbreuk op deze zekerheid zijn een drietal parameters bekeken, te weten:

- Additionele kans op overbelastingen
- Toename op kosten als gevolg van transportbeperkingen
- Additionele kans op uitval

Betrokken regio

In deze notitie wordt het resultaat gegeven van de harmonische analyse en de betrouwbaarheidsberekeningen die uitgevoerd zijn voor het 380 kV-net in de regio Zeeland. Aanleiding is de voorziene nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen het 380 kV-station Borssele en het nieuw te realiseren 380 kV-station Rilland en de mogelijkheid voor het toepassen van 380 kV-kabel in deze verbinding.

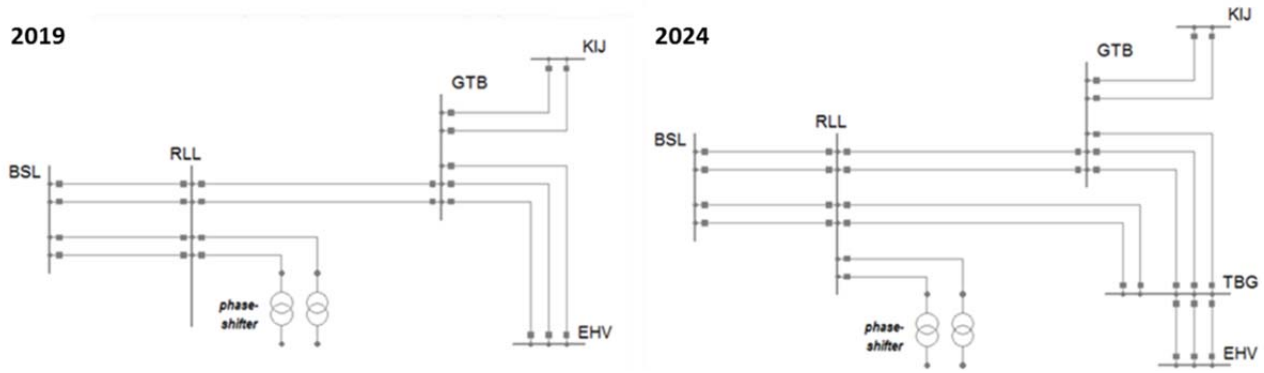
Uitgangspunten

Voor beide analyses zijn uitgangspunten gedefinieerd die een beeld schetsen van het net zoals dat er in de toekomst uit kan gaan zien. Deze uitgangspunten moeten borgen dat het inpassen van 380 kV-kabel geen beperking veroorzaakt of oplegt in de taken die TenneT als systeembeheerder nu en in de toekomst moet uitvoeren (zie document PU-AM 15-301 Uitgangspunten Harmonische analyse). Hierbij zijn de volgende punten van belang:

1. Toekomstige netconfiguraties;
2. Bestaande of reeds geplande 380 kV-kabel;
3. De verwachte energietransitie van conventionele energiebronnen naar duurzame energiebronnen;
4. Net ontwerpcriteria zoals vastgelegd in de E-Wet en technische codes.

<u>Toekomstige netconfiguraties</u>

Voor de regio Zeeland zijn in de harmonische analyse twee voorziene netsituaties beschouwd zoals weergegeven in figuur 1. Voorzien is dat in 2019 ZW380 west gerealiseerd is met een nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding met deels vier circuits 380 kV en deels een combi 150/380 kV tussen het 380 kV-station Borssele en het nieuw te realiseren 380 kV-station Rilland. Voor 2024 is voorzien dat ZW380 oost gerealiseerd is met een nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding met twee circuits tussen het 380 kV-station Rilland en het nieuw te realiseren 380 kV-station Tilburg.



Figuur 1 voorziene netuitbreiding zuidwest Brabant

Voor de aansluiting van offshore wind op het 380 kV-station Borssele is voor de aansluiting van de twee platforms uitgegaan van vier 220 kV-kabelcircuits met een gemiddelde lengte van ca. 60 km aangesloten via vier 220/380 kV-transformatoren. Momenteel is voorzien is dat de aansluiting van de platforms vanuit het station Borssele geheel met kabel wordt uitgevoerd.

Voor de betrouwbaarheidsberekeningen is uitgegaan van alleen de uiteindelijke situatie zoals weergeven in figuur 1.

<u>Bestaande of reeds geplande 380 kV-kabel</u>
In de regio Zeeland is de Sloecentrale via twee 380 kV-kabelcircuits van 2,8 km aangesloten op het 380 kV-station Borssele. Daarnaast wordt er voor EPZ een 380 kV-kabel aansluiting voorzien van een paar honderd meter.

<u>De verwachte energietransitie van conventionele energiebronnen naar duurzame energiebronnen</u>
In de energietransitie is de verwachting dat de bijdrage van conventionele energiebronnen (de opwekeenheden met als brandstof onder andere gas of kolen) aan de totale elektriciteitsvoorziening sterk zal verminderen. Doordat nu al deze opwekeenheden gekoppeld aan het net zijn en met 3000 toeren per minuut (die zorgen voor de netfrequentie van 50 Hz) hun vermogen aan het net leveren, is de weerstand tegen verstoringen in het net groot; in vaktermen wordt dit kortsluitvermogen genoemd. Met veel gekoppelde (conventionele) opwekeenheden is er dus een hoog kortsluitvermogen in het net en daarmee een hoge weerstand tegen verstoringen. De weerstand tegen verstoringen neemt sterk af als er minder gekoppelde opwekeenheden aan het net gekoppeld zijn; het kortsluitvermogen is dan laag. De duurzame opwekbronnen die het vermogen aan het net leveren zijn via vermogenselektronica aan het net gekoppeld en geven hierdoor nauwelijks tot geen bijdrage in de weerstand tegen verstoringen.

Omdat de mate van kortsluitvermogen in het net dus een cruciale factor is, is in de harmonische analyse daarom een worst case situatie verondersteld waar er geen conventionele productie in bedrijf is op 220/380 kV-niveau. Daarnaast is verondersteld dat in het buitenland ook een vermindering in de bijdrage van de conventionele opwekeenheden plaats vindt. Immers, ook in de landen om ons heen en vanuit Brussel (Europa) is de trend naar meer duurzame energie. Dit is in het computermodel verwerkt door het huidige

kortsluitvermogen op de grensverbindingen te reduceren tot 25% van de huidige waarde.

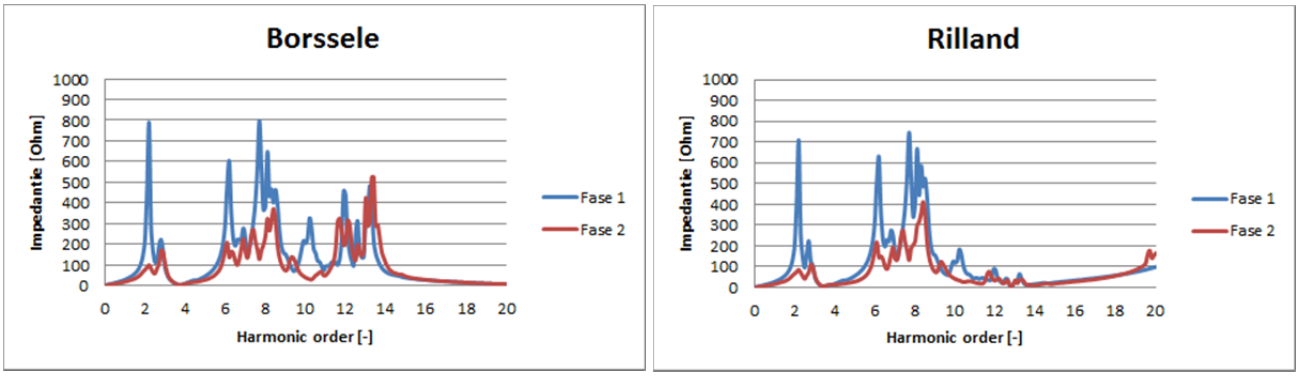
Het wordt opgemerkt dat dit uitgangspunt enkel van belang is voor de harmonische analyse en geen impact heeft op de betrouwbaarheidsberekeningen.

Net ontwerpcriteria zoals vastgelegd in de E-Wet en technische codes

In de analyse is de harmonische impedantie van het hoogspanningsnet beschouwd bij een enkelvoudige uitvalsituatie van een circuit of transformator (n-1) en bij een enkelvoudige uitval van een circuit tijdens onderhoud van het parallelle circuit (n-2). Hiermee wordt de impedantie van het hoogspanningsnet vastgesteld voor de verschillende netsituaties die in het hoogspanningsnet kunnen voorkomen. Voor de betrouwbaarheidsanalyses is naast enkel- en dubbelvoudig falen ook naar meervoudige uitvalscenario's gekeken.

Resultaat harmonische analyse

In figuur 2 en 3, respectievelijk voor het 380 kV-station Borssele en Rilland, is het resultaat van de harmonische analyse weergegeven. De figuren geven de berekende harmonische impedantie (in Ohm) als functie van de frequentie; de frequentie wordt aangegeven via 'Harmonic order'. Dit getal moet met 50 Hz vermenigvuldigd worden om de frequentie te verkrijgen. Een Harmonic order van 1 betekent 50 Hz, van 2 betekent 100 Hz etc. De blauw gekleurde lijn geeft het resultaat van de analyse waarbij een netsituatie verondersteld is met alleen ZW380 west (fase 1) gerealiseerd. De rood gekleurde lijn geeft het resultaat van de analyse waarbij een netsituatie verondersteld is met zowel ZW380 west als oost (fase 2) gerealiseerd.



Figuur 2 en 3, resultaat harmonische analyse regio Zeeland

Het resultaat van de analyse geeft voor ZW380 west in zowel Borssele als Rilland een viertal zeer hoge impedantiepieken variërend van 600 tot 800 Ohm. Daarbij ligt één van de impedantiepieken op ca. 100 Hz. Zoals aangegeven is de impedantiewaarde bij de frequentie van 100 Hz zeer kritisch omdat bij het inschakelen van transformatoren stromen met een frequentie van 100 Hz optreden. Vanwege deze impedantiepiek wordt de kans op overspanningen zeer groot geacht. De overspanningen leiden tot schade aan componenten in het hoogspanningsnet (bijvoorbeeld aan transformatoren en kabels) hetgeen kan leiden tot (grote) stroomstoringen.

Het resultaat van de analyse geeft na realisatie van ZW380 oost een iets genuanceerder beeld. De impedantiepieken zijn aanzienlijk lager. Dit komt doordat het net robuuster wordt als gevolg van de realisatie van ZW380 oost. Omdat ZW380 oost in de tijd later gepland is dan ZW380 west en hiervoor nog alle wettelijke procedures doorlopen moet worden (er is geen 100% zekerheid over realisatie) is het resultaat van de harmonische analyse van het net na de realisatie van ZW380 oost niet meegenomen in de beoordeling of in ZW380 west 380 kV-kabel toegepast kan worden.

Op basis van de resultaten van de harmonische analyse met de zeer hoge impedantiepiek van ca. 800 Ohm bij ca. 100 Hz is de conclusie dat het toepassen van 380 kV-kabel in ZW380 west niet mogelijk is.

Om vast te stellen of de integriteit van het huidige net met de voorziene aansluitingen van offshore wind geborgd is, is een transiënte studie in opdracht gegeven. Begin oktober zullen de resultaten van deze studie opgeleverd worden.

Resultaat betrouwbaarheid

De berekeningen laten zien dat toepassing van een beperkte hoeveelheid kabel in de verbinding tussen Borssele en Rilland naar verwachting niet leidt tot een toename van de kans op uitval. Om die reden is betrouwbaarheid niet een limiterende factor voor verkabeling in Borssele – Rilland.

Bijlage 2 Kengetallen 380kV kabels

In deze bijlage worden de uitgangspunten en kengetallen van de aanleg en het beheer van een 380 kV verkabeling benoemd. Deze gegevens vormen de basis om een inschatting te kunnen geven over de milieueffecten.

De kengetallen zijn opgesteld om een goede indruk te geven ten aanzien van de impact van een kabelverbinding. Een gedeelte van de gegevens is gebaseerd op de ervaring uit het project Randstad 380 kV. Voor andere zaken zijn op basis van globale berekeningen en 'expert judgement' inschattingen gemaakt van ruimtebeslagen, magneetvelden etc. als vanzelfsprekend kunnen daarom aan deze gegevens geen rechten worden ontleend.

Om een goede afweging te maken tussen een bovengrondse en een ondergrondse verbinding, is het van belang om meer inzicht te krijgen in de effecten op hoofdlijnen van een 380 kV verkabeling. In deze paragraaf worden de uitgangspunten en kengetallen van de aanleg en het beheer van een 380 kV verkabeling benoemd.

Uitgangspunten

Voor het inzichtelijk maken van de ruimtelijke effecten van een mogelijke verkabeling, zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- *Scope*: de scope van ZW380kV West gaat uit van een bovengrondse verbinding met 4x380 kV tussen Borssele en WAP en van een bovengrondse combinatie150/380 kV verbinding tussen WAP en Rilland.
- *Bestaande verbindingen:* In principe worden bestaande verbindingen niet meer geamoveerd wanneer wordt overgegaan tot verkabeling van de nieuwe verbinding. Er komt immers geen nieuwe bovengrondse verbinding bij. Wanneer er echter een gedeelte van een gecombineerde verbinding wordt verkabeld zal de bestaande (gecombineerd met de nieuwe 380 kV) verbinding logischerwijs ook mee verkabeld moeten worden. Anders blijft de gehele bestaande verbinding staan en neemt het aantal bovengrondse kilometers toe.
- *Lengte*: vanuit netstrategie is aangegeven dat de minimaal te verkabelen lengte 3 km (tracélengte) is. Vanuit het oogpunt van landschappelijke inpassing heeft het de voorkeur om aaneengesloten stukken geheel te verkabelen, in plaats van meerdere korte ondergrondse tracés. In het bijzonder gelet op de ruimtelijke impact en kosten van opstijgpunten (voor ieder stuk, zijn twee opstijglocaties vereist) en de verhoogde kans op storingen.

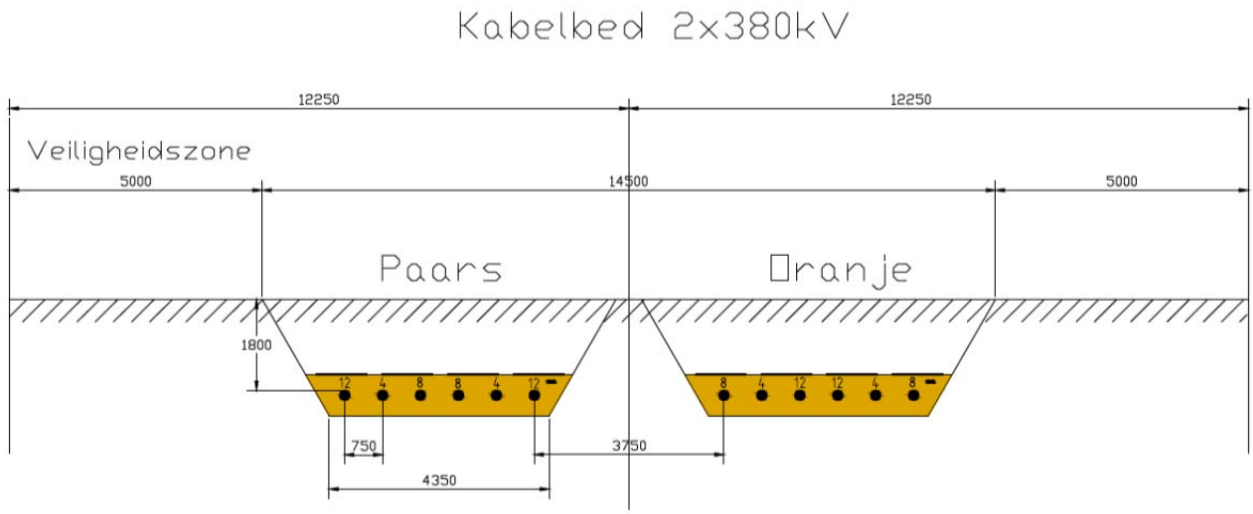
Kabel

Algemeen
De aanleg van een ondergrondse hoogspanningskabel kan op twee manieren plaatsvinden:

- door open ontgraving (het graven van een kabelsleuf waar de kabels in worden gelegd, waarna de sleuf weer wordt dichtgelegd)
- of door gestuurde boringen. Bij een boring worden de kabels niet los in de grond gelegd, maar in mantelbuizen.

Bij een open ontgraving worden de kabels (aantal is afhankelijk van hoeveelheid circuits, bodemsoort, vermogen etc) die nodig zijn voor de ondergrondse verbinding gelegd op minimaal 1,5 m onder het maaiveld.

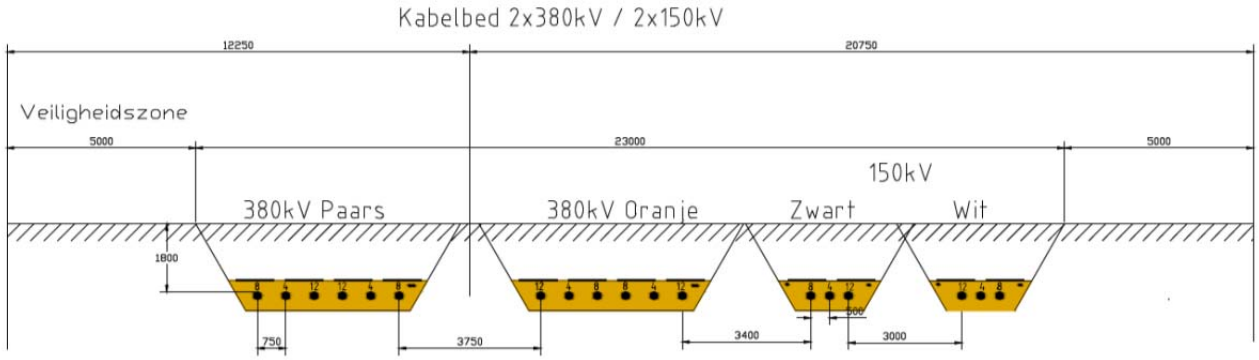
Bij een boring worden de kabels dieper aangelegd om een bepaald object of obstakel te kunnen kruisen. Daarbij wordt ook een andere configuratie toegepast: er worden meerdere kabels in een mantelbuis geplaatst. Het aantal kabels per mantelbuis is afhankelijk van de lokale thermische eigenschappen van de ondergrond. Hoe diep de mantelbuizen liggen als een boring wordt toegepast, hangt af van hoe diep het obstakel ligt dat wordt gekruist.



Figuur 1 Schematische weergave 2x380 kV kabel

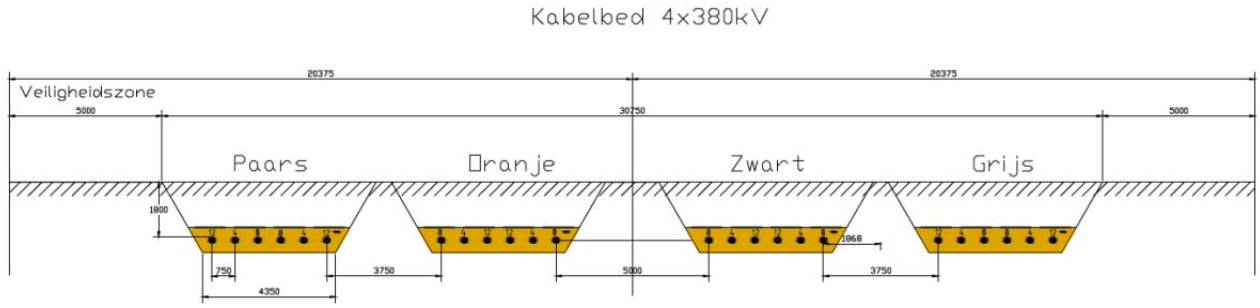
Het inpassingsplan Randstad bevat geen informatie over de configuratie van een Combi 380 kV/150 kV kabelbed en/of boring. Hetzelfde geld voor de configuratie van een 4x380 kV kabelbed en/of boring. Onderstaande informatie is daarom op basis aannames opgebouwd op basis van IP Randstad.

Bij een gecombineerde 380 kV/150 kV verbinding is de configuratie vergelijkbaar als bij een 2x380 kV kabeltracé. Bij een combi tracé wordt er parallel aan het 2x380 kV kabeltracé nog een 2x150 kV kabeltracé gelegd. Bij een open ontgraving worden de kabels die nodig zijn voor de ondergrondse verbinding gelegd op minimaal 1,5 m onder het maaiveld in een strook van ongeveer 23 m breed.



Figuur 2 Schematische weergave combinatie 150kV / 380 kV kabel

Bij een 4x380 kV is de configuratie hetzelfde als bij een 2x380 kV verbinding. Alleen dan worden er een tweetal 2x380 kV kabeltracés parallel aan elkaar gelegd, zie onderstaande afbeelding.



Figuur 3 Schematische weergave combinatie 4x380 kV kabel

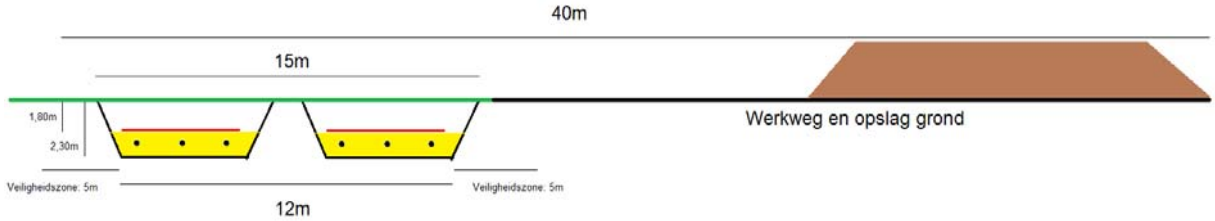
Binnen de belaste strook of belemmerde strook van de ondergrondse hoogspanningsverbinding worden beperkingen opgelegd aan het gebruik van deze strook. De breedte van de strook is o.a. afhankelijk van het spanningsniveau, de configuratie van de verbinding. Voor een 4x380 kV kabel wordt uitgegaan van een breedte van ca. 40 meter.

Bepaalde werkzaamheden in deze strook zijn niet toegestaan, tenzij hiervoor toestemming is verleend door de beheerder van de hoogspanningskabel (meestal TenneT). Hierbij moet gedacht worden aan het roeren van de grond (bv. graafwerkzaamheden, heiwerkzaamheden), het wijzigen van het maaiveldniveau, het planten van diep wortelende beplanting of bomen en het oprichten of uitbreiden van enig bouwwerk. Voor specifieke informatie wordt verwezen naar de brochure "Uw veiligheid en de ongestoorde werking van de ondergrondse hoogspanningsverbinding".

Aanleg

Het ruimtebeslag bij open ontgraving voor de ondergrondse 2x380 kV-verbinding betreft een strook van ongeveer 40 m breed over de hele lengte van de open ontgraving. Deze strook wordt benut voor het kabelbed, de werkstrook, opslag gronden en de werkweg. Bij een gecombineerde kabelverbinding zal de werkstrook ongeveer het dubbele beslaan (80 meter).

Bij een boring zijn twee werkterreinen nodig, namelijk bij het intredepunt en het uittredepunt. De werkterreinen benodigd voor de realisatie van opstijgpunten zijn circa 3.500 m² (2 x 380 kV).



Figuur 4 Werkstrook open ontgravingen van de 380 kV

Bij boringen zijn er uitlegterreinen van mantelbuizen nodig. Het ruimtegebruik van de uitleglocaties hangt af van type kabel. Daarnaast geld dat de lengte van de boring overeenkomstig is met de benodigde lengte van het uitlegterrein. Hieronder is beeldmateriaal van de 380kV (2-circuit) boring ten noorden van Noordzeekanaal bij Beverwijk opgenomen.



Figuur 5: Boring 2 circuits 380 kV



Figuur 6 Boring 2 circuits 380 kV



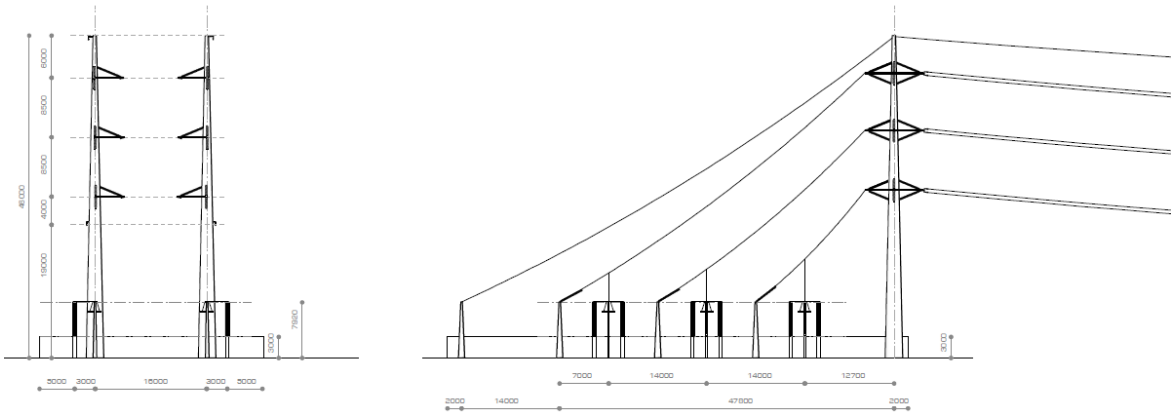
Figuur 7 Uitleglocatie boring van ca. 800 meter, de langste boring in de Noordring.



Figuur 8 en 9 Open ontgraving

Opstijgpunten

De overgang van een bovengrondse 380 kV-lijn naar een ondergrondse kabel en andersom gebeurt via opstijgpunten. In het opstijgpunt wordt de hoogspanningslijn afgespannen en naar beneden gebracht. Opstijgpunten zijn afgeschermd met een 3 m hoog hekwerk. De bouwwerken bij een 2x380 kV zijn anders dan de hoogspanningsmasten, ter plaatse van een opstijgpunt zijn deze circa 13 m hoog. De opstijgpunten bij een 2x380 kV verbinding hebben een permanent ruimtebeslag van ongeveer 65 m lang en 35 m breed. Dit is exclusief eventuele hekwerken of sloten om het opstijgpunt af te schermen.

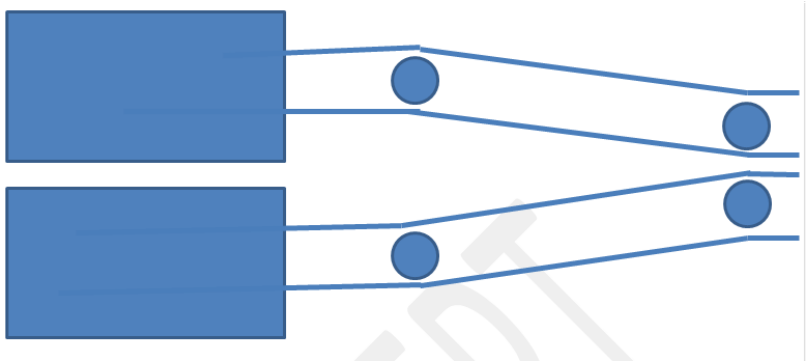


Figuur 10 Visual Bi-pole 380 kV eindstation en opstijgstation Randstad 380 kV



Figuur 11: Opstijgpunt Pijnacker langs de N470 (richting hoogspanningsstation Bleiswijk)

Voor een 4x380 kV opstijgpunt wordt in deze notitie uitgegaan van een twee keer zo groot ruimtebeslag (zie figuur 12 voor een schematische weergave). Het ruimtebeslag is twee maal 65 m bij 35 m (blauwe vlakken) met een tussenruimte van 5 meter. De totale afmeting is dus 65 meter breed en 75 meter (35 + 5 + 35m) lang.



Figuur 12 Schematische weergave 4x380 kV opstijgpunt

Voor het opstijgpunt van de 380/150 kV moet een ruimtebeslag van 46m bij 85 meter worden gehanteerd. Dit is het ruimtebeslag dat is gehanteerd binnen het project Randstad 380 kV. Hierbij ligt het 150 kV afstapgedeelte onder de geleiders.

Financiële kengetallen

Om een indicatie te geven tussen de kostenverschillen tussen een boven- en ondergrondse verbinding zijn in deze paragraaf de algemene kostenbepalende factoren beschreven.

De belangrijkste kostenbepalende factoren voor een kabel 2x380 kV (capaciteit 1.975 tot 2.635 MVA) zijn:

- vermogen (transportcapaciteit)
- materiaal kabel (koper of aluminium)
- wijze van aanleggen (open ontgraving of gestuurde boring)
- tracé lengte (aantal OSP per km)
- bodemgesteldheid (weerstand van de grond)

Dit vertaald zich voorlopig in de volgende algemene kosten indicatie:
Minimum: 9,0 M€/km
Gemiddeld: 12,1 M€/km
Maximum: 21,0 M€/km
(Het betreft altijd investeringskosten prijspeil 01-01-2015)

De belangrijkste kostenbepalende factoren voor Wintrack 2x380 kV (capaciteit 1.975 tot 2.635 MVA) zijn:

- vermogen (transportcapaciteit)
- veldlengte (afstand tussen de masten)

- verhouding hoek- en steun
- uitkoop gevoelige bestemmingen
- bodemgesteldheid (type en diepte fundering)

Dit vertaald zich voorlopig in de volgende algemene kosten indicatie:
Minimum: 4,2 M€/km
Gemiddeld: 5,2 M€/km
Maximum: 6,2 M€/km

In de verdere afweging worden de gemiddelde kosten van bovengronds en ondergronds als indicatie meegenomen om een inzicht te geven in de verhouding in kosten. Deze inschatting is gegeven op basis van een 2x380 kV configuratie. Per kilometer is de toepassing van kabel ongeveer 7 miljoen euro duurder (verschil tussen 5,2 en 12,1 miljoen euro). In een later stadium kunnen eventueel specifieke berekeningen per locatie en configuratie gemaakt worden.

Technische specificaties kabeltracés

2x380 kV kabel		
Nominaal vermogen	2635	[MVA]
Kabelbed breedte	14,5	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	24,5	[m]
Aantal circuits	2	[-]
Afstand tussen circuits	3,75	[m]
Afstand tussen fasen	0,75	[m]
Aantal kabels per fase	2	[-]

2x380 kV / 2x150 kV kabel		
Nominaal vermogen 380kV	2635	[MVA]
Nominaal vermogen 150kV	500	[MVA]
Kabelbed breedte	23	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	33	[m]
Aantal circuits 380kV	2	[-]
Afstand tussen circuits 380kV	3,75	[m]
Afstand tussen fasen 380kV	0,75	[m]
Aantal kabels per fase 380kV	2	[-]
Aantal circuits 150kV	2	[-]
Afstand tussen circuits 150kV	3	[m]
Afstand tussen fasen 150kV	0,5	[m]
Aantal kabels per fase 150kV	1	[-]
Afstand tussen 380kV en 150kV	3,4	[m]

4x380 kV kabel		
Nominaal vermogen	2x2635	[MVA]
Kabelbed breedte	30,75	[m]
Veiligheidszone	5	[m]
Totale ZRO	40,75	[m]
Aantal circuits	4	[-]
Afstand tussen circuits	3,75	[m]
Afstand binnenste circuits	5	[m]
Afstand tussen fasen	0,75	[m]
Aantal kabels per fase	2	[-]

Deltares

Enabling Delta Life

Alternatieven ZW 380kV

Advies over de inpassing in de m.e.r-procedure



Deltares

Alternatieven ZW 380kV

Advies over de inpassing in de m.e.r-procedure

Pauline van Gaans
Maaike Bos
Ruurd Noordhuis
Johan Beekhuizen
Otto Levelt
Jasperien de Weert

1205876-019

© Deltares, 2015, B

Deltares

Titel
Alternatieven ZW 380kV

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Economische Zaken	1205876-019	1205876-019-BGS-0003	57

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	aug. 2015	Pauline van Gaans	blq	Hilde Passier		Toon Segeren	
		Maaike Bos					
		Ruurd Noordhuis					
		Johan Beekhuizen					
		Otto Levelt					
		Jasperien de Weert					

Status
definitief

Titel
Alternatieven ZW 380kV

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Economische Zaken	1205876-019	1205876-019-BGS-0003	57

Publiekssamenvatting

Aanleiding onderzoek
In 2014 hebben de ministers van Infrastructuur en Milieu en Economische Zaken een voorkeursalternatief bepaald voor de nieuw aan te leggen hoogspanningsverbinding tussen Borchwerf en Tilburg via het zogenaamde zuidelijk tracé (Roosendaal, noordkant Breda via zuidzijde Oosterhout naar Tilburg). Regionale bestuurders en bewonersinitiatieven hebben aangegeven te weinig betrokken te zijn geweest bij dit proces en zijn ontevreden over de keuze. Begin 2015 heeft de minister van Economische Zaken de regio in de gelegenheid gesteld om met alternatieve tracés te komen.

Proces
De besluitvorming over een 380 kV hoogspanningsverbinding vindt zorgvuldig plaats. Om van beleidsbesluit tot uitvoering te komen worden zes concretiseringsstappen doorlopen:

1. Besluit nut en noodzaak, uitgangspunten nieuwe hoogspanningsverbinding
2. Bepalen corridor waarbinnen de hoogspanningsverbinding wordt aangelegd
3. Bepalen haalbare-, kansrijke- en realistische alternatieve tracés.
4. Beoordeling effecten tracés om tot een Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA) te komen
5. Nadere uitwerking op basis van MMA om tot een voorkeursalternatief (VKA) te komen.
6. Nadere uitwerking VKA ten behoeve van het rijksinpassingsplan.

Opdracht
Deltares heeft van de Minister van Economische Zaken de opdracht gekregen de door de regio ingediende alternatieve tracés te beoordelen op hun haalbaarheid en te adviseren over het vervolgproces. Dit advies is uitgevoerd als onderdeel van stap 3 en heeft betrekking op de vervolgstappen 4, 5 en 6. Deltares heeft de ingediende alternatieven/varianten op hoofdlijnen geanalyseerd op een aantal milieuaspecten. De technische aspecten zijn geanalyseerd door TenneT. Tractebel Engineering heeft vervolgens deze technische analyse voorzien van een second opinion. Tijdens het project heeft Deltares contact gehad met de initiatiefnemers om tot een goed oordeel te komen via gemeenschappelijke bijeenkomsten en bijeenkomsten met verschillende initiatiefnemers. Een tussenrapportage is met hen gedeeld. Opmerkingen en voorgestelde tracéwijzigingen zijn zo goed mogelijk verwerkt.

Alle alternatieven zijn op hoofdlijnen haalbaar
Er zijn in totaal acht alternatieve tracés ingediend, waarbij de meeste alternatieven ook aanvullende varianten daarvan bevatten. De alternatieven zijn op hoofdlijnen beoordeeld op haalbaarheid en er wordt geconcludeerd dat alle alternatieven haalbaar zijn. Uit de analyse op technische aspecten blijkt wel dat veel ingediende voorstellen op onderdelen complex of zeer complex zijn en mogelijk daardoor hoge kosten met zich meebrengen om ze tot uitvoering te brengen.

Titel
Alternatieven ZW 380kV

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Economische Zaken	1205876-019	1205876-019-BGS-0003	57

Alle alternatieven worden betrokken in het vervolgproces.
Op basis van de analyse op hoofdlijnen en de technische boordeling wordt het volgende geadviseerd:

1. Betrek in de MER in totaal vijf alternatieven bij de keuze van een Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA) in stap 4. Het betreft
    - Het reeds bestaande noordelijk alternatief C150b1/b2
    - Het reeds bestaande noordelijk alternatief C380b/n
    - Het reeds bestaande zuidelijk alternatief C150n
    - Een nieuw “noordelijk midden-alternatief” (vanaf Zevenbergschen Hoek langs A16 en A59),
    - Een nieuw “midden-alternatief” (vanaf Zwartenberg naar knooppunt Zonzeel en verder langs A59),
2. Neem twee aanvullende varianten op in de MER in stap 4, te weten:
    - Een variant op het nieuwe midden-alternatief, de zogenaamde Bosroute ten noorden van Tilburg,
    - Een variant op zowel het nieuwe midden- als het bestaande zuidelijke alternatief, die noordelijk langs Standdaarbuiten gaat.
3. Betrek voor het overige de voorgestelde alternatieven/varianten bij de gedetailleerde uitwerking om tot een Voorkeursalternatief (VKA) te komen in stap 5 en 6 van het proces.
4. Onderzoek drie onderdelen van voorgestelde alternatieven/varianten niet verder. Het betreft onderdelen van de ingediende voorstellen die niet gekoppeld zijn aan de oplossing van een knelpunt binnen de hoogspanningsverbinding tussen Borchwerf en Tilburg. Geadviseerd wordt deze in het verdere proces buiten beschouwing te laten.

Vervolgproces besluitvorming advies
Het advies is uitgebracht aan het ministerie van Economische Zaken. Het ministerie zal het advies voorleggen aan de initiatiefnemers om een reactie. Deltares zal haar advies toelichten in een bijeenkomst met de initiatiefnemers. Op basis van het advies en de ontvangen reacties zullen de ministers van Infrastructuur en Milieu en Economische Zaken een besluit nemen over de vervolgstappen.

Titel
Alternatieven ZW 380kV

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Economische Zaken	1205876-019	1205876-019-BGS-0003	57

Management samenvatting

Achtergrond
Er moet een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding komen tussen Borsele en Tilburg en hiervoor is een concept MER opgesteld[1]. Voor het deeltracé tussen Roosendaal en Tilburg zijn hierin twee geografisch verschillende tracés vergeleken: twee noordelijke alternatieven via Zevenbergen en Geertruidenberg en een zuidelijk alternatief via Etten-Leur en Breda.

Op basis van de eerste MER-resultaten in 2011 kreeg het noordelijk tracé de voorkeur. Maar, mede vanwege aangescherpte eisen met betrekking tot de leveringszekerheid, bleek het bij de technische uitwerking onmogelijk om voor een aantal knelpunten een oplossing te vinden die zowel technisch verantwoord was als acceptabel vanuit het aspect leefomgeving. De beslissing werd daarom genomen alsnog om te schakelen naar het zuidelijke tracé. Dit leidde echter in de regio West-Brabant tot onbegrip en weerstand. De minister heeft daarop besloten de regio de mogelijkheid te bieden om nieuwe alternatieven/varianten voor het deeltracé Roosendaal-Tilburg aan te dragen[2] conform stap 3 in het m.e.r.-trechteringsproces (Figuur A).

Ingediende alternatieven
De volgende voorstellen voor mogelijke alternatieven zijn ontvangen (de meeste met meerdere varianten):

- N1 Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen (varianten N1-0 t/m -8)
- N2a Voorkeurstracé A17-Amer 380 kV (varianten N2a-0 t/m -2)
- N2b Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg (varianten N2b-0 t/m -4)
- M3 het A59 Midden-tracé (varianten M3-0 t/m -6)
- M3b Oosterheide-alternatief (M3b-0)
- M4 Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord (varianten M4-0 t/m -2)
- Z5 Optimalisatie van het zuidelijk tracé bij bebouwde kom Oosterhout (Z5-0)
- Z6 Optimalisatie van het zuidelijke tracé in verschillende gemeenten (varianten Z6-0 en -1)

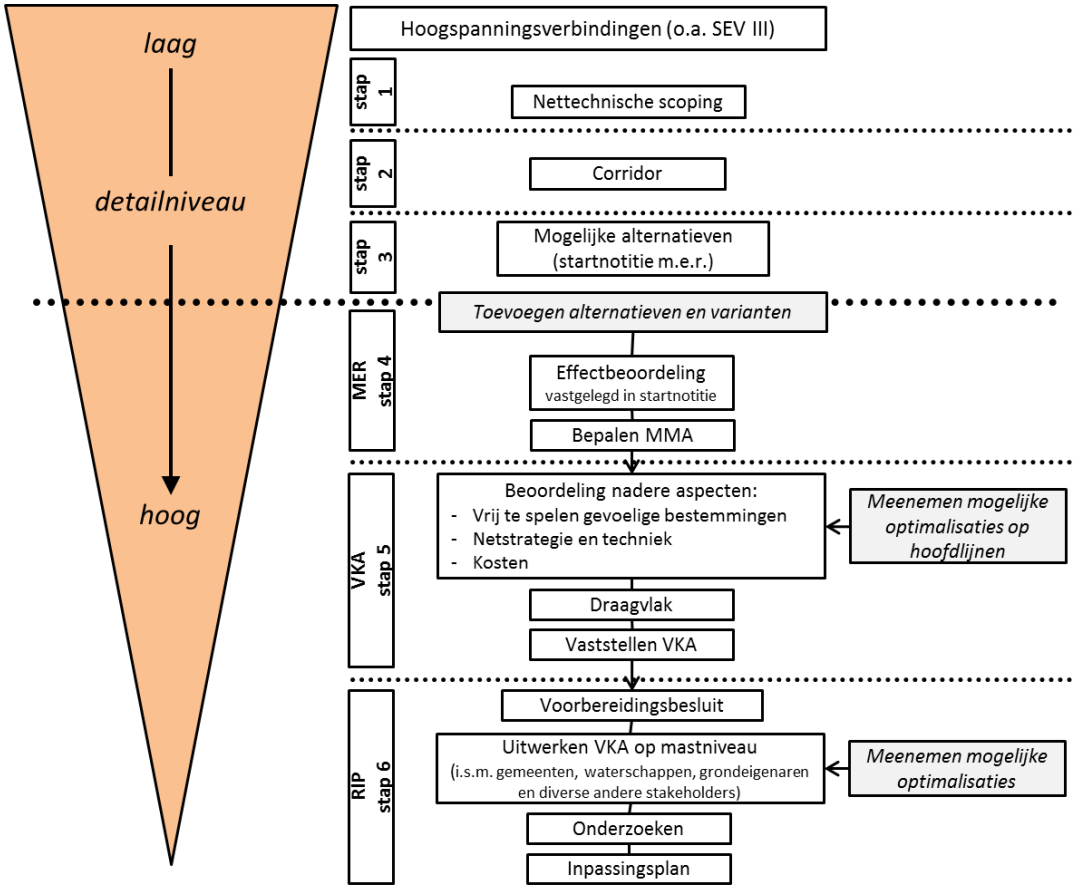
Analyse en advies
De minister heeft Deltares advies gevraagd of deze alternatieven haalbaar zijn en zo ja, over de wijze waarop deze ingediende alternatieven/varianten in het vervolg van de m.e.r.-procedure zouden moeten worden meegenomen. Dit kan zijn in stap 4 van de m.e.r.-procedure, als onderscheidend MER-alternatief of variant op een MER-alternatief, of in stap 5 en 6, als mogelijke optimalisatie (Figuur A).

[1] http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/zuid-west-380-kv-oost-concept-mer,Concept Hoofddocument.

[2] http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/03/ kamerbrief-zuid-west-380kv/kamerbrief-zuid-west-380kv.pdf

Titel
Alternatieven ZW 380kV

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Economische Zaken	1205876-019	1205876-019-BGS-0003	57



Figuur A: Trechteringsproces: in de opeenvolgende stappen in de m.e.r.-procedure neemt de mate van detail in analyse en uitwerking toe. Het onderhavige advies over de inpassing van door de regio ingediende alternatieven/varianten in de m.e.r-procedure is onderdeel van stap 3.

Deltares heeft de ingediende alternatieven/varianten op hoofdlijnen geanalyseerd op een aantal MER-relevante aspecten. De technische aspecten zijn geanalyseerd door TenneT. Deze technische analyse is vervolgens van een onafhankelijk oordeel voorzien door Tractebel Engineering (GDF Suez). Met deze gecombineerde informatie is Deltares tot een integraal advies ten aanzien van de aangedragen alternatieven gekomen (Tabel A), waarbij vijf opties zijn onderscheiden:

N. Niet haalbaar/realistisch en dus onwenselijk; niet meenemen in vervolgproces

A. In principe haalbaar, meenemen als nieuw onderscheidend MER-alternatief in stap 4 van de m.e.r.-procedure
Een ingediend voorstel wordt beoordeeld als nieuw *onderscheidend alternatief* als het geografisch anders is en ten aanzien van milieueffecten naar verwachting verschilt van alternatieven die reeds zijn opgenomen in het MER. Wanneer meerdere ingediende alternatieven onderling vergelijkbaar zijn, worden ze aan het begin van stap 4 samengevoegd tot één onderscheidend MER-alternatief.

B. In principe haalbaar, meenemen als variant van een MER-alternatief in stap 4 van de m.e.r.-procedure.
Een ingediend voorstel wordt beoordeeld als *variant* als het, om knelpunten te vermijden, lokaal geografisch afwijkt van een MER- basisalternatief en daardoor naar verwachting ten aanzien van milieueffecten andere effectscores zal geven.

C. In principe haalbaar, meenemen als optimalisatiemogelijkheid van MER-alternatieven bij de VKA uitwerking (stap 5/6 van de m.e.r.-procedure).
Een ingediend voorstel wordt beoordeeld als *optimalisatie* als de verwachte effecten binnen de bandbreedte van een basisalternatief of variant vallen en op het detail-niveau van stap 4 bij de beoordeling van milieueffecten niet onderscheidend zijn van een opgenomen MER-alternatief of variant. Bij de uiteindelijke tracering en de vaststelling van een voorkeursalternatief (VKA) kunnen deze voorstellen bijdragen aan het vinden van optimale oplossingen.

D. Buiten de scope van het project Zuid-West 380 kV, niet meenemen in vervolgproces

Tabel A. Samenvatting van het advies ten aanzien van de wijze waarop (de varianten van) de ingediende alternatieven in de vervolgstappen van de m.e.r.-procedure (zie Figuur A) moeten worden meegenomen A: onderscheidend (nieuw) MER-alternatief; B: variant; C: optimalisatie; D: buiten de scope.

ingediend voorstel \ MER-alternatief		bestaande noordelijk alternatief (C150b1)	nieuw noordelijk midden-alternatief	nieuw midden-alternatief	bestaande zuidelijk alternatief (C150n)	
N1	N1-0 t/m -6	C				
N2a	N2a-0, N2a-1	C				
	N2a-2					D
N2b	N2b-0		A			
	N2b-1 t/m -3		C			
	N2b-4					D
M3	M3-0			B[i]		D[ii]
	M3-1 t/m 5			C		
	M3-6					D
M3b	M3b-0			C		D[ii]
M4	M4-0			A[iii]		
	M4-1			B[iv]		
	M4-2			C		
Z5	Z5-0				C	
Z6	Z6-0				C	
	Z6-1				B[iv]	

[i]) het oostelijk tracé-deel dat wordt aangeduid als de Bosroute opnemen als variant
[ii]) dit betreft de amovering van de 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg
[iii]) als basis voor uitwerking nieuw MER-alternatief, waarbij ook M3 en M3b in ogenschouw moeten worden genomen
[iv]) op het betreffende tracé-deel vallen het nieuwe midden-alternatief en het zuidelijk alternatief samen, het gaat hier om een en dezelfde variant op beide alternatieven

Ad N. Op basis van de hoofdlijnen-analyse op MER-relevante aspecten kunnen alle ingediende alternatieven/varianten als haalbaar worden gekwalificeerd. Uit de analyse op technische aspecten volgt dat alle ingediende voorstellen op onderdelen als complex of zeer complex beoordeeld worden en mogelijk ook hoge kosten met zich meebrengen, maar in principe haalbaar zijn.

Ad A, B. Enkele alternatieven en varianten onderscheiden zich van de al in de concept-MER opgenomen alternatieven C150b1[3] of C150n[4]. Het advies is naast deze bestaande alternatieven twee aanvullende onderscheidende MER-alternatieven (optie A) en twee nieuwe varianten (optie B) in de milieueffectrapportage mee te nemen:

- Een “noordelijk midden-alternatief”, op basis van basisvariant N2b-0 van voorstel N2b,
- Een “midden-alternatief”, op basis van voorstel M4 waarbij ook M3 en M3b in ogenschouw worden genomen,
- Een variant op het nieuwe midden-alternatief, ten noorden van Tilburg (de zogenaamde Bosroute van voorstel M3),
- Een variant op zowel het nieuwe midden- als het bestaande zuidelijke alternatief (op basis van M4-1 en Z6-1), waarbij het tracé ten noorden van Standaardbuiten komt te liggen om daarna naar het oosten af te buigen.

Ad C. Met uitzondering van de onderdelen die buiten de scope zijn beoordeeld (zie hieronder), adviseert Deltares van de ingediende alternatieven N1 en N2a met alle varianten om deze als mogelijke optimalisaties mee te nemen van het reeds in de concept-MER opgenomen alternatief C150b1[3] bij de uitwerking tot een VKA (stap 5) en in het Rijksinpassingsplan (RIP, stap 6). Geadviseerd wordt dat de ingediende alternatieven Z5 en Z6-0 als mogelijke optimalisaties van het bestaande MER-alternatief C150n[4] worden meegenomen in de verdere uitwerking in stap 5 en 6. Op het detailniveau van de MER zijn deze ingediende voorstellen onvoldoende onderscheidend van bestaande alternatieven om als aparte alternatieven of varianten opgenomen te worden in de MER
Voor de overige ingediende varianten van N2b wordt geadviseerd deze mee te nemen als mogelijke optimalisaties van het nieuwe op te nemen “noordelijke midden-alternatief” en de overige varianten van M3 en M4 als optimalisaties van het nieuwe op te nemen “midden alternatief” in stap 5 en 6.

Ad D. Drie onderdelen van de ingediende voorstellen worden als buiten de scope van de onderhavige m.e.r.-procedure beschouwd, omdat ze niet gekoppeld zijn aan de oplossing van een knelpunt in het voorgestelde tracé, en er binnen het project dus geen noodzaak is om de voorgestelde reconstructies of verkabelingen van bestaande verbindingen uit te voeren. Dit zijn:

[3] C150b1 is geografisch gezien een noordelijk tracé, dat op de nieuwe masten zal combineren met een bestaande 150 kV verbinding (C150) en bovendien bundelt (b) met bestaande 380 kV verbindingen.

[4] C150n is geografisch gezien een zuidelijk tracé, dat eveneens op de nieuwe masten zal combineren met een bestaande 150 kV verbinding (C150) maar niet bundelt (n) met andere bestaande verbindingen of infrastructuur.

- De volledige reconstructie van de bestaande 380 kV verbinding Geertruidenberg-Tilburg in alternatief M3 (variant M3-6),
- De verkabeling van het in Breda gelegen gedeelte van de 150 kV verbinding Roosendaal-Breda als aanvulling op een “noordelijk” tracé in de alternatieven N2a (variant N2a-2) en N2b (variant N2b-4),
- Het amoveren van de bestaande 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg en vervanging door een ondergrondse verkabeling in een dubbele lus in de alternatieven M3 (alle varianten) en M3b (enige variant).

Inhoud

1 Inleiding **12**

2 Proces **14**
2.1 Indiening alternatieven en haalbaarheidsanalyse 14
2.2 Inpassing in MER-procedure 15

3 Ingediende alternatieven **18**
3.1 Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen(N1) 18
3.2 Voorkeurstracé A17-Amer 380kV (N2a) en Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg (N2b) 19
3.3 Het A59 Midden-tracé (M3) en het Oosterheide-alternatief (M3b) 21
3.4 Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord (M4) 24
3.5 Optimalisatie van het zuidelijk tracé bij de bebouwde kom Oosterhout (Z5) 26
3.6 Optimalisatie van het zuidelijk tracé in verschillende gemeente (Z6) 27

4 Werkwijze MER-aspecten **28**
4.1 Algemeen 28
4.2 Landschappelijke inpassing 29
4.3 Leefomgeving 30
4.4 Natuur 30
4.5 Ruimtegebruik 30
4.6 Bodem en water 31
4.7 Archeologie 31

5 Resultaten en discussie MER-aspecten **32**
5.1 Landschappelijke inpassing 32
5.2 Leefomgeving 34
5.3 Natuur 36
5.4 Ruimtegebruik 39
5.5 Bodem en water 41
5.6 Archeologie en cultuurhistorie 42
5.7 Samenvatting MER-aspecten 44

6 Samenvatting technische aspecten **45**

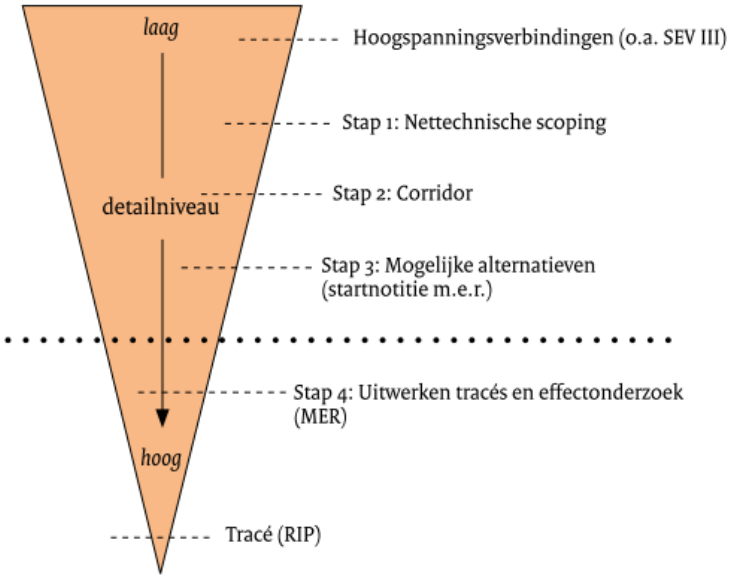
7 Integraal advies **48**

Bijlage(n)
A Bijlage 1 Kaarten van de ingediende alternatieven en varianten **A-1**
B Bijlage 2 Notitie uitgangspunten 30 maart 2015 **B-1**
C Bijlage 3 Codering van ingediende alternatieven/varianten **C-1**
D Bijlage 4 Technische beoordeling TenneT **D-1**
E Bijlage 5 Review technische beoordeling door Tractebel Engineering **E-1**

1 Inleiding

Afgelopen jaren is door TenneT i.s.m. de ministeries van Economische Zaken (EZ) en Infrastructuur en Milieu (I&M) gewerkt aan het opstellen van een Milieu Effect Rapport (MER) voor de hoogspanningsverbinding Zuid-West 380 kV tussen Borsele en Tilburg. De kaders voor het MER zijn vastgelegd in de Startnotitie MER en de Richtlijnen voor het MER (met daarin opgenomen het advies van de Commissie voor de milieueffectrapportage (Cie. m.e.r.) van augustus 2009. Voor het tracé tussen Roosendaal en Tilburg zijn in het MER tot nog toe twee geografisch verschillende tracés vergeleken: twee noordelijke alternatieven via Zevenbergen en Geertruidenberg en een zuidelijk alternatief via Etten-Leur en Breda. Op basis van de eerste resultaten uit het MER is in 2011 door het ministerie een voorkeur uitgesproken voor een noordelijk tracé. Na verdere uitwerking van dit tracé en mede als gevolg van nieuwe inzichten op het gebied van veiligheid en leveringszekerheid is gebleken dat de geplande 4x380 kV uitvoering bij het noordelijk tracé ongewenst is. Voor de ministeries was dit een reden om over te schakelen naar het zuidelijk tracé (op basis van alternatief C150n uit het concept MER[5]) als voorkeursvariant.

Deze omschakeling heeft in de regio West-Brabant tot onbegrip en weerstand geleid. Dit was aanleiding om de regio de ruimte te geven om nieuwe alternatieven aan te dragen. In feite wordt hier weer een stap omhoog in het trechteringsproces gezet (naar Stap 3, zie Figuur 1.1), naar de fase waarin alternatieven worden geformuleerd (in dit geval door de diverse initiatiefnemers uit de regio). Deze zullen vervolgens weer opgenomen worden in de m.e.r.-procedure. Maar voordat alternatieven daadwerkelijk in een m.e.r.-procedure worden meegenomen, wordt eerst op hoofdlijnen getoetst op haalbaarheid. Indien blijkt dat een alternatief op voorhand niet haalbaar is, is het niet zinvol deze nog de hele m.e.r.-procedure te laten doorlopen.



Figuur 1.1. Trechteringsproces: in de opeenvolgende stappen neemt de mate van detail in analyse en uitwerking toe (Bron: Startnotitie voor de milieueffectrapportage, 2009)

[5] http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/zuid-west-380-kv-oost-concept-mer,Concept Hoofddocument.

Bij de toetsing op hoofdlijnen wordt gekeken naar:

- Beleidskader: het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III);
- MER-aspecten: Leefomgeving, Landschappelijke inpassing, Natuur, Ruimtegebruik, Bodem en water, Archeologie en cultuurhistorie;
- Technische aspecten.

Aan Deltares is gevraagd om een integrale haalbaarheidsstudie uit te voeren voor de vanuit de regio ingediende nieuwe alternatieven, en te adviseren over de inpassing in de m.e.r procedure. Het gaat hierbij dus nog niet om een afweging in detail en ranking van de verschillende alternatieven/varianten ten opzichte van elkaar, maar om een analyse op hoofdlijnen om mogelijke knelpunten ten aanzien van de haalbaarheid te identificeren en te beoordelen. Voor de ingediende alternatieven die in principe haalbaar zijn wordt vervolgens gekeken naar de inpassing daarvan in de m.e.r.-procedure. (zie Figuur 1.1). Doel is om per alternatief een advies te geven ten aanzien van de verschillende opties ten behoeve van de m.e.r.-procedure:

N. Niet haalbaar/realistisch en dus onwenselijk; niet meenemen in vervolgproces
A. In principe haalbaar, meenemen als nieuw onderscheidend MER-alternatief
B. In principe haalbaar, meenemen als variant van een MER-alternatief
C. In principe haalbaar, meenemen als optimalisatiemogelijkheid van MER-alternatieven in de VKA fase
D. Buiten de scope van het project Zuid-West 380 kV, niet meenemen in vervolgproces

Voor u ligt de rapportage van dit integrale haalbaarheidsonderzoek, dat is uitgevoerd in de periode april – augustus 2015. Deltares heeft bij de analyse op hoofdlijnen van de MER-aspecten waar mogelijk gebruik gemaakt van de informatie die al in het kader van het MER beschikbaar was. Waar nodig of relevant zijn ook andere gegevensbronnen gebruikt. Voor de technische aspecten is advies ontvangen van TenneT. Voor de review hiervan heeft Deltares de technische expertise van Tractebel Engineering (GDF Suez) gevraagd.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de m.e.r.-procedure in relatie tot deze advisering nader toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de ingediende alternatieven. De werkwijze voor de analyse op hoofdlijnen op MER-aspecten wordt uitgelegd in hoofdstuk 4 en de resultaten staan opgenomen in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 geeft een samenvatting van de analyse op technische aspecten. Het rapport sluit af met het integrale advies in Hoofdstuk 7.

2 Proces

2.1 Indiening alternatieven en haalbaarheidsanalyse

Begin februari 2015 heeft minister Kamp aan de Tweede Kamer laten weten de regio in de gelegenheid te stellen alternatieve tracé-voorstellen in te dienen[6,7]. Hierop zijn verschillende alternatieven en varianten ontvangen, vaak uitgewerkt tot op een zeer hoog detailniveau (zie Hoofdstuk 3). In de traceringsuitgangspunten die aan de initiatiefnemers waren meegegeven was ook het zoekgebied (corridor) opgenomen waarbinnen de alternatieven, voor het aangewezen tracé-gedeelte tussen Roosendaal/Borchwerf en het nieuw te bouwen 380 kV station bij Tilburg, moesten zijn gelegen.

Op woensdagavond 15 april heeft in Etten-Leur een regionale startbijeenkomst plaatsgevonden, waarvoor alle indieners van deze initiatieven waren uitgenodigd. Hier heeft het ministerie van EZ samen met Deltares een presentatie verzorgd van de ingediende alternatieven waarin ook het verdere proces is toegelicht[8]. Deltares heeft vervolgens TenneT gevraagd alle alternatieven (inclusief eventuele varianten) digitaal op kaart te zetten, op een voor de analyse op hoofdlijnen uniform detailniveau, en technisch te beoordelen. Deltares heeft de juistheid van deze kaarten met de indieners afgestemd. Met de digitale kaart-bestanden heeft Deltares de basisinformatie voor haar analyse op MER-aspecten gegenereerd en de operationalisering van deze analyse en de uiteindelijke integrale beoordeling nader uitgewerkt (zie Hoofdstuk 4). In het kader hiervan hebben eind mei gesprekken met elk van de indieners plaatsgevonden[9]. Het doel was om te borgen dat Deltares alle geboden informatie op de juiste manier interpreteert, om zo tot een goed onderbouwd advies te kunnen komen. Deze bijeenkomsten werden namens het ministerie van EZ voorgezeten door de heer Geert Versteijlen. De initiatiefnemers konden hun voorstel nader toelichten en Deltares heeft aanvullende vragen gesteld aan de hand van o.a. technische aandachtspunten.

Op basis van de uitkomsten van de bijeenkomsten (voor alternatief Z6 ook op basis van nadere afstemming binnen de groep indieners) zijn nog enkele wijzigingen doorgevoerd in de gedigitaliseerde tracés. Hiermee heeft Deltares haar analyse op MER-aspecten afgerond (zie Hoofdstuk 5), en heeft TenneT de technische beoordeling afgerond (Bijlage 4). Hierop is de beoordeling van Tractebel Engineering gebaseerd (Bijlage 5). Deltares heeft vervolgens alle informatie samengevat en geïntegreerd in haar eindbeoordeling en advies (zie Hoofdstukken 6 en 7). Middels een tussenrapportage, gepresenteerd tijdens een tweede regiobijeenkomst op 29 juni, zijn de werkwijze en eerste resultaten van de technische analyse en de analyse op MER-aspecten voorgelegd aan de initiatiefnemers en toegelicht. Hun schriftelijke reacties hierop zijn verwerkt in deze eindrapportage.

[6] http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/02/03/ kamerbrief-zuid-west-380kv/kamerbrief-zuid-west-380kv.pdf

[7] http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/03/18/ kamerbrief-beantwoording-schriftelijke-vragen-over-tracekeuze-380-kv-hoogspanningsverbinding-west-brabant/kamerbrief-beantwoording-schriftelijke-vragen-over-tracekeuze-380-kv-hoogspanningsverbinding-west-brabant.pdf

[8] http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/zuid-west-380-kv-oost-alternatieven, link naar presentatie

[9] 22 mei, Oosterhout met indieners van M3 en M3b; 27 mei, Hoeven, met indieners N1 en N2a-b; 28 mei, Etten-Leur, met indieners M4 en Z6, en 28 mei, Utrecht, met indieners Z5.

2.2 Inpassing in m.e.r.-procedure

In aanvulling op Figuur 1.1 geeft Tabel 2.1 een uitgebreider overzicht van de m.e.r.-procedure. Om te komen tot een uitgewerkt tracé dat kan worden opgenomen in het inpassingsplan en de benodigde vergunningen, dienen een aantal stappen te worden doorlopen.

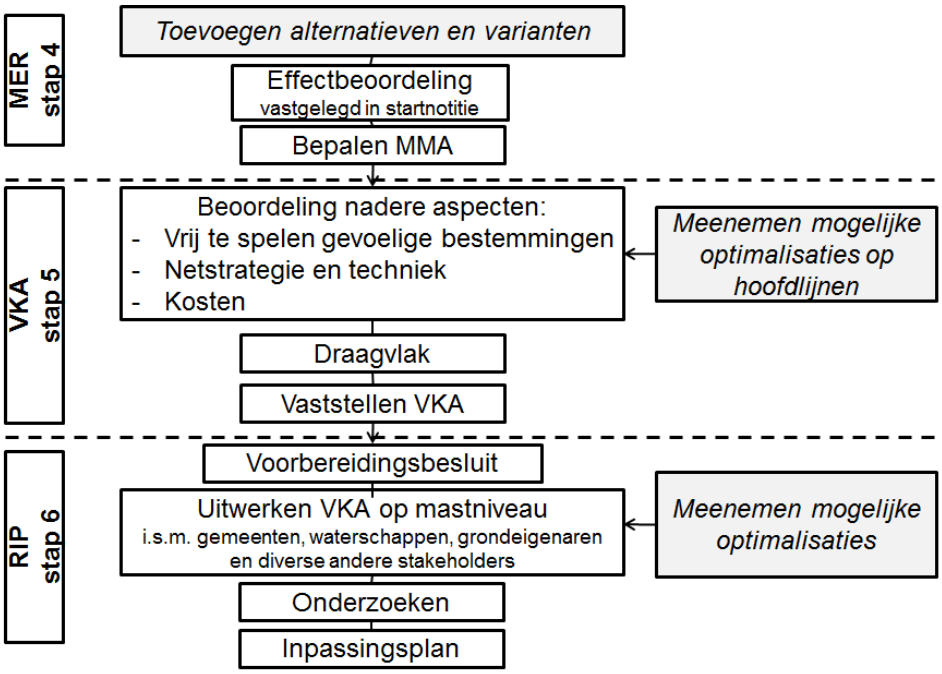
Tabel 2.1. Stappen in de m.e.r.-procedure. Het onderhavige advies over de inpassing van door de regio ingediende alternatieven/varianten in de m.e.r-procedure is onderdeel van stap 3 (aangeduid in geel).

	Doel	m.e.r-procedure	document
1	Nettechnische scoping	Van waar naar waar	Starnotitie MER
2	corridor	Vaststellen gebied alternatieven	Startnotitie MER
3	alternatieven voor MER	alternatieven en varianten: • Haalbaar, • realistisch • kansrijk	• Haalbaarheidsonderzoek Deltares • Bestaand MER
4	Meest Milieu Vriendelijk alternatief (MMA)	alternatieven en varianten: • Uitwerken • afwegen • bepalen MMA	Aanvullend onderzoek bestaand MER
5	Voorkeursalternatief (VKA)	MMA: • Optimaliseren • Technisch/financieel • Draagvlak • Vaststellen VKA	Aanvullend onderzoek bestaand MER
6	Rijksinpassingsplan (Rip)	RIP • Optimaliseren VKA • ruimtelijke inpassing	Rip en aangepast MER als bijlage

Voor de onderhavige hoogspanningsverbinding Zuid-West 380 kV tussen Borsele en Tilburg is in 2009 de scope van het project en de startnotitie vastgesteld (stap 1 en 2). In deze startnotitie is ingegaan op de noodzaak van de nieuwe hoogspanningsverbinding, de voorwaarden voor de nieuwe hoogspanningsverbinding, binnen welk zoekgebied (corridor) er wordt gekeken, naar welke alternatieven is gekeken en hoe de inspraak wordt georganiseerd. Deze startnotitie heeft ter inzage gelegen (waarop door belangstellenden een reactie kon worden gegeven). Op basis van de startnotitie en de inspraakreacties hierop, zijn de richtlijnen voor de milieueffectrapportage (advies Cie. m.e.r. vastgesteld. In deze richtlijnen wordt aangegeven welke aspecten behandeld moeten worden in het milieueffectrapport voor de nieuwe hoogspanningsverbinding en op welke wijze dat moet gebeuren. De startnotitie en richtlijnen blijven in de huidige vorm gehandhaafd.

De alternatieven en varianten waarvoor op basis van het in dit rapport voorgelegde advies besloten wordt dat deze toegevoegd worden aan het MER (categorieën A en B, zie Figuur 2.2) worden in stap 4 nader uitgewerkt, op een met de reeds bestaande MER-alternatieven vergelijkbaar detailniveau, en van een effectbeoordeling voorzien. De bestaande achtergrondrapporten met daarin de effectbeoordelingen zullen worden aangevuld met deze alternatieven en varianten. Hierna vindt een afweging plaats waarbij er een keuze kan worden gemaakt voor het Meest Milieuvriendelijke Alternatief (MMA). De maatgevende aspecten die hierbij een rol spelen zijn Leefomgeving (o.a. aantal gevoelige bestemmingen), Natuur (o.a. draadslachtoffers) en Landschap (o.a. Lijnniveau gebiedskarakteristiek). Bij de

effectbeoordeling wordt alleen naar technische varianten gekeken voor zover zij van invloed zijn op de milieu-effectscores en het bepalen van het MMA.



Figuur 2.2. Overzicht van stappen in de m.e.r.-procedure en hoe en waar de verschillende categorieën van de vanuit de regio ingediende alternatieven worden meegenomen in de m.e.r.-procedure

Nadat het MMA is gekozen, wordt bekeken of dit MMA ook het Voorkeursalternatief (VKA) is dat nader wordt uitgewerkt. Hierbij wordt, naast de hiervoor genoemde milieuaspecten, tevens gekeken naar vrij te spelen gevoelige bestemmingen, (net)techniek en kosten. De ministers betrekken tevens het aspect draagvlak in hun keuze. In deze fase worden ook de door de regio ingediende alternatieven meegenomen die in de onderhavige rapportage aangemerkt zijn als optimalisaties (categorie C zoals genoemd in Inleiding). Het kan dus zijn dat het VKA anders is dan het MMA; vooral technische aandachtspunten en/of kostenverhogende onderdelen kunnen hiertoe aanleiding geven. De ministers stellen het VKA vast (stap 5) en nemen een voorbereidingsbesluit. Dit vormt de basis voor de voorbereiding van het inpassingsplan.

Het MER-alternatief dat gekozen wordt als VKA, dient op mastniveau te worden uitgewerkt ten behoeve van het rijksinpassingsplan (RIP) en de vergunningaanvragen (stap 6). In deze fase worden nog optimalisaties uitgevoerd op de VKA waarbij ook de door de regio ingediende voorstellen die in de onderhavige rapportage aangemerkt zijn als optimalisaties worden meegenomen. De uitwerking van de mastposities vindt plaats in overleg met diverse belanghebbenden zoals provincie, gemeenten, RWS, waterschappen, buisleidingeigenaren, grondeigenaren, en actiegroepen en wordt verwerkt in het mastenboek. Door middel van een aantal wijzigingscycli worden wijzigingsverzoeken die vanuit de verschillende belang-hebbenden worden ingediend, in behandeling genomen. De verschillende belanghebbenden hebben, gedurende de uitwerking van het tracé, de mogelijkheid om hun verzoeken tot nadere tracéuitwerking kenbaar te maken. Deze wijzigingsverzoeken worden uitgewerkt en voorzien van een afweging waarbij uiteindelijk een oordeel wordt gevormd of een wijzigingsverzoek kan worden doorgevoerd. Het uiteindelijke tracé wordt verwerkt in het

inpassingsplan en de vergunningaanvragen, die volgens de Rijkscoördinatieregeling in procedure worden gebracht. De ministers stellen het RIP vast (stap 6).

Na het nemen van besluiten en tijdens het doorlopen van de stappen (4, 5 en 6) zal door de Ministeries en TenneT op verschillende manier kenbaar worden gemaakt hoe partijen worden betrokken en geïnformeerd (zoals in nieuwsbrieven en informatieavonden).

3 Ingediende alternatieven

Vanuit de regio zijn de volgende alternatieven/varianten aangedragen:

- Twee noordelijke alternatieven
  - N1 Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen
  - N2a Voorkeurstracé A17-Amer 380 kV
  - N2b Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg (variant op N2a)
- Twee alternatieven via een midden-tracé
  - M3 het A59 Midden-tracé
  - M3b Oosterheide-alternatief (variant op M3)
  - M4 Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord
- Twee zuidelijke alternatieven
  - Z5 Optimalisatie van het zuidelijk tracé bij bebouwde kom Oosterhout
  - Z6 Optimalisatie van het zuidelijke tracé in verschillende gemeenten

Elk van deze alternatieven wordt hieronder kort toegelicht. In de bijbehorende figuren is de paarse lijn steeds het ingediende basisalternatief en zijn de rode lijnen varianten op het betreffende alternatief. De figuren zijn in groter formaat eveneens in Bijlage 1 opgenomen. Hierop is ook de codering van de verschillende varianten aangegeven (zie ook Bijlage 3).

3.1 Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen (N1)

Alternatief N1 (Figuur 3.1, voor grotere kaart zie Bijlage 1) is ingediend door de heer Fransen[10] om te laten zien hoe knelpunten langs een noordelijke route, als gevolg van plaatselijk ruimtegebrek, kunnen worden opgelost. Achterliggende motivatie is - evenals bij N2a-b, zie volgende paragraaf - een tracé te vinden dat zoveel mogelijk de traceringsprincipes van combineren en bundelen honoreert, en daarbij kruisingen van 380 kV verbindingen zoveel mogelijk weet te vermijden. Over de hele lengte van het N1 tracé wordt gebundeld met de bestaande 380 kV verbindingen en gecombineerd met de bestaande 150 kV verbindingen tussen Roosendaal en Geertruidenberg, en tussen Geertruidenberg en Tilburg; de betreffende bestaande 150 kV verbindingen worden geamoveerd.

Er is ruimteschaarste op het gedeelte tussen Roosendaal en Standdaarbuiten (knelpunt Oud-Gastel) waar het tracé ook bundelt met de A17, en bij Geertruidenberg door de samenkomst van een aantal hoogspanningsleidingen bij de 380 kV en 150 kV stations Geertruidenberg en de nabije bebouwing. Het basistracé (de paarse lijn in Figuur 3.1 en Bijlage 1) bevat daardoor vijf kruisingen met de bestaande 380kV verbinding (twee bij Oud Gastel, een ter hoogte van Hooge Zwaluwe, en twee bij Geertruidenberg). Om deze knelpunten op te lossen is een aantal varianten gegeven (rode lijnen in figuur 3.1), hierin is alleen nog de 380 kV kruising bij Hooge Zwaluwe aanwezig. De indiener geeft aan dat er meer westelijk gelegen varianten mogelijk zijn voor de exacte locatie van deze overgebleven kruising (bijvoorbeeld in combinatie met een vernieuwd 150 kV station Moerdijk). In drie van de zeven varianten bij Oud Gastel loopt het nieuwe tracé aan de oostzijde van de A17, in het basistracé en de vier overige varianten aan de westzijde. In drie van deze westkant-varianten wordt voorgesteld de bestaande 380 kV verbinding over een afstand van 3,2 km naar het oosten te verplaatsen om ruimte te maken voor de nieuwe verbinding. Verplaatsen van een gedeelte van de bestaande

[10] Brief aan minister Kamp d.d. 13-03-2015 over dit tracévoorstel, met zes bijlagen (A-G)

380 kV maakt ook deel uit van de variant bij Geertruidenberg (zie Figuur 3.1). Tussen Geertruidenberg en Tilburg loopt de nieuwe 380 kV verbinding in dit voorstel aan de noord-/oostzijde van de bestaande 380 kV verbinding.



Figuur 3.1. Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen. Kaartbeeld basistracé N1 (paarse lijn) en voorgestelde varianten bij Oud Gastel en Geertruidenberg (rode lijnen)

3.2 Voorkeurstracé A17-Amer 380kV (N2a) en Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg (N2b)

Alternatieven N2a en N2b zijn ingediend door de samenwerkende actiecomités *Halderberge 380 kV*, *380 kV Etten-Leur* en *Breda 380kVNEE.* Indiening was mede namens *380kVOosterhoutNEE* en de *Stichting Belangengroep 380kV Oud Gastel Stampersgat*, en was verder afgestemd met de Brabantse Milieufederatie[11], Natuurmonumenten, het Brabants Landschap, Brabants Particulier Grondbezit, en lokale natuur- en milieuorganisaties in de regio[12]. De motivatie voor de indieners was een optimaal tracé te vinden volgens de traceringsprincipes van combineren en bundelen. Dit tracé heeft ook de voorkeur van de gemeente Etten-Leur[13].

N2a

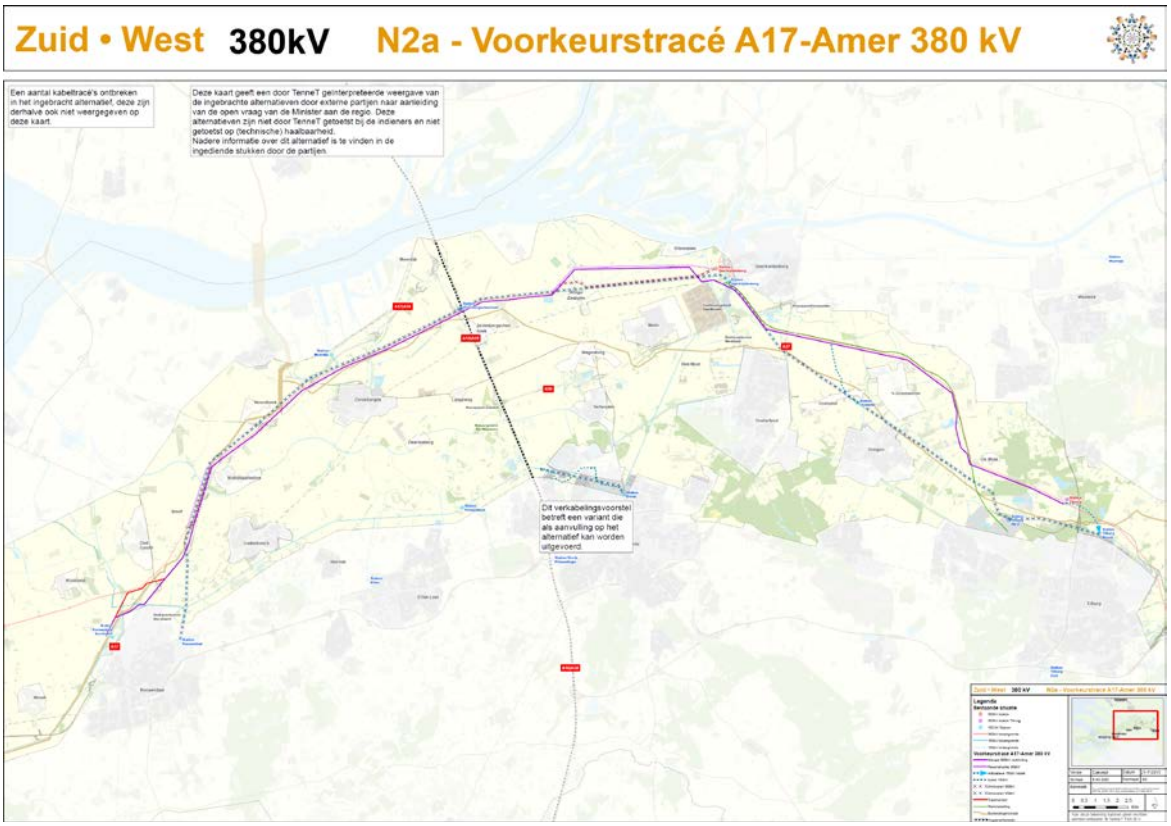
Het voorkeursalternatief N2a (Figuur 3.2) is (evenals N1, zie paragraaf 3.1) over de hele lengte gecombineerd met de bestaande 150 kV verbindingen, die worden geamoveerd, en gebundeld met de bestaande 380 kV verbindingen. Om kruisingen van de nieuwe 380 kV met de bestaande 380 kV verbinding te voorkomen is in het N2a basisalternatief bij Oud Gastel gekozen voor een van de door de indiener van N1 ontwikkelde varianten (west van de A17),

[11] Zie ook brief Brabantse Milieufederatie aan minister Kamp, d.d. 19-03- 2015

[12] Brief aan minister Kamp d.d. 13-03-2015 over deze tracévoorstellen, met twee bijlagen

[13] Brief gemeente Etten-Leur aan minister Kamp, dd. 20-04-2015

waarbij de bestaande 380 kV verbinding over een afstand van 3,2 km naar het oosten wordt verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe verbinding. De variant ten noorden van Roosendaal (rode lijn), is eveneens gelijk aan een van de N1 varianten.



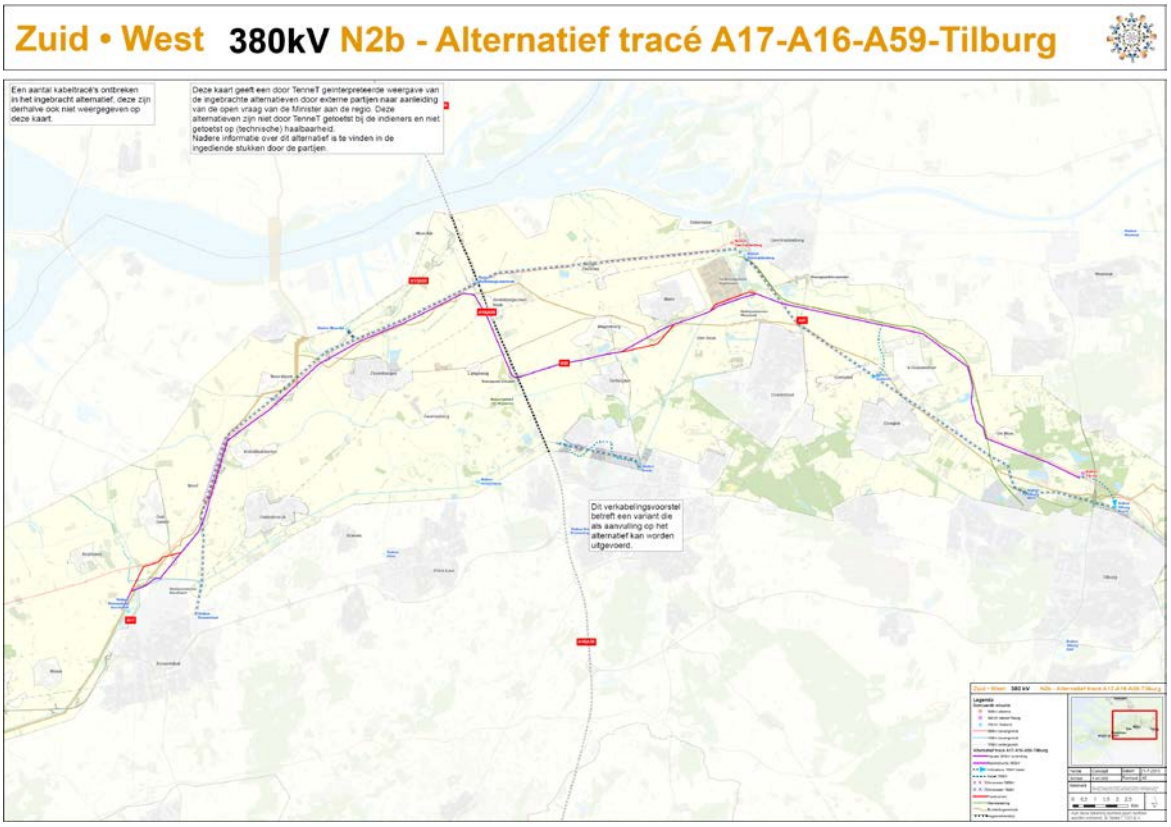
Figuur 3.2. Voorkeurstracé A17-Amer 380 kV. Kaartbeeld voorgesteld tracé N2a (paarse lijn) met variant nabij Roosendaal (rode lijn)

In het voorstel voor alternatief N2a wordt tevens de bestaande verbinding tussen Hooge Zwaluwe en Geertruidenberg over 7,8 km naar het noorden verplaatst. Hierdoor is tussen Moerdijk en Hooge Zwaluwe geen 380 kV kruising nodig en kan het gebundelde tracé verder van bebouwing komen te liggen. In dit alternatief ligt de nieuwe verbinding over het hele tracé ten zuiden van de bestaande 380 kV verbinding, wat volgens de indieners gunstig is ten aanzien van gevoelige bestemmingen. Ter hoogte van de Moersedreef (op het meest noord-zuid lopende deel van het tracé tussen Geertruidenberg en Tilburg, zie Figuur 3.2) wordt een grotere afstand aangehouden tot het bestaande tracé en komt de nieuwe verbinding aan de overzijde van de weg te liggen. Deze aanpassing volgde na het overleg met de indieners in mei, omdat als de nieuwe masten precies op valafstand van de oude zouden worden geplaatst, er een conflict is met de weg en aanwezige bebouwing.

N2b

Het N2b alternatief (Figuur 3.3) volgt tot net voor de kruising met de A16 (E19) hetzelfde tracé als N2a. Het buigt dan langs de westzijde van de A16 af naar het zuiden, en vervolgens bij knooppunt Zonzeel weer naar het oosten langs de zuidkant van de A59. Het tracé volgt hier in principe zo dicht mogelijk de A59. Als variant wordt bij Wagenberg een iets grotere afstand aangehouden vanwege het natuurgebied de Linie van Den Hout. In deze variant is de tracé-ligging vergelijkbaar met die van M3(b) en M4 (zie Figuren 3.4-3.6). Tussen Geertruidenberg en Oosterhout wordt weer aangetakt op het tracé van de bestaande 380 kV

verbinding; vanaf daar is alternatief N2b weer gelijk aan N2a. De nieuwe verbinding ligt hiermee over het hele tracé, ook waar dit alternatief gebundeld is met de bestaande 380 kV verbinding, ten zuiden van de bestaande 380 kV verbinding. Ter plaatse van de variant nabij bedrijventerrein Weststad (rode lijn) bevindt zich aan de zuidkant van de A59 een waterrijke groenstrook van dit bedrijventerrein. Als dit problemen zou opleveren voor het plaatsen van de masten, dan wordt in de variant de A59 twee keer gekruist en worden de masten aan de noordkant van de A59 gepositioneerd, in de randzone (met voornamelijk waterberging) van het kassengebied Steelhoven.



Figuur 3.3. Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg. Kaartbeeld voorgesteld tracé N2b (paarse lijn) met varianten nabij Roosendaal en tussen Made en Geertruidenberg (rode lijnen)

Om tegemoet te komen aan de belangen van de inwoners van Breda wordt zowel in alternatief N2a als N2b voorgesteld om als aanvulling de bestaande zuidelijke 150 kV verbinding die door Breda loopt te verkabelen. Deze variant is niet meegenomen in de hoofdlijnen-analyse van de N2 alternatieven op MER-aspecten. Reden daarvoor is enerzijds omdat dit een aanvulling betreft die niet specifiek gekoppeld is aan de N2-alternatieven, anderzijds omdat de effecten van de vervanging van een stuk bestaande verbinding door een ondergronds verkabelde 150kV verbinding niet eenvoudig op hoofdlijnen zijn mee te nemen (zie ook hoofdstuk 4). Het alleen beschouwen van de verwijdering van de bestaande verbinding zou voor deze variant een zeer onvolledig beeld geven.

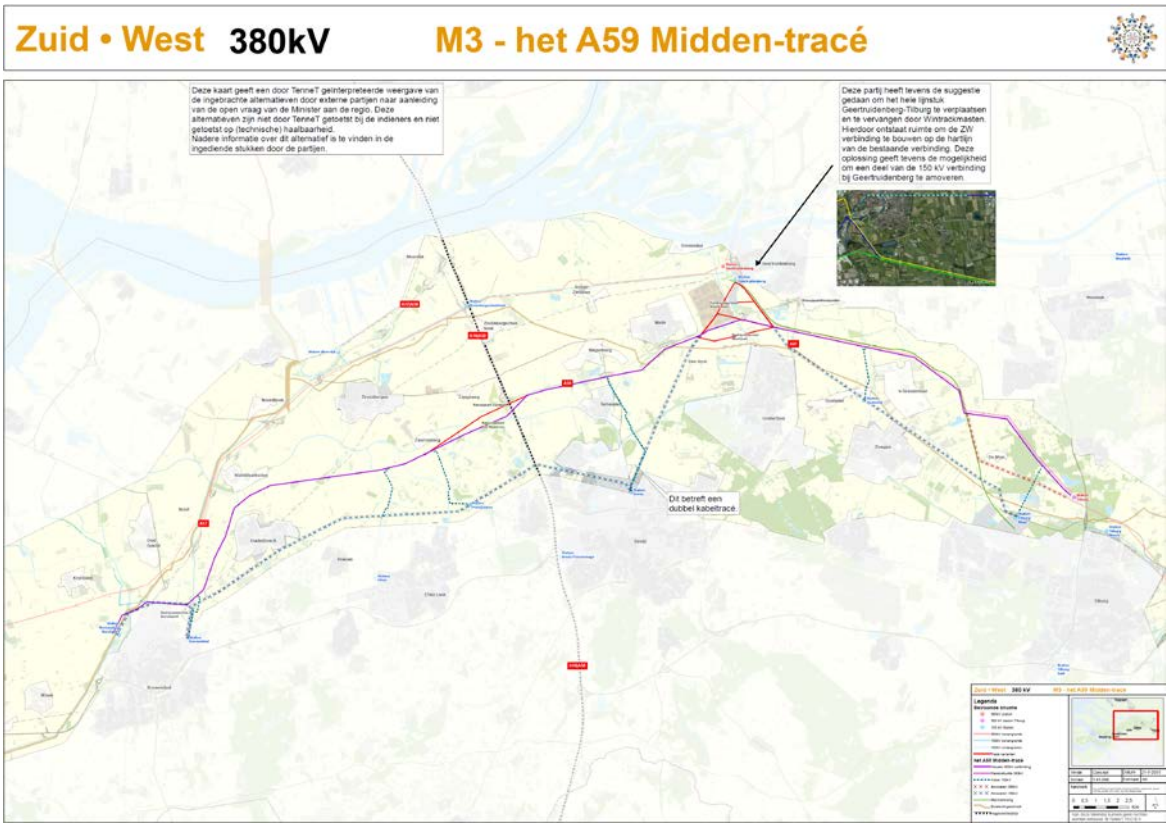
3.3 Het A59 Midden-tracé (M3) en het Oosterheide-alternatief (M3b)

Alternatief M3 is ingediend door de samenwerkende actiecomités *Hoogspanning Haagse Beemden, Breda 380kVNEE, en 380kVOosterhout Nee,* en is afgestemd met de Erfgoedvereniging Heemschut, Staatsbosbeheer, de Brabantse Milieufederatie, en

Natuurmonumenten[14]. Als variant hierop is alternatief M3b ingediend door *Bewonerscomité Oosterheide*[15]. Motivatie van de indieners was om aan zoveel mogelijk belangen tegemoet te komen en hierin een optimale balans te vinden. Praktisch gezien vertaalt dit zich in het zoveel mogelijk afstand proberen te houden van zowel natuurgebieden als gevoelige bestemmingen. Specifiek is ook gekeken naar mogelijkheden om door slim traceren (zie Brochure voorgenomen tracé[16]) lokale knelpunten op te lossen.

M3

Het A59 Midden tracé (Figuur 3.4) wordt tussen Roosendaal en Geertruidenberg gecombineerd met de bestaande 150 kV verbinding tussen Roosendaal en Breda en vanaf Geertruidenberg tot Tilburg met de bestaande 150 kV verbinding tussen die plaatsen. De bestaande 150kV verbindingen waarmee wordt gecombineerd worden geamoveerd. Behalve deze te combineren 150 kV verbindingen wordt in dit voorstel als wezenlijk onderdeel ook de 150 kV verbinding tussen Breda en Geertruidenberg voor een groot deel geamoveerd; deze laatste wordt grotendeels vervangen door een extra verkabeling tussen de nieuwe verbinding en station Breda.



Figuur 3.4. Het A59 Midden-tracé. Kaartbeeld voorgesteld tracé M3 (paarse lijn) met varianten nabij de kruising met de A16 en bij Geertruidenberg (rode lijnen en pijl met bijbehorende tekstbox).

Tussen Roosendaal en Geertruidenberg wordt eerst een nieuw tracé gevolgd. Tot aan Zwartenberg (begin van de variant nabij de kruising met de A16 bij knooppunt Zonzeel) sluiten de indieners hierbij expliciet aan bij de bestaande uitwerking van het zuidelijk

[14] Brief aan minister Kamp d.d. 12-03-2015 over dit tracévoorstel, met bijlage.

[15] Brief aan minister Kamp d.d. 20-03-2015 over dit tracévoorstel.

[16] http://www.zuid-west380kv.nl/attachments/files/pblc/Voorgenomen_trace_april_2011.pdf

alternatief. Bij Zwartenberg vervolgt het M3-tracé in noordoostelijke richting en kruist ten zuiden van Langeweg de rivier de Mark, om vervolgens vanaf Zonzeel aan de zuidkant te bundelen met de A59, waarbij aan de zuidkant om de Linie van Den Hout heen wordt gegaan. Tussen Geertruidenberg en Tilburg ligt in dit voorstel de nieuwe 380 kV verbinding ten zuiden/westen van de bestaande verbinding. Voorbij Geertruidenberg wordt tot aan de Moer gebundeld met het tracé van de bestaande 380 kV verbinding. Vanaf dat punt volgt het voorgestelde tracé een meer oostelijke route (zie Figuur 3.4), de zogenaamde Bosroute. In het voorstel wordt vanaf daar ook de bestaande 380 kV verbinding naar het oosten verplaatst (over een lengte van ongeveer 7,5 km), zodat de twee verbindingen ook hier gebundeld zijn. Hiermee wordt beoogd het dorp de Moer en de gevoelige bestemmingen daar te ontzien. Het nadeel van een nieuwe doorsnijding van bosgebied wordt volgens de indieners voldoende breed geaccepteerd.

De variant nabij knooppunt Zonzeel is toegevoegd als mogelijkheid om het daar aanwezige weidevogelgebied volledig te vermijden, dit brengt mogelijk wel extra gevoelige bestemming met zich mee. De indieners stellen voor om voor dat deel van het tracé uiteindelijk naar een optimale balans te zoeken[17]. Ook voor de varianten bij Geertruidenberg geldt dat ze bedoeld zijn als aanzet om een optimale ligging te vinden die praktisch haalbaar is en het aantal gevoelige bestemmingen beperkt. Waar de nieuwe 380 kV in deze varianten nog parallel loopt aan de bestaande 150 kV tracés wordt gecombineerd; de eventueel resterende delen van de 150kV verbindingen vanaf het nieuwe tracé naar het 150 kV station Geertruidenberg blijven staan.

In een laatste M3 variant (tekstbox in Figuur 3.4) wordt niet alleen langs de Bosroute, maar langs het hele tracé tussen Geertruidenberg en Tilburg (GTB-TB) de bestaande 380 kV verbinding vervangen door een nieuwe verbinding. Deze komt dan net als de nieuwe Zuid-West 380 kV op Wintrackmasten. Hiervoor moet eerst deze nieuwe GTB-TB verbinding worden aangelegd aan de noord/oostkant van de bestaande verbinding, waarna de nieuwe Zuid-West verbinding op de plek van de oude GTB-TB kan worden gerealiseerd. Hierdoor komt de bundeling van deze twee 380 kV verbindingen meer naar het noordoosten, waarmee beoogd wordt het aantal gevoelige bestemmingen te verlagen. Aanvullend biedt deze variant volgens de indieners de mogelijkheid om de nieuwe GTB-TB gedeeltelijk te combineren met de oostelijke 150 kV verbinding door Geertruidenberg en Raamsdonkveer.

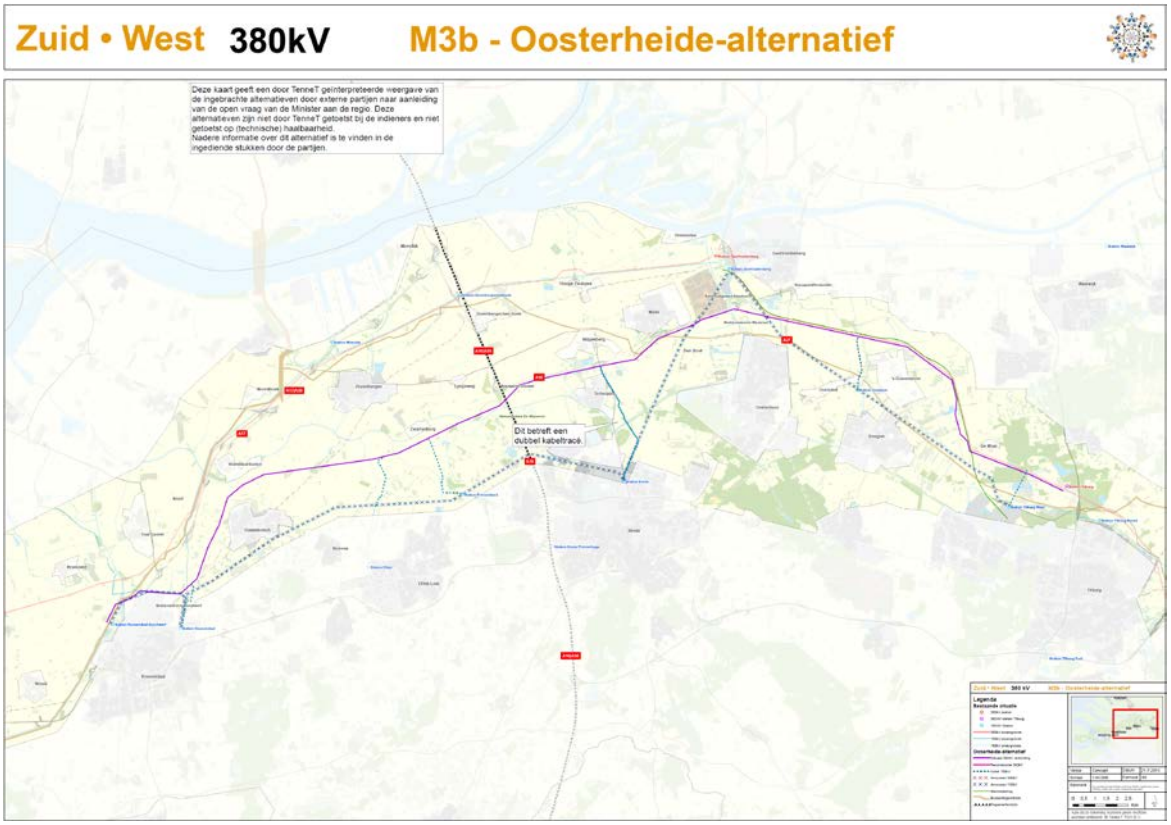
M3b

Het Oosterheide-alternatief (M3b, Figuur 3.5) volgt tot aan de Moer hetzelfde tracé als het M3 basisalternatief. Hier wordt niet gekozen voor de Bosroute, maar wordt hetzelfde tracé gevolgd als in alternatieven N2a en N2b, waarbij ook bij dit midden-tracé de nieuwe verbinding tussen Geertruidenberg en Tilburg aan de zuid/west kant van de bestaande 380 kV verbinding wordt geplaatst. Ook hier is na het overleg met de indieners in mei ter hoogte van de Moersedreef de aanpassing gedaan, waarbij een grotere afstand tot de bestaande verbinding wordt aangehouden vanwege de aanwezige weg en bebouwing.

Het Oosterheide-alternatief is ingediend om te laten zien dat de Midden-variant in net-technisch opzicht identiek kan zijn aan het zuidelijk alternatief. Ook in dit voorstel wordt, net als bij M3, in principe de 150 kV verbinding tussen Breda en Geertruidenberg geamoveerd en grotendeels vervangen door een extra verkabeling tussen de nieuwe verbinding en station

[17] Zie ook Burgerbrief van Stichting Behoud Buitengebied Moerdijk aan minister Kamp, d.d. 13-03-2015, en Burgerbrief Wijkvereniging Langeweg aan minister Kamp, d.d. 15-03-2015, die beide in dit gebied pleiten voor alternatieven zoals het zuidelijk tracé die hier zuid van de rivier de Mark blijven.

Breda. Omdat deze amovering geen onderdeel uitmaakt van het zuidelijk alternatief, wordt in de hoofdlijnen-analyse op MER-aspecten voor M3b de nieuwe situatie beschouwd met of zonder amovering van de bestaande 150kV verbinding Breda-Geertruidenberg.



Figuur 3.5. Het Oosterheide-alternatief. Kaartbeeld voorgesteld tracé M3b (paarse lijn)

3.4 Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord (M4)

Alternatief M4 is (samen met alternatief Z6, zie hieronder) ingediend door de samenwerkende overheden[18]: de provincie Noord Brabant, de regio West Brabant, en de gemeenten Dongen, Tilburg, Gilze Rijen, Loon op Zand, Waalwijk, Halderberge, Drimmelen, Breda, Etten-Leur, Geertruidenberg, Roosendaal, Woensdrecht, Bergen op Zoom, Moerdijk en Oosterhout, met dien verstande dat de gemeenten Loon op Zand, Dongen en Drimmelen[19] op voorhand *niet* kunnen instemmen met alternatief M4. Ook uit brieven van een aantal actiecomités blijkt dat het draagvlak voor een midden-tracé als alternatief voor een zuidelijk tracé niet overal aanwezig is[17,20]. Daarentegen wordt het alternatief gesteund door de Brabantse Milieufederatie[11].

Motivatie van de voorstanders van alternatief M4 is dat bij Oud Gastel (gemeente Halderberge) en in het oostelijk deel gebundeld wordt met bestaande infrastructuur en

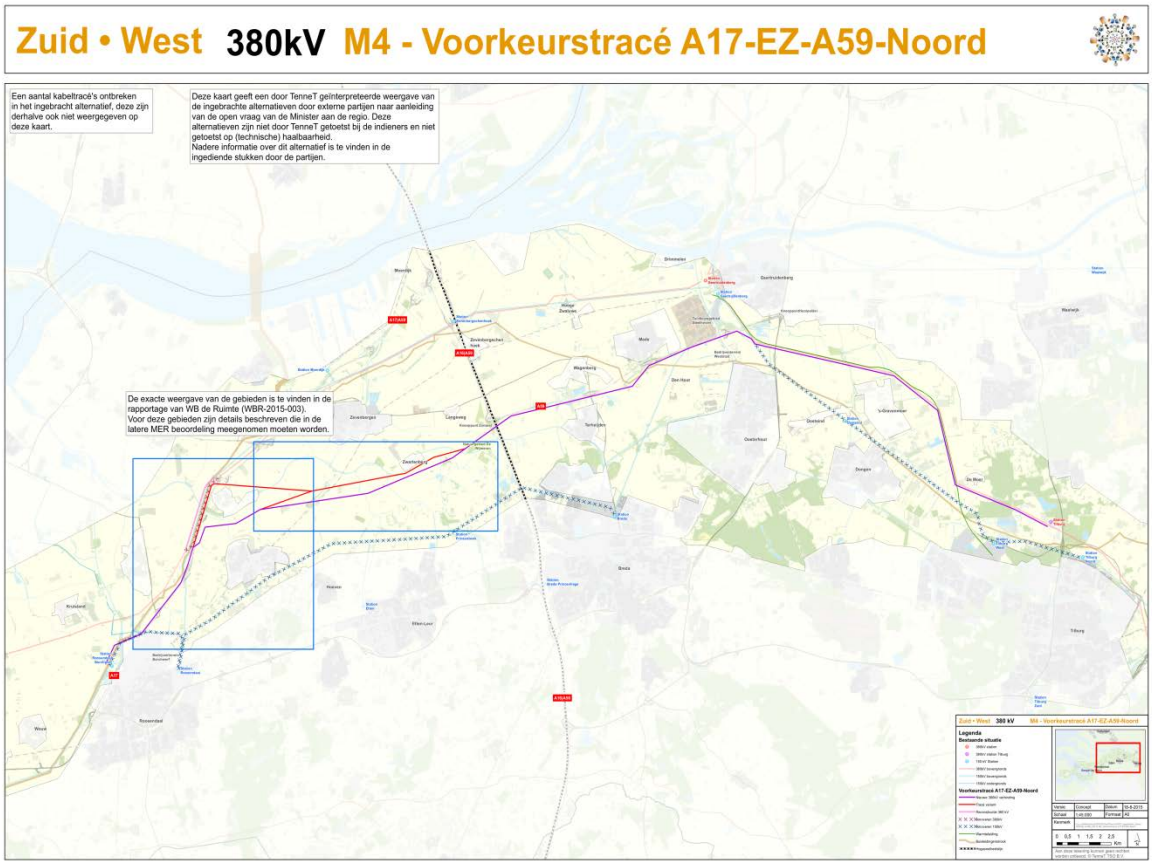
[18] Brief aan minister Kamp d.d. 18-03-2015 over dit tracévoorstel, met bijlage.

[19] Brief van Burgemeester en wethouders van Drimmelen aan minister Kamp, d.d. 20-03-2015.

[20] Brief van gezamenlijke actiecomités en ZLTO afdelingen aan minister Kamp, d.d. 10-03-2015; Burgerbrief actiegroep Alternatief 380 kV Nee Den Hout, gemeente Oosterhout, aan minister Kamp, d.d. 11-03-2015; Burgerbrief Actiecomité Zevenbergen 380kV gewoon op Zuid aan minister Kamp, d.d. 13-03-2015; Burgerbrief actiecomité 380 kV A59 Nee gemeente Drimmelen aan minister Kamp, d.d. 13-03-2015; Brief ZLTO afdeling Drimmelen d.d. 03-04-2015.

nieuwe doorsnijdingen van het landschap en EHS worden vermeden, terwijl de meeste woonkernen op grotere afstand komen te liggen dan in het zuidelijk alternatief. Door andere partijen worden als belangrijkste nadelen gezien dat in het westelijk deel het midden-tracé juist open landschap doorsnijdt, terwijl bij kruispunt Zonzeel en langs de A59 een gepland windmolenpark[21] en voorziene ontwikkelingen in agrarische bedrijvigheid[22] mogelijk belemmerd worden. Ook worden zorgen geuit over mogelijke gezondheidsrisico's van het bundelen van een hoogspanningsverbinding met een snelweg.

Alternatief M4 (Figuur 3.6) wordt tussen Roosendaal en Geertruidenberg gecombineerd met de bestaande 150 kV verbinding tussen Roosendaal en Breda, en vanaf Geertruidenberg tot Tilburg met de bestaande 150 kV verbinding tussen die plaatsen. In tegenstelling tot de alternatieven M3 en M3b wordt in dit voorstel de 150 kV verbinding tussen Breda en Geertruidenberg niet geamoveerd.



Figuur 3.6. Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord. Kaartbeeld voorgesteld tracé M4 (paarse lijn) met varianten bij Standdaarbuiten en het windpark Hoevensche Beemden (rode lijnen).

Vanaf Roosendaal wordt eerst aan de westkant gebundeld met de A17. Het basistracé buigt naar het oosten af ten zuiden van Standdaarbuiten, de variant buigt pas ten noorden af. In het laatst geval wordt (vergelijkbaar met N2 en alternatieven van N1) over een lengte van ongeveer 3,5 km de bestaande 380 kV verbinding naar het westen verplaatst, om ruimte te maken voor de nieuwe verbinding en 380 kV kruisingen te voorkomen. Vanaf Standdaarbuiten wordt een nieuw tracé gevolgd; bij het passeren van de windparken in de

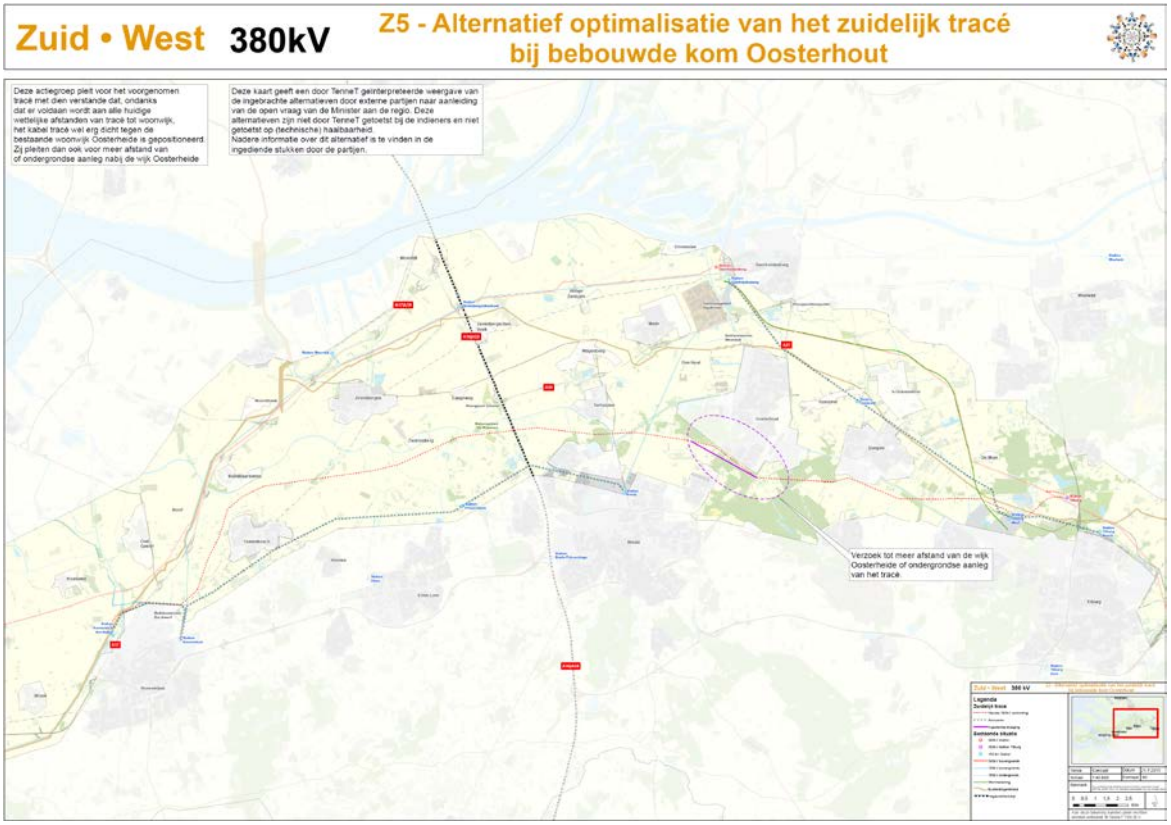
[21] Zie ook Brief Raedthuys Windenergie aan ministerie EZ, d.d. 02-03-2015

[22] Zie ook Burgerbrief Familie Weterings aan minister Kamp, d.d. 10-03-2015

gemeenten Halderberge (Hoevensche Beemden) en Etten-Leur (Beemden) zijn er twee opties gegeven, het ingediende basistracé gaat zuidelijk langs, de variant meer noordelijk. De indieners vinden dat de MER-beoordeling het aangewezen moment is om tussen de varianten de optimale afweging te maken. Vanaf de kruising met de A16 (knooppunt Zonzeel) bundelt dit alternatief (vergelijkbaar aan M3 en M3b) aan de zuidkant met de A59. Tussen Geertruidenberg en Tilburg bundelt alternatief M4 met de bestaande 380 kV verbinding, waarbij de nieuwe verbinding over dit hele traject aan de zuid-/westzijde van het bestaande tracé ligt (vergelijkbaar met alternatieven N2a en N2b). De indieners van dit voorstel zijn van mening dat er bij de Moersedreef voldoende ruimte is om nieuwe en oude verbinding beide aan de oostkant van de weg te kunnen plaatsen en toch voldoende valafstand aan te houden.

3.5 Optimalisatie van het zuidelijk tracé bij de bebouwde kom Oosterhout (Z5)

Alternatief Z5 is ingediend door het actiecomité *Alternatief 380kV NEE Den Hout, gemeente Oosterhout*[23]. Dit actiecomité kan in grote lijnen instemmen met een keuze voor de zuidelijke variant C150n, maar vindt dat nabij de wijk Oosterheide, gemeente Oosterhout, meer afstand gehouden zou moeten worden tot de bebouwing. Vanuit de visie dat wonen en gezondheid vóór natuur zouden moeten gaan zijn zij bezorgd dat een hernieuwde keuze voor een (deels) noordelijker alternatief hieraan onvoldoende aandacht geeft.



Figuur 3.7. Optimalisatie van het zuidelijk tracé bij bebouwde kom Oosterhout. Kaartbeeld voorgestelde optimalisatie Z5 (paarse lijn) van de bestaande uitwerking van het zuidelijk tracé (rode stippellijn).

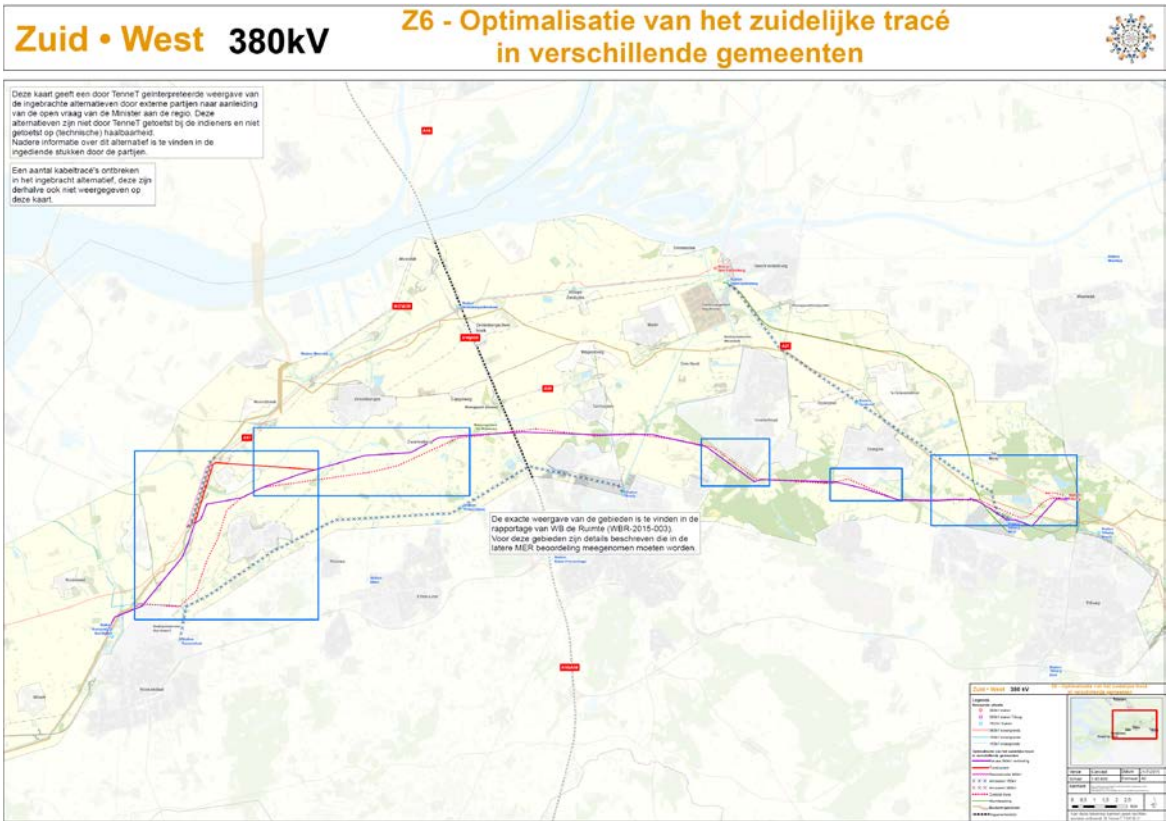
Het zuidelijk tracé met de voorgestelde optimalisatie bij Oosterhout (Figuur 3.7) wordt - net als de midden-tracés - tussen Roosendaal en Geertruidenberg gecombineerd met de bestaande 150 kV verbinding tussen Roosendaal en Breda, en vanaf Geertruidenberg tot

[23] Brief aan minister Kamp d.d. 11-03-2015 over dit tracévoorstel.

Tilburg met de bestaande 150 kV verbinding tussen die twee plaatsen. In tegenstelling tot de hiervoor besproken alternatieven is het zuidelijk tracé een volledig nieuw tracé, dat nergens bundelt met bestaande infrastructuur.

3.6 Optimalisatie van het zuidelijk tracé in verschillende gemeente (Z6)

Alternatief Z6 is (samen met alternatief M4, zie paragraaf 3.4) ingediend door de samenwerkende overheden, vooral op instigatie van de gemeenten Loon op Zand, Dongen en Drimmelen[19]. Motivatie is dat, voordat gekomen kan worden tot keuze voor een zuidelijk tracé, optimalisaties daarvan moeten worden meegenomen in de m.e.r.-procedure, om tot een zorgvuldige afweging te kunnen komen.



Figuur 3.8. Optimalisatie van het zuidelijk tracé in verschillende gemeenten. Kaartbeeld voorgestelde alternatief Z6 (paarse lijn) met variant bij Standdaarbuiten (rode lijn). Ter referentie is ook de bestaande uitwerking van het zuidelijk tracé weergegeven (rode stippellijn).

Ook deze versie van het zuidelijk tracé (Figuur 3.8) combineert met de bestaande 150 kV verbindingen tussen Roosendaal en Breda, en tussen Geertruidenberg en Tilburg, en is een grotendeels nieuw tracé, dat weinig bundelt met bestaande infrastructuur. Nabij Roosendaal wordt eerst aan de westkant gebundeld met de A17. Hier is Z6 vrijwel identiek aan M4 (zie paragraaf 3.4); het basistracé buigt ten zuiden van Standdaarbuiten naar het oosten af, de variant ten noorden. In de variant wordt de bestaande 380 kV verbinding over een lengte van ongeveer 3,5 km naar het westen wordt verplaatst om ruimte te maken en kruisingen te voorkomen. Zowel bij Oosterhout als bij Dongen houdt Z6 meer afstand tot de bebouwde kom dan het bestaande zuidelijk alternatief. Bij Tilburg wordt, via het 150 kV station, over een enige afstand gebundeld met de N260 (tot aan de Burgemeester Baron van Voorst tot Voorstweg), alvorens naar het noorden af te buigen naar het nieuwe 380 kV station.

4 Werkwijze MER-aspecten

4.1 Algemeen

De uitgangspunten voor de analyse op hoofdlijnen zijn vastgelegd in een notitie van 30 maart 2015 (zie Bijlage 2). Op basis van de beschikbare digitale kaartinformatie (opgenomen in een Geografisch Informatie Systeem, GIS) en de in deze notitie benoemde vragen zijn voor alle ingediende alternatieven en varianten daarop analyses uitgevoerd op de hierna beschreven deelaspecten.

Uitgangspunten en detailniveau

De analyse op MER-aspecten vindt plaats op basis van de kaarten zoals met de indieners overeengekomen, ongeacht de uitkomst van de beoordeling op technische aspecten en vooralsnog ongeacht of de ingediende voorstellen moeten worden gezien als passend binnen de scope van dit project. Het kan dus zijn dat een ingediend alternatief of variant als haalbaar wordt beoordeeld op basis van de MER-aspecten, maar als niet haalbaar/realistisch of buiten de scope op basis van andere overwegingen.

Er is verder alleen gekeken naar de effecten van de aanleg van de nieuwe verbinding en de amovering van bestaande 150 kV verbindingen die met deze nieuwe verbinding worden gecombineerd. De ondergrondse aantakkingen naar de 150 kV stations zijn nog niet voor alle alternatieven/varianten volledig uitgewerkt. Bovendien spelen bij ondergrondse verkabeling nog extra aspecten waarvoor niet alle gegevens beschikbaar zijn. Daarom is voor de ondergrondse aantakking van de 150kV verbindingen alleen een globale beschouwing gegeven van de effecten bij de aspecten Bodem en water en Archeologie.

De uitgevoerde GIS-analyses op hoofdlijnen (onderdeel van stap 3 in de m.e.r.-procedure, zie Tabel 2.1) zijn nadrukkelijk geen onderdeel van het MER zelf (stap 4). Deze analyse heeft alleen tot doel te bepalen of de ingediende alternatieven/varianten haalbaar zijn en hoe ze opgenomen dienen te worden in de verdere m.e.r.-procedure. Hiervoor is een kwalitatieve, indicatieve analyse afdoende. Hoewel naar dezelfde aspecten wordt gekeken als in een MER, worden vanwege de beschikbare data en het gekozen hoofdlijnen-niveau deels ook andere indicatoren gebruikt of een andere berekening toegepast. Daarom worden ook geen getalsmatige resultaten gegeven, maar geven de grafieken voor de onderzochte milieu-aspecten alleen de verhouding weer ten opzichte van de bestaande situatie[24] en tussen de verschillende alternatieven onderling. Dit betekent ook dat in de hoofdlijnen-analyse de verschillende MER-aspecten niet tegen elkaar worden afgewogen, en ook geen voorkeur voor een of meer alternatieven wordt uitgesproken, maar alleen per MER-thema wordt gekeken of een ingediend alternatief haalbaar is of niet en of het alternatief zich onderscheidt van de overige en de al in het MER aanwezige varianten.

Haalbaar of niet haalbaar

Voor de analyse op haalbaarheid, eerst separaat voor elk van de beschouwde MER-thema's, geldt dat als een alternatief/variant, in vergelijking met de beschikbare referenties (zoals de bestaande situatie[24] en de totale set overige alternatieven als uitzonderlijk ongunstig naar voren zou komen, het op het beschouwde aspect als 'niet haalbaar/realistisch' wordt

[24] Onder de bestaande situatie wordt verstaan de op dit moment in de corridor aanwezige bovengrondse 150 kV en 380 kV verbindingen

beoordeeld. Als een ingediend alternatief/variant op één van de MER-thema's of technische aspecten als onhaalbaar wordt beoordeeld, dan is dit tevens het eindoordeel.

Onderscheidend alternatief, variant, of optimalisatie
In de m.e.r.-fase (fase 4) worden *onderscheidende* alternatieven onderzocht om tot een MMA te komen. Onderscheidende alternatieven in het MER staan voor een zekere bandbreedte waarbinnen in een latere fase de uitwerking kan worden gezocht. Het detailniveau in stap 4 van de m.e.r.-procedure (Tabel 2.1) is nog globaal; tracés worden op hoofdlijnen ingetekend zonder dat wordt gekeken naar mastposities of gedetailleerde technische uitwerkingen.

Een alternatief wordt als *onderscheidend* ten opzichte van andere ingediende of al in de concept-MER opgenomen alternatieven aangemerkt als het geografisch wezenlijk anders is en verwacht mag worden dat, op het detailniveau van het MER, de effectscores zullen verschillen.

Een *variant* op een MER alternatief wordt opgenomen om lokaal af te wijken van het basisalternatief om lokale knelpunten – zoals gevoelige bestemmingen – te vermijden. Een variant heeft op de aspecten Leefomgeving (o.a. aantal gevoelige bestemmingen), Natuur (o.a. draadslachtoffers) en/of Landschap (o.a. Lijnniveau gebiedskarakteristiek) naar verwachting zodanig andere effecten dat dit in de effectscores naar voren zal komen.

Tracé-detailleringen die, op het detailniveau van stap 4, qua effectscores naar verwachting binnen de bandbreedte van een basisalternatief of variant vallen worden aangemerkt als *optimalisaties.* Dergelijke optimalisaties komen in stappen 5 en 6 van de m.e.r.-procedure (Tabel 2.1) aan de orde.

4.2 Landschappelijke inpassing

Bij het aspect landschappelijke inpassing gaat het - naast de basisvraag of het alternatief binnen de aangegeven corridor ligt - om hoe het tracé zich verhoudt tot het landschappelijke hoofdpatroon en in hoeverre er sprake is van nieuwe doorsnijdingen (criteria SEV III). Het landschappelijk hoofdpatroon wordt vooral bepaald door karakteristieke elementen en structuren zoals de loop van rivieren, geologisch en cultureel bepaalde landschapsbegrenzingen en het patroon van open en gesloten gebieden. Hiervoor zijn de kaartbeelden van de ingediende alternatieven vergeleken met de kaart van het landschappelijk hoofdpatroon voor het Brabantse zand- en kleigebied en is gekeken naar de mate van samenhang van het verloop van een alternatief met de richtingen die het uit het hoofdpatroon naar voren komen. Richtingsveranderingen als reactie op lokale verschijnselen en korte bundelingen worden daarbij in ogenschouw genomen. Er is gekeken op het schaalniveau van tracés binnen het landschappelijk hoofdpatroon, waardoor de verschillende varianten deels konden worden samengenomen in de beoordeling. Er is uitgegaan van de gebruiksfase.

Voor de beoordeling van de mate van nieuwe doorsnijdingen is gekeken naar de bestaande infrastructuur. Een nieuw tracé dat niet gecombineerd of gebundeld wordt met een bestaande lijn of een andere regionaal infrastructuur-element (bijvoorbeeld autosnelwegen of spoorlijnen) wordt aangemerkt als nieuwe doorsnijding. Als afstand voor bundeling is een maat van circa 200 m aangehouden.

4.3 Leefomgeving

Bij het aspect leefomgeving gaat het in een MER-afweging om aantallen gevoelige bestemmingen[25], waarvoor de bestemming van bebouwing in detail moet worden bekeken. In deze analyse op hoofdlijnen is als eerste indicatie gekeken naar bebouwing in het algemeen, op basis van de basisregistraties adressen en gebouwen (BAG-bestanden). Naast een GIS-analyse van het aantal BAG-panden binnen de magneetveldzone (60 – 90 m aan weerszijde van het tracé afhankelijk van het type tracé), is ook het aantal BAG-panden geanalyseerd binnen de Zakelijke Recht Overeenkomst zone (ZRO-zone, gesteld op 30 m aan weerszijde) en de hinderzone (250 m aan weerszijde). Als deze analyse uitwijst dat voor een ingediend alternatief een uitzonderlijk groot aantal BAG-panden binnen de genoemde zones valt, wordt in meer detail gekeken naar waar deze bebouwing zich bevindt en wat voor type bebouwing het betreft. Doel hiervan is uit te sluiten dat bijvoorbeeld een rij garageboxen ten onrechte als indicatief voor een hoog aantal gevoelige bestemmingen wordt beoordeeld.

4.4 Natuur

Bij het aspect natuur gaat het in deze analyse op hoofdlijnen om de mate waarin gebieden van bijzondere waarde (EHS- of Natura2000-gebieden), alsook weidevogelgebieden, akkerland, en foerageergebieden en vliegroutes van met name ganzen worden doorsneden. Geen van de ingediende alternatieven doorkruist een Natura2000-gebied. Hiervoor is dus geen analyse uitgevoerd. Voor de analyse op hoofdlijnen van de EHS-gebieden is een GIS-analyse gemaakt van zowel de totale lengte als het aantal unieke EHS-doorsnijdingen, omdat het effect van meerdere korte doorsnijdingen anders kan zijn dan dat van enkele lange doorsnijdingen. Indien een tracé binnen 200 m van een ander tracé (bestaand of nieuw) ligt dan worden de twee verbindingen als één (gebundeld) tracé beschouwd. Op dezelfde manier is een analyse gemaakt van de totale lengte en aantal unieke doorsnijdingen van akkerland. Bij de beoordeling worden ook nieuwe doorsnijdingen van afzonderlijke gebieden met hoge natuurwaarden en kwetsbaarheid in ogenschouw genomen.

In de voor het tracé beschikbare corridor komt volgens de beschikbare GIS-bestanden (zoals ook gebruik in het concept-MER) één uit beleid aangewezen weidevogelgebied en één uit beleid aangewezen foerageergebied voor ganzen voor. Hiervoor is geanalyseerd welke alternatieven deze gebieden beïnvloeden en in hoeverre dit een verandering is ten opzichte van de bestaande situatie. Om de lopende ontwikkelingen in het natuurbeleid mee te nemen zijn ook meer recente gegevens geraadpleegd van door de Provincie Noord -Brabant aangewezen gebieden in het kader van het Agrarische Natuur en Landschapsbeheer (ANLb-2016). Op basis van de kaartbeelden is een globale inschatting gemaakt.

4.5 Ruimtegebruik

Bij het aspect ruimtegebruik gaat het om het totale fysieke ruimtebeslag, en in hoeverre dit specifieke functies betreft. In deze analyse op hoofdlijnen wordt daarbij gekeken naar bos, glastuinbouwgebieden, bedrijventerreinen en bungalowparken. Voor het totale ruimtebeslag wordt in de GIS-analyse het totale oppervlak van de ZRO-zone bepaald. Voor de functie bos wordt het oppervlak bos binnen de ZRO-zone bepaald. Voor elk van de functies glastuinbouwgebied, bedrijventerrein en bungalowpark wordt de totale lengte geanalyseerd die het betreffende gebieds-type doorsnijdt. Indien een tracé binnen 200 m van een ander tracé (bestaand of nieuw) ligt dan worden ook voor deze analyse de twee verbindingen als één (gebundeld) tracé beschouwd.

[25] Bestemmingen waar kinderen (tot 15 jaar) langdurig kunnen verblijven worden aangemerkt als gevoelig. Het gaat hierbij specifiek om woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen.

4.6 Bodem en water

Bij het aspect bodem en water gaat het in deze analyse om de mogelijke interferentie met aardkundige waarden of bodemverontreiniging. Die treedt mogelijk op bij het vergraven van grond voor het plaatsen van de mastvoeten. Bij de analyse op hoofdlijnen zoemen we nog niet tot op dat detail-niveau in, maar nemen we het gehele tracé van de nieuwe verbinding nog als mogelijke mastvoet-locaties mee. Voor de aardkundige waarden wordt daarom in het GIS de totale lengte geanalyseerd die aardkundig waardevolle (AKW) gebieden doorsnijdt. Voor bodemverontreiniging wordt het aantal potentieel verontreinigde locaties geanalyseerd die binnen de ZRO strook liggen. Bodem en water aspecten zijn ook van belang bij ondergrondse verkabeling. Omdat de in deze fase de kabeltracés nog niet zijn gekarteerd, is hiervoor geen GIS-analyse uitgevoerd. In plaats daarvan is globaal gekeken waar connecties nodig zijn en. Voor verontreinigde locaties is in deze analyse de aanname dat die door een goede kabeltracé keuze te vermijden zijn.

4.7 Archeologie

Ook bij het aspect archeologie en cultuurhistorie is het vergraven van grond voor de mastvoet de verstorende factor. Hier is de vraag of archeologisch of cultuurhistorisch relevante gebieden worden gekruist door het nieuwe tracé. Net zoals bij de doorsnijding van gebieden met aardkundige waarden is nog niet op het niveau van de plaatsing van de mastvoeten gekeken, maar is het gehele tracé van de nieuwe verbinding als mogelijke mastvoet-locatie meegenomen. Voor de GIS-analyse op hoofdlijnen is de totale lengte doorsnijding bepaald van gebieden die volgens de Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW) een hoge of middelhoge trefkans hebben. Voor de ondergrondse verkabelingen is in de digitale kaartbestanden weer bekeken of, waar connecties nodig zijn, gebieden met (middel)hoge trefkans te vermijden zijn.

5 Resultaten en discussie MER-aspecten

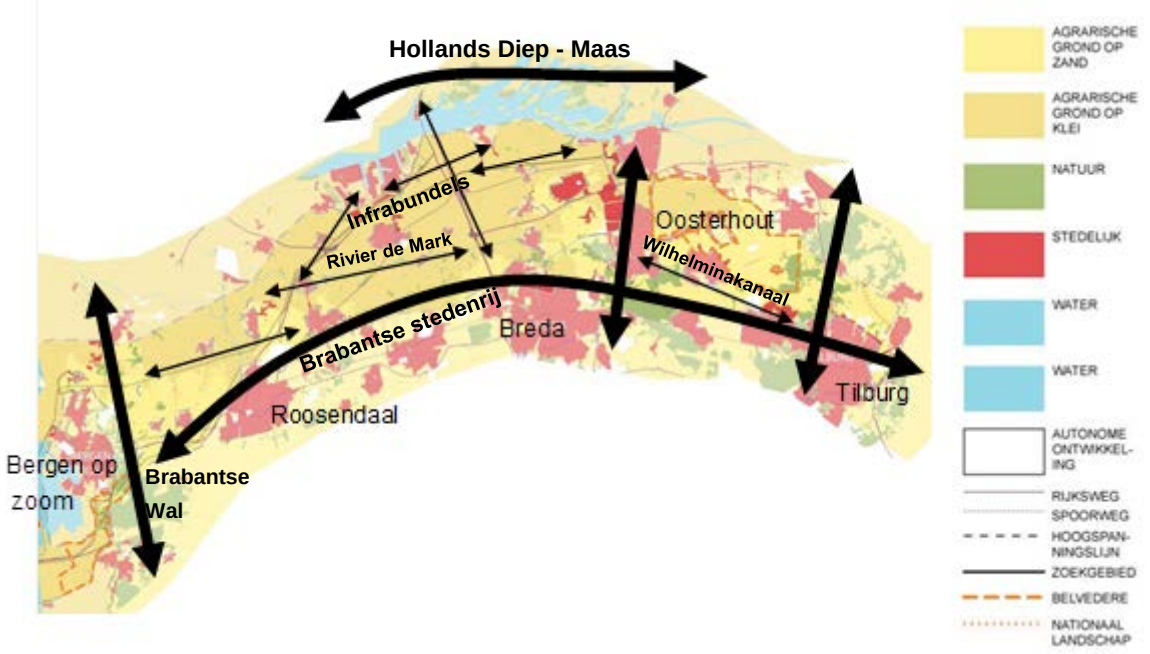
5.1 Landschappelijke inpassing

Alle alternatieven en varianten liggen binnen de in de startnotitie MER gegeven corridor. Op tracéniveau zijn er veel overeenkomsten tussen de verschillende alternatieven. Dit maakt het voor de beoordeling op landschappelijke inpassing en doorsnijding mogelijk alternatieven deels samen te beschouwen.

Het landschappelijk hoofdpatroon in het hier beschouwde deelgebied (zie Figuur 5.1) bestaat uit:

- Brabantse Wal
- Hollands Diep – Maas
- Brabantse stedenrij
- Rivier de Mark
- Wilhelminakanaal
- Infrabundels

De Oosterschelde, die ook deel uit maakt van het landschappelijk hoofdpatroon valt buiten de corridor. Omdat de ingediende alternatieven ten noorden van Roosendaal “starten” is ook de Brabantse Wal als onderdeel van het hoofdpatroon niet relevant.



Figuur 5.1. Landschappelijk hoofdpatroon (Bron: MER hoogspanningsverbinding Zuid-West 380kV, Achtergronddocument Landschap en Cultuurhistorie)

De verschillende N1-varianten lijken op tracé-niveau erg op elkaar en volgen grotendeels bestaand tracé. Daarmee sluiten ze aan op het landschappelijk hoofdpatroon. Ook alternatief N2a is over vrijwel het gehele traject gebundeld met een blijvende bestaande hoogspanningsverbinding en ten noorden van Roosendaal met de snelweg A17, en sluit daarmee aan op het landschappelijk hoofdpatroon.

Alternatief N2b is niet volledig gebundeld met bestaand tracé, maar in plaats daarvan voor een deel met de snelwegen A16 en A59. Ook deze bundeling sluit daarmee aan op het landschappelijk hoofdpatroon. De bundeling van het nieuwe tracé met de snelwegen (N2b) zal meer als een aparte doorsnijding worden beleefd dan de bundeling met bestaande hoogspanningstracés (N1 en N2a), vanwege de afwijkende visuele aspecten met de opgaande masten t.o.v. de snelweg. Op het niveau van landschappelijke inpassing is dit onderscheid beperkt voor de boordeling.

In alle varianten van de N1-, N2a- en N2b-tracés is er een kruising met de rivier de Mark. Deze is eenmalig, maar staat – afhankelijk van de variant - wel op enige afstand van die van het bestaande tracé. De tracés hebben geen invloed op de structuur van het Wilhelminakanaal en - met uitzondering van Roosendaal - de Brabantse stedenrij. De oplossing ten noorden van Roosendaal in varianten N1-3 en N1-7 en in N2a-0 en N2b-0 geven een aansluiting met een knik op de stadsrand, een dergelijke afwijkende structuur is vanuit de optiek van landschappelijke inpassing een aandachtspunt.

Er is in alternatief N1 een nieuwe doorsnijding van ongeveer 7 km ten noorden van Made. Bij Roosendaal zijn er voor wat betreft doorsnijding kleine verschillen tussen de N1-varianten in de mate waarin bestaand tracé en/of de snelweg A17 gevolgd worden. Varianten N1-3 en N1-7 geven hier een extra nieuwe doorsnijding van circa 2,5 km. Voor zowel N2a als N2b is er een nieuwe doorsnijding van circa 2 km bij De Moer, vanwege de plaatsing van de nieuwe verbinding aan de overzijde van de weg. Ook deze afwijking t.o.v. het bestaand tracé is een aandachtspunt.

De alternatieven M3, M3b en M4 volgen in het gebied van de Mark tot aan de snelweg A16 een eigen route die afwijkt van het landschappelijke hoofdpatroon. Hierdoor staat de samenhang met het landschappelijk hoofdpatroon in dit westelijk deel onder druk. De nieuwe doorsnijding in het gebied rondom de Mark betreft een afstand van circa 20 km. Ten oosten van de snelweg A16 volgen de alternatieven min of meer de snelweg A59. De tracés reageren met richtingveranderingen op lokale verschijnselen en worden daarmee minder helder. Voor alternatief M3 is de bundeling met het gebied de Moer een aandachtspunt, door de verschillende haakse en veelvuldige richtingsveranderingen in het tracé. De Bosroute vormt hier een nieuwe doorsnijding over circa 7,5 km, waarvoor het echter de bedoeling is dat een bestaande doorsnijding wordt opgeheven. Voor M3b is er dezelfde nieuwe doorsnijding van circa 2 km bij De Moer als in N2a en N2b.

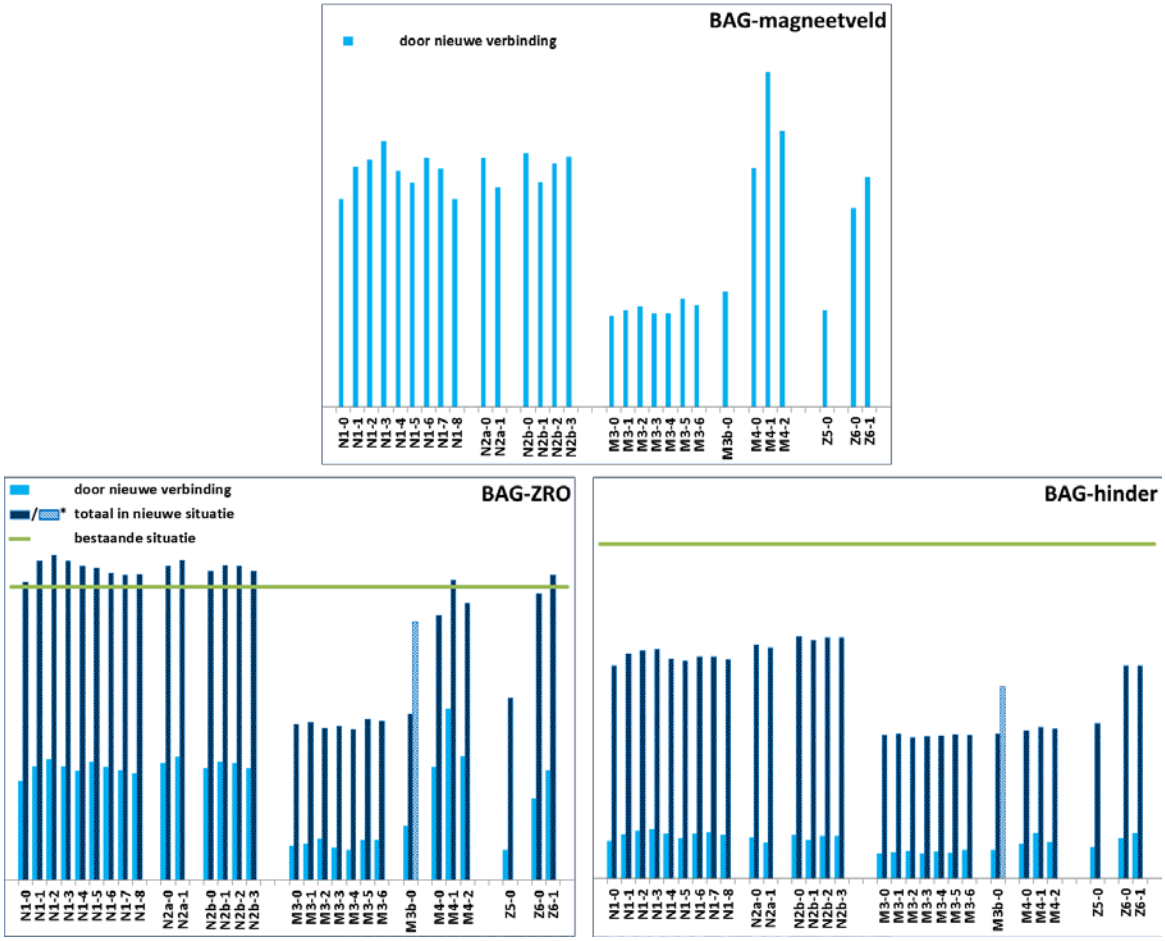
Alternatieven Z5 en Z6 doorsnijden het landschappelijk hoofdpatroon in het gebied van de Mark zowel ten westen als ten oosten van de A16. Er vindt geen bundeling plaats met een bestaand tracé of andere infrastructurele of landschappelijke lijn. De tracés van deze alternatieven reageren veel op lokale incidenten. Deze tracés geven nieuwe doorsnijdingen van circa 45 km in het landschap. Ter hoogte van Roosendaal is er een koppeling aan de stadsrand en is de mate van doorsnijding wat beperkter.

De verschillen tussen de alternatieven hangen in het algemeen samen met de specifieke afwegingen die door de indieners gemaakt zijn: een focus op bundeling met bestaande verbindingen en infrastructuur en aandacht voor natuur of een focus op het vermijden van complexe situaties en gevoelige bestemmingen.

De conclusie is dat puur op basis van Landschappelijke inpassing geen van de alternatieven als onhaalbaar beoordeeld wordt.

5.2 Leefomgeving

De kwalitatieve resultaten van de GIS-analyse voor wat betreft leefomgevings-aspecten zijn weergegeven in Figuur 5.2. Het totaal voor de nieuwe situatie en de bestaande situatie in de onderste twee figuren hebben in deze en volgende figuren steeds betrekking op alle *bovengrondse* 380 kV en 150 kV verbindingen in de gegeven corridor.



*Figuur 5.2. Resultaten van de GIS-analyse voor leefomgevings-aspecten: berekend aantal BAG-panden in de magneetveldzone, de ZRO-zone en de hinderzone, als indicatie voor te verwachten effecten ten aanzien van gevoelige bestemmingen en gepercipieerde impact op de woonomgeving. Voor BAG-magneetveldzone is alleen analyse van de nieuwe situatie mogelijk, omdat voor de huidige verbindingen geen magneetveldzone wordt gerekend. Er is geen verticale schaal gegeven in deze figuren, omdat alleen een kwalitatieve, indicatieve analyse beoogd wordt. *)Voor M3b wordt de nieuwe situatie beschouwd met of zonder amovering van de bestaande 150kV verbinding Breda-Geertruidenberg.*

De magneetveldzone is afhankelijk van het type verbinding/combinatie 60 tot 90 m aan weerszijde van de hartlijn van het tracé. Deze is alleen van toepassing op de nieuw aan te leggen verbinding omdat voor de huidige verbindingen geen magneetveldzone wordt gerekend (bovenste grafiek in Figuur 5.2). Daarom is de impact ervan op BAG-panden dus ook alleen voor de nieuwe verbinding weergegeven en is er geen bestaande situatie opgenomen in de figuur. Alternatieven M3 en Z5 geven voor dit aspect een relatief gunstig beeld. Voor M3 hangt dit samen met de gekozen Bosroute bij Tilburg. De verschillen in tracékeuze bij Roosendaal, Zwartenberg en Tilburg zijn de oorzaak van het verschil in effect tussen Z5 en Z6, waarbij Z6 meer vergelijkbaar is met M4.

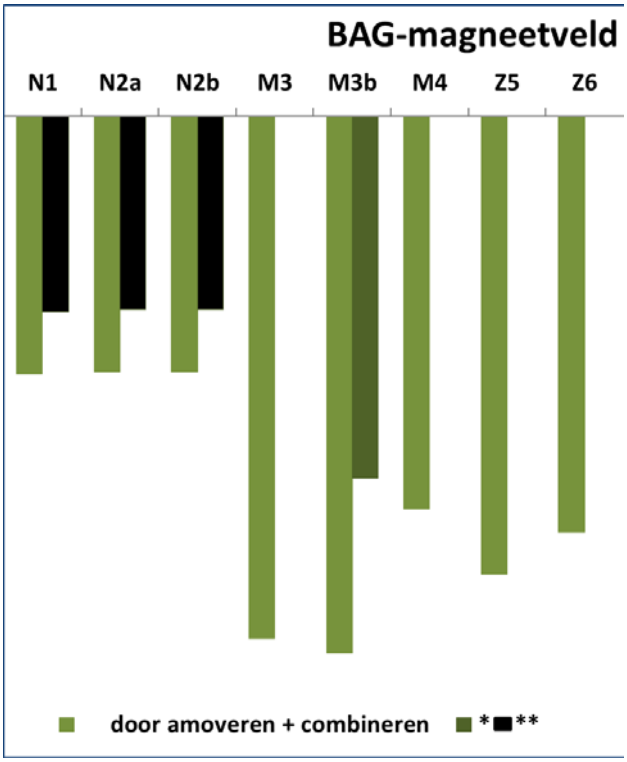
Een indicatie voor wat de “netto” leefomgevings-effecten kunnen zijn, als uiteindelijk ook de 150 kV verbindingen zijn geamoveerd, wordt gegeven door te kijken naar het aantal BAG-panden binnen de ZRO-zone en de hinder-zone[26] (respectievelijk 30 m en 250 m aan weerszijde van de hartlijn).

De grafiek voor de ZRO-zone geeft globaal hetzelfde beeld als de grafiek voor de magneetveldzone. Duidelijk is te zien dat mede door bundeling met bestaande verbindingen (zoals vooral gehanteerd bij de noordelijke alternatieven) de nieuwe situatie niet ongunstiger wordt dan de bestaande situatie (groene lijn in de figuren). Door het amoveren van 150 kV verbindingen wordt ten opzichte van de bestaande situatie in veel gevallen zelfs een gunstiger eindsituatie gerealiseerd, waarbij vooral de verbindingen Roosendaal-Breda en Geertruidenberg-Tilburg effect sorteren. Het amoveren van de bestaande noordelijke 150 kV verbinding Roosendaal-Geertruidenberg heeft veel minder effect omdat deze al gebundeld was met de bestaande 380 kV verbinding en dit is een deel van de verklaring van het verschil met de noordelijke alternatieven. De beschouwing van de nieuwe situatie voor alternatief M3b met en zonder amovering van de bestaande 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg laat ook zien dat dit de achterliggende reden is voor het verschil tussen M3 en M4.

Hinder binnen de hinderzone, door bijvoorbeeld trillingen en geluid, zal alleen tijdens de aanlegfase van de nieuwe hoogspanningsverbinding ondervonden worden. De grafiek voor de hinderzone is hier bedoeld als indicatie van de hoeveelheid bebouwing die niet direct in de magneetzone ligt maar op enige afstand (visueel of gevoelsmatig) met de hoogspanningsleiding wordt geconfronteerd. Hier is relatief gezien nog meer verbetering ten opzichte van de bestaande situatie; de relatieve verschillen tussen de alternatieven en de varianten daarbinnen worden juist kleiner.

Omdat leefomgeving een belangrijk aspect is, is apart gekeken naar de mogelijke effecten van het amoveren van bestaande 150 kV verbindingen die op de nieuwe verbinding gecombineerd gaan worden. Hier is het aantal BAG-panden in de indicatieve magneetveldzone van deze 150 kV verbindingen als indicatie gebruikt voor het aantal mogelijk vrij te spelen gevoelige bestemmingen (Figuur 5.3). Opgemerkt moet worden dat, met name voor de N-alternatieven en in het algemeen in de (stedelijke) gebieden nabij de knooppunten, een deel van deze panden alsnog in de magneetveldzone van de nieuwe verbinding kan komen te liggen. De figuur bevestigt het beeld (van Figuur 5.2, ZRO-zone) dat op dit aspect in de M- en Z-alternatieven meer winst te behalen valt dan in de N-alternatieven. Voor de M-alternatieven is het zeer bepalend of de 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg al dan niet gehandhaafd blijft (verwijderd in M3, gehandhaafd in M4, beide opties beschouwd voor M3b, zie Figuur 5.3). In stap 4 van de m.e.r.-procedure worden vrij te spelen gevoelige bestemmingen nog niet als criterium gebruikt maar dient deze informatie ter ondersteuning van de besluitvorming over het tracé in het inpassingsplan.

[26] Zone waarin tijdens de aanlegfase hinder kan worden ondervonden



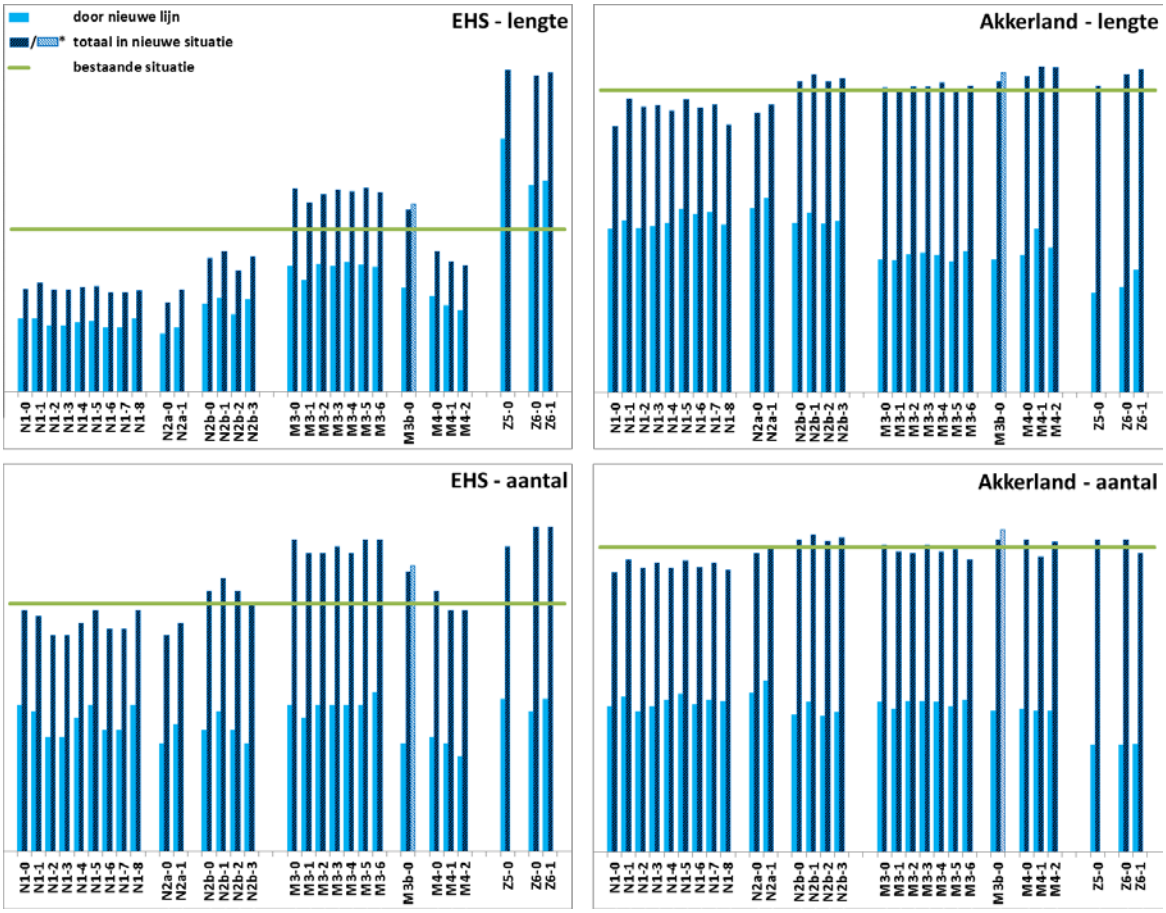
*Figuur 5.3. Berekend aantal BAG-panden in de magneetveldzone van te amoveren 150 kV verbindingen die met de nieuwe verbinding zullen worden gecombineerd, als indicatie voor mogelijk vrij te spelen gevoelige bestemmingen. Er is geen verticale schaal gegeven in deze figuur, omdat alleen een kwalitatieve, indicatieve analyse beoogd wordt. *) Voor M3b is de analyse gemaakt met of zonder de amovering van de 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg. **) Voor de noordelijke alternatieven is de analyse ook gemaakt onder de aanname dat het netto-effect van amovering van de 150 kV verbinding Roosendaal-Geertruidenberg nihil is.*

Mede gegeven het feit dat het aantal BAG-panden slechts een grove indicatie is van het mogelijke aantal gevoelige bestemmingen, wordt op basis van deze analyse geconcludeerd dat er voor leefomgevings-aspecten geen uitschieters in sterk negatieve zin zijn ten opzichte van de huidige situatie waardoor alternatieven op voorhand als onhaalbaar gekwalificeerd moeten worden.

De conclusie is dat op basis van Leefomgeving geen van de alternatieven als onhaalbaar beoordeeld wordt.

5.3 Natuur

Bij vergelijking van de mogelijke effecten op natuurwaarden is de landschappelijke tweedeling in noord en zuid terug te zien: open landschap met veel vliegbewegingen van vogels als ganzen in het noorden, meer gesloten en afwisselend landschap met een hogere concentratie EHS gebieden in het zuiden. Ten opzichte van de noordelijke alternatieven, waar al hoogspanningsverbindingen staan en de EHS-gebieden ooit al doorsneden zijn betreffen de midden- en zuidelijke alternatieven een groter aandeel nieuwe doorsnijdingen waardoor natuureffecten in potentie groter zijn.



*Figuur 5.4. Resultaten van de GIS-analyse voor natuuraspecten: berekende totale lengte en aantal uniek doorsnijdingen van EHS-gebieden en akkerland. Er is geen verticale schaal gegeven in deze figuren, omdat alleen een kwalitatieve, indicatieve analyse beoogd wordt. *)Voor M3b wordt de nieuwe situatie beschouwd met of zonder amovering van de bestaande 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg.*

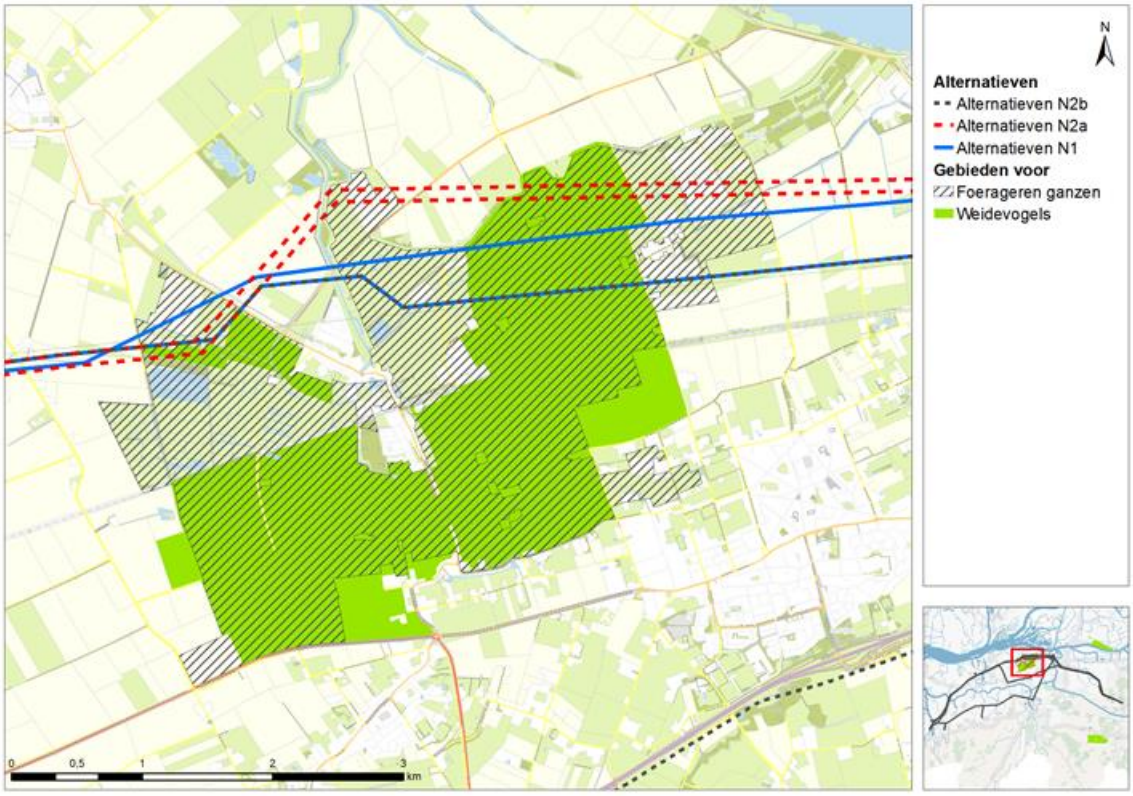
De kwalitatieve resultaten van de GIS-analyse voor wat betreft natuuraspecten zijn weergegeven in Figuur 5.4. Hier is voor alle deelaspecten een analyse gemaakt voor de nieuwe verbinding op zich en voor het netto-effect in de nieuwe situatie, met de bestaande situatie als nul-referentie. Voor akkerland is er nauwelijks verandering ten opzichte van de bestaande situatie en zijn er geen noemenswaardige verschillen te zien tussen de verschillende alternatieven.

Ook voor wat betreft het aantal doorsneden EHS gebieden door de nieuwe verbinding geeft deze analyse geen grote verschillen tussen de verschillende alternatieven. Voor M3, M3b, Z5 en Z6 is er een netto toename in vergelijking met de bestaande situatie, voor N1, N2a, N2b en M4 is de nieuwe situatie vergelijkbaar met de bestaande. Wanneer gekeken wordt naar de lengte van de doorsnijdingen dan wordt het beeld dat M3(b) en vooral Z5 en Z6 een relatief grotere impact hebben op EHS gebieden bevestigd. Dit komt uiteraard voort uit het feit dat deze alternatieven (deels) een nieuw tracé volgen. Een groot deel van de toename van de lengte van de EHS doorsnijdingen komt daarbij uit nieuwe doorsnijdingen van bos (zie ook Figuur 5.7).

Bij M3 is met de Bosroute sprake van een noordwaartse verplaatsing van de doorsnijding van het EHS landgoed Huis ter Heide ten noorden van Tilburg, waarbij de doorsnijding langer wordt. Deze verplaatsing biedt echter mogelijk ook kansen voor verdere natuurontwikkeling in

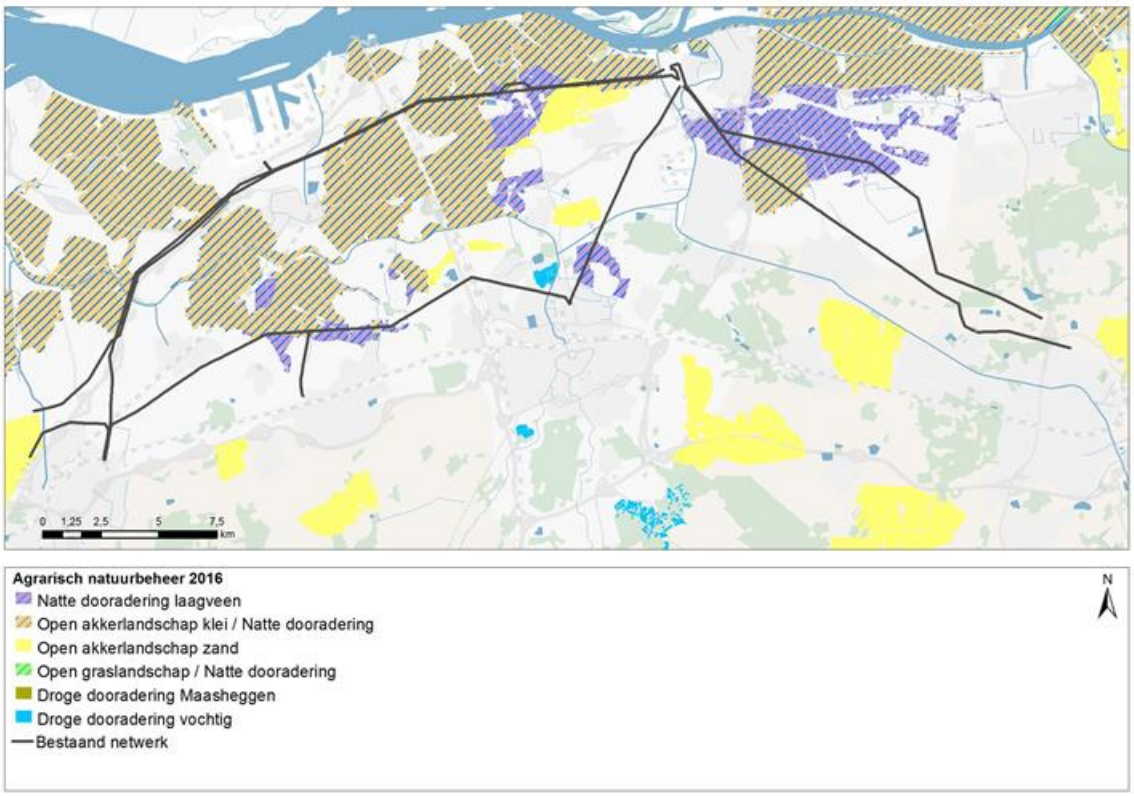
dit gebied van Natuurmonumenten. Hoge waarden voor lengte/aantal EHS doorsnijdingen van Z5 en Z6 hebben onder meer te maken met nieuwe EHS doorsnijdingen ten zuiden van Oosterhout. De relatief hoge waarden van M3 en Z6 worden tevens veroorzaakt door handhaving van de bestaande 150 kV verbinding tussen de 150 kV stations bij Tilburg in combinatie met nieuwe en/of langere doorsnijdingen.

In het gebied ligt één weidevogelgebied (Figuur 5.5), daar is tevens het enige ganzen-foerageergebied. Dit gebied ligt bij Drimmelen en wordt aan de noordzijde doorsneden door een bestaande 380/150 combinatie. Ganzen die in het gebied foerageren, slapen in de Biesbosch en passeren twee keer per dag deze lijn. Ook lepelaars passeren de lijn. Alleen de N-alternatieven hebben een relatie tot dit weidevogelgebied. Bij variant N1 blijft de oude 380 kV verbinding liggen en wordt op enige afstand een nieuwe verbinding aangelegd, waardoor aanvaringsrisico's toenemen. Bij N2a wordt de oude verbinding verwijderd en ligt de nieuwe verder noordelijk, buiten het gebied. Bij N2b blijft de oude verbinding liggen, maar loopt het nieuwe tracé veel zuidelijker, eveneens buiten het gebied.



Figuur 5.5. Ligging van het weidevogelgebied bij Drimmelen in relatie tot de ingediende alternatieven N1, N2a en N2b.

In het agrarische natuurbeheerplan 2016 van de Provincie Noord-Brabant, in het kader van het Agrarische Natuur en Landschapsbeheer (ANLb-2016), zijn verschillende beheertypen aangewezen (Figuur 5.6). Het beheertype weidevogelland/open grasland valt buiten de corridor voor Zuid-West 380 kV; alle varianten doorkruisen ten westen van de lijn Breda-Geertruidenberg het beheertype open akkerland. Uit de GIS-analyse kwamen bij de doorsnijding van akkerland geen noemenswaardige verschillen tussen de verschillende alternatieven naar voren.



Figuur 5.6. Beheertypen volgens het agrarische natuurbeheerplan 2016 van de Provincie Noord-Brabant (bron: http://kaartbank.brabant.nl/viewer/app/natuurbeheerplan.). Bruine arcering: open akkerland voor broedende of overwinterende akkervogels; groene arcering: weidevogelland (open grasland of met riet/ opgaande begroeiing) of open grasland voor overwinterende vogels; paarse arcering: poel of watergang.

De verschillen tussen de alternatieven voor het aspect natuur hangen samen met de gemaakte keuzen en de (gewenste) onderscheidenheid van de alternatieven (natuur versus leefomgeving). Er zijn geen zodanig extreme alternatieven dat ze als onhaalbaar gekwalificeerd zouden moeten worden.

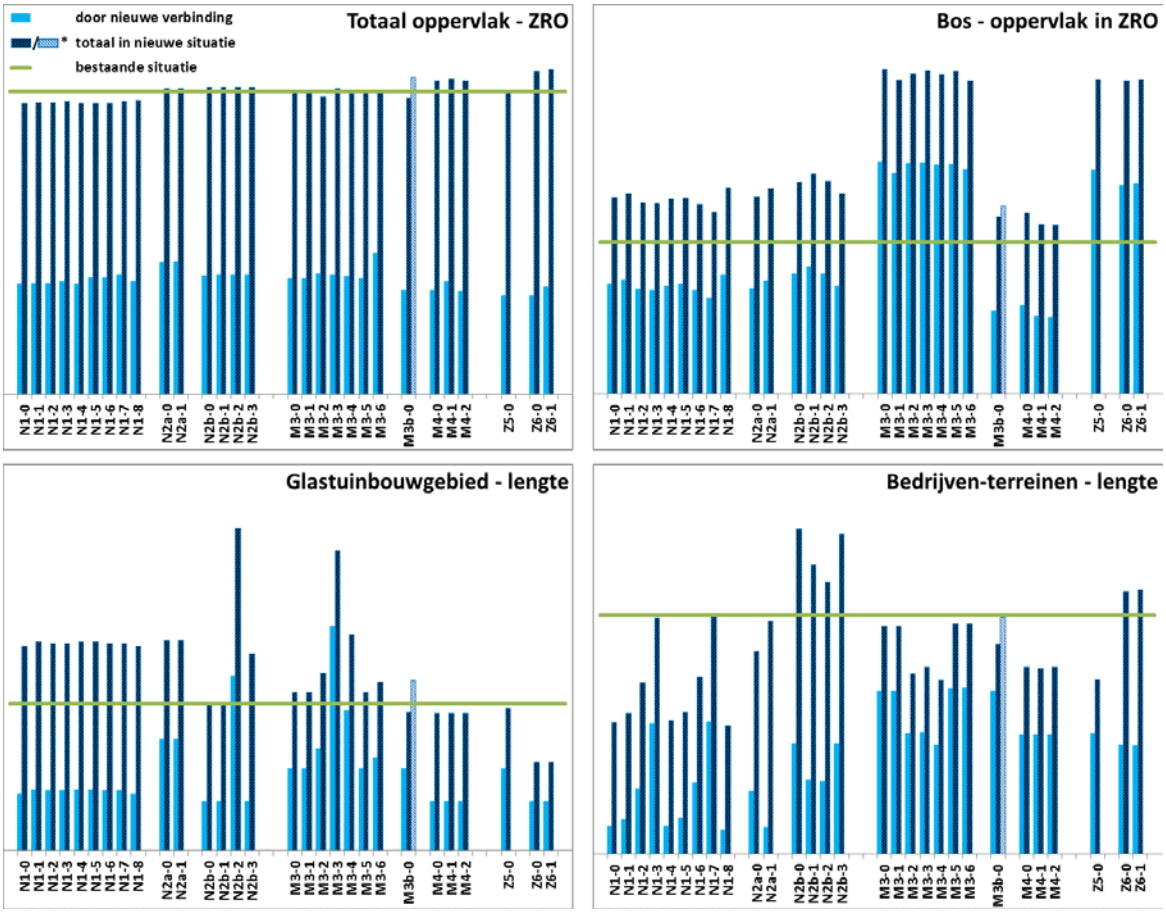
De conclusie is dat op basis van Natuur geen van de alternatieven als onhaalbaar beoordeeld wordt.

5.4 Ruimtegebruik

De kwalitatieve resultaten van de GIS-analyse voor wat betreft ruimtegebruiks-aspecten zijn weergegeven in Figuur 5.7. Ook hier is voor alle deelaspecten een analyse gemaakt voor alleen de nieuwe lijn en voor het netto-effect, en met de bestaande situatie als nul-referentie.

Het totale ZRO oppervlak van de nieuwe verbinding is direct gekoppeld aan de lengte van het tracé. In varianten waar ook een deel van de bestaande verbinding vernieuwd wordt, leidt dit tot extra lengte (vergelijk N2a met N2b) Er zijn echter geen grote verschillen te zien. De nieuwe verbinding geeft uiteraard additioneel ZRO oppervlak, maar het amoveren van de 150 kV verbindingen blijkt hier in alle gevallen vrijwel volledig voor te compenseren. (Voor ZRO oppervlak is er geen effect van bundelen, omdat de lijnen altijd verder dan 70 m uit elkaar staan.)

Voor wat betreft het aandeel Bos in het ZRO oppervlak is er wel een netto toename, deze is het grootst voor M3, Z5 en Z6. Dit hangt samen met de ligging van deze tracés in het oostelijk deel van de corridor (Bosroute bij M3, en handhaving van de 150 kV verbinding tussen de stations bij Tilburg). Er is wel gedeeltelijke compensatie door het amoveren van de 150 kV verbindingen want de netto toename ten opzichte van de bestaande situatie is kleiner dan de bijdrage van het nieuwe tracé.



*Figuur 5.7. Resultaten van de GIS-analyse voor ruimtegebruiks-aspecten: berekend totaal ruimtebeslag van de ZRO-zone, oppervlak bos binnen de ZRO-zone en totale lengte van doorsnijdingen van glastuinbouwgebieden en bedrijventerreinen. Er is geen verticale schaal gegeven in deze figuren, omdat alleen een kwalitatieve, indicatieve analyse beoogd wordt. *)Voor M3b wordt de nieuwe situatie beschouwd met of zonder amovering van de bestaande 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg.*

De kleine bruto toename in de doorsnijding van glastuinbouwgebieden door N1, N2a en N2b is ook gelijk de netto-toename, het betreft hier dus een nieuw deel van het tracé en er is geen compensatie door amovering. Bij N1 en N2a gaat het om een klein kassengebied bij Drimmelen; de relatief grotere toename bij N2b-2 (ten opzichte van de andere noordelijke alternatieven/ varianten) is een bewuste keuze, en betreft de randzone van het kassengebied Steelhoven met voornamelijk waterberging, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Ook bij M3 gaat het om doorsnijding van het kassengebied Steelhoven, in dit geval vrijwel geheel of grotendeels gebundeld met een bestaande verbinding. In de varianten M3-3 en M3-4 (zie Figuur 3.4 en Bijlage 3) is er nog een extra doorsnijding.

Alleen in N2b-0 is er een netto een kleine toename in de doorsnijding van bedrijventerreinen ten opzichte van de bestaande situatie. Vooral voor alternatief N1 is er variatie afhankelijk

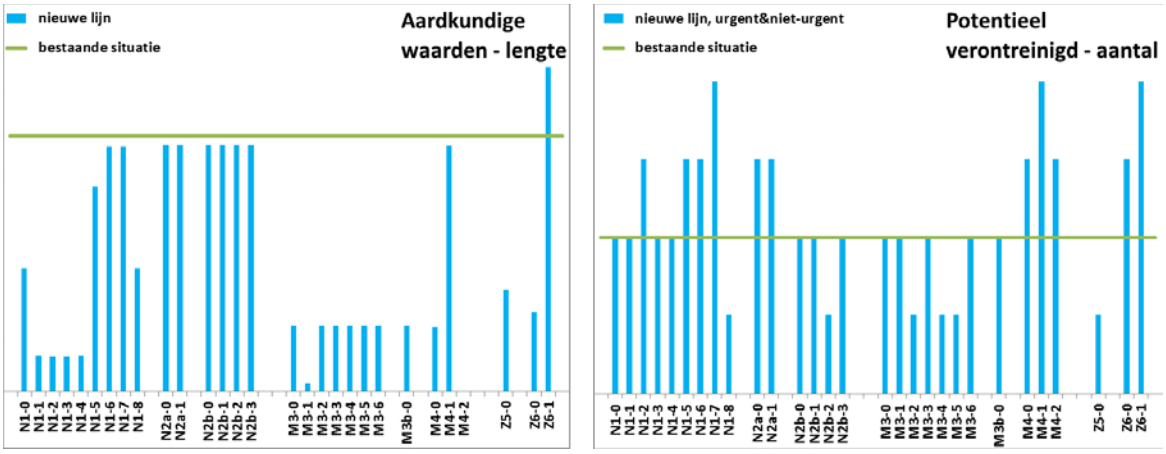
van de gekozen variant, de verschillen tussen de alternatieven onderling zijn in vergelijking daarmee niet groter. Alternatief Z6 gaat enkele tientallen meters vlak langs bungalowpark de Eekhoorn bij Oosterhout.

Er zijn tussen de alternatieven en varianten geen verschillen in totaal ruimtebeslag, en geen extreme verschillen voor de specifieke gebruikstypen die zijn bekeken. Voor het oppervlak bos hangen de waargenomen verschillen samen met specifieke afwegingen die de keuze van het alternatief mede bepalen.

De conclusie is dat op basis van Ruimtegebruiksaspecten geen van de alternatieven als onhaalbaar beoordeeld wordt.

5.5 Bodem en water

De kwalitatieve resultaten van de GIS-analyse voor wat betreft bodem-aspecten zijn weergegeven in Figuur 5.8.



Figuur 5.8. Resultaten van de GIS-analyse voor bodem-aspecten: berekende totale lengte van doorsnijdingen van gebieden van aardkundige waarde en van aantal doorsneden potentieel verontreinigde locaties. Er is geen verticale schaal gegeven in deze figuren, omdat alleen een kwalitatieve, indicatieve analyse beoogd wordt.

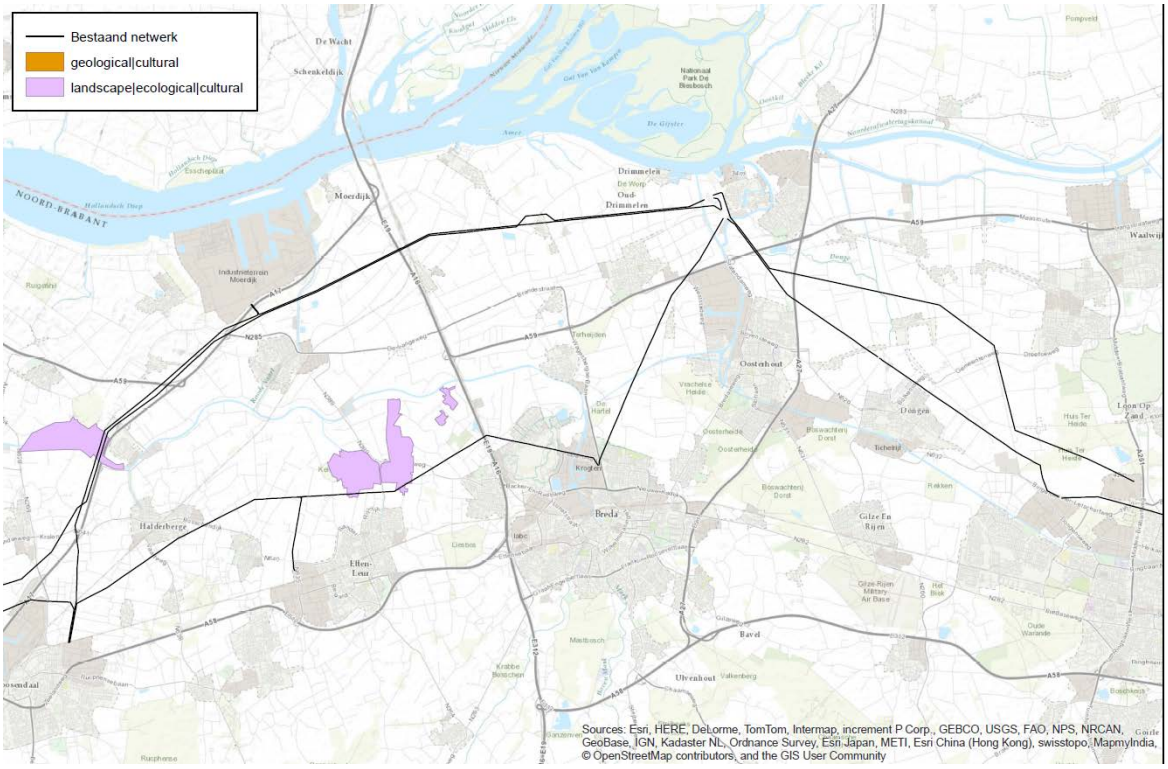
Voor ondergrond-gerelateerde aspecten gaat het alleen om de aanleg van het nieuwe tracé. Of dit al dan niet gebundeld wordt met een bestaande verbinding is niet relevant omdat de plaatsing van nieuwe mastvoeten altijd een nieuwe verstoring van de ondergrond betekent. Evenmin is er sprake van compensatie door het amoveren van bestaande verbindingen, omdat de eventuele verstoring daar nu eenmaal al eerder heeft plaatsgevonden. De ‘bestaande situatie’ in Figuur 5.8 dient hier als orde-grootte referentie en laat zien hoe de verwachte nieuwe interferentie zich verhoudt tot wat in het verleden is opgetreden.

De mate waarin gebieden met aardkundige waarden (Figuur 5.9) worden doorsneden is voor de alternatieven N1, M4 en Z6 afhankelijk van de gekozen variant. Er zijn geen echte uitschieters, ook niet in vergelijking met wat in het verleden is opgetreden (bestaande situatie). Ook voor het aantal potentieel verontreinigde locaties zijn er geen extremen.

Zoals in Hoofdstuk 4 aangegeven zouden bij ondergronds verkabelingen - die nodig zijn om de op de nieuwe 380 kV verbinding gecombineerde 150 kV verbindingen aan te sluiten op de bestaande 150 kV hoogspanningsstations - doorsnijdingen van bodem met aardkundige waarden plaats kunnen vinden. Gezien echter het gering aantal gebieden met aardkundige

waarden in het gebied waar de ondergrondse kabeltracés zouden kunnen komen (Figuur 5.9) is het naar verwachting bij alle ingediende alternatieven mogelijk deze ondergrondse kabels aan te leggen zonder gebieden met aardkundige waarde te doorsnijden.

De conclusie is dat op basis van de Bodem-aspecten, inclusief de effecten van mogelijke verkabelingen op gebieden van aardkundige waarden, geen van de alternatieven als onhaalbaar beoordeeld wordt.

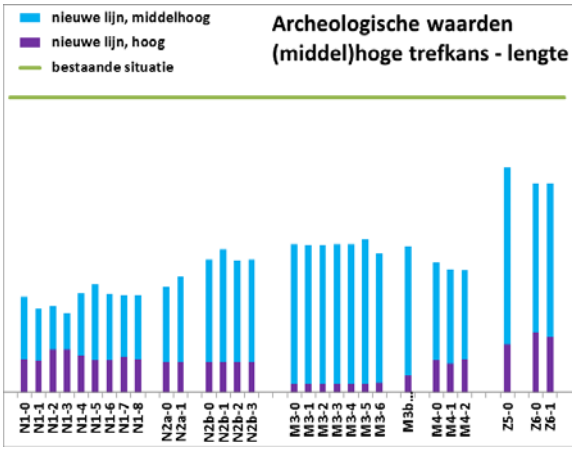


Figuur 5.9. Ligging van gebieden met aardkundige waarden

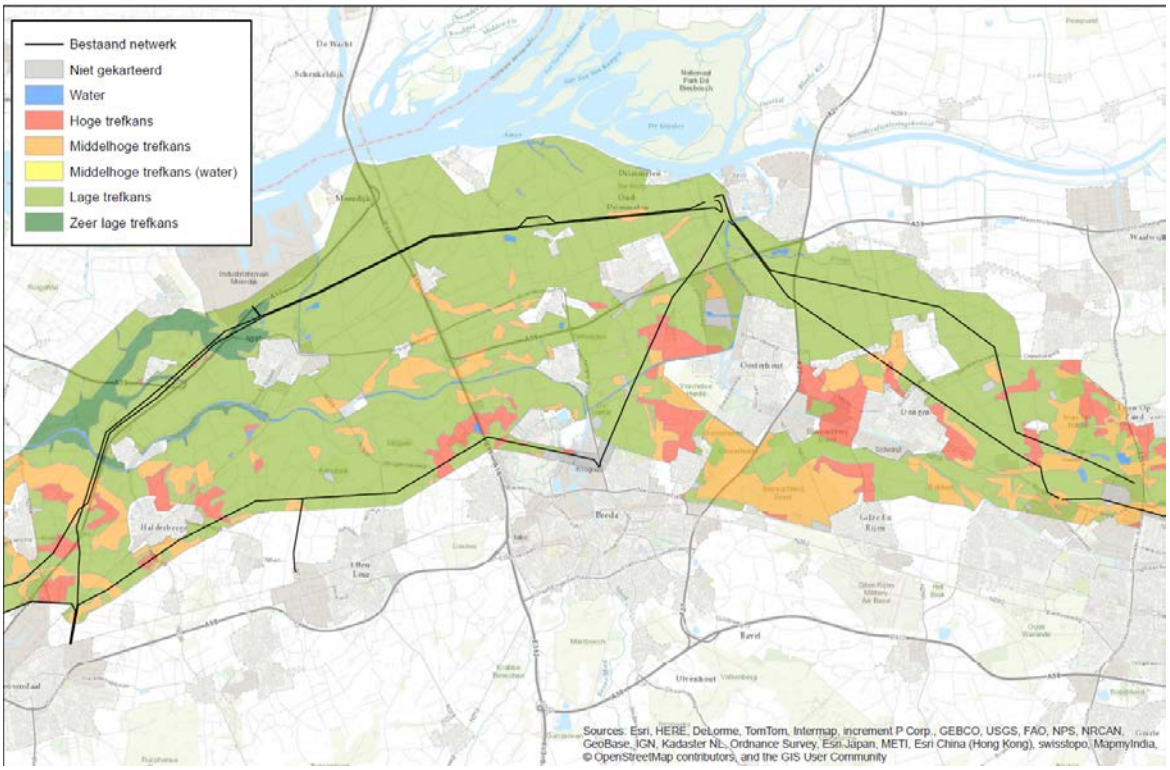
5.6 Archeologie en cultuurhistorie

De kwalitatieve resultaten van de GIS-analyse voor het aspect archeologie zijn weergegeven in Figuur 5.10. Net als bij aardkundige waarden en potentieel verontreinigde bodem is verstoring door vergraving hier de potentiele bedreiging.

Gebieden met een hoge trefkans op archeologische waarden (Figuur 5.11) worden slechts in geringe mate gekruist. Gebieden met een middelhoge trefkans worden in het algemeen vaker gekruist, met name bij M3(b), Z5 en Z6. In vergelijking met de bestaande situatie als referentie ontstaat er in geen van de varianten een extreme situatie.



Figuur 5.10. Resultaten van de GIS-analyse voor het aspect archeologie: berekende totale lengte van doorsnijdingen van gebieden met een hoge of middelhoge trefkans op archeologische waarden. Er is geen verticale schaal gegeven in deze figuur omdat alleen een kwalitatieve, indicatieve analyse beoogd wordt.



Figuur 5.11. Trefkans op archeologische waarden

De ondergrondse kabeltracés die bij de alternatieven aangelegd zullen moeten worden om de aansluiting met de 150 kV hoogspanningsstations te maken kunnen mogelijk gebieden met middelhoge en hoge trefkans doorsnijden. Gezien de ligging van deze gebieden is de verwachting dat de ondergrondse tracés dusdanig aangelegd kunnen worden zodat doorsnijding van deze gebieden zoveel mogelijk vermeden kan worden. Hiervoor wordt dan ook geen van de alternatieven als niet haalbaar geacht.

De conclusie is dat op basis van de GIS-analyse ten aanzien van het aspect archeologie, inclusief de effecten van mogelijke verkabelingen, geen van de alternatieven als onhaalbaar beoordeeld wordt.

5.7 Samenvatting MER-aspecten

Op geen van de hier op hoofdlijnen geanalyseerde aspecten zijn er alternatieven als onhaalbaar gekwalificeerd. Dit is niet geheel onverwacht, omdat de indieners bij het uitwerken van hun alternatief terdege rekening hebben gehouden met de verschillende criteria waar in een MER naar wordt gekeken.

Uit de hoofdlijnen-analyse blijkt dat slechts een deel van de onderzochte (deel)aspecten onderscheidend is. Alle alternatieven liggen binnen de corridor, en er is weinig verschil in het totaal ruimtebeslag, de hoeveelheid bebouwing binnen de hinderzone, de doorsnijding van akkerland en de mate waarin bedrijventerreinen, potentieel verontreinigde locaties en archeologisch relevante locaties beïnvloed worden.

Onderscheidend zijn vooral de aspecten Landschappelijke inpassing (inpassing in het landschappelijk hoofdpatroon en nieuwe doorsnijdingen), Natuur (EHS en bosgebieden) en Leefomgeving. De hiervoor gevonden verschillen hangen samen met de motivatie van de indieners voor het door hen ingediende alternatief. Daarnaast is ook het aspect Aardkundige waarden enigszins onderscheidend.
De variatie in te verwachten effecten tussen de verschillende varianten van één alternatief is voor vrijwel alle onderzochte deelaspecten kleiner dan de variatie tussen de diverse alternatieven. Alleen voor de deelaspecten Bedrijventerreinen en Verontreinigde locaties is de variatie binnen de alternatieven van vergelijkbare ordegrootte, maar het gaat daarbij voor alle onderzochte varianten om kleine verwachte effecten. Deze aspecten worden daarom niet als wezenlijk onderscheidend beoordeeld.

6 Samenvatting technische aspecten

Van de ingediende alternatieven/varianten zijn aandachtspunten voor de technische aspecten bekeken en beoordeeld op basis van de volgende categorieën:

1. Realiseerbaar

2. Complex: dit aandachtspunt behoeft een nadere uitwerking waarbij wordt verwacht dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om oversteken van infrastructuur zoals spoorlijnen, snelwegen, vaarwegen e.d. en oversteken van bedrijventerreinen en/of kassencomplexen.

3. Zeer Complex: dit aandachtspunt behoeft een nadere uitwerking die verder gaat dan een goede tracering op mastniveau, bijvoorbeeld nabij buisleidingen en kruisingen met bestaande hoogspanningsverbindingen. Dit vereist uitgebreide onderzoeken (voor bijvoorbeeld potentiaaltrechters en Elektromagnetische Compatibiliteit) of uitgebreide technische uitwerkingen (zoals voor kruisingslocaties en stations)

4. Buiten de scope van project Zuid-West 380 kV: dit betreft verplaatsing of vervanging van bestaande verbindingen of verkabeling van 150 kV verbindingen zonder dat dit noodzakelijk gekoppeld is aan de oplossing van een knelpunt in het voorgestelde tracé, waardoor er binnen het project dus geen technische noodzaak is om deze reconstructies of verkabelingen uit te voeren.

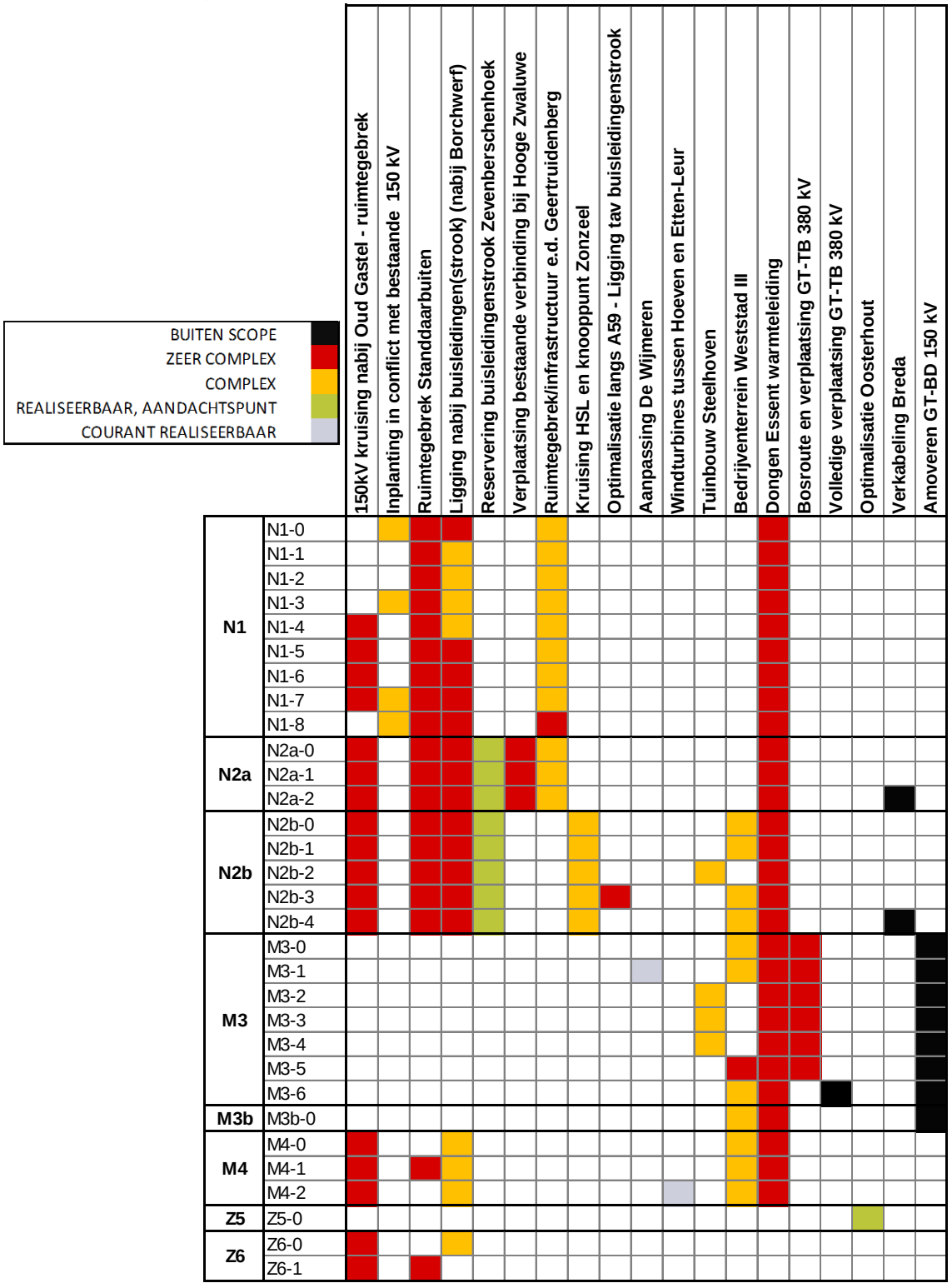
Tabel 6.1 geeft een overzicht van de resultaten van de analyse op technische aspecten door TenneT (Bijlage 4), op basis van de samenvatting uit de review door Tractebel Engineering (Bijlage 5).

Uit de analyse op technische aspecten blijkt dat nagenoeg alle ingediende alternatieven op onderdelen als complex tot zeer complex beoordeeld worden, vooral vanwege potentiele conflicten met bestaande infrastructuur (Bijlage 4, bijlage 5, Tabel 6.1). Voor alternatief Z5 worden geen (zeer) complexe aandachtpunten aangemerkt.

Drie onderdelen, van de voorgestelde alternatieven N2a, N2b M3, en M3b, worden als buiten de scope van de onderhavige m.e.r.-procedure voor het project Zuid-West 380 kV beschouwd. Dit zijn:

1. De volledige reconstructie van de bestaande 380 kV verbinding Geertruidenberg-Tilburg in alternatief M3 (variant M3-6),
2. De verkabeling van het in Breda gelegen gedeelte van de 150 kV verbinding Roosendaal-Breda als aanvulling op een “noordelijk” tracé in de alternatieven N2a (variant N2a-2) en N2b (variant N2b-4),
3. Het amoveren van de bestaande 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg en vervanging door een ondergrondse verkabeling in een dubbele lus in de alternatieven M3 (alle varianten) en M3b (enige variant).

Tabel 6.1. Samenvatting van de technische aspecten op basis van het TenneT-advies (Bijlage 4) en de review daarvan door Tractebel Engineering (Bijlage 5)



Ad 1.
Deze door de indieners als verbetering van de bestaande situatie geopperde vernieuwing valt buiten de scope van het onderhavige project, want de volledige reconstructie van de bestaande 380 kV verbinding Geertruidenberg-Tilburg is niet gekoppeld aan het oplossen van een knelpunt in de aanleg van de nieuwe verbinding. Op korte termijn is aanpassing/vernieuwing van de 380 kV verbinding niet aan de orde: bij de keuze voor Tilburg als eindpunt van de nieuwe Zuid-West 380 kV verbinding was juist een argument dat met aansluiting op een station bij Tilburg een groter deel van het vermogen direct wordt afgevoerd naar de belastingscentra rond Tilburg, waarmee verzwaring van de ring tussen Geertruidenberg en Tilburg minder urgent werd (zie starnotitie MER, 2009).

Ad2.
Deze door de indieners als verbetering van de bestaande situatie geopperde aanvulling is niet gekoppeld aan het oplossen van een knelpunt in de betreffende tracés. Deze optie kan - bij de keuze voor een noordelijk tracé - uiteraard door de belanghebbenden worden onderzocht, maar valt buiten de scope van het onderhavige project.

Ad 3.
In deze optie wordt de te amoveren 150 kV verbinding maar ten dele gecombineerd met de nieuwe 380 kV verbinding, en voornamelijk vervangen door een ondergrondse verkabeling. Ondergrondse verkabelingen die een gecombineerde 150 kV verbinding aantakken op een 150 kV hoogspanningsstation vormen een noodzakelijk onderdeel van een nieuw gecombineerd 150/380 tracé, maar daarvan is in dit geval geen sprake. De verdubbeling van de lus dient zuiver ter vervanging van de bestaande 150 kV verbinding. Er is dus geen technische noodzaak deze voorgestelde verkabeling uit te voeren.

7 Integraal advies

Op grond van de uitgevoerde analyses op de MER-aspecten, technische aspecten en geografische overwegingen zijn de ingediende alternatieven/varianten ingedeeld in de volgende categorieën:

N. Niet haalbaar/realistisch en dus onwenselijk; niet meenemen in vervolgproces

A. In principe haalbaar, meenemen als nieuw onderscheidend MER-alternatief in stap 4 van de m.e.r.-procedure
   Een ingediend voorstel wordt beoordeeld als nieuw *onderscheidend alternatief* als het geografisch anders is en ten aanzien van milieueffecten naar verwachting verschilt van alternatieven die reeds zijn opgenomen in het MER. Wanneer meerdere ingediende alternatieven onderling vergelijkbaar zijn, worden ze aan het begin van stap 4 samengevoegd tot één onderscheidend MER-alternatief.

B. In principe haalbaar, meenemen als variant van een MER-alternatief in stap 4 van de m.e.r.-procedure.
   Een ingediend voorstel wordt beoordeeld als variant als het, om knelpunten te vermijden, lokaal geografisch afwijkt van een MER basisalternatief en daardoor naar verwachting ten aanzien van milieueffecten andere effectscores zal geven.

C. In principe haalbaar, meenemen als optimalisatiemogelijkheid van MER-alternatieven bij de VKA uitwerking (stap 5/6 van de m.e.r.-procedure).
   Een ingediend voorstel wordt beoordeeld als *optimalisatie* als de verwachte effecten binnen de bandbreedte van een basisalternatief of variant vallen en op het detail-niveau van stap 4 bij de beoordeling van milieueffecten niet onderscheidend zijn van een opgenomen MER-alternatief of variant. Bij de uiteindelijke tracering en de vaststelling van een voorkeursalternatief kunnen deze voorstellen bijdragen aan het vinden van optimale oplossingen.

D. Buiten de scope van het project Zuid-West 380 kV, niet meenemen in vervolgproces

Het advies van Deltares, op basis van de uitgevoerde analyses is samengevat in een conversietabel (Tabel 7.1), waarin voor elke ingediende variant wordt aangegeven of en hoe deze in het vervolg van de m.e.r-procedure zou moeten worden meegenomen. Dit advies wordt per ingediend alternatief hieronder toegelicht.

N1
Het ingediende voorstel N1, met varianten, is geografisch niet onderscheidend ten opzichte van het bestaande noordelijke MER-alternatief C150b1 in het concept MER. Gezien de geringe variatie tussen de ingediende N1-varianten onderling in de huidige analyse op hoofdlijnen, mag daarom verwacht worden dat deze vallen binnen de bandbreedte van het bestaande MER-alternatief C150b1. Daarom worden de N1-varianten beoordeeld als optimalisaties van het bestaande MER-alternatief, die in stap 5 en stap 6 van de verdere procedure aan de orde komen bij de keuze en uitwerking van het VKA.

N2a
Voor de basisvariant N2a-0 en variant N2a-1 van voorstel N2a gelden dezelfde overwegingen als voor N1. Zij worden eveneens beoordeeld als optimalisatie van het bestaande noordelijke MER-alternatief C150b1. Variant N2a-2, verkabeling van de 150 kV verbinding in Breda, wordt aangemerkt als buiten de scope van het project.

N2b
Voorstel N2b is geografisch en qua landschappelijke inpassing onderscheidend. Er wordt daarom geadviseerd om de basisvariant ervan, N2b-0, als aanvullend "noordelijk-middenalternatief" op te nemen in stap 4 in de m.e.r.-procedure. De varianten N2b-1, -2 en -3 kunnen meegenomen worden als optimalisaties van dit aanvullend alternatief in stap 5 en 6 van de m.e.r.-procedure. Variant N2a-4 stelt net als N2a-2 verkabeling in Breda voor, en wordt dus aangemerkt als buiten de scope.

M3
Voor M3 in combinatie met M3b en M4 wordt geadviseerd een aanvullend "midden-alternatief" uit te werken en op te nemen in stap 4 in de m.e.r.-procedure. Deze voorgestelde alternatieven zijn zowel geografisch als qua MER-aspecten onderscheidend van de alternatieven zoals die nu al opgenomen zijn in het concept MER. Hierbij lijkt voorstel M4-0 het meest geschikt als basisvariant (zie hieronder). Geadviseerd wordt om van M3-0 de Bosroute in het oostelijk deel van dit tracé als variant op het midden-alternatief in stap 4 mee te nemen omdat op basis van de analyse op hoofdlijnen verwacht mag worden dat dit onderscheidend is in de MER-aspecten. De varianten M3-1 t/m 5 kunnen als optimalisaties in stap 5 en/of 6 worden meegenomen. Zoals in hoofdstuk 6 aangegeven valt de volledige reconstructie van de bestaande 380 kV verbinding Geertruidenberg-Tilburg (variant M3-6) buiten de scope van het onderhavige project.

M3b
Voor voorstel M3b wordt geadviseerd om de specifieke afwijkingen hiervan ten opzichte van M4-0 (met uitzondering van de amovering en ondergrondse verkabeling van de 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg) mee te nemen als optimalisaties van het midden-alternatief. De amovering van de ondergrondse verkabeling van de 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg valt buiten de scope van het project.

M4
Het voorgestelde alternatief M4-0 lijkt het meest geschikt als basis voor het nieuwe midden-alternatief, omdat deze tracering het meest aansluit bij de al bestaande MER-alternatieven. Nabij Roosendaal is het tracé vergelijkbaar met het bestaande MER-alternatief C150n en tussen Geertruidenberg en Tilburg met het bestaande MER-alternatief C150b1. Bij de uitwerking van een nieuw midden-alternatief in stap 4 moeten M3 en M3b mede in ogenschouw genomen worden. Bij het midden-alternatief kan M4-1 als variant opgenomen worden[27]. M4-2 kan worden beschouwd als optimalisatie in stap 5 en 6.

Z5
De in Z5 voorgestelde tracering ten zuiden van Oosterhout valt binnen de bandbreedte van het bestaande zuidelijke MER-alternatief C150n en wordt beoordeeld als optimalisatie hiervan die in stap 5 en stap 6 in de verdere procedure aan de orde zal komen.

[27] Merk op dat variant M4-1 dezelfde optimalisatie voorstelt nabij Standdaarbuiten (voor het midden-alternatief) als variant M6-1 (voor het zuidelijke alternatief).

Z6

De specifieke traceringsaanpassingen van Z6-0 vallen eveneens binnen de bandbreedte van het bestaande zuidelijke MER-alternatief C150n. Hiervoor wordt dan ook geadviseerd deze op te nemen als optimalisaties van het bestaande zuidelijke MER-alternatief in stap 5 en 6. Z6-1 kan als variant in stap 4 opgenomen worden[27].

Tabel 7.1 Conversietabel: overzicht van het advies ten aanzien van de wijze waarop (de varianten van) de ingediende alternatieven in de vervolg m.e.r.-procedure moeten worden meegenomen. A: onderscheidend (nieuw) MER-alternatief; B: variant; C: optimalisatie; D: buiten de scope.

Ingediend voorstel / MER-alternatief		bestaande noordelijk alternatief (C150b1)	nieuw noordelijk midden-alternatief	nieuw midden-alternatief	bestaande zuidelijk alternatief (C150n)	
N1	N1-0	C				
	N1-1	C				
	N1-2	C				
	N1-3	C				
	N1-4	C				
	N1-5	C				
	N1-6	C				
	N1-7	C				
	N1-8	C				
N2a	N2a-0	C				
	N2a-1	C				
	N2a-2					D
N2b	N2b-0		A			
	N2b-1		C			
	N2b-2		C			
	N2b-3		C			
	N2b-4					D
M3	M3-0			B[i]		D[ii]
	M3-1			C		
	M3-2			C		
	M3-3			C		
	M3-4			C		
	M3-5			C		
	M3-6					D
M3b	M3b-0			C		D[ii]
M4	M4-0			A[iii]		
	M4-1			B[iv]		
	M4-2			C		
Z5	Z5-0				C	
Z6	Z6-0				C	
	Z6-1				B[iv]	

[i]) het oostelijk tracé-deel dat wordt aangeduid als de Bosroute opnemen als variant

[ii]) dit betreft de amovering van de 150 kV verbinding Breda-Geertruidenberg

[iii]) als basis voor uitwerking nieuw MER-alternatief, waarbij ook M3 en M3b in ogenschouw moeten worden genomen

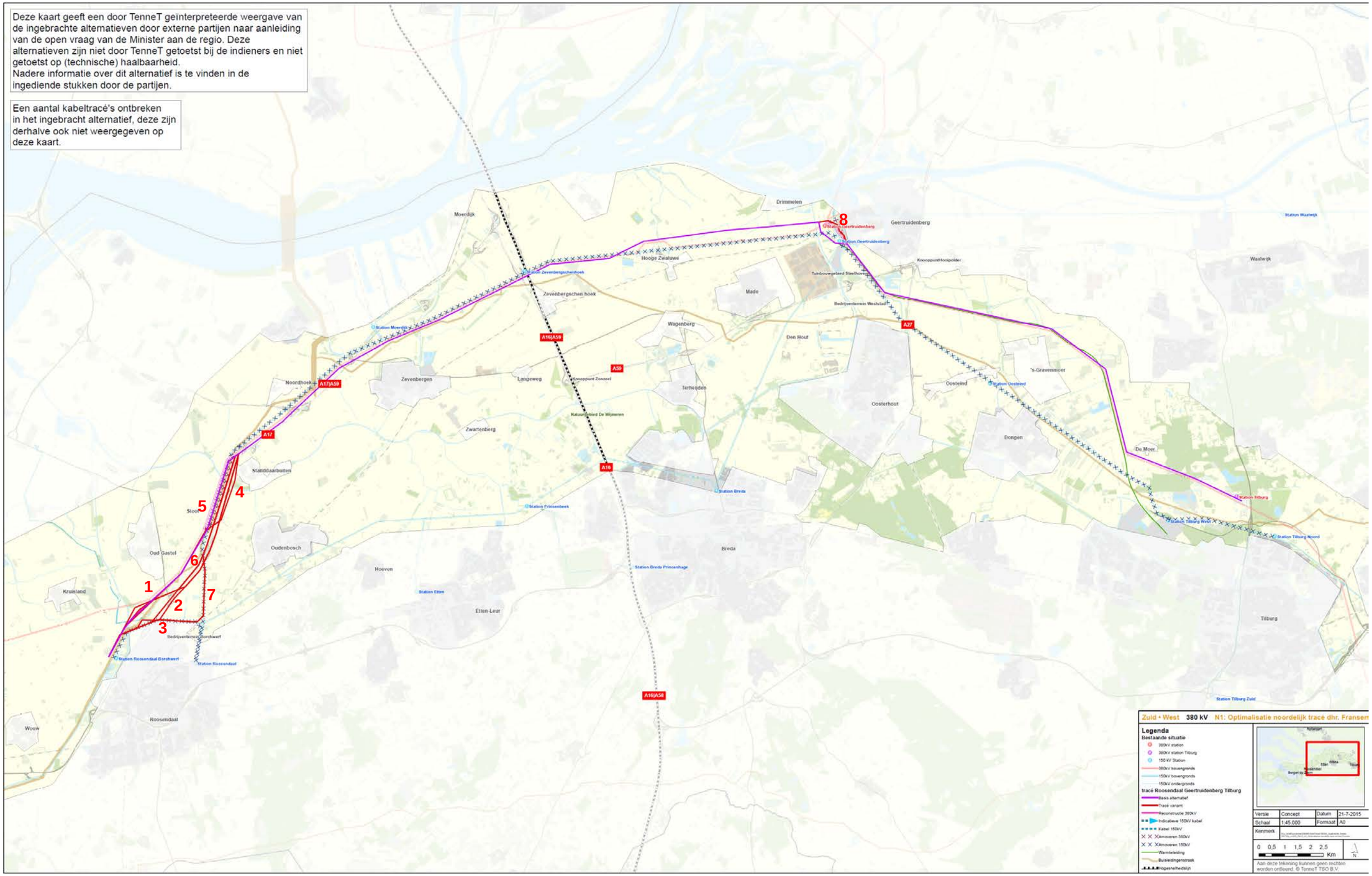
[iv]) op het betreffende tracé-deel vallen het nieuwe midden-alternatief en het zuidelijk alternatief samen, het gaat hier om een en dezelfde variant op beide alternatieven

A Bijlage 1 Kaarten van de ingediende alternatieven en varianten

Op de kaarten zijn de ingediende alternatieven en varianten weergegeven waarbij de paarse lijn het ingediende basis alternatief is en de rode lijnen met nummers de ingediende varianten.

Deltares

Zuid • West 380kV N1: Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen



Deltares

Zuid • West 380kV N2a - Voorkeurstracé A17-Amer 380 kV

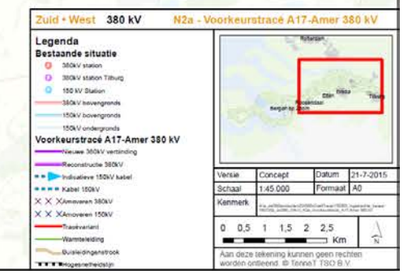
Een aantal kabeltracé's ontbreken in het ingebracht alternatief, deze zijn derhalve ook niet weergegeven op deze kaart.

Deze kaart geeft een door TenneT geïnterpreteerde weergave van de ingebrachte alternatieven door externe partijen naar aanleiding van de open vraag van de Minister aan de regio. Deze alternatieven zijn niet door TenneT getoetst bij de indieners en niet getoetst op (technische) haalbaarheid.
Nadere informatie over dit alternatief is te vinden in de ingediende stukken door de partijen.

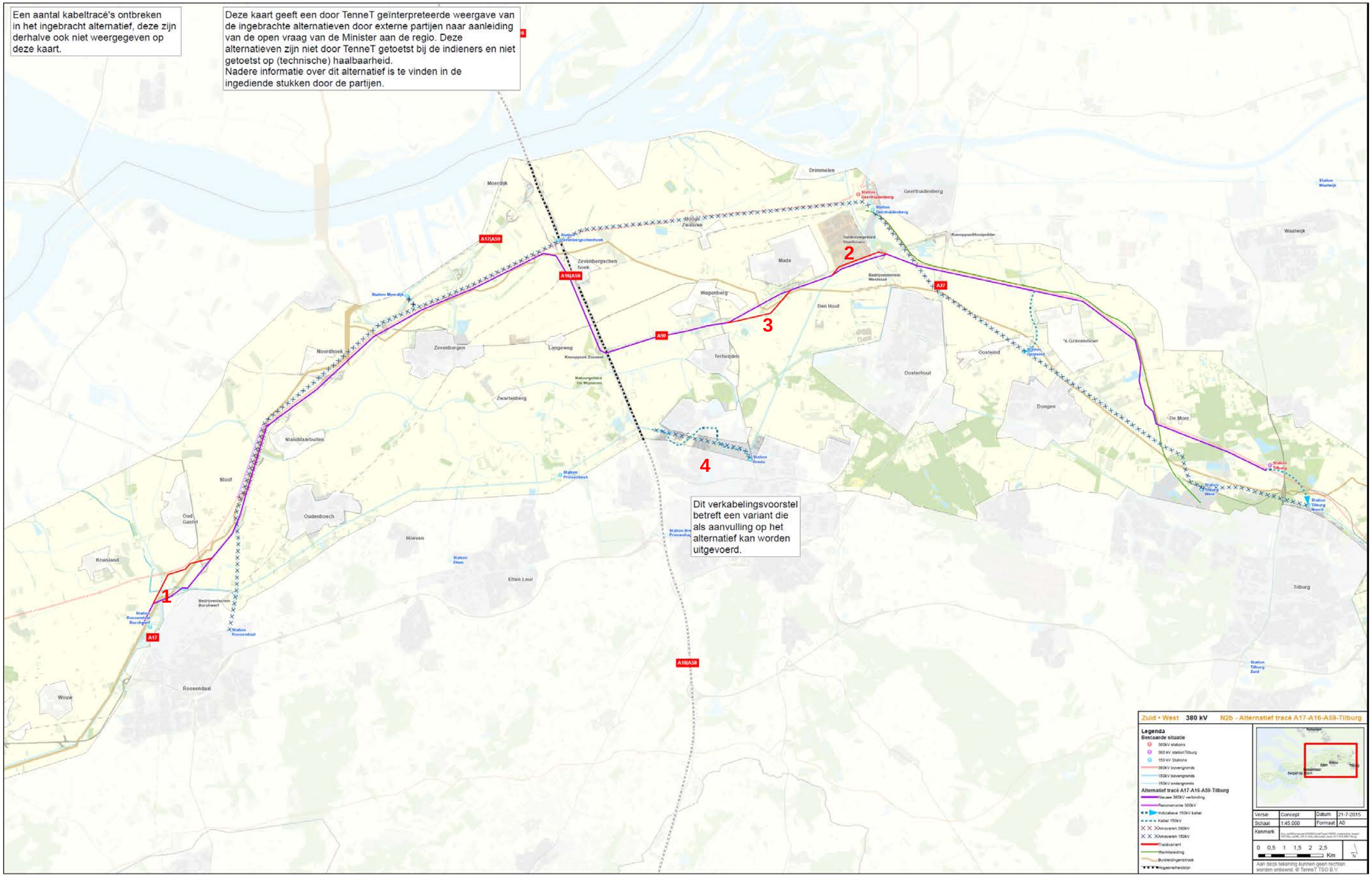
1

2

Dit verkabelingsvoorstel betreft een variant die als aanvulling op het alternatief kan worden uitgevoerd.



Zuid • West 380kV N2b - Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg



Deltares

Zuid • West 380kV M3 - het A59 Midden-tracé

Deze kaart geeft een door TenneT geïnterpreteerde weergave van de ingebrachte alternatieven door externe partijen naar aanleiding van de open vraag van de Minister aan de regio. Deze alternatieven zijn niet door TenneT getoetst bij de indieners en niet getoetst op (technische) haalbaarheid.
Nadere informatie over dit alternatief is te vinden in de ingediende stukken door de partijen.

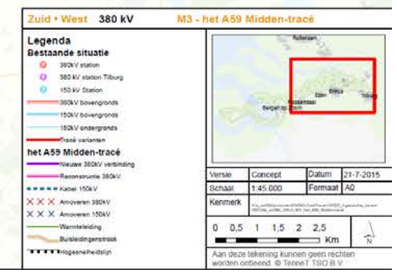
Deze partij heeft tevens de suggestie gedaan om het hele lijnstuk Geertruidenberg-Tilburg te verplaatsen en te vervangen door Wintrackmasten. Hierdoor ontstaat ruimte om de ZW verbinding te bouwen op de hartlijn van de bestaande verbinding. Deze oplossing geeft tevens de mogelijkheid om een deel van de 150 kV verbinding bij Geertruidenberg te amoveren.



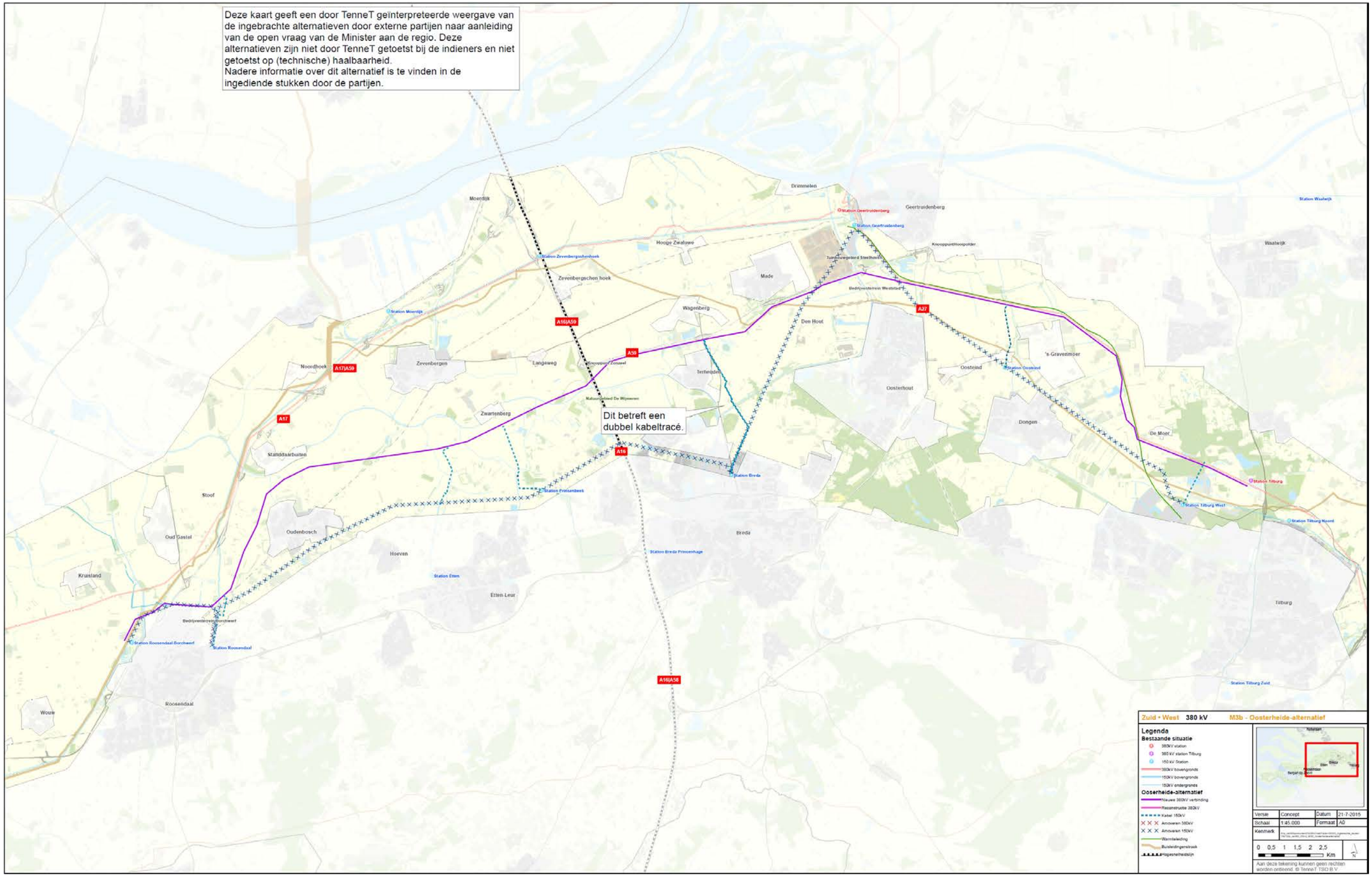
6: Vervanging bestaande 380kV Geertruidenberg-Tilburg

1
2
3
4
5

Dit betreft een dubbel kabeltracé.



Zuid • West 380kV M3b - Oosterheide-alternatief



Deltares

Zuid • West 380kV M4 - Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord

Een aantal kabeltracé's ontbreken in het ingebracht alternatief, deze zijn derhalve ook niet weergegeven op deze kaart.

Deze kaart geeft een door TenneT geïnterpreteerde weergave van de ingebrachte alternatieven door externe partijen naar aanleiding van de open vraag van de Minister aan de regio. Deze alternatieven zijn niet door TenneT getoetst bij de indieners en niet getoetst op (technische) haalbaarheid.
Nadere informatie over dit alternatief is te vinden in de ingediende stukken door de partijen.

De exacte weergave van de gebieden is te vinden in de rapportage van WB de Ruimte (WBR-2015-003).
Voor deze gebieden zijn details beschreven die in de latere MER beoordeling meegenomen moeten worden.

1

2

Zuid • West 380 kV M4 - Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord

Legenda

Bestaande situatie
- 380kV station
- 380kV station Tilburg
- 150 kV Station
- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds

Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord
- Nieuwe 380kV verbinding
- Tracé variant
- Reconstructie 380 kV
- Amoveren 380kV
- Amoveren 150kV
- Warmteleiding
- Buisleidingenstrook
- Hogesnelheidslijn

Versie	Concept	Datum	18-8-2015
Schaal	1:45.000	Formaat	A0
Kenmerk			

0 0,5 1 1,5 2 2,5 Km

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

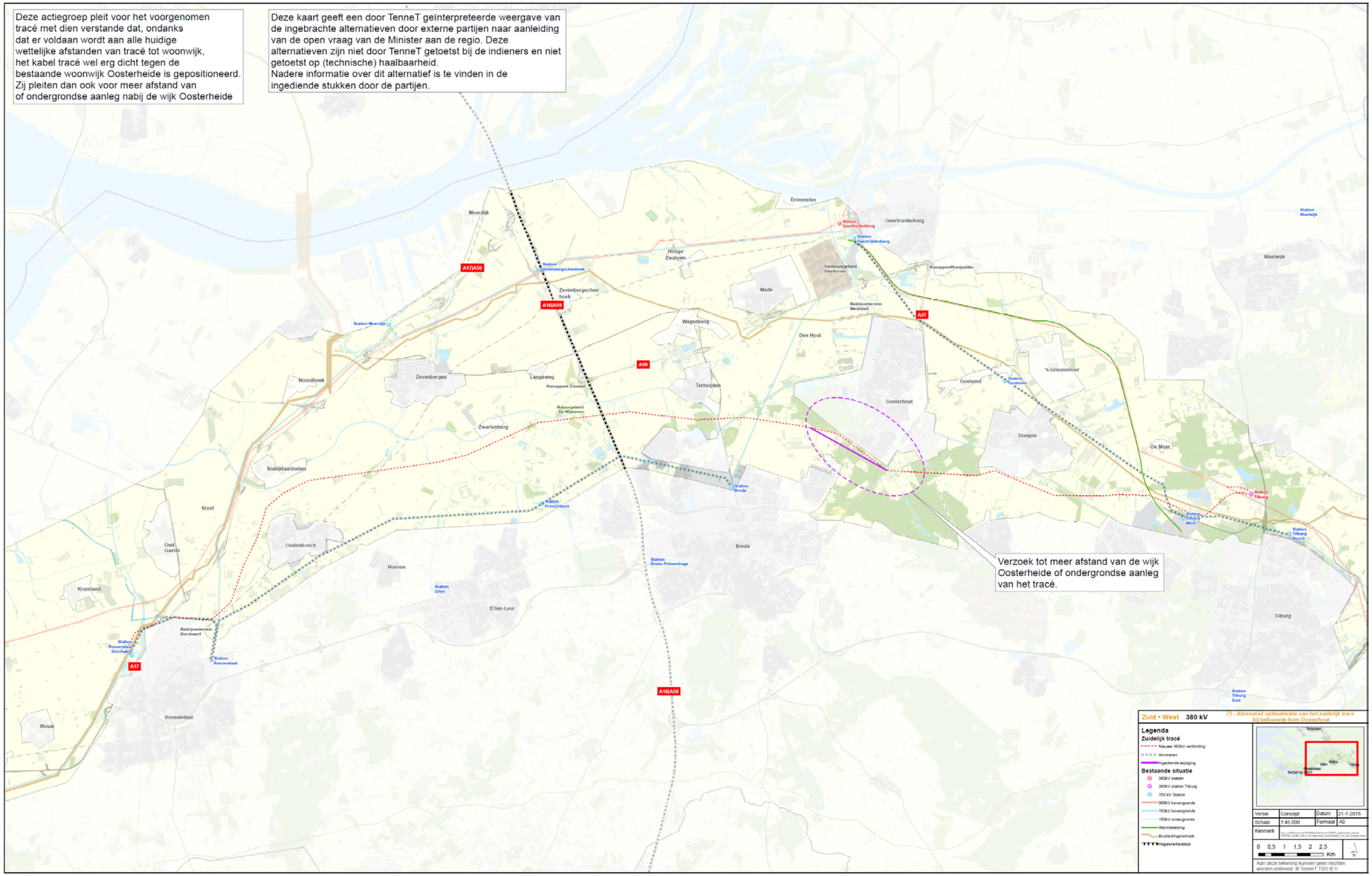
Deltares

Zuid • West 380kV

Z5 - Alternatief optimalisatie van het zuidelijk tracé bij bebouwde kom Oosterhout

Deze actiegroep pleit voor het voorgenomen tracé met dien verstande dat, ondanks dat er voldaan wordt aan alle huidige wettelijke afstanden van tracé tot woonwijk, het kabel tracé wel erg dicht tegen de bestaande woonwijk Oosterheide is gepositioneerd. Zij pleiten dan ook voor meer afstand van of ondergrondse aanleg nabij de wijk Oosterheide

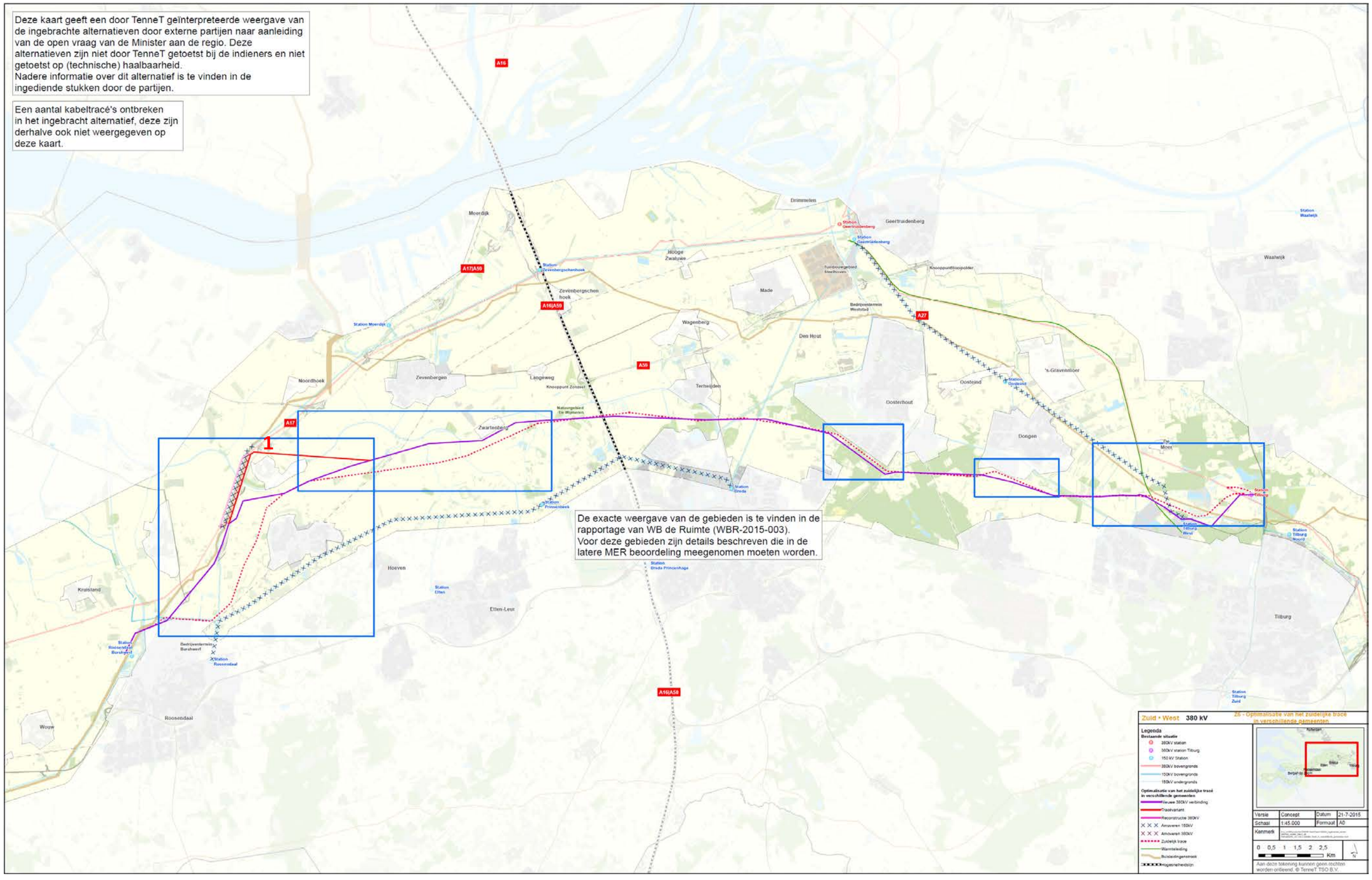
Deze kaart geeft een door TenneT geïnterpreteerde weergave van de ingebrachte alternatieven door externe partijen naar aanleiding van de open vraag van de Minister aan de regio. Deze alternatieven zijn niet door TenneT getoetst bij de indieners en niet getoetst op (technische) haalbaarheid.
Nadere informatie over dit alternatief is te vinden in de ingediende stukken door de partijen.



Deltares

Zuid • West 380kV

Z6 - Optimalisatie van het zuidelijke tracé in verschillende gemeenten



B Bijlage 2 Notitie uitgangspunten 30 maart 2015

Beoordeling haalbaarheid alternatieve tracés ZW380kV-Oost

In deze notitie wordt ingegaan op de uitgangspunten die gehanteerd zullen worden voor de haalbaarheidsstudie van de door de regio ingediende alternatieven voor het tracé ZW380kV-Oost.

Wat is het tracé ZW380kV-Oost

Onderdelen

Het tracé van ZW80kV-Oost bestaat uit meerdere onderdelen:

- de nieuwe 380 kV en 380/150KV verbinding;
- de stukken die als gevolg van de aanleg van de nieuwe verbinding worden vervangen/opgewaardeerd of worden geamoveerd;
- nieuwe aansluitingen op bestaande 150 kV-stations.

Aansluiting op de landelijke ring

De verbinding loopt van het nieuw te bouwen 380kV station Rilland tot aan het nieuw te bouwen 380kV station Tilburg. In het MER is geoordeeld dat locatie Spinder de voorkeurslocatie betreft voor het 380kV station nabij Tilburg. De voorwaarde bij de stationslocatie nabij Tilburg is de koppeling tussen het 380kV-station en het 150kV-station Tilburg Noord. Deze dienen op elkaar aangesloten te worden middels een ondergronds kabeltracé (maximaal 5 km).

Hoogspanningsstation Geertruidenberg

In het geval dat de nieuwe verbinding een tracé langs Geertruidenberg is, is het uitgangspunt dat de nieuwe verbinding niet (elektrotechnisch) aantakt op het daar al aanwezige 380kV hoogspanningsstation maar daar langs gaat. Vanuit net-strategische overwegingen is een aansluiting van de nieuwe verbinding op het 380kV-station bij Geertruidenberg ongewenst. Indien met bestaande 150kV-verbinding wordt gecombineerd dan wordt de 150 kV verbinding wel aangesloten op het bestaande 150kV-station.

Corridor/zoekgebied

Ten behoeve van de aanleg van de verbinding is in 2009 een zoekgebied (ook wel corridor genoemd) aangewezen in het kader van het MER-onderzoek waarbinnen de alternatieve tracés gelegen dienen te zijn.

Relevante aspecten van alternatieven

De alternatieven zijn ingediend met als oogpunt dat deze, aanvullend op de al geëvalueerde bestaande alternatieven, zullen worden mee-overwogen in de MER-procedure. Uitgangspunt voor het MER[1] is dat geen tracéalternatieven worden onderzocht waarvan op voorhand

1 Op de website van ZW380kV staat diverse informatie met daarin de uitgangspunten voor het MER: http://www.zuid-west380kv.nl/zuid-west-380kv-oost/publicaties. Daarnaast zijn deze stukken te vinden op de website van Bureau Energieprojecten: http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/zuid-west-380-kv-oost-rilland-tilburg. Informatie over het zoekgebied en tracering van de MER alternatieven is opgenomen in de volgende documenten:

vaststaat dat ze vanuit oogpunt van milieu- en leefomgeving of technische aspecten niet realistisch uitvoerbaar zijn. Hierbij wordt gekeken naar:

- Beleidskader: het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III);
- MER-aspecten: Leefomgeving, Landschappelijke inpassing, Natuur, Ruimtegebruik, Bodem en water, Archeologie en cultuurhistorie;
- Technische aspecten.

Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III)

De nieuwe hoogspanningsverbinding dient te voldoen aan het 'Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III). In het structuurschema worden grootschalige elektriciteits-voorzieningen (centrales, verbindingen) afgewogen tegen andere belangen van bodem en oppervlaktewater. Enige belangrijke uitgangspunten zijn:

- nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220 kV en meer worden in beginsel bovengronds aangelegd (SEV III, paragraaf 6.7);
- Nieuwe hoogspanningsverbindingen worden waar mogelijk en zinvol met bestaande hoogspanningsverbindingen op één mast gecombineerd (SEV III, paragraaf 6.8).
- Nieuwe hoogspanningsverbindingen worden waar mogelijk en zinvol met bestaande hoogspanningsverbindingen en/of met bovenregionale infrastructuur gebundeld (SEV III, paragraaf 6.8);
- Bij de vaststelling van nieuwe tracés van hoogspanningsverbindingen of wijziging in bestaande hoogspanningsverbindingen wordt steeds het vigerende voorzorgbeleid voor gezondheidsaspecten van elektromagnetische velden in acht genomen.[2]; (SEVIII paragraaf 6.10)

MER-aspecten

Op hoofdlijnen wordt hier gekeken naar dezelfde aspecten die ook in een MER-traject gehanteerd worden: *leefomgeving, landschappelijk, cultuurhistorie, natuur, ruimtegebruik, bodem en water en archeologie*.

Bij *leefomgeving* gaat het vooral om gevoelige bestemmingen die mogelijk binnen de magneetveldzone van de hoogspanningsverbinding komen (zie Tabel 1). In deze evaluatie zal dat nog niet in detail gebeuren, maar wordt op basis van BAG informatie (Basisregistraties Adressen en Gebouwen) op hoofdlijnen gekeken naar de hoeveelheid en het type bebouwing dat binnen de indicatieve magneetveldzones zal zijn gelegen (zie Tabel 1). Voor mogelijke overige hinder wordt nog gekeken naar hoeveelheid en type bebouwing binnen 250 van de hartlijn van het tracé.

Gekeken wordt naar de *landschappelijke inpassing.* In de traceringsuitgangspunten die zijn meegegeven aan de initiatiefnemers, is het zoekgebied (corridor) opgenomen waarbinnen de alternatieven moeten zijn gelegen. Zoals op grond van SEV III al aangegeven, worden

---

'concept MER (milieueffectrapport)', 2015; 'Startnotitie MER', 2009; 'Tracé-alternatieven ten behoeve van het milieueffectonderzoek', december 2009; 'Richtlijnen voor het milieueffectrapport', 2009.

[2] *Het RIVM heeft een handreiking op basis waarvan de 0,4 microtesla magneetveldzones moeten worden berekend. De Handreiking komt voort uit het voorzorgsbeleid voor bovengrondse hoogspanningslijnen uit 2005 en de toelichtende brief van 2008 van het voormalige ministerie van VROM. Hierin is een magneetveldzone gedefinieerd waarbinnen in nieuwe situaties zo weinig mogelijk woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen terecht mogen komen.*

nieuwe hoogspanningsverbindingen zoveel mogelijk gecombineerd met bestaande tracés of andere bovenregionale infrastructuur zoals snelwegen. Nieuwe doorsnijdingen van het landschap moeten zoveel mogelijk worden voorkomen. Op basis van kaartmateriaal (bureaustudie) wordt geëvalueerd in hoeverre het voorgestelde tracé “aansluit” bij het bestaande landschappelijke hoofdpatroon. Mogelijke doorsnijding van gebieden van bijzondere waarden komt hieronder bij *natuur* aan de orde.

Waar hoogspanningsverbindingen Natura 2000 gebieden, gebieden behorend tot het landelijk natuurnetwerk (EHS) of Nationale Landschappen doorkruisen of op korte afstand passeren (gebieden met bijzonder waarden) zijn de desbetreffende bepalingen (afwegingskaders) uit de Natuurbeschermingswet dan wel de Nota Ruimte van toepassing. Ook moet rekening gehouden worden met beschermde soorten. In deze analyse op hoofdlijnen zal onder het aspect *natuur* gekeken worden in hoeverre gebieden met bijzondere waarde, weidevogelgebieden en akkerland, en foerageergebieden van ganzen worden doorsneden en vrijgespeeld bij verwijdering van een verbinding.

De nieuwe hoogspanningsverbinding dient zoveel mogelijk rekening te houden met bestaande en toekomstige ruimtelijke functies (waaronder grote buisleidingen en buisleidingstraten, hoogtebeperkingen vliegvelden, kassen, bedrijventerreinen, windparken, recreatiegebieden e.d.). Deze functies worden zoveel als redelijkerwijs mogelijk vermeden. Bij toekomstige ontwikkelingen gaat het om vastgestelde ruimtelijke plannen. In de analyse op hoofdlijnen op het aspect *ruimtegebruik* wordt gekeken naar het totale fysieke ruimtebeslag van de voorgestelde alternatieven, en naar de functies die vallen binnen de breedte van de ZRO strook (Zakelijk Recht Overeenkomst; 30 m aan weerszijde van de hartlijn). Hierbij wordt ook gekeken naar de verbindingen die geamoveerd worden.

Het aspect *bodem en water* kijkt of het voorgestelde tracé gebieden met aardkundige waarden doorsnijdt, of verontreinigde locaties. In beide gevallen is vooral mogelijke vergraving (voor het plaatsen van de masten, of verkabeling) een probleem. In de analyse op hoofdlijnen wordt niet in detail naar mastposities e.d. gekeken, maar wordt alleen geëvalueerd of het tracé dergelijke locaties kruist, binnen een strook van 60 m of 250 m (dit laatste in verband met mogelijke hinder voor/van saneringsactiviteiten). Op een vergelijkbare manier wordt aandacht besteed aan *archeologie en cultuurhistorie*.

Technische aspecten

De nieuwe verbinding dient te voldoen aan de (technische) specificaties van TenneT en de Nederlandse normen op het gebied van hoogspanning. Belangrijke normen hierbij zijn: NEN-EN 50341, de NEN 3654 en programma van eisen HS-lijnen. Uit SEV III volgt dat 380kV verbindingen en combinaties tussen 380kV en 150kV verbindingen bovengronds worden aangelegd. In een recente brief van TenneT[3] aan de minister van EZ heeft TenneT aangegeven dat het op beperkte schaal mogelijk is om meer 380kV verbinding ondergronds te brengen. De minister heeft in een reactie op de brief aan de Tweede Kamer[4] aangegeven dat deze berichtgeving hoopgevend is maar dat het belangrijk is dat eerst een second opinion zal worden uitgevoerd op de visie van TenneT. De minister zal op korte termijn hiertoe opdracht geven. De minister heeft daarnaast TenneT gevraagd om voor de verbinding Rilland-Tilburg een quickscan uit te voeren of het verkabelen van een deel van de verbinding op grond van de door TenneT genoemde randvoorwaarden mogelijk is.

[3] *Brief van TenneT van 20 maart 2015*

[4] *Brief aan tweede kamer van Minister Kamp; Ondergrondse aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen, 2 april 2015, overheidsidentificatienummer 1003214369000.*

Het uitgangspunt voor ZW380 is type mast Wintrack[5], tenzij er op plaatsen in het tracé een technische noodzaak is om andere type masten te gebruiken voor de hoogspannings-verbinding. Zodra de lijn een hoek van meer dan 5 graden moet maken, is een hoekmast noodzakelijk. Met Wintrackhoekmasten kan in dit deel van het land een maximale hoek van 120 graden worden gemaakt.

Tijdens de bouw van de nieuwe verbinding moet de functionaliteit van de bestaande hoogspanningsverbindingen en hoogspanningsstations in stand blijven. Bij het toepassen van het combinatieprincipe houdt dit in principe in dat eerst de nieuwe verbinding moet worden gebouwd voordat de oude verbinding uit bedrijf kan worden genomen en kan worden afgebroken. De ruimtelijke consequentie hiervan is dat de nieuwe verbinding in principe niet op dezelfde plaats kan worden gebouwd als de bestaande verbinding: vervanging op exact hetzelfde tracé is alleen mogelijk als ingrijpende tijdelijke maatregelen worden genomen. Van dit uitgangspunt kan alleen incidenteel worden afgeweken als er zwaarwegende ruimtelijke beperkingen zijn en als het gaat om een combinatie van de nieuwe verbinding met een bestaande 150kV-verbinding. Noodzakelijke maatregelen zijn in dat geval tijdelijke verbindingen of een tijdelijke kabel. Kruisingen van hoogspanningsverbindingen zijn ongewenst vanwege de risico's voor de leveringszekerheid en vanwege de complicaties van kruisingen bij onderhoud. Dit geldt vooral voor kruisingen van bestaande 380kV-verbindingen met bestaande verbindingen van het 380kV-net. Het gevolg daarvan is dat, bij toepassing van het SEV III-principe van bundelen, het tracé van de nieuwe verbinding in principe over de gehele lengte aan dezelfde kant van de bestaande verbinding wordt gebouwd. In gevallen dat kruisingen onvermijdelijk zijn moeten speciale voorzieningen worden getroffen om de risico's voor de leveringszekerheid te minimaliseren. Kruisingen leiden daarnaast tot negatieve landschappelijke effecten en zijn relatief duur.

In geval dat de nieuwe verbinding naast een bestaande verbinding wordt gebouwd (het bundelingsprincipe uit SEV III) moet een dusdanige afstand tussen de verbindingen worden aangehouden dat als een mast zou omvallen, deze de geleiders van de andere verbinding niet kan raken. Dit wordt aangeduid als het valcriterium. De minimale afstand tussen de verbindingen wordt daarbij bepaald door de hoogte van de hoogste masten en de maximale uitzwaai van de buitenste geleiders. De afstand die hiervoor wordt aangehouden is 80 meter.
Bij bouwen naast verbindingen die worden gesloopt kan de afstand kleiner zijn. Maatgevend is dan de afstand die nodig is om veilig te kunnen bouwen naast een verbinding die in gebruik is. De afstand die hiervoor wordt aangehouden is 40 meter.

Tabel 1 hieronder geeft de indicatieve zones die voor magneetvelden worden gehanteerd voor ZW380kV.

[5] *Rekening gehouden met het specifieke windgebied en ijsregio in het projectgebied van ZW380 wordt uitgegaan van een veldlengte (hoe ver de masten uit elkaar staan) van 240 tot 450 meter, en een gemiddelde masthoogte van 55 tot 76 meter.*

Tabel 1. Indicatieve magneetveldzones

Mast	Uitvoeringskenmerken (mastafstanden)	Indicatieve magneetveldzone (aan weerszijde van de hartlijn)
4x380kV	Solo	85 m
	Bundeling	85 m
Combi 2x380 – 2x150kV	Solo	80 m
	Bundeling	90 m
2x380kV	Solo	60 m
	Bundeling	60 m

Evaluatie alternatieven

In Tabel 2 hieronder zijn de vragen die voor elk van de aangedragen alternatieven semi-kwantitatief zullen worden beantwoord kort samengevat. TenneT evalueert de alternatieven op basis van technische en kostentechnische uitgangspunten (netconfiguratie, beheer en onderhoud, betrouwbaarheid); Deltares evalueert de alternatieven op basis van de aspecten landschap en milieu- en leefomgeving en laat een externe expert een review doen van de bevindingen van TenneT. De bevindingen zullen worden gepresenteerd middels kaartmateriaal, overzichtstabellen en een toelichting. Per alternatief zal door Deltares een advies worden gegeven ten aanzien van vier opties:

a. Niet haalbaar/realistisch en dus onwenselijk; niet meenemen in MER-onderzoek
b. Meenemen als optimalisatiemogelijkheid van (bestaande) MER-alternatieven
c. Meenemen als variant van (bestaande) MER-alternatieven
d. Meenemen als nieuw MER-alternatief.

Tabel 2. Samenvatting van vragen die voor elk alternatief semi-kwantitatief worden onderzocht

Aspect	Te beantwoorden vraag
SEVIII	Uitgangspunten SEV III (combineren/bundelen/magneetveldenbeleid etc.)
Technische aspecten	Wordt voldaan aan de technische specificaties van TenneT?
	Worden de veilige afstand voor bouwen en het valcriterium gerespecteerd?
	Zijn er mogelijke belemmeringen voor het voldoen aan NEN-normen voor afstand tussen infrastructuur en geleiders?
	Kan de functionaliteit van bestaande 150kV en 380kV hoogspanningsnetten gehandhaafd worden, zowel in de aanleg- als in de gebruiksfase? Zijn er ontoelaatbaar hoge risico's?
	Komen er kruisingslocaties voor?
	Zijn er mogelijke belemmeringen voor goed en veilig beheer en onderhoud?
Landschappelijke inpassing	Ligt het alternatief binnen de corridor?
	Hoe verhoudt de tracé-lijn zich tot het landschappelijke hoofdpatroon?
	In hoeverre is er sprake van nieuwe doorsnijding?
Leefomgeving	Hoeveel bebouwing bevindt zich globaal binnen de magneetveldzone?
	Hoeveel bebouwing bevindt zich globaal binnen de hinderzone?
Natuur	In welke mate worden gebieden van bijzonder waarde doorsneden?
	In welke mate worden weidevogelgebieden en akkerland doorsneden?
	In welke mate worden foerageergebieden van ganzen doorsneden?
Ruimtegebruik	Wat is het fysieke ruimtebeslag?
	Welke functies zijn gelegen binnen de ZRO strook?
	Hoeveel Bos ligt binnen de ZRO strook?
Bodem en water	Worden locaties met aardkundige waarden gekruist?
	Worden verontreinigde locaties gekruist?
Archeologie en cultuurhistorie	Worden archeologisch relevante locaties gekruist?
	Worden Rijksmonument-locaties gekruist?

C Bijlage 3 Codering van ingediende alternatieven/varianten

alternatief	codering	omschrijving
N1	N1-0	paarse lijn in Figuur 3.1
	N1-1	als N1-0 maar vanaf kruising met N268 oost van A17, parallel aan A17 tot aan Standdaarbuiten (SB)
	N1-2	als N1-0 maar al vanaf bedrijventerrein oost van A17, parallel aan A17 tot aan SB
	N1-3	als N1-0 maar volgt eerst bestaande 150 kV tracé, dan oost van A17 tot aan SB
	N1-4	als N1-0 maar west van A17, parallel aan bestaande 380kV tot hoek in bestaande 380kV, kruist daar naar oostkant A17, weer terug bij SB
	N1-5	als N1-0 maar west van A17, vanaf kruising met N268 parallel aan A17 tot aan SB; bestaande 380 kV nabij SB verplaatst om ruimte te maken
	N1-6	als N1-0 maar west van A17, al vanaf bedrijventerrein parallel aan A17 tot aan SB; bestaande 380 kV nabij SB verplaatst om ruimte te maken
	N1-7	als N1-0 maar volgt eerst bestaande 150 kV tracé, dan west van A17 tot aan SB; bestaande 380 kV nabij SB verplaatst om ruimte te maken
	N1-8	als N1-0 maar gaat bij Geertruidenberg noord langs, bestaande 380 kV wordt verplaatst
N2a	N2a-0	paarse lijn in Figuur 3.2 (inclusief verplaatsen bestaande 380kV ten westen van Geertruidenberg)
	N2a-1	als N2a-0 maar met rode variant bij Roosendaal
	N2a-2	verkabeling van 150 kV verbinding in Breda
N2b	N2b-0	paarse lijn in Figuur 3.3
	N2b-1	als N2b-0 maar met rode variant bij Roosendaal
	N2b-2	als N2b-0 maar met rode variant voorbij Made
	N2b-3	Als N2b-0 maar zuid langs de Linie van Den Hout
	N2b-4	verkabeling van 150 kV verbinding in Breda
M3	M3-0	paarse lijn in Figuur 3.4 (inclusief verplaatsen bestaande 380kV ten noorden van Tilburg naar "Bosroute")
	M3-1	als M3-0 maar rode variant nabij kruising met A16
	M3-2	als M3-0 maar bij Geertruidenberg (GB) rode variant helemaal langs noordelijke punt
	M3-3	als M3 maar bij GB eerst klein stukje naar noorden, dan naar oosten in verlengde van vervolg van tracé
	M3-4	als M3-0 maar bij GB eerst naar noorden en dan de punt net afsnijden
	M3-5	als M3-0 maar bij GB meest zuidelijke rode variant
	M3-6	volledig vervangen van bestaande 380kV tussen GB en Tilburg
M3b	M3b-0	paarse lijn in Figuur 3.5
M4	M4-0	paarse lijn in Figuur 3.6
	M4-1	als M4-0 maar bij Standdaarbuiten helemaal noord langs; inclusief verplaatsen deel bestaande 380 kV verbinding
	M4-2	als M4-0 maar alleen het tweede stuk bij de Hoevensche Beemden noord langs
Z5	Z5-0	paars lijnstuk in Figuur 3.7, overigens de rode stippellijn
Z6	Z6-0	paarse lijn in Figuur 3.8
	Z6-1	als Z6-0, maar noord langs bij Standdaarbuiten

D Bijlage 4 Technische beoordeling TenneT

NOTITIE

AAN	Deltares	**DATUM**	18 augustus 2015
		REFERENTIE	002.678.20 0381915
		VAN	Projectteam ZW380kV

ONDERWERP Technische beoordeling alternatieven door de regio - DEFINITIEF

1. Inleiding

Sinds 2009 werken de ministeries van Economische Zaken (EZ) en Infrastructuur en Milieu (I&M) in samenwerking met TenneT aan het opstellen van een milieueffectrapportage (MER) en het uitwerken van een voorgenomen tracé voor de hoogspanningsverbinding ZW380kV tussen Borsele en Tilburg. In maart 2011 hebben de ministers van EZ en I&M een keuze gemaakt voor het voorgenomen tracé in Noord-Brabant op basis van het noordelijke tracé (C150b1) uit het MER. Sinds dat moment is het toen gekozen tracé tussen Borssele en Tilburg uitgewerkt op mastniveau.
Door strengere eisen met betrekking tot leveringszekerheid bij de toepassing van een 4x380 kV-verbinding, zorgt het voorgenomen tracé in Brabant voor te grote risico's met betrekking tot die leveringszekerheid[1]. Op basis van nieuwe inzichten hebben de Ministers van EZ en I&M vastgesteld dat het voorgenomen tracé moet wijzigen naar het zuidelijk tracé (C150n) uit het MER, waar deze risico's zich niet voordoen[2]. In plaats van een noordelijk tracé (Roosendaal-Borchwerf via Geertruidenberg naar Tilburg) wordt daarom gekozen voor een zuidelijk tracé (Roosendaal-Borchwerf via Breda naar Tilburg). Het tracé van Rilland naar Roosendaal blijft vooralsnog zoals gepland.

Deze tracéwijziging heeft in de regio West-Brabant tot onbegrip en weerstand geleid. Voor de minister was dit aanleiding om de regio de ruimte te geven om nieuwe alternatieven aan te dragen. In de vervolgprocedure zullen deze alternatieven eerst getoetst worden op haalbaarheid op basis van:

- Beleidskader: het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III);
- MER-aspecten: Leefomgeving, Landschappelijke inpassing, Natuur, Ruimtegebruik, Bodem en water, Archeologie en cultuurhistorie;
- Technische aspecten.

De haalbaarheidsstudie is nadrukkelijk geen MER-onderzoek, maar is een analyse op hoofdlijnen om eventuele knelpunten ten aanzien van de haalbaarheid op MER-niveau te identificeren en te beoordelen. In feite wordt hier een stap omhoog in het trechteringsproces gezet, naar de stap waarin alternatieven worden geformuleerd (in dit geval door de diverse initiatiefnemers uit de regio) op basis van, en te toetsen aan de hierboven genoemde uitgangspunten.

[1] • Systeemtechnische consequenties toepassing 4-circuit Wintrack in het EHS-net, 74104670-ETD/PSP 13-3355, Arnhem, 24 januari 2014;
• Voorgesteld beleid met betrekking tot de toepassing 4-circuits EHS-verbindingen, 16 juli 2014.
[2] Project specifieke beoordeling 380 kV-combinatielijn Borssele-Rilland en Rilland-Tilburg, 22 juli 2014

Om hierbij zo goed mogelijk gebruik te kunnen maken van de informatie die al in het kader van het MER beschikbaar is (en ook later de overdracht van de verkregen informatie naar het vervolg MER-traject te vergemakkelijken), vindt dit onderzoek wel plaats op basis van een vergelijkbaar analysekader. Alternatieven, die op basis van een besluit van de ministers van EZ en I&M haalbaar worden geacht, zullen vervolgens alsnog in het MER worden onderzocht.

Aan Deltares is gevraagd om een integrale haalbaarheidsstudie uit te voeren. Ten behoeve van de integrale haalbaarheidsstudie door Deltares heeft TenneT een op hoofdlijnen en abstract niveau een technisch beoordelingsonderzoek uitgevoerd op de ingebrachte alternatieven door de regio, met als doel vast te stellen of de alternatieven op MER-niveau netstrategisch en technisch haalbaar zijn. Het is daarbij niet uitgesloten dat door nadere in detailuitwerking van de alternatieven in het vervolgproces (keuze Voorkeursalternatief (VKA)) deze alternatieven alsnog niet uitvoerbaar blijken te zijn. Dit heeft te maken met het abstracte niveau waarop de alternatieven nu zijn beoordeeld. Er is een gedetailleerd netstrategisch en technische onderzoek nodig naar de borging van systeemintegriteit waarbij o.a. wordt gekeken naar de uiteindelijke netconfiguratie met alle aanpassingen, fysieke uitvoerbaarheid (betrouwbaarheid en robuustheid) en traceringsprincipes. Hiervoor is een uitgewerkt tracé op mastniveau noodzakelijk. Dit nader onderzoek vindt pas plaats in het vervolgproces om te komen tot een uitgewerkt VKA.

In deze technische beoordeling wordt op hoofdlijnen een beoordeling gegeven op een aantal technische thema's, zie hierna. Wanneer een alternatief niet haalbaar is, wordt dit benoemd. Wanneer er technische knelpunten zijn te verwachten die eventueel in een latere fase uitgewerkt dienen te worden, wordt dit tevens benoemd.

Per ingediend alternatief worden door TenneT de volgende vragen beantwoord:

- Wordt voldaan aan de technische specificaties van TenneT[3]?
- Worden de veilige afstand voor bouwen en het valcriterium gerespecteerd?
- Zijn er mogelijke belemmeringen voor het voldoen aan NEN-normen voor afstand tussen infrastructuur en geleiders?
- Kan de functionaliteit van bestaande 150 kV- en 380 kV-hoogspanningsnetten gehandhaafd worden, zowel in de aanleg- als in de gebruiksfase? Zijn er ontoelaatbaar hoge risico’s?
- Komen er kruisingslocaties voor? Geven deze kruisingslocaties ontoelaatbaar hoge risico's?
- Zijn er mogelijke belemmeringen voor goed en veilig beheer en onderhoud?

[3] Belangrijke normen hierbij zijn: NEN-EN 50341, de NEN 3654 en het programma van eisen Hoogspanningslijnen

Ingebrachte alternatieven

De volgende alternatieven zijn ingebracht door de regio:

Naam tracé:	**Indiener:**
N1 - Optimalisatie noordelijk tracé de heer Fransen	Dhr. C.P. Fransen
N2a - Voorkeurstracé A17-Amer 380 kV N2b - Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg	Actiecomité Halderberge 380kV, 380kVEtten-Leur, Breda380kVNEE
M3 - het A59 Midden-tracé	380kVOosterhoutNEE, Hoogspanning Haagse Beemden, Breda380kVNEE
M3b – Oosterheide-alternatief	Bewonerscomité Oosterheide
M4 - Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord	Regio West Brabant
Z5 - Optimalisatie van het zuidelijk tracé bij bebouwde kom Oosterhout	Actiecomité 380kV NEE Den Hout, gemeente Oosterhout
Z6 - Optimalisatie van het zuidelijke tracé in verschillende gemeenten	Regio West Brabant

Als bijlage is het kaartmateriaal van de ingediende alternatieven toegevoegd.

In dit document komen achtereenvolgend aan de orde:

1. Inleiding
2. Technische aspecten; uitleg over verschillende technische aandachtpunten voor de tracering.
3. Technische beoordeling alternatieven door de regio

Over TenneT

TenneT wil de leveringszekerheid van elektriciteit op onze markten waarborgen, en als toonaangevende netbeheerder meewerken aan de ontwikkeling van een geïntegreerde en duurzame elektriciteitsmarkt in Noordwest-Europa.

De voornaamste taken als netbeheerder zijn de volgende:

1. het verzorgen van transportdiensten door het aanleggen, onderhouden en beheren van een robuust hoogspanningsnet;
2. het verzorgen van systeemdiensten door het evenwicht tussen de vraag naar en het aanbod van elektriciteit te handhaven;
3. het faciliteren van een efficiënt functionerende, liquide en stabiele elektriciteitsmarkt.

TenneT voert voornamelijk gereguleerde taken uit. De kaders waarbinnen wij deze activiteiten uitvoeren, zijn vastgelegd in de van toepassing zijnde Nederlandse en Duitse wet- en regelgeving. Externe instanties houden toezicht op de naleving van deze wet- en regelgeving door TenneT.

2. Technische aspecten

2.1 Technische specificaties van TenneT

De nieuwe verbinding dient te voldoen aan de (technische) specificaties van TenneT en de Nederlandse normen op het gebied van hoogspanning. Belangrijke normen hierbij zijn: NEN-EN 50341, de NEN 3654 en programma van eisen HS-lijnen. Uit het SEV III volgt dat nieuwe 380 kV-verbindingen en combinaties tussen 380 kV- en 150 kV-verbindingen in principe bovengronds worden aangelegd. De 150 kV-verbindingen worden doorgaans wel ondergronds aangelegd.

Het uitgangspunt voor Zuid-West 380 kV is het masttype Wintrack, tenzij er op plaatsen in het tracé een technische noodzaak is om andere type masten (de vertrouwde vakwerkmasten) te gebruiken voor de hoogspanningsverbinding (bijvoorbeeld bij kanaalkruisingen). Zodra de lijn een hoek van meer dan 5 graden moet maken, is een hoekmast noodzakelijk. Met Wintrackhoekmasten kan in dit deel van het land een maximale hoek van 120 graden worden gemaakt.



Impressie Wintrackmast en vakwerkmast

2.2 Functionaliteit van bestaande 150 kV- en 380 kV-hoogspanningsnetten

Tijdens de bouw van de nieuwe verbinding moet de functionaliteit van de bestaande hoogspanningsverbindingen en hoogspanningsstations in stand blijven. Bij het toepassen van het combinatieprincipe houdt dit in principe in dat eerst de nieuwe verbinding moet worden gebouwd voordat de oude verbinding uit bedrijf kan worden genomen en kan worden afgebroken. De ruimtelijke consequentie hiervan is dat de nieuwe verbinding in principe niet op exact dezelfde plaats kan worden gebouwd als de bestaande verbinding: vervanging op exact hetzelfde tracé is alleen mogelijk als ingrijpende tijdelijke maatregelen worden genomen. Van dit uitgangspunt kan alleen incidenteel worden afgeweken als er zwaarwegende ruimtelijke beperkingen zijn en als het gaat om een combinatie van de nieuwe verbinding met een bestaande 150 kV-verbinding. Noodzakelijke maatregelen zijn in dat geval tijdelijke verbindingen of een tijdelijke kabel. Bij een combinatie met een bestaande 380kV-verbinding zijn deze tijdelijke maatregelen niet mogelijk, waardoor een nieuw tracé daar altijd enigszins afwijkt van het bestaande tracé.

2.3 Reconstructies

Uitgangspunt van TenneT is dat er geen reconstructies (aanpassingen in bestaande verbindingen) plaatsvinden tenzij noodzakelijk omdat de Energiewet (E-wet) verplicht om kostenefficiënt verbindingen aan te leggen. Daarnaast dient TenneT ervoor te zorgen dat veiligheidsrisico's en risico's voor de leveringszekerheid ten alle tijden tot een minimum beperkt blijven. Wanneer bestaande verbindingen worden verplaatst, wordt er bestaand kapitaal afgebroken, ontstaan er gedurende de bouw van de verbinding risico's op de leveringszekerheid en worden er tevens hoge voorziene niet beschikbaarheid (VNB) (zie 10) kosten gemaakt. Hierdoor zijn reconstructies van bestaande verbindingen zeer ongewenst wanneer hier geen (technische) noodzaak voor is.

2.4 Kruisingen bovengrondse verbinding

Kruisingen van hoogspanningsverbindingen zijn ongewenst vanwege de risico's voor de leveringszekerheid en vanwege de complicaties van kruisingen bij onderhoud. Dit geldt vooral voor kruisingen van 380 kV-verbindingen met bestaande verbindingen van het 380 kV-net. In gevallen dat kruisingen onvermijdelijk zijn, moeten speciale voorzieningen worden getroffen om de risico's voor de leveringszekerheid te minimaliseren en onderhoud aan de hoogspanningsverbinding mogelijk te maken. Dit kan bijvoorbeeld door een kruisingslocatie in de vorm van een hoogspanningsstation (zonder schakelvelden) of een hoogspanningsstation. Hierdoor leiden kruisingen, vanwege de grootte, tot negatieve landschappelijke effecten en zijn deze relatief duur (o.a. VNB, zie 2.10).

De effecten van kruisingen van een 380 kV-verbinding met bestaande 150 kV-verbindingen zijn minder groot dan bij kruisingen van een 380 kV-verbinding met bestaande 380 kV-verbindingen. Mogelijke oplossingen zijn het lokaal verlagen van de bestaande 150 kV-verbinding of het lokaal toepassen van een ondergrondse 150 kV-kabelverbinding.

2.5 380 kV ondergronds

In 2008 heeft TenneT aangegeven maximaal 20 km 380 kV-kabel verantwoord in het Nederlandse, vermaasde hoogspanningsnet ondergronds aan te kunnen leggen. Dit vanwege de specifieke eigenschappen van een 380 kV-wisselstroomkabel en het ontbreken van voldoende (internationale) ervaring met het systeemgedrag van zo'n kabel. De tracélengte van 20 km – met een totale kabellengte van 240 km – was op dat moment op de grens van wat wereldwijd in de praktijk was beproefd. TenneT is destijds een 10-jarig onderzoeksprogramma opgestart samen met de Technische Universiteiten van Delft en Eindhoven. Bij het opstellen van Rijksinpassingsplannen voor de aanleg van nieuwe 220/380 kV-verbindingen in het vermaasde net is sindsdien deze 20 km als landelijk maximum gehanteerd.

Op basis van de tussentijdse resultaten van het onderzoek aan de 10 km kabel die inmiddels in bedrijf is in de Randstad en aanvullend onderzoek van TenneT en derden heeft TenneT geconcludeerd, dat er behoedzaam verdere stappen kunnen worden gezet in het uitbreiden van het aantal kilometers kabelverbinding op 220/380 kV. De conclusie uit de analyse van de resultaten is dat het inmiddels mogelijk is situationeel meer te verkabelen.

Momenteel voert TenneT een aantal onderzoeken (harmonische analyse genaamd) uit met als doel te bepalen of, en hoeveel kilometer kabel zou kunnen worden toegepast in bepaalde delen van het hoogspanningsnet. Ook voor het netdeel Rilland-Tilburg wordt een harmonische analyse uitgevoerd. Deze harmonische analyses geven inzicht in het gedrag van het hoogspanningsnet met daarin de kabel, bij verschillende frequenties. Op bepaalde locaties in het hoogspanningsnet zal het niet mogelijk zijn om een 380kV kabel toe te passen. Wanneer voor het project ZW380kV-Oost het toepassen van een 380kV kabeltracé tot de mogelijkheden behoort, zal dit nader in het proces worden meegenomen (al dan niet in de MER fase).

2.6 EMC/Interferentie

Wanneer er een nieuwe hoogspanningsverbinding gebouwd wordt (boven- of ondergronds) moet conform de NEN-EN 50341-3 de beïnvloeding worden onderzocht op omliggende objecten.
Voorbeelden van dergelijke objecten zijn: buisleidingen, vangrails, stoplichten, spoorlijnen etc. Bij al deze objecten zijn verschillende veiligheidseisen van toepassing. Aan de hand van de bijbehorende eisen dient te worden getoetst of aanvullende maatregelen vereist zijn. Per type object zijn verschillende eisen (normen) van toepassing. Bij een beïnvloedingsonderzoek dient te worden onderzocht of (per verschillende type object) aan de strengste eis wordt voldaan.

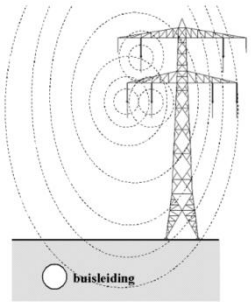
Er zijn diverse beïnvloedingsvormen. Over het algemeen vormen een tweetal maatgevende beïnvloedingsvormen de meeste problemen bij het bouwen van een hoogspanningsverbinding:

1. Inductieve beïnvloeding
2. Weerstandsbeïnvloeding

Naast de twee bovenstaande beïnvloedingsvormen zijn er nog diverse andere beïnvloedingsvormen echter zijn deze twee beïnvloedingsvormen over het algemeen het meest maatgevend. Een voorbeeld van een andere beïnvloedingsvorm is capacitieve beïnvloeding. Capacitieve beïnvloeding is een gevolg van het elektrische veld rondom de hoogspanningsverbinding. Grote, geïsoleerd opgestelde, objecten kunnen door dit elektrische veld worden opgeladen. Dit opladen wordt capacitieve beïnvloeding genoemd. Doorgaans is capacitieve beïnvloeding eenvoudig oplosbaar door het object te aarden.

Inductieve beïnvloeding

Wanneer een geleider stroom voert ontstaat er rondom deze geleider een magnetisch veld. Dit magnetisch veld is afhankelijk van de hoeveelheid stroom die door de geleider loopt. Wanneer er andere elektrisch geleidende objecten zich in dit magnetisch veld bevinden kan ook hier een spanning worden geïnduceerd. De grootte van deze geïnduceerde spanning is afhankelijk van de afstand tussen de twee geleiders, configuratie van de mast, lengte van parallelloop en de veldsterkte van het magnetisch veld.

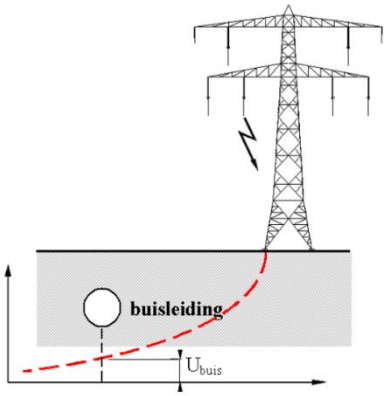


Figuur 2: inductieve beïnvloeding op buisleiding.

Een goed voorbeeld van een lange geleider is een buisleiding. Zodra deze buisleiding parallel loopt aan een hoogspanningsverbinding kan inductieve beïnvloeding leiden tot ontoelaatbare aanraakspanningen. Zodra een mens deze buisleiding aanraakt, zal er door het spanningsverschil tussen de buisleiding en de bodem een stroom gaan lopen via het lichaam. Daarnaast kan deze vorm van beïnvloeding, afhankelijk van het object, stoorspanningen en een risico op wisselstroomcorrosie veroorzaken. Hoe langer de buisleiding parallel loopt en hoe korter de afstand tussen de buisleiding en de hoogspanningsverbinding hoe meer spanning er geïnduceerd wordt op deze buisleiding. Lange parallelloop met geleidende objecten, zoals buisleidingen, wordt dan ook gezien als zeer onwenselijk. Zoals te zien is in figuur 2 treedt inductieve beïnvloeding ook onder de grond op. Met andere worden: de grond schermt magnetische velden niet af. Het is niet altijd te voorkomen dat parallelloop met buisleidingen plaatsvindt, vanwege het groot aantal aanwezige buisleidingen in het gebied. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé worden mogelijke oplossingen uitgewerkt, indien deze inductieve beïnvloeding leidt tot ontoelaatbare aanraakspanningen.

Weerstandsbeïnvloeding

Wanneer er een kortsluiting optreedt, vloeit een deel van deze kortsluitstroom via de mast, door de grond, terug naar de transformatoren in de stations. Deze stroom ondervindt een weerstand door de grond. Deze kortsluitstroom in combinatie met de bodemweerstand hebben een potentiaalverschil (potentiaaltrechter) als gevolg. De bodemweerstand is afhankelijk van de bodemsamenstelling. Eventuele objecten in de grond kunnen dus worden blootgesteld aan een verhoogde bodempotentiaal, zie afbeelding hieronder. Deze vorm van beïnvloeding wordt weerstandsbeïnvloeding genoemd.



Figuur 2: weerstandsbeïnvloeding op buisleiding.

In bovenstaand figuur is het fenomeen weerstandsbeïnvloeding schematisch weergegeven. Bij objecten die zich in deze potentiaaltrechter bevinden kan door weerstandsbeïnvloeding ontoelaatbare overbruggingsspanningen ontstaan. Via geleidende objecten kunnen spanningen versleept worden naar een locatie met een andere bodemspanning. Zodra een mens of dier het object aanraakt zal er door het spanningsverschil tussen het object en de bodem een stroom gaan lopen via het lichaam. Daarnaast kan in geval van buisleidingen de coating van de buisleiding beschadigd raken waardoor de risico op het corroderen van de buisleiding toeneemt.
Vanwege potentiaaltrechters is het zeer onwenselijk om een hoogspanningsmast nabij geleidende objecten zoals buisleidingen, spoorrails en hekwerken te plaatsen.

2.7 Afstand tot bestaande te handhaven verbindingen ('valcriterium')

In het geval dat de nieuwe hoogspanningsverbinding naast een bestaande verbinding wordt gebouwd (het bundelingsprincipe uit SEV III) moet een dusdanige afstand tussen de verbindingen worden aangehouden dat als een mast omvalt, deze de geleiders van de andere verbinding niet kan raken. Dit wordt aangeduid als het valcriterium. De minimale afstand tussen de verbindingen wordt daarbij bepaald door de hoogte van de hoogste masten en de maximale uitzwaai van de buitenste geleiders. De afstand die voor ZW-Oost wordt aangehouden is 80 meter voor reguliere Wintrackmasten met een veldlengte van 400 meter.

Bij het bouwen naast verbindingen die worden gesloopt kan de afstand kleiner zijn. Maatgevend is dan de afstand die nodig is om veilig te kunnen bouwen naast een verbinding die in gebruik is. De afstand die hiervoor wordt aangehouden is 40 meter.

2.8 Afstand tot buisleidingen

Er worden aan buisleidingen (net als bij hoogspanningsverbindingen) hoge eisen gesteld aan de bedrijfszekerheid. Er dient voorkomen te worden dat falen van een buisleiding of het omvallen van een hoogspanningsmast leidt tot cascade effecten. De masten dienen dan ook zoveel mogelijk op valafstand vanaf de buisleidingenstraat te worden geplaatst. Het MER voorziet niet in een minimale afstand tot bestaande buisleidingen. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé (op mastniveau) wordt rekening gehouden met het positioneren van masten op veilige afstand van aanwezige buisleidingen.

2.9 Afstand overige infrastructuur

Het MER voorziet niet in een minimale afstand tot diverse infrastructuur zoals snelwegen, spoorlijnen en vaarwegen. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé (op mastniveau) wordt rekening gehouden met het beleid van de betreffende infrastructuurbeheerders.

2.10 VNB

VNB staat voor Voorziene Niet Beschikbaarheid. Wanneer er bijvoorbeeld onderhoud aan het hoogspanningsnet vereist is dient een deel of delen hiervan spanningsloos te worden gemaakt (afgeschakeld). Dit gepland afschakelen van delen van het hoogspanningsnet wordt Voorziene Niet Beschikbaarheid genoemd, afgekort met VNB.

Echter, delen van het hoogspanningsnet kunnen niet zomaar worden afgeschakeld. TenneT is namelijk verantwoordelijk voor het transporteren van stroom en dient te waarborgen dat iedereen 24 uur per dag, zeven dagen per week, de beschikking heeft over elektriciteit.
Voordat een netdeel kan worden uitgeschakeld dient dus eerst goed gecontroleerd te worden of de huidige netsituatie het toestaat en er dus niet een tekort of overschot aan energie (stroom) ontstaat. Met andere woorden: is er genoeg transportcapaciteit beschikbaar in andere delen van het hoogspanningsnet om het uitschakelen van deze netdelen op te kunnen vangen?

Sommige netdelen zijn erg kritisch en worden, door de steeds toenemende vraag naar elektriciteit, steeds zwaarder belast. Het uitschakelen van deze netdelen is dan ook erg lastig. Indien er niet voldoende restcapaciteit is, in overige netdelen, kan er voor worden gekozen om een stroomproducent minder stroom te laten produceren en deze stroom opnieuw in te kopen in netdelen waar nog wel voldoende capaciteit beschikbaar is. Echter zijn producenten van elektriciteit commerciële bedrijven die winst moeten maken. Een stroomproducent zal dus niet zomaar een elektriciteitscentrale stilleggen en hier een (hoge) vergoeding voor eisen.

Naast het feit dat het uitschakelen van een deel van het hoogspanningsnet hoge kosten met zich mee kan brengen, brengt het ook risico's ten aanzien van leveringszekerheid met zich mee. Wanneer netdelen namelijk zijn uitgeschakeld is er minder reservecapaciteit in het net aanwezig waardoor onverwachte gebeurtenissen minder of niet goed kunnen worden opgevangen. Voorbeelden hiervan zijn een kortsluiting in het net, het plotseling uitvallen van een elektriciteitscentrale of een onverwachte toename van windenergie.

Omdat het uitschakelen van netdelen vaak hoge kosten en extra risico's voor de leveringszekerheid met zich mee brengen zijn VNB's zeer onwenselijk. VNB's dienen dan ook altijd tot een minimum beperkt te worden.

2.11 Beheer en onderhoud

Alle hoogspanningsverbindingen en kruisingslocaties dienen dusdanig te worden gerealiseerd dat zij veilig onderhouden kunnen worden.

3. Technische beoordeling alternatieven door de regio

De alternatieven die door verschillende partijen vanuit de regio zijn ingediend heeft TenneT vertaald op kaart, zie bijlagen. De paarse lijn betreft het basisvoorstel van de partij. Wanneer er door partijen varianten zijn aangedragen worden deze in het rood weergegeven. De beschrijving die door de partijen zijn ingediend zijn tevens meegenomen in deze beoordeling.

De toets door TenneT is op een hoog abstractieniveau uitgevoerd. De ingediende alternatieven hebben echter allen een verschillend detailniveau. TenneT heeft alle alternatieven voor dezelfde thema's op hoofdlijnen beoordeeld waarbij zij is uitgegaan van wat indieners hebben aangedragen. De thema's zijn:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Kruisingslocaties;

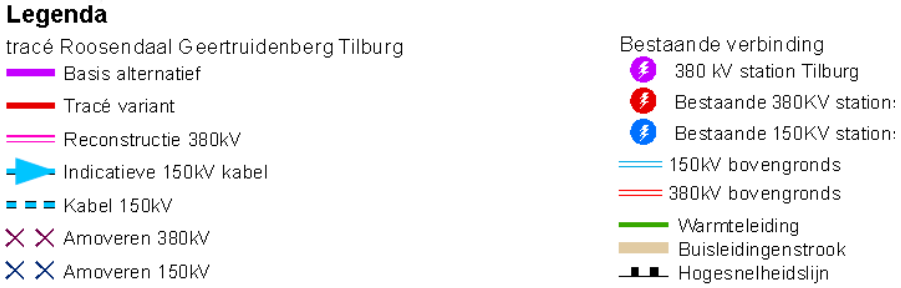
Beoordelingsniveaus

Daar waar voor de alternatieven technische aandachtspunten te verwachten zijn, is een nadere beoordeling per locatie opgenomen. Hierbij wordt per locatie aangegeven binnen welk thema het technisch aandachtspunt zich voordoet en hoe complex een situatie is.

De volgende categorieën worden onderscheiden:

- Complex
  - Complexe technische aandachtspunten zijn aandachtspunten die nadere uitwerking behoeven. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om oversteken van infrastructuur zoals spoorlijnen, snelwegen, vaarwegen e.d. en oversteken van bedrijventerreinen en/of kassencomplexen.
- Zeer complex
  - Zeer complexe technische aandachtspunten zijn aandachtspunten waarvoor nadere technische uitwerking nodig is om mogelijke oplossingen te onderzoeken. Deze nadere uitwerking gaat verder dan een goede tracering op mastniveau zoals bij complexe aandachtspunten. Vaak zijn uitgebreide onderzoeken (potentiaaltrechters, EMC e.d.) of technische uitwerkingen (kruisingslocaties, stations e.d.) nodig om de haalbaarheid te onderzoeken. Hierbij gaat het om de ligging van het tracé nabij buisleidingen en parallelloop met buisleidingen, kruisingslocaties met bestaande verbindingen en verplaatsing van bestaande verbindingen om technische aandachtspunten spelen voor te lossen. Optimalisaties van het tracé op VKA niveau zijn daarbij nodig, waarbij een afweging van oplossingsrichtingen wordt gedaan.
- Buiten scope project Zuid-West 380 kV
  - Bepaalde ingediende tracédelen vallen buiten de scope van het project Zuid-West 380 kV. Het project behelst de aanleg van een 2x380 kV-verbinding waarbij gecombineerd wordt met een bestaande verbinding die elders wordt geamoveerd (conform SEVIII). Alle extra ingediende verzoeken kunnen niet worden meegenomen als dit geen onderdeel uitmaakt van de scope van het project Zuid-West 380 kV. Hierbij gaat het om verzoeken waarbij extra 150 kV-verbindingen worden verkabeld of waar bestaande verbindingen worden verplaatst zonder dat hier een technische noodzaak aan ten grondslag ligt.

In deze notitie zijn uitsneden van de kaarten opgenomen. De volgende legenda hoort hierbij:

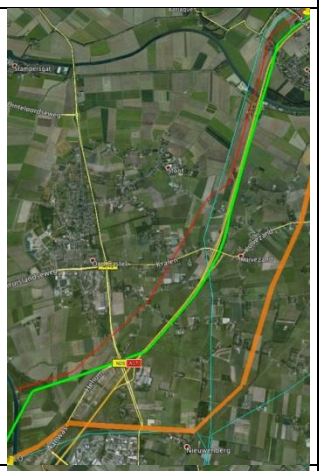


Note
Voor alle alternatieven geldt dat de aansluiting van de 150 kV-hoogspanningsstations op de nieuwe verbinding door middel van o.a. ondergrondse 150 kV-kabeltracés niet (correct) zijn weergegeven. Deze aansluitingen zijn dan ook buiten de technische beoordeling gelaten.
Bij het mogelijk opnemen van de tracés in het MER en/of de nadere uitwerking van de tracés dienen deze aansluitingen nader te worden onderzocht en uitgewerkt.

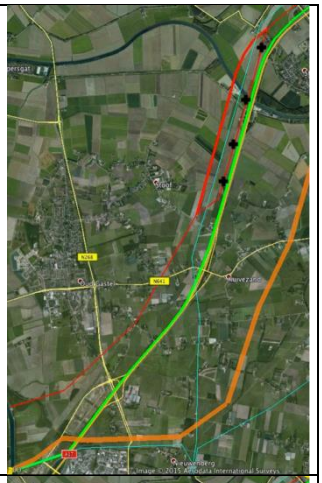
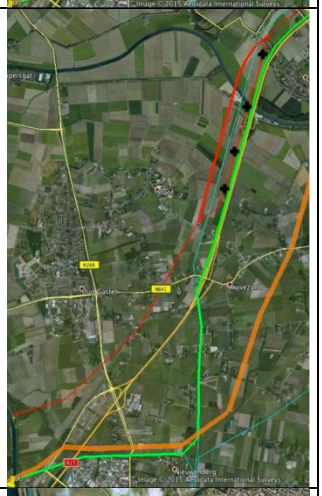
3.1 N1 - tracé Roosendaal Geertruidenberg Tilburg

Korte omschrijving

Voor het knelpunt bij Oud-Gastel (tracédeel Borchwerf – Standdaarbuiten) zijn acht optimalisaties aangedragen op het MER alternatief C150b1. Deze optimalisaties zijn hieronder tekstueel omschreven.

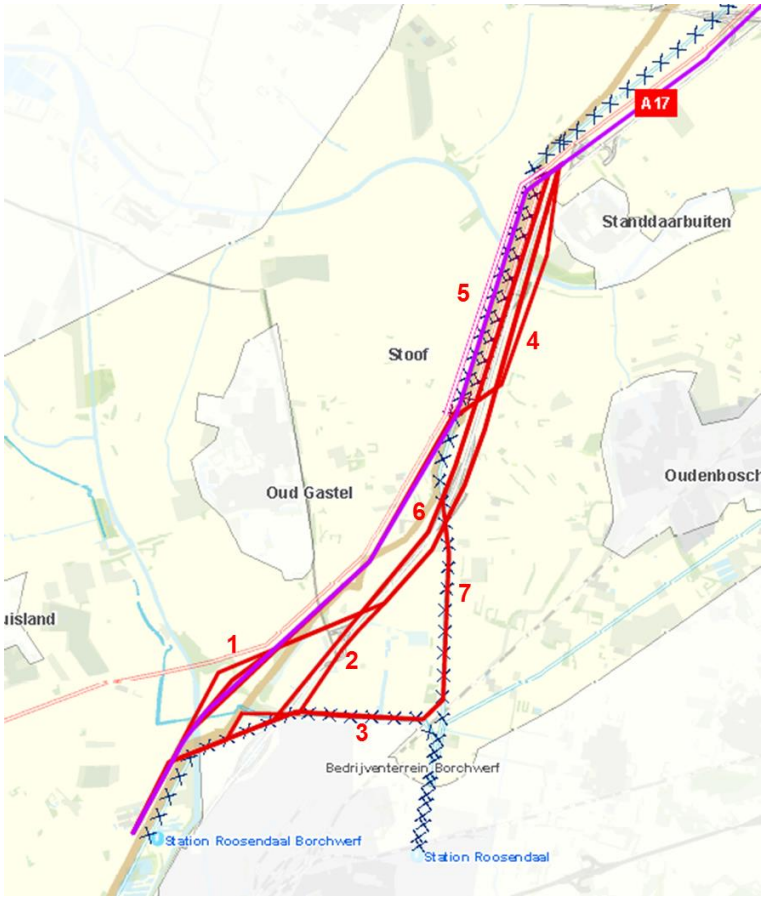
	Omschrijving	**Afbeeldingen zoals ingediend**
N1.0	MER alternatief C150b met een optimalisatie bij Standdaarbuiten en bij Geertruidenberg. Bij Standdaarbuiten wordt de bestaande 380 kV-verbinding tweemaal gekruist en ligt deze op de hartlijn van de bestaande 150 kV-verbinding. Bij Geertruidenberg wordt de bestaande 380 kV-verbinding tweemaal gekruist waardoor de nieuwe verbinding niet over het 380 kV-station Geertruidenberg heen loopt.	Zie paarse lijntje op kaart
N1.1	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Het tracé loopt ten noorden vanaf de kruising met N268 parallel ten oosten van de A17 loopt tot aan Standdaarbuiten.	
N1.2	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Is vrijwel gelijk aan optimalisatie N1.1, echter loopt het tracé ter hoogte van bedrijventerrein Borchwerf al parallel aan de A17.	

N1.3	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Volgt het bestaande 150 kV-tracé en loopt langs de oostzijde van de A17 tot aan Standdaarbuiten.	
N1.4	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Het tracé loopt ten westen van de A17 tot aan de hoek in de bestaande 380 kV-verbinding. Hier steekt deze de A17 over een loopt aan de oostzijde hiervan tot aan Standdaarbuiten. Hier kruist hij de A17 opnieuw.	
N1.5	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Het tracé loopt vanaf de kruising met de N268 parallel ten westen van de A17 loopt tot aan Standdaarbuiten. Nabij Standdaarbuiten dient de bestaande 380 kV-verbinding te worden verplaatst om ruimte te maken voor Zuid-West 380 kV.	

N1.6	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Is vrijwel gelijk aan optimalisatie 5, echter loopt het tracé ter hoogte van bedrijventerrein Borchwerf verder parallel aan de A17.	
N1.7	Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten: Is vrijwel gelijk aan optimalisatie 5, echter loopt het tracé een stuk parallel aan de 150 kV-verbinding.	
N1.8	Optimalisatie Geertruidenberg: Alle bestaande 150 kV-kabels aan de oostzijde van het Trafostation Geertruidenberg worden ondergronds gelegd. Verder wordt er op 80m evenwijdig aan het bestaande 380 kV-tracé een nieuw 380 kV-tracé aangelegd.	

Kaartmateriaal







Technische beoordeling

N1.0

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Kruisingslocaties;
- EMC/Interferentie;
- Functionaliteit bestaande netten.

De bestaande 380 kV-verbinding wordt in dit voorgestelde tracé vijf maal gekruist. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locaties als zeer complex, zie ook paragraaf 2.4. De 380 kV-kruisingen dienen nader te worden onderzocht, hiervoor zijn verschillende oplossingsmogelijkheden. Hierbij ligt het knelpunt in de technische mogelijkheden en ruimtelijke effecten van de verschillende oplossingen. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Buisleidingenstrook (1)

Tussen Roosendaal-Borchwerf loopt het tracé nabij en parallel aan de buisleidingenstrook. De potentiaaltrechters van de masten mogen niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de bestaande 380 kV-verbinding en de buisleidingenstrook en de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA. Nabij Standdaarbuiten ligt het voorgestelde tracé op de hartlijn van de bestaande 150 kV-verbinding, dit is onwenselijk, zie ook paragraaf 2.2.

Zevenbergschenhoek (2)

Tussen Zevenbergen en Zevenbergschenhoek ligt de buisleidingstrook ten zuiden van de bestaande 380 kV-verbinding. Het tracé komt hierdoor dicht bij de buisleidingstrook te staan. Deze strook betreft echter een planologische reservering (er liggen nog geen leidingen in).
Op dit momenteel is dit knelpunt dus van planologische aard. Bij aanleg van buisleidingen in deze strook wordt hier een groot knelpunt verwacht voor dit tracé. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als realiseerbaar. Het betreft op dit moment een planologisch knelpunt.

Geertruidenberg (3)

Het tracé heeft nabij Geertruidenberg, naast de twee 380kV kruisingen, te maken met een complexe oversteek van diverse infrastructuur: de Amertak inclusief waterkeringen en de Rijksweg. Op dit moment is de verwachting dat deze infrastructuurkruisingen technisch realiseerbaar zijn door bijvoorbeeld het toepassen van verhoogde masten of aangepaste veldlengtes.

TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie (exclusief 380kV kruisingen) als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Essent Warmteleiding (4)
Nabij de bestaande 380 kV-verbinding ten oosten van Dongen ligt de Essent Warmteleiding direct ten westen van deze bestaande verbinding. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over deze Warmteleiding komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Het voorgestelde alternatief is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.1 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Tussen de bestaande 380 kV-verbinding en de A17 ligt de buisleidingenstrook. Het alternatief kruist deze leidingstrook. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locaties als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Ter hoogte van Standdaarbuiten wordt een knelpunt verwacht vanwege ruimtegebruik. Wanneer de verbinding op valafstand van de bestaande 380 kV-verbinding wordt geplaatst, ontstaat mogelijk een knelpunt door de aanwezigheid van de A17 en een woonlint (Oude Kerkstraat). TenneT beoordeelt het alternatief (op deze locatie) als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt bij het plaatsen van de mastposities in relatie tot de bestaande verbinding, de A17 en de aanwezige woningen en andere bebouwing. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.2 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Deze optimalisatie is vergelijkbaar als optimalisatie N1.1. Hiervoor gelden dan ook dezelfde opmerkingen als hierboven genoemd.

De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.3 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Voor deze optimalisatie gelden dezelfde opmerkingen als optimalisatie N1.1.
Daarnaast ligt dit alternatief op de hartlijn van de bestaande 150 kV-verbinding Moerdijk – Roosendaal. Dit betekent dat deze 150 kV volledig uit bedrijf moet wat zeer waarschijnlijk niet mogelijk is. Het verdient de voorkeur om het alternatief naast de bestaande 150 kV (op veilige bouwafstand) verbinding te projecteren, zie ook paragraaf 2.2. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.4 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Kruisingslocaties.

Tussen Roosendaal-Borchwerf en de oversteek van het tracé van de A17 loopt het tracé nabij en parallel aan de buisleidingenstrook. De potentiaaltrechters van de masten mogen niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de bestaande 380kV-verbinding en de buisleidingenstrook en de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Ter hoogte van de kruising van het tracé met de bestaande 150 kV-verbinding wordt een knelpunt verwacht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek voor de kruisingslocatie, de ligging van de buisleidingenstrook, het woonlint (Pietseweg) en de ligging van de A17. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Ter hoogte van Standdaarbuiten wordt een knelpunt verwacht vanwege ruimtegebruik. Wanneer de verbinding op valafstand van de bestaande 380 kV-verbinding wordt geplaatst, ontstaat mogelijk een knelpunt door de aanwezigheid van de A17 en een woonlint (Oude Kerkstraat). TenneT beoordeelt het alternatief (op deze locatie) als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt bij het plaatsen van de mastposities in relatie tot de bestaande verbinding, de A17 en de aanwezige woningen en andere bebouwing. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.5 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Ter hoogte van de kruising van het tracé met de bestaande 150 kV-verbinding wordt een knelpunt verwacht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden.

Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek voor de kruisingslocatie, de ligging van de buisleidingenstrook, het woonlint en de ligging van de A17. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Tussen de bestaande 380 kV-verbinding en de A17 ligt de buisleidingenstrook. Het alternatief kruist deze leidingstrook en loopt ter hoogte van de voorgestelde verplaatsing van de bestaande 380 kV-verbinding, parallel aan deze strook. De potentiaaltrechters van de masten mogen niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex.

Daarnaast wordt nabij Standdaarbuiten de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe Zuid-West380 kV-verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. Deze noodzaak is op dit moment niet onderzocht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de A17 en de buisleidingenstrook, de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook en de technische noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen.

De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.6 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Voor deze optimalisatie gelden dezelfde opmerkingen als optimalisatie N1.5.

De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.7 Optimalisatie Borchwerf-Standdaarbuiten

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Voor deze optimalisatie gelden dezelfde opmerkingen als optimalisatie N1.3 en N1.5.
De voorgestelde optimalisatie is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N1.8 Optimalisatie Geertruidenberg



Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Kruisingslocaties;

De bestaande 150 kV-verbindingen worden verkabeld en de bestaande 380 kV-verbinding wordt verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe Zuid-West 380 kV-verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hoe die optimalisatie eruit komt te zien is op dit moment niet bekend.

Hierbij wordt de opmerking geplaatst dat de uitwerking vrijwel gelijk aan de uitwerking van TenneT van het bestaande VKA (op basis van MER alternatief C150b1). Hiervoor gelden nog steeds dezelfde knelpunten als voor het noordelijke tracé (VKA 1.2)[4].

[4] Er is in de huidige situatie weinig ruimte tussen de centrale, het 380 kV-hoogspanningsstation en de vele hoogspanningsverbindingen die daar momenteel staan. In de plannen voor het noordelijke tracé zouden de bestaande 150 kV-verbindingen deels verdwijnen, deels onder de grond gebracht worden om ruimte te maken om de bestaande 380 kV naar het westen te schuiven. Dit was nodig om genoeg ruimte te hebben voor de nieuwe 380 kV. De twee 380 kV-verbindingen zouden op zeer korte afstand van elkaar komen te staan. Het verder uit elkaar schuiven van de 380 kVverbindingen is hier slecht mogelijk door de aanwezige belemmeringen in het gebied. Het is niet mogelijk de verbindingen op voldoende afstand van elkaar te plaatsen, waarbij rekening wordt gehouden met alle aanwezige ondergrondse leidingen, wegen en te bewaren afstand tot de woningen in de kern van Geertruidenberg. Dit zorgt daarmee bij Geertruidenberg voor een ruimtelijk onaanvaardbare situatie.

3.2 N2a - Voorkeurstracé A17-Amer 380 kV

Korte omschrijving

Dit tracé N2a.0 (paarse lijn) bundelt met de A17 en bestaande 380 kV-hoogspanningsverbinding. De bestaande 150 kV-verbindingen Roosendaal-Geertruidenberg en Geertruidenberg-Tilburg worden gecombineerd met het A17-Amer 380 kV-tracé. Ter hoogte van de A17 bundelt het alternatief met de snelweg en de bestaande 380 kV-verbinding. Er is een variant N2a.1 (zie rode lijn 1 op kaart) hierop ingediend waarbij het tracé eerst een stukje richting de bestaande 380 kV-verbinding loopt en hiermee bundelt, en daarna pas bundelt met de A17.
Dit alternatief is voor het overige deel vrijwel gelijk aan het reeds bestaande MER alternatief C150b1 (noordelijke tracé). Nabij Standdaarbuiten loopt het tracé ten oosten van de bestaande 380 kV-verbinding en ten westen van de A17. Als oplossing voor het ruimtegebrek en een grotere afstand van de woonkern, wordt de bestaande verbinding voor een deel verplaatst om ruimte te maken voor de realisatie van de bestaande verbinding.

Het tracé wijkt verder af van het bestaande MER alternatief C150b1 nabij Hooge Zwaluwe en tussen Geertruidenberg en Tilburg. Nabij Hooge Zwaluwe wordt de bestaande 380 kV-verbinding voor een deel naar het noorden verplaatst, waardoor ruimte ontstaat aan de zuidzijde om Zuid-West 380 kV te realiseren. Het tracé blijft hierdoor ten zuiden van de bestaande 380 kV-verbinding en loopt deze op afstand van het 380 kV station Geertruidenberg. Tussen Geertruidenberg en Tilburg blijft de verbinding parallel aan de zuidzijde van de bestaande 380 kV-verbinding staan.

N2a.2
Als extra toevoeging is de verkabeling van een deel van de 150 kV-verbinding door Breda opgenomen (zie 2 op kaart).

Kaartmateriaal



Technische beoordeling
N2a.0
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Kruisingslocaties;
- Functionaliteit bestaande netten

A17 en buisleidingenstrook (1) en verplaatsing bestaande verbinding (2)
Ter hoogte van de kruising van het tracé met de bestaande 150 kV-verbinding wordt een knelpunt verwacht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek voor de kruisingslocatie, de ligging van de buisleidingenstrook, het woonlint en de ligging van de A17. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Tussen de bestaande 380 kV-verbinding en de A17 ligt de buisleidingenstrook. Het alternatief kruist deze leidingstrook en loopt ter hoogte van de voorgestelde verplaatsing van de bestaande 380 kV-verbinding, parallel aan deze strook. De potentiaaltrechters van de masten mogen niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex.
Daarnaast wordt nabij Standdaarbuiten de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe 380 kV-verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. Deze noodzaak is op dit moment niet onderzocht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de A17 en de buisleidingenstrook, de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook en de technische noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen.

Zevenbergschenhoek (3)
Tussen Zevenbergen en Zevenbergschenhoek ligt de buisleidingstrook ten zuiden van de bestaande 380 kV-verbinding. Het tracé komt hierdoor dicht bij de buisleidingstrook te staan. Deze strook betreft echter een planologische reservering (er liggen nog geen leidingen in).
Op dit momenteel is dit knelpunt dus van planologische aard. Bij aanleg van buisleidingen in deze strook wordt hier een groot knelpunt verwacht voor dit tracé. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als realiseerbaar. Het betreft op dit moment een planologisch knelpunt.

Hooge Zwaluwe (4)
Bij Hooge Zwaluwe wordt de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe 380 kV-verbinding en om de woonkern te ontzien. Er is hier sprake van de verplaatsing/aanpassing van een bestaande verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. TenneT oordeelt dat er op hoofdlijnen geen technische noodzaak is om de bestaande verbinding voor een dergelijke grote afstand te verplaatsen. Er zijn alternatieve oplossingsrichtingen om de 380 kV-kruisingen uit te werken. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de (technische) noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen dient te worden onderzocht.

Geertruidenberg (5)
Het tracé heeft hier te maken met een complexe oversteek van diverse infrastructuur: de Amertak inclusief waterkeringen en de Rijksweg. Op dit moment is de verwachting dat deze kruisingen technisch realiseerbaar zijn door bijvoorbeeld het toepassen van verhoogde masten of aangepaste veldlengtes.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Essent Warmteleiding (6)
Nabij de bestaande 380 kV-verbinding ten oosten van Dongen ligt de Essent Warmteleiding direct ten westen van deze bestaande verbinding. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over deze Warmteleiding komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Conclusie
Het voorgestelde tracé N2a.0 is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

<u>N2a.1 Variant bedrijventerrein Borchwerf</u>
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- EMC/Interferentie.

TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als realiseerbaar. De variant kruist de buisleidingenstrook. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8.

De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA. Er geen technische voorkeur voor de variant of het basisalternatief.

N2a.2 Variant verkabelen Breda

Vanuit de scope van Zuid-West380 kV Oost is het niet noodzakelijk om de 150 kV-verbinding Breda te verkabelen, want het tracé voldoet al aan de uitgangspunten zonder deze verkabeling. De verkabeling van deze verbinding valt dus niet binnen de scope van het project en wordt dus niet nader beoordeeld.

3.3 N2b - Alternatief tracé A17-A16-A59-Tilburg

Korte omschrijving

Het A17-A16-A59-Tilburg tracé (N2b.0) volgt tussen hoogspanningsstations Rilland en Roosendaal (station Borchwerf, bij de vuilverbranding) ongewijzigd de route van het zuidelijke tracé. Er is een variant (N2b.1, zie rode lijn 1 op kaart) hierop ingediend waarbij het tracé eerst een deel bundelt met de bestaande 380 kV-verbinding, en daarna pas bundelt met de A17.
Vanaf Vuilverbranding Roosendaal loopt het tracé langs en door Borchwerf naar de snelweg A17 en vanaf afslag 20 parallel aan de noordwestzijde van de A17 naar het noorden, daarna langs de A17 richting Industriegebied Moerdijk.
Vanaf Industriegebied Moerdijk loopt het tracé parallel aan het bestaande 380 kV-tracé tot aan de snelweg A16. Bij snelweg A16 buigt het tracé af naar het zuiden in de richting van Zonzeel. Bij Zonzeel buigt het tracé af naar het oosten en volgt de snelweg A59. Dit laatste deel, parallel aan de A59, komt overeen met de alternatieven A17/EZ/A59/Noord en A59-midden.
Vanaf Zonzeel loopt dit tracé parallel aan de zuidzijde van snelweg A59 in oostelijke richting tot en met afslag 33 (net over het Wilhelmina kanaal). Er is een variant opgenomen die iets van de A59 af komt te liggen (N2b.3, zie rode lijn 3 op kaart). Ten zuiden van Raamsdonkveer gaat het tracé van de A59 in een rechte lijn tot aan het bestaande 380 kV-tracé Geertruidenberg - Tilburg.
Vanaf Raamsdonk loopt het tracé parallel aan het bestaande 380 kV-tracé naar Tilburg.

Bij Made is een variant (N2b.2, zie rode lijn 2 op kaart) opgenomen waarbij het tracé aan de noordzijde van de snelweg A59 staat. Dit is een alternatief op het basis alternatief wanneer er aan de zuidzijde van de snelweg A59 geen ruimte beschikbaar is voor het tracé.

Als extra toevoeging is de verkabeling van een deel van de 150 kV-verbinding door Breda opgenomen (N2b.4, zie 4 op kaart).

Kaartmateriaal



Technische beoordeling

N2b.0

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Kruisingslocaties;
- Functionaliteit bestaande netten.

A17 en buisleidingenstrook (1) en verplaatsing bestaande verbinding (2)

Ter hoogte van de kruising van het tracé met de bestaande 150 kV-verbinding wordt een knelpunt verwacht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek voor de kruisingslocatie, de ligging van de buisleidingenstrook, het woonlint en de ligging van de A17. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Tussen de bestaande 380 kV-verbinding en de A17 ligt de buisleidingenstrook. Het alternatief kruist deze leidingstrook en loopt ter hoogte van de voorgestelde verplaatsing van de bestaande 380 kV-verbinding, parallel aan deze strook. De potentiaaltrechters van de masten mogen niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex.
Daarnaast wordt nabij Standdaarbuiten de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe 380 kV-verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. Deze noodzaak is op dit moment niet onderzocht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden.

Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de A17 en de buisleidingenstrook, de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook en de technische noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen.

Zevenbergschenhoek (3)
Tussen Zevenbergen en Zevenbergschenhoek ligt de buisleidingstrook ten zuiden van de bestaande 380 kV-verbinding. Het tracé komt hierdoor dicht bij de buisleidingstrook te staan. Deze strook betreft echter een planologische reservering (er liggen nog geen leidingen in). Op dit momenteel is dit knelpunt dus van planologische aard. Bij aanleg van buisleidingen in deze strook wordt hier een groot knelpunt verwacht voor dit tracé. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als realiseerbaar. Het betreft op dit moment een planologisch knelpunt.

Kruising HSL en knooppunt Zonzeel (4)
De kruising van het knooppunt A16/A59, de spoorlijn en de HSL dient te voldoen aan diverse technische eisen en eisen van de stakeholders. Daarnaast dient deze kruising nader technisch uitgewerkt te worden. Er dient dan met name kritisch te worden gekeken naar de mogelijk ontoelaatbare beïnvloeding op het spoor, zie paragraaf 2.6. Daarnaast zijn voor deze kruisingen waarschijnlijk langere veldlentes en verhoogde masten vereist. De uiteindelijke oplossing dient afgestemd te worden met de beheerders; Rijkswaterstaat, prorail en HSL. De situatie is hier meer complex dan bij andere alternatieven vanwege de plek waar de kruising met de HSL en snelweg plaatsvindt (bij een knooppunt) en de hoek die de verbinding moet maken. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Bedrijventerrein Weststad III (5)
Het tracé loopt over het bedrijventerrein Westsad III. Er dient rekening gehouden te worden met de aanwezige bebouwing en bouwmogelijkheden op het bedrijventerrein. Daarnaast heeft het tracé heeft hier te maken met een complexe oversteek van diverse infrastructuur: de kruising van de bestaande 150 kV-verbinding, het spoor, de Amertak inclusief waterkeringen en de afrit van de A59 nabij bedrijventerrein Weststad. Op dit moment is de verwachting dat deze kruisingen technisch realiseerbaar zijn door bijvoorbeeld het toepassen van verhoogde masten of aangepaste veldlengtes.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Essent Warmteleiding (6)
Nabij de bestaande 380 kV-verbinding ten oosten van Dongen ligt de Essent Warmteleiding direct ten westen van deze bestaande verbinding. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over deze Warmteleiding komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex.

Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Conclusie
Het voorgestelde tracé N2a.0 is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

N2b.1 Variant bedrijventerrein Borchwerf
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- EMC/Interferentie.

TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als realiseerbaar. De variant kruist de buisleidingenstrook. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA. Er geen technische voorkeur voor de variant of het basisalternatief.

N2b.2 Variant Tuinbouwgebied Steelhoven
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- EMC/Interferentie.

Deze variant is technisch complexer dan het basisalternatief N2b.0, want het alternatief kruist de A59 tweemaal. Daarnaast loopt het alternatief over kassen van het tuinbouwgebied Steelhoven, wat zeer onwenselijk is. Bij het kruisen van deze kassen dienen namelijk zeer waarschijnlijk interferentie maatregelen worden genomen die kosten verhogend zijn. Daarnaast dient het glas mogelijk versterkt te worden i.v.m. mogelijk afbrekend ijs van de kruisende geleiders.

TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar tegen hogere kosten en hogere technische risico's dan het ingediende basisalternatief.

N2b.3 Variant A59
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

De variant ligt verder van de snelweg om een natuurgebied te ontwijken. Het tracé komt hierdoor op of vlak naast de buisleidingenstrook te liggen. De potentiaaltrechters van de masten mogen niet over de buisleidingenstrook komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.6 en 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex.

Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient de variant op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van de buisleidingenstrook en de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook. Het basisalternatief N2b.0 heeft technisch gezien de voorkeur op deze variant.

N2b.4 Variant verkabelen Breda

Vanuit de scope van Zuid-West 380 kV Oost is het niet noodzakelijk om de 150 kV-verbinding Breda te verkabelen, want het tracé voldoet al aan de uitgangspunten zonder deze verkabeling. De verkabeling van deze verbinding valt dus niet binnen de scope van het project en wordt dus niet nader beoordeeld.

3.4 M3 - het A59 Midden-tracé

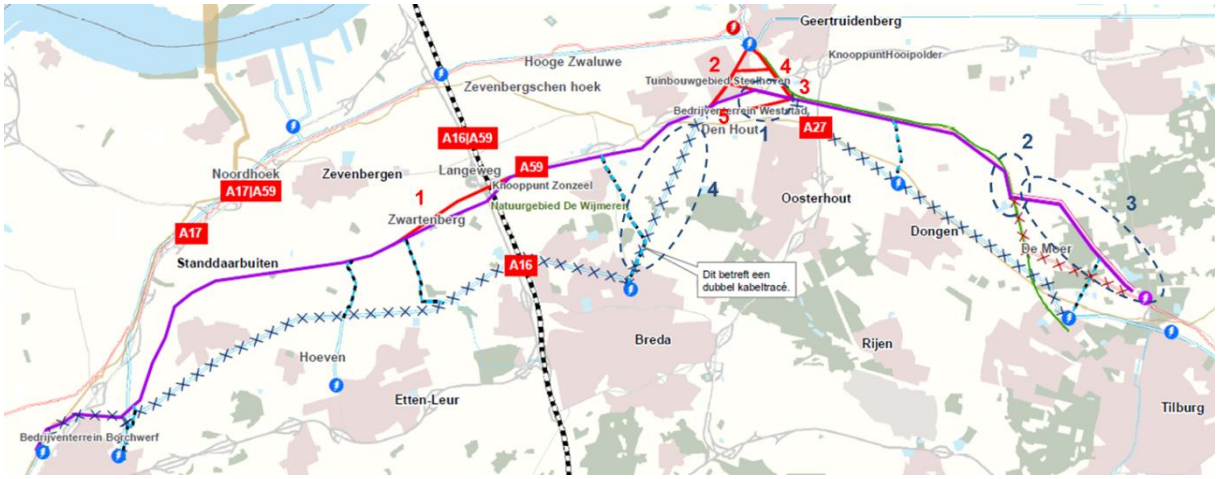
Korte omschrijving

Dit alternatief M3.0 betreft een combinatie tussen het noordelijke en het zuidelijke tracé. Het tracé is tot Zwartenberg hetzelfde al het zuidelijke tracé. Daarna buigt “A59 midden” niet af naar het zuiden maar loopt het langs de A59 tot het ten noorden van Oosterhout verder gaat op het oorspronkelijk geplande noordelijke tracé. Hier staat het alternatief A59-midden aan de zuidzijde van de bestaande verbinding, waar het noordelijke tracé (C150b1) aan de noordzijde van de bestaande verbinding staat.

Variant M3.1 (rode lijn 1 op de kaart) betreft een optimalisatie om het natuurgebied De Wijmeren te vermijden.
Variant M3.2, M3.3 en M3.4 (rode lijnen 2, 3 en 4 op de kaart) betreffen een aantal optimalisaties ter hoogte van het tuinbouwgebied Steelhoven en industriegebied Weststad waarbij de verbinding de A59 een aantal keer kruist en over het kassengebied loopt.
Variant M3.5 (rode lijn 5 op de kaart) betreft een optimalisatie ter hoogte van industriegebied Weststad, waarbij de aanwezige windturbines worden verplaatst.

Deze partij heeft tevens de suggestie gedaan om het hele lijnstuk Geertruidenberg-Tilburg te verplaatsen en te vervangen door Wintrackmasten. Hierdoor ontstaat ruimte om de ZW verbinding te bouwen op de hartlijn van de bestaande verbinding. Deze oplossing geeft tevens de mogelijkheid om een deel van de 150 kV-verbinding bij Geertruidenberg te amoveren.

Kaartmateriaal



Technische beoordeling

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Functionaliteit bestaande netten;
- Kruisingslocaties.

Bedrijventerrein Weststad III (1)

Het tracé loopt over het bedrijventerrein Westsad III. Er dient rekening gehouden te worden met de aanwezige bebouwing en bouwmogelijkheden op het bedrijventerrein. Daarnaast heeft het tracé heeft hier te maken met een complexe oversteek van diverse infrastructuur: de kruising van de bestaande 150 kV-verbinding, het spoor, de Amertak inclusief waterkeringen en de afrit van de A59 nabij bedrijventerrein Weststad. Op dit moment is de verwachting dat deze kruisingen technisch realiseerbaar zijn door bijvoorbeeld het toepassen van verhoogde masten of aangepaste veldlengtes.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Essent Warmteleiding (2)

Nabij de bestaande 380 kV-verbinding ten oosten van Dongen ligt de Essent Warmteleiding direct ten westen van deze bestaande verbinding. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over deze Warmteleiding komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

'Bosroute' incl. GT-TB 380kV verplaatsen (3)
Bij De Moer wordt de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe 380 kV-verbinding en om de woonkern te ontzien en de effecten op natuur te minimaliseren. Er is hier sprake van de verplaatsing/aanpassing van een bestaande verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. TenneT oordeelt dat er op hoofdlijnen geen technische noodzaak is om de bestaande verbinding voor een dergelijke grote afstand te verplaatsen. Er zijn alternatieve oplossingsrichtingen om de 380 kV-kruisingen uit te werken. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de (technische) noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen dient te worden onderzocht.

GT-BD150 amoveren (4)
Vanuit de scope van Zuid-West 380 kV Oost is het niet noodzakelijk om de verbinding Geertruidenberg-Breda ook te combineren, want het tracé voldoet al aan de uitgangspunten zonder deze amovering. De amovering van deze verbinding valt dus niet binnen de scope van het project en wordt dus niet nader beoordeeld.

Conclusie
Het voorgestelde tracé M3.0 is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

<u>M3.1 Variant natuurgebied De Wijmeren</u>
TenneT beoordeelt het alternatief (op deze locatie) als realiseerbaar. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA. Er is op dit moment geen technische voorkeur voor de variant of het basisalternatief.

<u>M3.2, M3.3 en M3.4 Tuinbouwgebied Steelhoven</u>
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie.

Deze variant is technisch complexer dan het basisalternatief M3.0, want de varianten kruisen de A59 tweemaal. Daarnaast lopen de varianten over kassen van het tuinbouwgebied Steelhoven, wat zeer onwenselijk is. Bij het kruisen van deze kassen dienen namelijk zeer waarschijnlijk interferentie maatregelen worden genomen die kosten verhogend zijn. Daarnaast dient het glas mogelijk versterkt te worden i.v.m. mogelijk afbrekend ijs van de kruisende geleiders.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar tegen hogere kosten en hogere technische risico's dan het ingediende basisalternatief.

M3.5 Bedrijventerrein Weststad III

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand.

Deze variant heeft meer technische knelpunten dan het basisalternatief vanwege de aanwezigheid van de windturbines. De verbinding dient op voldoende afstand van de bestaande windturbines te worden gerealiseerd. Of dat in deze situatie het geval is dient nader te onderzocht in de fase van het VKA. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar tegen hogere kosten en hogere technische risico's dan het ingediende basisalternatief.

M3.6 Vervangen lijnstuk GT-TB380

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten.

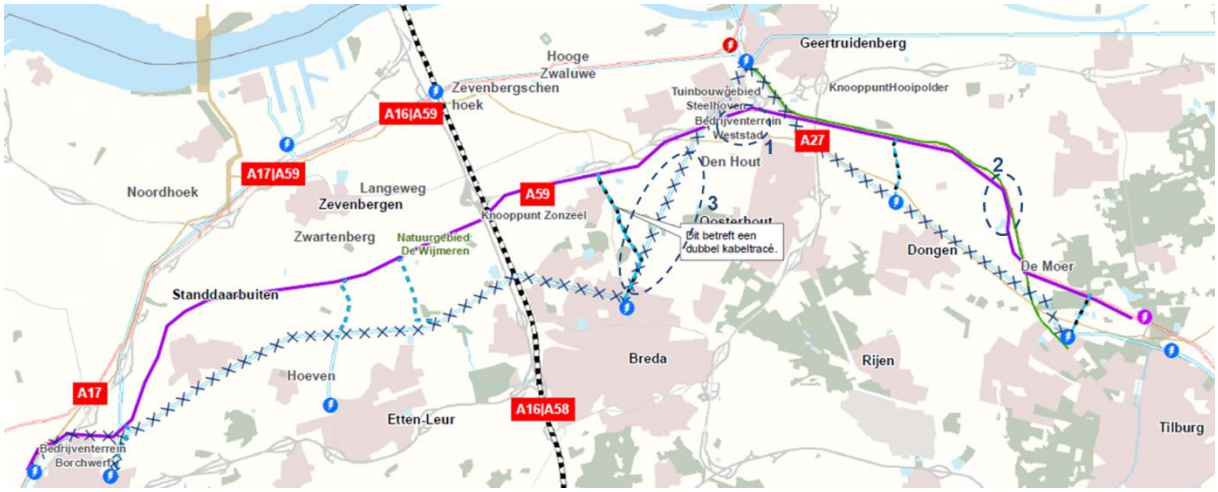
Deze partij heeft tevens de suggestie gedaan om het hele lijnstuk Geertruidenberg-Tilburg te verplaatsen en te vervangen door Wintrackmasten. Hierdoor ontstaat ruimte om de Zuid-West verbinding te bouwen op de hartlijnvan de bestaande verbinding.
Vanuit de scope van Zuid-West 380 kV Oost is het niet noodzakelijk om de verbinding Geertruidenberg-Tilburg geheel te verplaatsen en te vervangen, want het tracé voldoet al aan de uitgangspunten zonder deze aanpassing. De verplaatsing en vervanging van deze verbinding valt dus niet binnen de scope van het project en wordt dus niet nader beoordeeld.

3.5 M3b Oosterheide-alternatief

Korte omschrijving

Er is door bewonerscomité Oosterheide een variant (M3b) op het alternatief M3 ingediend. Het wezenlijke verschil met de variant M3 ligt in het nettechnisch identiek zijn aan het MER-alternatief C150n. Bij het tracé van het Bewonerscomité Oosterheide wordt Breda “ingelust” in de 150kV lijn die loopt van Roosendaal naar Tilburg (net zoals bij C150n). Hierdoor wordt Breda anders gevoed dan bij M3, namelijk vanuit Roosendaal en vanuit Tilburg (bij M3 wordt Breda gevoed vanuit Roosendaal en vanuit Geertruidenberg). De beide stations Oosteind en Tilburg West worden gevoed via aftakkingen op de verbinding Breda-Tilburg (net zoals bij C150n) en niet zoals bij M3 via aftakkingen op Geertruidenberg-Tilburg Noord [het 150 kV-station Tilburg West kan ook rechtstreeks vanuit het 380/150 kV-station Tilburg worden gevoed]. Hierdoor vervalt de 150 kV-verbinding van Geertruidenberg naar Tilburg Noord helemaal (net zoals bij C150n, en anders dan bij M3), dus ten opzichte van de kaart van tracé M3 vervalt ook het getekende bovengrondse deel bij de plaats Geertruidenberg. De 150 kV bovengrondse lijn Geertruidenberg-Breda wordt niet verkabeld, en kan volgens het bewonerscomité zelfs helemaal vervallen omdat die overbodig wordt (natuurlijk afhankelijk van de lange-termijn netstrategie van TenneT). Immers, als de 150 kV-verbinding Breda-Tilburg (en eventueel ook de 150 kV-verbinding Roosendaal-Breda) in vierbundel wordt uitgevoerd, moet het mogelijk zijn om de hele bovengrondse verbinding Geertruidenberg-Breda te laten vervallen, wat extra winst oplevert zowel financieel voor TenneT als voor alle betrokken burgers en bedrijven alsmede voor de gemeente Geertruidenberg.

Kaartmateriaal



Technische beoordeling

M3b.0

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Functionaliteit bestaande netten.

Bedrijventerrein Weststad III (1)

Het tracé loopt over het bedrijventerrein Westsad III. Er dient rekening gehouden te worden met de aanwezige bebouwing en bouwmogelijkheden op het bedrijventerrein. Daarnaast heeft het tracé heeft hier te maken met een complexe oversteek van diverse infrastructuur: de kruising van de bestaande 150 kV-verbinding, het spoor, de Amertak inclusief waterkeringen en de afrit van de A59 nabij bedrijventerrein Weststad. Op dit moment is de verwachting dat deze kruisingen technisch realiseerbaar zijn door bijvoorbeeld het toepassen van verhoogde masten of aangepaste veldlengtes.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Essent Warmteleiding (2)

Nabij de bestaande 380 kV-verbinding ten oosten van Dongen ligt de Essent Warmteleiding direct ten westen van deze bestaande verbinding. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over deze Warmteleiding komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

GT-BD150 amoveren (3)
Vanuit de scope van Zuid-West 380 kV Oost is het niet noodzakelijk om de verbinding Geertruidenberg-Breda ook te combineren, want het tracé voldoet al aan de uitgangspunten zonder deze amovering. De amovering van deze verbinding valt dus niet binnen de scope van het project en wordt dus niet nader beoordeeld.

Conclusie
Het voorgestelde tracé M3b.0 is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal complexe en zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

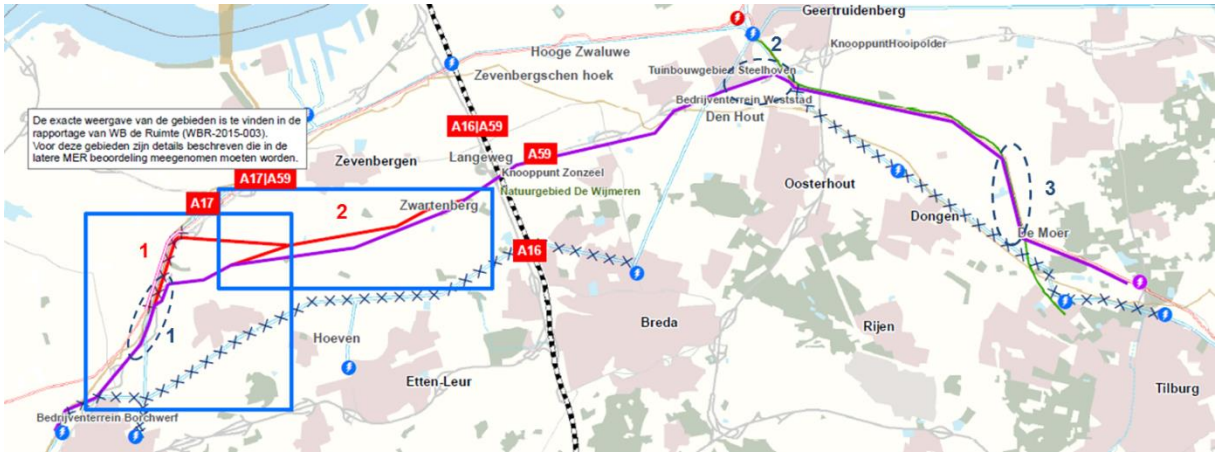
3.6 M4 - Voorkeurstracé A17-EZ-A59-Noord

Korte omschrijving
Dit tracé M4.0 betreft een combinatie van bundeling met de A17, het zuidelijke tracé met optimalisaties, een bundeling met de A59 en vervolgens een aansluiting ten zuiden en westen van de bestaande 380 kV-verbinding tussen Geertruidenberg en Tilburg (paarse lijn op kaart).

Nabij Standdaarbuiten is een variant (M4.1, zie rode lijn 1 op kaart) ingediend die ten noorden van de kern loopt. Als oplossing voor het ruimtegebrek en grotere afstand tot de woonkern, wordt de bestaande verbinding voor een deel verplaatst om ruimte te maken voor de realisatie van de bestaande verbinding.

De tweede variant (M4.2, zie rode lijn 2 op kaart) betreft een optimalisatie bij de windparken ten noorden van Etten-Leur. Hierbij loopt het tracé noordelijk langs de windturbines.

Kaartmateriaal



Technische beoordeling

M4.0

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Kruisingslocaties;

A17 en buisleidingenstrook (1)

Het tracé loopt parallel ten westen van de A17. Parallel aan de westzijde van de A17 loopt de buisleidingenstrook. Vanwege de ligging van het tracé ontstaan mogelijk knelpunten door de aanwezigheid van deze buisleidingenstrook en de geringe ruimte door locatie van de oprit/afrit van de snelweg, zie paragraaf 2.6, 2.8 en 2.9.

Daarnaast dient in dit tracédeel de bestaande 150 kV-verbinding gekruist te worden wat de nodige ruimte kost. Deze kruising wordt extra complex vanwege de aanwezigheid van de buisleidingenstrook, een bebouwingslint en de oprit/afrit van de snelweg, zie paragraaf 2.4 en 2.9. De reeds aanwezige infrastructuur zorgt ervoor dat er minimale ruimte overblijft voor het realiseren van een kruisingslocatie.

TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de bestaande 380 kV-verbinding en de buisleidingenstrook en de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Bedrijventerrein Weststad III (2)

Het tracé loopt over het bedrijventerrein Westsad III. Er dient rekening gehouden te worden met de aanwezige bebouwing en bouwmogelijkheden op het bedrijventerrein.
Daarnaast heeft het tracé heeft hier te maken met een complexe oversteek van diverse infrastructuur: de kruising van de bestaande 150 kV-verbinding, het spoor, de Amertak inclusief waterkeringen en de afrit van de A59 nabij bedrijventerrein Weststad. Op dit moment is de verwachting dat deze kruisingen technisch realiseerbaar zijn door bijvoorbeeld het toepassen van verhoogde masten of aangepaste veldlengtes.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als complex, maar realiseerbaar. De verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Essent Warmteleiding + Moersedreef met bebouwingslint (3)

Nabij de bestaande 380 kV-verbinding ten oosten van Dongen ligt de Essent Warmteleiding direct ten westen van deze bestaande verbinding. De potentiaaltrechter van de masten mag niet over deze Warmteleiding komen te liggen en de masten dienen zoveel mogelijk op valafstand komen te staan, zie paragraaf 2.8. Daarnaast speelt hier zeer waarschijnlijk interferentie vanwege parallelloop, zie paragraaf 2.6.

Daarnaast is de Moersedreef met de aanwezige bebouwing parallel ten westen van de bestaande 380 kV gelegen. Door de nieuwe verbinding op valafstand van deze bestaande verbinding te realiseren komen de masten op de Moersedreef en de aanwezige bebouwing terecht. Daarmee is het voorgestelde tracé voor dit deel onrealistisch.
TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat door middel van een goede tracering op mastniveau een oplossing gevonden kan worden voor deze situatie. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Conclusie
Het voorgestelde alternatief is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een aantal zeer complexe technische aandachtspunten. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

M4.1 Variant Standdaarbuiten
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten.

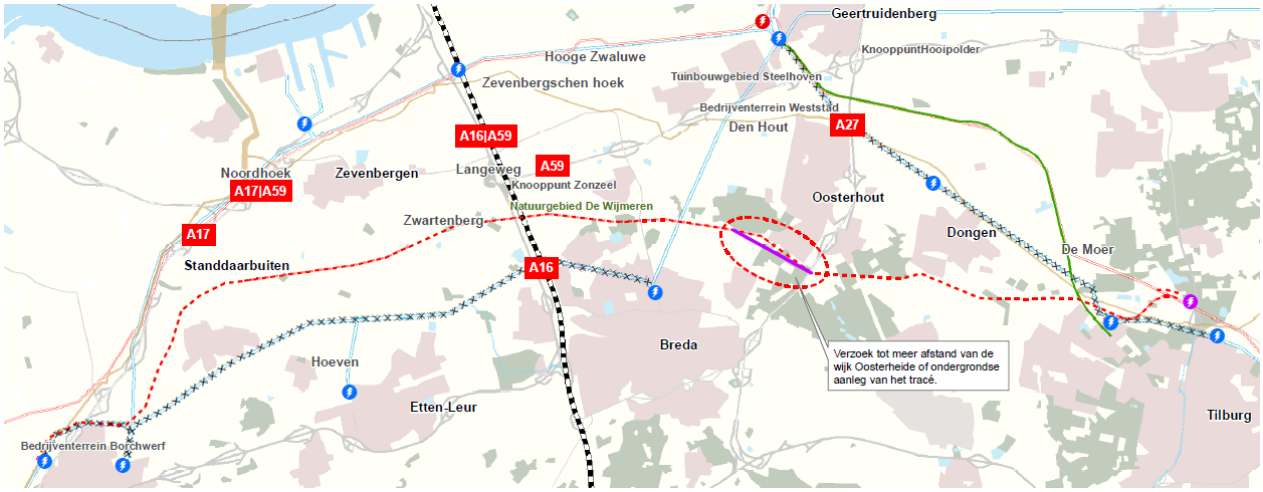
Nabij Standdaarbuiten wordt de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe Zuid-West 380 kV-verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. Deze noodzaak is op dit moment niet onderzocht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de A17 en de buisleidingenstrook, de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook en de technische noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen.

M4.2 Variant Windturbines
TenneT beoordeelt het alternatief (op deze locatie) als realiseerbaar. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA. Er is op dit moment geen technische voorkeur voor de variant of het basisalternatief.

3.7 Z5 - Optimalisatie van het zuidelijk tracé

Korte omschrijving
De indieners pleitten voor het voorgenomen tracé met dien verstande dat zij onderkennen dat het tracé wel erg dicht tegen de bebouwde kom van Oosterhout is gelegen. Zij pleiten dan ook voor meer afstand van of ondergrondse aanleg nabij de wijk oosterheide.

Kaartmateriaal



Technische beoordeling

Het alternatief 'Z5 - Optimalisatie van het zuidelijk tracé' is gelijk aan het zuidelijke tracé, met een optimalisatie van het tracé nabij Oosterhout. Een ligging van het tracé verder van de woningen af, is op hoofdlijnen technisch haalbaar, zie paragraaf 2.1. Het is nog niet bekend of een ondergrondse aanleg tot de mogelijkheden behoort, zie paragraaf 2.5. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé (zuidelijke tracé) dient dit lokale situatie verder onderzocht te worden, waarbij deze voorgestelde oplossing meegenomen wordt in de nadere afweging.

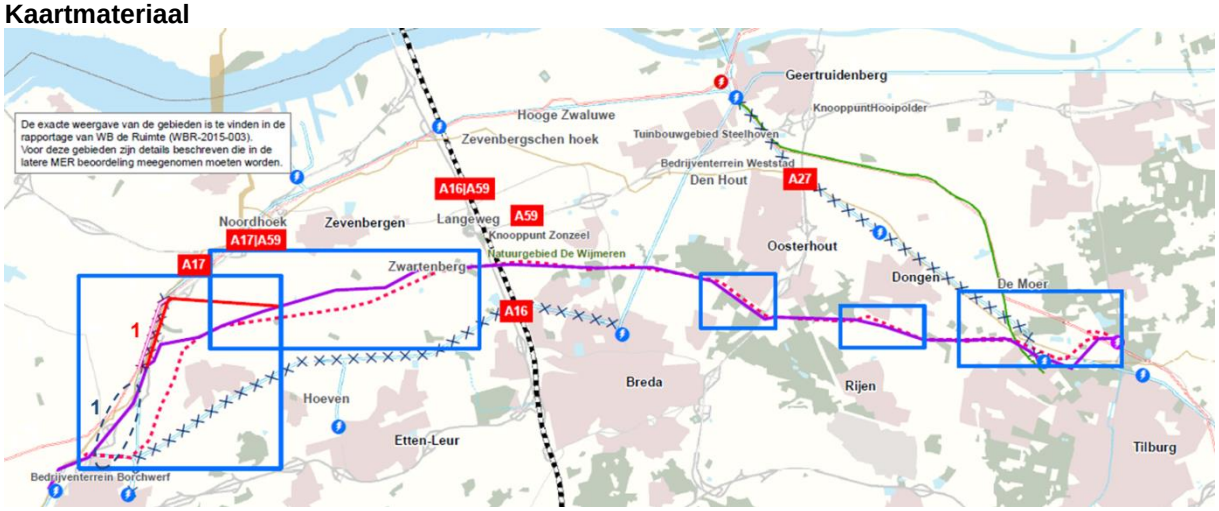
3.8 Z6 - Optimalisatie van het zuidelijke tracé in verschillende gemeenten

Korte omschrijving

Dit alternatief betreft het zuidelijke tracé met 5 optimalisaties:

1. Bij Halderberge, zijn twee opties
    - Het tracé bundelt met de A17 en buigt ten zuiden van Standdaarbuiten af.
    - In de variant (rode lijn A op kaart) bundelt het tracé met de A17 tot voorbij Standdaarbuiten en het buigt daarna af naar het oosten.
2. Bij de windturbine tussen Hoeven en Etten-Leur loopt het tracé ten noorden van de winturbines.
3. Bij Oosterhout Zuid ligt het tracé verder van de wijk af.
4. Bij Dongen wordt voorgesteld om het tracé na het passeren van de Dongenseweg eerder af te laten buigen naar het oosten richting Tilburg.
5. Bij Tilburg wordt voor de aansluiting met het 380 kV station in Tilburg voorgesteld om een gedeelte van het tracé te bundelen met de bestaande 380 kV Verbinding.

Kaartmateriaal



Paars betreft het voorstel, rood is de ingediende variant, de rode stippellijn betreft het zuidelijke tracé

Technische beoordeling

Z6.0

Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:

- Technische specificaties;
- Veilige afstand;
- EMC/Interferentie;
- Kruisingslocaties;

A17 en buisleidingenstrook (1)

Het tracé loopt parallel ten westen van de A17. Parallel aan de westzijde van de A17 loopt de buisleidingenstrook. Vanwege de ligging van het tracé ontstaan mogelijk knelpunten door de aanwezigheid van deze buisleidingenstrook en de geringe ruimte door locatie van de oprit/afrit van de snelweg, zie paragraaf 2.6, 2.8 en 2.9.

Daarnaast dient in dit tracédeel de bestaande 150 kV-verbinding gekruist te worden wat de nodige ruimte kost. Deze kruising wordt extra complex vanwege de aanwezigheid van de buisleidingenstrook, een bebouwingslint en de oprit/afrit van de snelweg, zie paragraaf 2.4 en 2.9. De reeds aanwezige infrastructuur zorgt ervoor dat er minimale ruimte overblijft voor het realiseren van een kruisingslocatie.

TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de bestaande 380 kV-verbinding en de buisleidingenstrook en de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Overige optimalisaties
TenneT beoordeelt het alternatief voor overige optimalisaties als realiseerbaar op hoofdlijnen. De nadere uitwerking vindt plaats bij de uitwerking van het VKA.

Conclusie
Het voorgestelde alternatief is op hoofdlijnen technisch haalbaar, maar bevat een zeer complex technische aandachtspunt. Deze tracédelen worden in de fase van het VKA nader uitgewerkt en geoptimaliseerd.

Z6.1 Variant Standdaarbuiten
Technische aandachtspunten spelen voor de volgende thema's:
- Technische specificaties;
- Functionaliteit bestaande netten.

Nabij Standdaarbuiten wordt de bestaande 380 kV-verbinding verplaatst om ruimte te maken voor de nieuwe Zuid-West 380 kV-verbinding. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 worden aanpassingen aan bestaande verbindingen alleen meegenomen als hier een (technische) noodzaak voor is. Deze noodzaak is op dit moment niet onderzocht. TenneT beoordeelt het alternatief op deze locatie als zeer complex. Bij de nadere uitwerking van het gekozen tracé dient het tracé op deze locatie verder onderzocht te worden, waarbij de verwachting is dat hier een optimalisatie van het tracé plaats moet vinden. Hierbij ligt het knelpunt in het ruimtegebrek om de masten op voldoende afstand te plaatsen van zowel de A17 en de buisleidingenstrook, de inductieve beïnvloeding van de buisleidingen in de buisleidingenstrook en de technische noodzaak om de bestaande verbinding te verplaatsen.

E Bijlage 5 Review technische beoordeling door Tractebel Engineering

TRACTEBEL ENGINEERING
Avenue Ariane, 7 – 1200 Brussels - BELGIUM
tel. +32 2 773 99 11 - fax +32 2 773 99 00
engineering@gdfsuez.com
www.tractebel-engineering-gdfsuez.com

TECHNICAL NOTE

Our ref.: RITI/4NT/0384938/000/00
TS:
Imputation: P.008210/0004

INTERNAL

Client : DELTARES
Project : 2nd opinion on cable policy TenneT 380kV
Subject : Technische beoordeling alternatieven van de regio (Second opinion) FINAL 24/08/2015
Comments:

REV.	YY/MM/DD	STAT.	WRITTEN	VERIFIED	APPROVED	VALIDATED
00	15/08/24	FIN	*A. Van Ranst	*I. Hendrickx	*M. Palante	*I. Hendrickx

* This document is fully electronically signed on 24/08/2015.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

INHOUDSTABEL

1. INLEIDING 1

2. OPMERKINGEN VAN TE 1

2.1. Betreffende Hoofding “2.3 Reconstructies” 1

2.2. Betreffende Hoofding “2.4 Kruising bovengrondse verbinding” 1

2.3. Betreffende Hoofding “2.5 380 kV ondergronds” 3

2.4. Betreffende Hoofding ” 2.6 EMC/Interferentie” 3

2.5. Betreffende Hoofding “2.7, 2.8 en 2.9 Veilige afstand” 4

2.6. Betreffende Hoofding “2.10 VNB (Voorziene Niet Beschikbaarheid” 4

2.7. Betreffende de technische beoordeling alternatieven door de regio (Hoofding 3 en onderverdeling) 4

2.7.1. Grafische samenvatting 4

2.7.2. Enkele elementen van interpretatie 6

3. SAMENVATTING EN CONCLUSIES 6

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Dit document is de FINAL versie van de Second Opinion door TE (Tractebel Engineering) ten aanzien van de "Technische Beoordeling alternatieven door de regio" door TenneT. Deze FINAL versie is opgemaakt op basis van het TenneT document gedateerd 18/08/2015 (ref 002.678.20 0381915) en houdt rekening met de bemerkingen van TenneT (29/07/2015) op de vorige versie van dit TE rapport.

Voor de verwijzingen verder in dit rapport wordt de hoofding en nummering van de TenneT notitie overgenomen.

2. OPMERKINGEN VAN TE

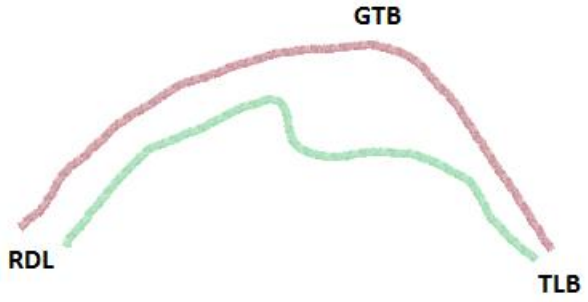
2.1. Betreffende Hoofding "2.3 Reconstructies"

Het uitgangspunt van TenneT "geen reconstructies (aanpassingen in bestaande verbindingen) tenzij noodzakelijk" interpreteren wij (na de bespreking van 02/06/2015 met MINEZ en TenneT) als volgt:

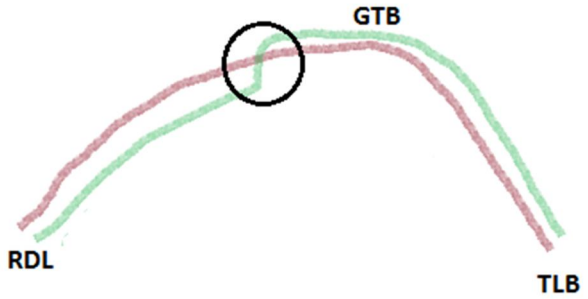
- Het nieuwe lijnproject 380 kV van TenneT omvat enkel combinatie met (een) bestaande lijn(en) 150 kV. Andere wijzigingen aan bestaande netelementen (zoals aangedragen in de voorstellen van de regio, en met name aan de bestaande lijn 380 kV) kunnen op financiêle grond niet meegenomen worden in de scope van het project, tenzij in geval van absolute technische noodzaak;
- Strikt lokale aanpassingen aan een bestaande lijn 380 kV om een knelpunt op te lossen kunnen overwogen worden in laatste instantie (wanneer andere alternatieven uitgeput zijn). De terughoudendheid van TenneT hieromtrent stoelt zowel op de meerkost (tgv. afbraak/heropbouw van nog leefbare infrastructuur) als de belangrijke VNB (Voorziene Niet Beschikbaarheid) die voortvloeit uit werken op de bestaande lijn.

2.2. Betreffende Hoofding "2.4 Kruising bovengrondse verbinding"

Strikt genomen vereist de verbinding Roosendaal – Tilburg geen "topologische " kruisingen 380 kV-380 kV. Het volstaat dat het tracé van de nieuwe lijn 380 kV steeds "onder" of zo men wil "ten zuiden van" de bestaande lijn 380 kV blijft. Dit is trouwens gerealiseerd in enkele tracévarianten die verder besproken worden (o.a M4, Z5, …).



Wanneer het nieuw tracé begint (in Roosendaal) “onder” het tracé van de bestaande lijn 380 kV maar eindigt erboven (ter hoogte van Tilburg), dan zijn er noodzakelijk één of meerdere (oneven aantal) topologische kruisingen.





Indien men in het eerste geval (geen “topologische kruisingen” nodig) toch nog lokale knelpunten wenst op te lossen door een dubbele “saut de mouton” ontstaan er een (even) aantal kruisingen.



In dit project is de nieuwe lijn 380 kV gedimensioneerd op 2 circuits 2635 MVA, daar waar in de bestaande lijn Borssele-Geertruidenburg-Eindhoven de circuits gedimensioneerd zijn op 1645 MVA. De mogelijkheid om “echte kruisingen” te vervangen door “circuit swaps” is uitgesloten omdat zij de facto een downgrading van de nieuwe lijn tot 1645 MVA zouden teweeg brengen. Dit is uiteraard een degradatie van de nieuwe investering en net-technisch niet te verantwoorden.

2.3. Betreffende Hoofding “2.5 380 kV ondergronds”

Dit aspect ligt verder ter studie.

2.4. Betreffende Hoofding ” 2.6 EMC/Interferentie”

Voor de algemeenheid kan men nog capacitieve beinvloeding vermelden. Deze heeft enkel betrekking op bovengrondse geleidende en geisoleerd opgestelde structuren.

Betreffende inductieve beinvloeding moet men onderscheid maken tussen “steady state” beinvloeding enerzijds en transiente beinvloeding anderzijds (specifiek éénfasige fouten in de HS lijn).

De problematiek van inductieve interferentie is goed gekend, evenals de mogelijke maatregelen om het probleem te milderen of op te vangen. De maatregelen kunnen zowel ter hoogte van de inducerende lijn als ter hoogte van de betroffen pijpleiding worden voorzien (als ze daar al niet a priori werden voorzien).

Het EMC–(inductief) probleem wordt eerder aanzien als een aandachtspunt in het ontwerp en de uitvoering, en niet noodzakelijk als een complexiteit.

Betreffende conductieve of weerstandsbeïnvloeding zijn er ook berekeningsmodellen beschikbaar om de risico’s te evalueren.

Er zijn lokale maatregelen mogelijk om de potentiaaltrechter te beinvloeden en zo de pijpleidingen af te schermen (equipotiaalscherm, retourgeleider voor aardfoutstroom, contre-poids onder de HS lijn).

Een andere mogelijkheid is uiteraard het probleem op te lossen door afstand te creëren tussen de mastvoet en de te beschermen structuur, in zoverre als de plaatselijke situatie dit toelaat.

Over het algemeen is het EMC–(conductief of weerstands) probleem ook eerder een aandachtspunt in het ontwerp en de uitvoering, en niet noodzakelijk een complexiteit.

Een mogelijke “mechanische” beinvloeding van structuren onder de lijn is het impact van loslatende ijslast op de lijngeleiders. Dit is met name van toepassing boven tuinbouwgebieden met kassen. Dit veronderstelt uiteraard dat ijsafzetting op lijngeleiders klimatologisch relevant is in de regio in kwestie.

2.5. Betreffende Hoofding “2.7, 2.8 en 2.9 Veilige afstand”

Hier doelt men op de veilige valafstand tussen lijnen behorend tot hetzelfde gebundeld tracé.

Er zijn ook veilige afstanden te respecteren t.o.v. andere structuren (wegen, spoorwegen, kanalen ….). Hierbij kan men nog onderscheid maken tussen:

- de fysische obstructie door de omgevallen lijn. Hier is het afstandscriterium absoluut en kan niet ondervangen worden;
- beschadiging en gevolgschade door het neerstorten als dusdanig, maar waar fysische obstructie van minder belang is en waar persoonlijk letsel uitgesloten is.

Voor al deze gevallen is de geldende regelgeving in Nederland van toepassing.

2.6. Betreffende Hoofding “2.10 VNB (Voorziene Niet Beschikbaarheid”

Het spreekt vanzelf dat elke aangedragen oplossing, die ingrepen eist op de bestaande netinfrastructuur, tegelijk VNB zal teweegbrengen.

Vooral kruisingen met de bestaande 380 kV lijn zijn in dit opzicht kritisch.

2.7. Betreffende de technische beoordeling alternatieven door de regio (Hoofding 3 en onderverdeling)

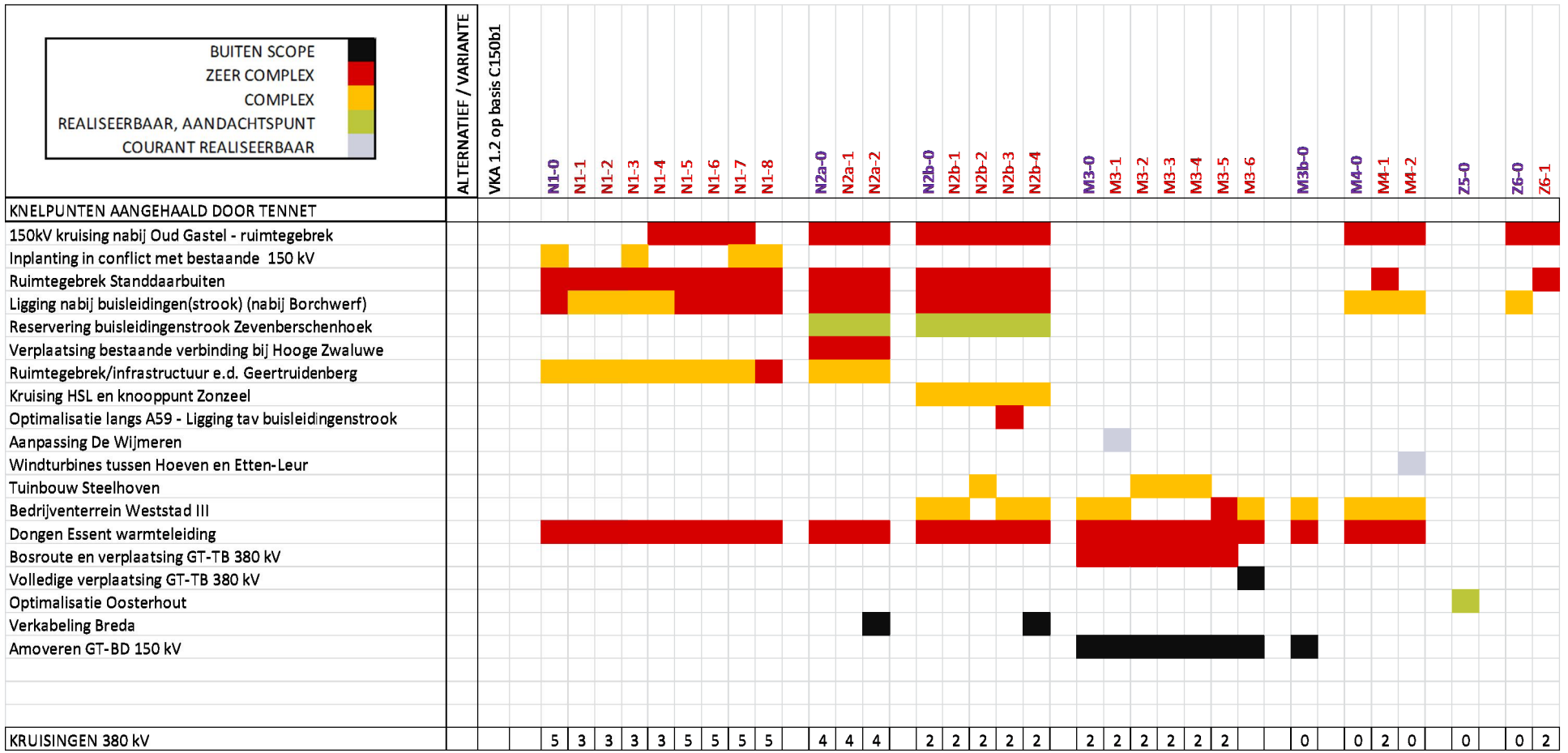
2.7.1. Grafische samenvatting

Bij nader inzicht komen in de analyse van TenneT dezelfde knelpunten meermaals voor in verschillende tracés en varianten.

In de tabel hierna worden de knelpunten en de door de regio aangedragen tracés (en varianten) in een tabel met twee ingangen samengevat. De horizontale ingang betreft de geïdentificeerde knelpunten, de verticale ingang de door de regio aangebrachte tracés en varianten. Verplaatsingen van bestaande 380 kV verbindingen (zoals gesuggereerd door de regio) en die eerder voor TenneT als “Onhaalbaar” golden, werden vervangen door dubbele kruisingen.

De massa rood (zeer complex) en oranje (complex) alsook het aantal kruisingen in een kolom van een “Tracé-Variante” is een maat voor de totale complexiteit van die “Tracé-Variante” in vergelijking met andere “Tracé-Variantes”.

De schakeringen rood (“Zeer Complex”) en oranje (“Complex”) moeten zeker in elkaar overvloeien, alleen is dit met de beschikbare gegevens (bvb. plans leidingstroken ontbreken) niet uit te maken in dit stadium.


BUITEN SCOPE
ZEER COMPLEX
COMPLEX
REALISEERBAAR, AANDACHTSPUNT
COURANT REALISEERBAAR
ALTERNATIEF / VARIANTE
VKA 1.2 op basis C150b1
N1-0
N1-1
N1-2
N1-3
N1-4
N1-5
N1-6
N1-7
N1-8
N2a-0
N2a-1
N2a-2
N2b-0
N2b-1
N2b-2
N2b-3
N2b-4
M3-0
M3-1
M3-2
M3-3
M3-4
M3-5
M3-6
M3b-0
M4-0
M4-1
M4-2
Z5-0
Z6-0
Z6-1
KNELPUNTEN AANGEHAALD DOOR TENNET
150kV kruising nabij Oud Gastel - ruimtegebrek
Inplanting in conflict met bestaande 150 kV
Ruimtegebrek Standdaarbuiten
Ligging nabij buisleidingen(strook) (nabij Borchwerf)
Reservering buisleidingenstrook Zevenberschenhoek
Verplaatsing bestaande verbinding bij Hooge Zwaluwe
Ruimtegebrek/infrastructuur e.d. Geertruidenberg
Kruising HSL en knooppunt Zonzeel
Optimalisatie langs A59 - Ligging tav buisleidingenstrook
Aanpassing De Wijmeren
Windturbines tussen Hoeven en Etten-Leur
Tuinbouw Steelhoven
Bedrijventerrein Weststad III
Dongen Essent warmteleiding
Bosroute en verplaatsing GT-TB 380 kV
Volledige verplaatsing GT-TB 380 kV
Optimalisatie Oosterhout
Verkabeling Breda
Amoveren GT-BD 150 kV
KRUISINGEN 380 kV
5 3 3 3 3 5 5 5 5
4 4 4
2 2 2 2 2
2 2 2 2 2 2
0 0 2 0 0 2
0 0
0 2

INTERNAL

2.7.2. Enkele elementen van interpretatie

Enkele interpretaties liggen voor de hand:

- De zuidelijke tracés en varianten vertonen het minst complexiteit (oranje en rood + kruisingen)
- De noordelijke tracés en varianten vertonen het meest complexiteit;
- De midden-tracés houden ook zowat het midden inzake complexiteit
- De zuidelijke tracés zijn minder lang;
- De lagere complexiteit, te samen met de vermindering van de totale lengte, zal zich vertalen in een lagere totale kost voor de zuidelijke tracés ten opzichte van de midden-tracés en de noordelijke tracés.

3. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

- Strikt lokale aanpassingen aan een bestaande lijn 380 kV om een knelpunt op te lossen kunnen overwogen worden in laatste instantie (wanneer andere alternatieven uitgeput zijn). De bijbehorende complexiteit zal uiteraard in rekening genomen worden bij de uitwerking van het VKA;
- Alle kruisingen 380 kV dienen als echte kruising uitgevoerd te worden. Door de ongelijke rating van de bestaande (1645 MVA) en de nieuwe lijn (2635 MVA) zijn “circuit swaps” tussen nieuwe en bestaande lijn 380 kV uitgesloten.
- Het EMC–(inductief en resistief) probleem wordt eerder aanzien als een aandachtspunt in het ontwerp en de uitvoering, en niet noodzakelijk als een complexiteit;
- Een aantal (door de regio voorgestelde) verplaatsingen van de bestaande lijn (380 kV) kunnen opgevangen worden door dubbele kruisingen. Deze dubbele kruisingen vallen in de categorie “Zeer complex”;
- In rangorde van complexiteit (oranje en rood + kruisingen) scoren de zuidelijke tracés en varianten op de laagste complexiteit, de midden-tracés tussenin en de noordelijke tracés op de hoogste complexiteit.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 9

2. VOORSTEL VAN TENNET BELEIDSWIJZIGING VERKABELING 380 KV 9

2.1. Documenten 9

2.2. Krachtlijnen 10

3. VRAAGSTELLING MINEZ MET BETREKKING TOT DE VOORGESTELDE BELEIDSWIJZIGING 11

3.1. Documenten 11

3.2. Formulering van de vragen 11

4. OPZET VAN DEZE 2ND OPINION ANALYSE 12

4.1. Algemeen 12

4.2. Verwijzing naar studiedocumenten aangeleverd door TenneT 12

4.3. Verwijzing voor technische toelichtingen 13

4.4. Beperkingen 13

5. RANDVOORWAARDEN M.B.T. TENNET IN DE LANDELIJKE ELECTRICITEITSVOORZIENING 13

5.1. Wijzigingen in het landschap van de elektriciteitsvoorziening 13

5.2. Wettelijk kader van TenneT als gereguleerd transportmonopolie 14

5.3. Evaluatie van de “Performance” van TenneT 15

5.4. Impact op het Business Model van TenneT 15

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

6. OPINIE VAN TE BIJ HET VOORSTEL TENNET BELEIDSWIJZIGING VERKABELING 380 KV 16

6.1. Volume en aantal toepassingen 16

6.2. Toepasbaarheid in verband met schakeltransienten 16

6.3. Effect op reactief vermogen huishouding 17

6.4. Effect van lagere beschikbaarheid van kabels 17

6.5. Uitsluitingen omwille van beschikbaarheid 18

7. ANALYSE VAN DE VRAGEN VAN MINEZ M.B.T. HET POSITION STATEMENT VAN TENNET AANGAANDE VERKABELING 380 KV 19

7.1. 20 km limiet van verkabeling 380 kV al dan niet loslaten ? 19

7.2. Risico's van verder verkabelen van (delen van) 220- en 380kV-verbindingen 20

7.3. Al dan niet wachten tot afronding van het onderzoeks- en monitoringsprogramma 20

7.4. Wat met de uitzonderingen van TenneT ? 22

8. VRAGEN AANGAANDE HET LOPEND ONDERZOEKSPROGRAMMA MET BETREKKING TOT VERKABELING 380 KV 23

8.1. Coherentie van modellen, resultaten en conclusies – Mogelijke validatie. 23

8.2. Modellen en aannames 24

8.2.1. BETROUWBAARHEID 24

8.2.2. STEADY STATE 25

8.2.3. DYNAMISCHE STABILITEIT 26

8.2.4. RESONANTIES EN TRANSIENTS (SCHAKELFENOMENEN) 26

8.3. Behandelde risico's 27

8.4. Volstaat één jaar observatie ? 27

8.5. Risico's tengevolge van aanpassing beleid 28

8.6. Mitigerende maatregelen 28

8.7. Conclusies op basis van de huidig beschikbare onderzoeksresultaten 29

8.8. Opinie andere kennisinstituten 29

8.8.1. THEORETISCHE EN REKENMODELLEN BETROUWBAARHEID 30

8.8.2. REKENMODELLEN ELEKTRISCHE ASPECTEN VAN HET NET 30

8.8.3. TECHNIEKEN BIJ VERKABELING 30

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

8.9. De impact van “decentraal/duurzaam” op de mogelijkheden van verkabeling 31

8.10. Toelichtingen 33

9. VRAGEN BETREFFENDE DE INTERNATIONALE ERVARINGEN IN VERKABELING 380 KV 33

9.1. Ervaringen in andere landen met het verkabelen van 380 kV 33

9.1.1. Overzichtstabel 33
9.1.2. Overzicht toepassingen 35
9.1.3. Toepassingen per land 35
9.1.4. Evolutie in verkabeling 36
9.1.5. Rapportering ervaring 36

9.2. Gebruik van kabels 380 kV AC op interconnectoren 37

10. VERKABELING OP INTERNATIONALE VERBINDINGEN (INTERCONNECTOREN) 38

10.1. Europese regels 38

10.1.1. EU regelgeving 38
10.1.2. Relevante bepalingen van de Directive 2009/72/EC 38
10.1.3. Relevante bepalingen van de Directive 2005/89/EC 41
10.1.4. Samengevat antwoord 41

10.2. ENTSO-E afspraken 42

10.2.1. ENTSO-E en regelbevoegdheid 42
10.2.2. Informatief standpunt van ENTSO-E (en voorgangers) met betrekking tot toepassing van kabel op 400 kV 43
10.2.3. Samengevat antwoord 43

10.3. Interpretatie 44

11. SAMENVATTING 44

12. AANBEVELINGEN 46

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Managementsamenvatting

TenneT heeft op 20 maart 2015 een brief gestuurd aan het Ministerie van Economische Zaken. In deze brief geeft TenneT aan dat de eerste resultaten van het onderzoek naar de eerste 10 kilometer 380 kV-kabel welke ondergronds is aangelegd in Randstad 380 kV indiceren dat het technisch mogelijk is om meer dan het huidige maximum van 20 kilometer ondergronds te verkabelen. Volgens TenneT dient per geval bekeken te worden wat mogelijk is en gelden voor de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabels strikte randvoorwaarden. Zo is het volgens TenneT zeer onwenselijk om delen van interconnectoren of de landelijke ring ondergronds te verkabelen vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese stroomvoorziening.

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in Kamerbrief DGETM-EM / 15042423 aangegeven een bureau te vragen om de analyse van TenneT te beoordelen en daarbij de tussentijdse resultaten van de 10 kilometer ondergrondse Randstad 380 kV-verbinding te betrekken en aan te geven welke randvoorwaarden in acht genomen moeten worden bij het ondergronds verkabelen van nieuwe (delen van) 380 kV-verbindingen uit het oogpunt van leveringszekerheid. Het onderliggende rapport en deze managementsamenvatting betreffen deze analyse.

Tractebel Engineering (TE) heeft in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken (Ref 20150625-004) een tweede opinie geformuleerd bij TenneT's "Actualisatie van visie op ondergrondse aanleg 380 kV".

Algemene conclusies van TE

Met betrekking tot het ondergronds brengen op korte termijn van méér dan de huidige 20 km 380 kV verbinding onderschrijft TE de conclusie van TenneT dat, met de thans beschikbare inzichten en bij behoud van de huidige planning- en kwaliteitscriteria, bijkomend verkabelen overwogen kan worden mits aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan.

- Als eerste randvoorwaarde geldt dat de bijkomende verkabeling beperkt blijft tot 20 km totaal (extra verbindingslengte, twee circuits), welke verspreid wordt over meerdere verbindingen en geografisch gespreid wordt over het hele landelijke 380 kV net.
- Als tweede randvoorwaarde geldt dat verkabeling niet wordt toegepast in zwaar belaste verbindingen en met name niet in de landelijke 380 kV ring en de interconnectoren.
- Als derde randvoorwaarde geldt dat het effect van de kabels op schakelfenomenen in het 380 kV net beheersbaar moet blijven, hetgeen van geval tot geval geverifieerd moet worden. De door TenneT voorgestelde aanpak van Quick Scans om deze effecten te beoordelen is voorzichtig en behoudend.

Project-specifieke conclusies van TE (op basis van de Quick Scans)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Borssele – Rilland onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, verkabelen niet opportuun is wegens mogelijke resonanties en overspanningen bij schakelfenomenen. Overspanningen houden een risico in voor beschadiging van netcomponenten en netuitval.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Rilland - Tilburg onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier waarschijnlijk niet problematisch is, maar dit dient geverifieerd te worden met een doelgerichte transiëntenanalyse.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Eemshaven – Vierverlaten wenst TE de conclusie van TenneT dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier hoogst waarschijnlijk niet mogelijk is toch enigszins af te zwakken. Een doelgerichte transiëntenanalyse moet hierin uitsluitsel brengen.

Conclusies van TE betreffende de langere termijn

Met betrekking tot verder verkabelen (méér dan de beoogde 20 km verbinding) in de toekomst, komt TE tot de bevinding dat hiervoor het huidige beoordelingskader verruimd dient te worden. Dit vereist een gemeenschappelijke aanpak van wetgever, toezichthouder en netbeheerder TenneT.

Onderbouwing van de conclusies

De bovenstaande bevindingen van TE zijn gestoeld op de volgende inzichten, die verkregen zijn door onderzoek van de met de opdracht meegeleverde documenten en besprekingen met de betrokken partijen.

Met betrekking tot betrouwbaarheid en verkabeling zijn de inzichten de volgende:

- Uitgaande van de huidige “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet”, treedt bij het systematisch toevoegen van kabelverbindingen een sluipende kwaliteitsvermindering op. Deze ontsnapt volledig aan het criterium “Enkelvoudige storingsreserve”, omdat in dit laatste criterium geen rekening gehouden kan worden met de lagere beschikbaarheid van kabelcircuits ten opzichte van luchtlijnen;
- In een eerste fase, en ook al omdat de huidige kwaliteit op een zodanig hoog peil staat, is deze kwaliteitsdaling niet onmiddellijk dramatisch. Voorwaarde is wel dat men de bijkomende 20 km kabelverbinding spreidt over het hele 380 kV net en uitsluit op hoog belaste connecties. In dat geval zal de kwaliteitsvermindering marginaal zijn;
- Deze kwaliteitsvermindering is niet onomkeerbaar en kan opgevangen en geneutraliseerd worden door netinvesteringen ietwat proactief te realiseren. In de afweging om al dan niet vervroegd te investeren in het net om kwaliteitsvermindering tegen te gaan is de toezichthouder ACM zeker een te betrekken partij;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Om op een goed onderbouwde manier te kunnen beslissen over verdere verkabeling van 380 kV verbindingen moet op een probabilistische basis (dat is op basis van kansberekening) een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het hoogspanningsnet. Dit vraagt om afstemming tussen de Nederlandse wetgever, de toezichthouder ACM en de netwerkbeheerder TenneT met betrekking tot relevante prestatie-indicatoren (Key Performance Indices, hierna KPI), evenals met betrekking tot de aanpak en software-tools om deze KPI's te bepalen. In het recente onderzoek van TenneT is voor dit laatste een aanzet gegeven, maar dit heeft slechts zin indien alle betrokken partijen het eens zijn over de probabilistische aanpak zelf;
- De probabilistische aanpak moet operationeel zijn voordat méér verkabeld kan worden dan de nu voorgestelde 20 km.

Met betrekking tot verkabeling en netstoringen door transienten zijn de inzichten de volgende:

- Een frequentie-scan zoals TenneT in de Quick Scans heeft toegepast laat een vlugge screening toe, maar leidt tot een behoudende uitkomst ten aanzien van de mogelijkheden voor het verkabelen op 380 kV. Een (vereenvoudigde) "transiente" berekening geeft een nauwkeuriger inschatting van de schakeltransienten.
- De spreiding van in totaal 20 km 380 kV verbinding ondergronds over verschillende geografisch gescheiden projecten zou normaal geen problemen qua schakeltransienten moeten opleveren;
- Verdere verkabeling van 380 kV verbindingen zal onvermijdelijk leiden tot een toename van lagere resonantiefrequenties;
- De tendens naar hernieuwbare productie, hetgeen leidt tot een verlaging van kortsluitvermogen, leidt eveneens tot een toename van lagere resonantiefrequenties. Hernieuwbare productie kan bovendien aanleiding geven tot regel-instabiliteiten door terugkoppeling van stoorsignalen via het net;
- Om deze twee effecten te neutraliseren zal er méér demping nodig zijn in het net op lagere harmonische frequenties. Voor een optimale toepassing van deze technieken is verder onderzoek nodig.

Met betrekking tot de uitzonderingen die TenneT maakt ten aanzien van verkabeling, namelijk dat de landelijke ring en de interconnectoren niet verkabeld worden, kan het volgende worden opgemerkt:

- Strikt genomen zijn TenneT en de landelijke regelgevende autoriteit ACM bevoegd inzake de keuze van techniek voor zowel het nationale net als voor interconnectoren. De Europese regelgeving en ook ENTSO-E (het Europees samenwerkingsverband van netwerkoperatoren) laat dit aan de landelijke autoriteiten over;
- TenneT verwijst in de opinie van TE terecht naar het belang van de betrokken uitzonderingen als schakels in het geïnterconnecteerd Europees net. TenneT opteert voor de grootst mogelijke betrouwbaarheid op deze verbindingen, dit om de zekerheid van bedrijfsvoering (Operational Security) in Europese context te kunnen garanderen.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Aanbevelingen

Indien nog verdere verkabeling (na de volgende 20 km) wordt overwogen, dan geeft TE hierbij de volgende aanbevelingen:

- TE beveelt aan dat TenneT in de gevolgde aanpak van Quick Scans systematisch vereenvoudigde transiente berekeningen opneemt;
- TE beveelt aan om een gemeenschappelijke aanpak (wetgever, toezichtshouder, TenneT) op basis van probabilistische technieken op te stellen voor de verdere uitbouw van het hoogspanningsnet. Hierdoor kunnen de bijkomende risico's van verkabeling van 380 kV verbindingen correct worden ingeschat en waar nodig geneutraliseerd worden;
- TE beveelt aan om onderzoek te verrichten naar betrouwbare en kosten-efficiënte oplossingen om de demping op lagere frequenties in het 380 kV net te verhogen. Dit moet toelaten om verder te verkabelen en tegelijk de verlaging van het kortsluitvermogen (tengevolge van de verschuiving in productie-mix) op te vangen. Tegelijk zal dit ook de stoorsignalen en de bijbehorende interferentie helpen onderdrukken.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Gevolg gevend aan de aankondiging van een wijziging van " Beleidslijn verkabelen 380 kV" door TenneT (Brief 20/03/2015 ref DIR 2015-002) heeft MINEZ (het Ministerie van Economische Zaken) opdracht gegeven aan Tractebel Engineering (TE) om een Second Opinion te formuleren betreffende dit onderwerp.

Dit rapport "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00 omvat de basisanalyse van Tractebel Engineering. (TE). Voor meer technische toelichtingen wordt, waar toepasselijk, verwezen naar twee aanvullende rapporten:

- Rapport "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" met ref. RITI/4NT/400814/002/00, waarin de aangeleverde documenten van TenneT individueel worden besproken;
- Rapport "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/003/00, waarin gepoogd wordt om een en ander inzichtelijk te maken voor niet-specialisten in de materie.

De drie Quick Scans die ook deel uitmaken van de Second Opinion studie worden behandeld in drie aparte rapporten nl.:

- Rapport "Review Quick Scan Zuid-West 380 kV BORSSELE - RILLAND (DRAFT)" met ref. RITI_4NT_412601_000_00;
- Rapport "Review Quick Scan Zuid-West 380 kV RILLAND - TILBURG (DRAFT)" met ref. RITI_4NT_412603_000_00;
- Rapport "Review Quick Scan Noord-West 380 kV EEMSHAVEN FASE 1 (DRAFT)" met ref. RITI_4NT_412604_000_00.

In het huidig rapport komen opeenvolgend de volgende punten aan bod:

- Het voorstel van TenneT tot wijzigen van beleidslijn;
- De vragen hierbij geformuleerd door MINEZ;
- De randvoorwaarden van TenneT als nationaal transportnetbeheerder;
- De opinie van TE betreffend de wijziging van beleidslijn;
- Een specifiek antwoord, vraag per vraag van MINEZ;
- De samenvatting en conclusies;
- Enkele aanbevelingen.

2. VOORSTEL VAN TENNET BELEIDSWIJZIGING VERKABELING 380 KV

2.1. Documenten

Hierbij wordt verwezen naar:

- De brief van TenneT , datum 20/03/2015 met ref. DIR 2015-002 aan MINEZ;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- De Position Paper van TenneT (Maart 2015): Aanleg ondergrondse van 220-en 380 kV.

2.2. Krachtlijnen

De krachtlijnen van deze Position Statement documenten kunnen samengevat worden als volgt:

- (1) TenneT geeft aan dat zij, door recent verkregen inzicht, de vroeger vastgelegde limiet van 20 km bekabelde (dubbel circuit) verbinding 380 kV kan loslaten onder bepaalde voorwaarden;
- (2) Uit de in 2009 opgestarte onderzoeksprojecten met de TU Delft en Eindhoven (die verder lopen tot 2018) zijn in 2014 de tussenresultaten geëvalueerd, mede onder druk van de evolutie in Duitsland waar wetgever en locale overheden de facto aansturen op de realisatie van pilootprojecten met verkabeling op 380 kV;
- (3) Dank zij het tot nu toe gevoerde onderzoek kan TenneT een gefundeerd standpunt innemen inzake de Duitse projecten (betrokken totale lengte van verkabeling ~50 km);
- (4) Het hierbij verkregen inzicht werpt ook vruchten af voor de Nederlandse thuismarkt, waar het vroeger ingenomen standpunt inzake verkabeling 380 kV in het Nederlandse net kan versoepeld worden;
- (5) Deze versoepeling betekent geenszins de stopzetting van het lopende onderzoeksprogramma in verband met verkabeling 380 kV. Het onderzoek naar de effecten van verkabeling zal nog worden uitgebreid door analoge onderzoeksprojecten aangaande de Duitse projecten;
- (6) Uitgaande van de thans beschikbare onderzoeksresultaten wordt als meest kritisch en maatgevend aspect het gedrag bij schakeltransienten aanzien. Dit wordt uiteraard beïnvloed door bijkomende kabels ten gevolge van de grote kabelcapaciteit (in de strikte zin van de verhouding “opgebouwde spanning in V / elektrische lading in A.s of Coulomb”). Dit gedrag bij schakeltransienten kan goeddeels ingeschat worden door de het verloop van de harmonische impedantie van het net in functie van de frequentie en dit ter hoogte van de geplande verkabeling. De aanwezigheid van resonanties op lage frequentie met een hoge resonantie-impedantie duidt op een risico voor overspanningen bij schakelingen en andere overgangsverschijnselen (zoals eliminatie van kortsluitingen) die sowieso kunnen voorkomen in een elektrisch net. Deze overspanningen moeten binnen de limieten van het gebruikte hoogspanningsmateriaal blijven, zoniet onstaat er een gevaar voor overslag en kortsluiting, met onderbrekingen tot gevolg;
- (7) Het verloop van de harmonische impedantie in functie van de frequentie is duidelijk gerelateerd aan de kabelcapaciteit, die zelf evenredig is aan de totale lengte van geïnstalleerde kabel. Dit betekent dat voor elke bijkomende installatie van kabel ook met de reeds vroeger geïnstalleerde kabels moet rekening gehouden worden. Ook de kabelaansluitingen voor productie-eenheden en grote verbruikers moeten mee in rekening worden gebracht;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- (8) Anderzijds heeft de evolutie naar hernieuwbare productie tot gevolg dat het kortsluitvermogen daalt (of met andere woorden de bronimpedantie hoger wordt). De verhoging van de bronimpedantie geeft ook aanleiding tot verlagen van resonantiefrequenties. Dit effect is cumulatief met de invloed van de kabelcapaciteit en mag dus ook niet uit het oog verloren worden bij het onderzoek naar transient gedrag en harmonische resonanties;
- (9) Andere effecten van verkabelen op 380 kV, met name op de blindstroom (reactief vermogen huishouding), kunnen opgevangen worden door op welgekozen plaatsen in de omgeving van de verkabelde gedeelten shuntreactoren (spoelen) te plaatsen;
- (10) Naast puur elektrische aspecten hebben kabels ook een lagere beschikbaarheid dan luchtlijnen, en dit voornamelijk door de langere reparatietijd in geval van fout. Dit brengt een vermindering van bedrijfszekerheid van het net teweeg, zowel inzake leveringszekerheid naar de klanten toe als naar transportmogelijkheid in internationale context;
- (11) De invloed op onbeschikbaarheid neem toe met de complexiteit van de verbinding. Meerdere overgangen luchtlijn – kabel en vice versa in één connectie zijn nadelig in dit verband ;
- (12) TenneT stelt dat een aantal connecties dermate belangrijk zijn voor de leveringszekerheid dat hier een degradatie door (gedeeltelijke) verkabeling niet kan aanvaard worden. Dit geldt met name voor de interconnectoren en connecties die behoren tot de landelijke ring 380 kV;
- (13) Met inachtname van het bovenstaande kan de huidige limiet van 20 km verkabelde connectie (met 2 circuits) opgetrokken worden tot 40 km. De bijkomende verkabeling zou dan wel moeten geografisch gespreid worden in het net. (De limiet van 20 bijkomende km wordt niet expliciet vernoemd in de Position Paper, maaar wel in de brief aan de Minister.)

3. VRAAGSTELLING MINEZ MET BETREKKING TOT DE VOORGESTELDE BELEIDSWIJZIGING

3.1. Documenten

Hierbij wordt verwezen naar de bijlage (met Ref: 201505281217) van de Request for quotation uitgestuurd door MINEZ (E-mail IUCEZteam5, 04/06/2015).

Meer specifiek de rubrieken:

- 1.3 Problem statement ….. tot en met
- 1.6 Interconnectors and European legislation

3.2. Formulering van de vragen

De vragen van MINEZ zijn in detail weergegeven in Appendix 1 van dit rapport

Zij concentreren zich op vier hoofdlijnen:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Vragen ten aanzien van het voorstel zelf van TenneT tot beleidswijziging verkabeling 380 kV;
- Vragen ten aanzien van het lopend onderzoeksprogramma met betrekking tot verkabeling 380 kV;
- Vragen ten aanzien van de internationale ervaringen met betrekking tot verkabeling 380 kV;
- Vragen ten aanzien van verkabeling op internationale verbindingen (Interconnectoren);

4. OPZET VAN DEZE 2ND OPINION ANALYSE

4.1. Algemeen

Deze 2nd Opinion beoogt een toetsing van de door TenneT voorgestelde wijziging van beleidslijn en de daarbij gevoerde argumentatie aan de hand van de vraagstelling van MINEZ, en rekening houdend met de randvoorwaarden waarin TenneT moet functioneren.

In het volgende hoofdstuk 5 worden eerst de randvoorwaarden geschetst van TenneT in de recente ontwikkelingen van de elektriciteitssector.

Hoofdstuk 6 omvat de opinie van TE op het voorstel van wijziging beleidslijn van TenneT.

De daaropvolgende hoofdstukken 7 tot en met 10 volgen in eerste instantie het schema van de vraagstelling van MINEZ zoals aangegeven in punt 3.2 hierboven, waarbij elke vraag individueel beantwoord wordt, al dan niet met verwijzing voor meer technische details.

In hoofdstuk 11 volgt dan een samenvatting en in 12 enkele aanbevelingen..

4.2. Verwijzing naar studiedocumenten aangeleverd door TenneT

Dit document “Basisrapport 2nd Opinion” bevat enkel een beknopte behandeling van de technische aspecten.

Voor meer details wordt verwezen naar het bijgevoegd rapport “Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion” ref: RITI/4NT/400814/002/00. Hierin worden alle door TenneT aangeleverde documenten individueel behandeld.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

4.3. Verwijzing voor technische toelichtingen

Voor verdere technische toelichting wordt ook verwezen naar de nota "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref . RITI/4NT/400814/003/00.

4.4. Beperkingen

De 2nd Opinion analyse betreft de technische aspecten van de bijkomende verkabeling op 380 kV. Daar waar er raakpunten zijn met andere aspecten (bv. bedrijfsbeleid) wordt dit wel aangegeven, maar zonder erop in te gaan.

De 2nd Opinion betreft de beleidslijn zoals zij werd voorgesteld door TenneT, met de hypotheses van TenneT.

Mogelijke alternatieven worden bij gelegenheid vermeld, doch zijn niet uitgewerkt. Het komt aan TenneT en de bevoegde toezichthouder toe om ze al dan niet in overweging te nemen en desgewenst nader te onderzoeken.

5. RANDVOORWAARDEN M.B.T. TENNET IN DE LANDELIJKE ELECTRICITEITSVOORZIENING

5.1. Wijzigingen in het landschap van de elektriciteitsvoorziening

Volgende elementen spelen een rol in de beoordeling:

- De omvorming van de elektriciteitssector naar ontbundelde aktiviteiten productie, transport, distributie, klantlevering;
- De opgang van decentrale productie (o.a. warmte-kracht koppeling);
- De toename van hernieuwbare (wind, zon) productie, tegelijk met ontoereikende stockage-mogelijkheden;
- De sterke fluctuatie in de productie-mix ten gevolge van de primaire brandstofprijzen;
- De technische noodzaak van sterkere interconnectie op Europees niveau, om belastingvariatie in combinatie met variabele productie beter af te vlakken over het ruimere geïnterconnecteerde net;
- Het streven naar een betere marktwerking op Europees niveau, waarvoor ook vlot transport (met andere woorden : meer interconnectie) nodig is;
- Het toenemend belang van grensoverschrijdende "technische" solidariteit maar ook van grensoverschrijdende risico's door toenemende interconnectie.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

5.2. Wettelijk kader van TenneT als gereguleerd transportmonopolie

De taak van de netbeheerder in de ontbundelde Nederlandse elektriciteitssector is omschreven in Artikel 16, eerste lid van de E-wet:

Quote:

1. De netbeheerder heeft in het kader van het beheer van de netten in het voor hem krachtens artikel 36 en 37 vastgestelde gebied tot taak:
    a. De door hem beheerde netten in werking te hebben en te onderhouden;
    b. De veiligheid en betrouwbaarheid van de netten en van het transport van elektriciteit over de netten op de meest doelmatige wijze te waarborgen;
    c. De netten aan te leggen, te herstellen, te vernieuwen of uit te breiden, waarbij in overweging worden genomen maatregelen op het gebied van duurzame elektriciteit, energiebesparing en vraagsturing of decentrale elektriciteitsproductie waardoor de noodzaak van vervanging of vergroting van de productiecapaciteit ondervangen kan worden;
    d. Voldoende reservecapaciteit voor het transport van elektriciteit aan te houden
    e. ……..

Unquote

Om misbruik van de monopolie-positie uit te sluiten wordt de monopolie-houdende netbeheerder “gereguleerd” en onder een toezichthoudende overheid geplaatst, in casu de Autoriteit Consument en Markt (ACM).

Zoals beschreven in het Methodebesluit Transporttaken TenneT 2014-2016 art 49 mag TenneT een redelijk rendement behalen op het ingezet kapitaal (equity+debt).

Dit redelijk rendement wordt beschreven als de WACC (Weighed Average Capital Cost) en wordt (door onafhankelijk externe experts) bepaald op basis van de actuele toestand op de financiële markten. Dit rendement moet toelaten dat TenneT maktconform kan ontlenen en zo nodig eigen kapitaal (equity) ophalen op de financiële markten.

Uit de WACC, de samenstelling en waardering van de activa, de raming van de efficiënte investeringen en de efficiënte werkingskosten bepaalt ACM de door TenneT aan te rekenen tarieven (voor een periode van 3 tot 5jaar).

ACM stelt daarnaast de algemene objectieven (Capaciteitsbehoeften) vast inzake evolutie van het elektriciteitstransport en bewaakt de kwaliteit van de prestaties van TenneT als netbeheerder.

TenneT legt tweejaarlijks een Kwaliteits- en Capaciteitsdocument voor aan de ACM waarin o.a. de projecten voorgesteld worden om aan de algemene objectieven en de kwaliteitseisen te voldoen.

Projecten die door ACM als efficiënt gewaarmerkt worden komen in aanmerking voor een kapitaalsrendement (=WACC). Het geëngageerd kapitaal wordt meegenomen in de bepaling van de tarieven en wordt dus door de eindverbruiker vergoed.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Werkingskosten die door ACM als efficiënt worden beschouwd worden ook meegenomen in de bepaling van de tarieven en dus ook door de eindverbruiker vergoed.

Inzake kwaliteit van transport dienstverlening geldt (op grond van de Netcode) voor TenneT enkel de Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve.

5.3. Evaluatie van de "Performance" van TenneT

Investeringen die strikt beantwoorden aan de Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve komen per definitie in aanmerking voor kapitaalvergoeding volgens WACC en komen in de tarieven terecht.

Anderzijds kan men voor eenzelfde project (connectie) opteren voor de meest economische oplossing of voor een duurdere oplossing, die allebei aan de Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve voldoen. Normaal gezien zou de meest economische oplossing als efficiënt moeten worden aanzien.

Vervangingsinvesteringen veranderen ook niets aan de enkelvoudige storingsreserve. Vraag is hoe de efficiëntie van dergelijke investeringen onderbouwd wordt.

Netstoringen, zelfs in een net conform aan de Kwaliteitsnorm, kunnen aanleiding geven tot generator-redispatch kosten en klantcompensatie bij onderbrekingen. Vraag is of dergelijke kosten door ACM als efficiënte kosten worden aanzien.

Voor eenzelfde project (connectie) kan men opteren voor de meest betrouwbare techniek of voor een minder betrouwbare techniek (en toch altijd in conformiteit blijven met Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve). Het is evident dat in het laatste geval de verwachte kosten voor generator-redispatch en klantcompensatie hoger uitvallen. Vraag is opnieuw of dergelijke kosten door ACM als efficiënte kosten worden aanzien.

5.4. Impact op het Business Model van TenneT

Het Business Model van TenneT berust op de vergoeding (WACC) voor kapitaalkosten (debt+equity) die toegekend wordt door ACM via het instrument van de toepasbare tarieven.

De problematiek van verkabelen op 380 kV heeft hier volgende implicaties:

- Verkabelen is een dure oplossing. Indien deze dure oplossing door ACM niet als efficiënt wordt beoordeelt, heeft TenneT een derving van kapitaalsvergoeding op investering;
- Verkabelen op 380 kV heeft een lagere betrouwbaarheid en zal dus ergens leiden tot verhoogde kosten voor generator-redispatch en klantcompensatie bij netstoringen. Indien ACM deze kosten niet aanvaardt als efficiënte kosten geeft dit een verlaging van het exploitatieresultaat en een bijbehorende vermindering van de vergoeding op het eigen vermogen van TenneT.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

6. OPINIE VAN TE BIJ HET VOORSTEL TENNET BELEIDSWIJZIGING VERKABELING 380 KV

Hierbij worden algemene bedenkingen geformuleerd bij het voorstel van beleidswijziging zoals aangebracht door TenneT.

6.1. Volume en aantal toepassingen

TenneT stelt duidelijk (item 13 van 2.2 hierboven) dat het hier gaat over realisatie van maximum 20 km bijkomende (tracélengte) verkabeling, geografisch te spreiden (over meerdere deelprojecten) in het landelijk 380 kV net.

Deze enkele bijkomende kabelprojecten blijven dus op de schaal van wat werd toegepast in Randstad 380 kV.

Om reden van betrouwbaarheid van het net als geheel worden een aantal uitsluitingen geformuleerd voor verbindingen die zeer belangrijk zijn in het net (item 12 van 2.2 hierboven).

6.2. Toepasbaarheid in verband met schakeltransienten

Als voornaamste criterium stelt TenneT het beheersen van schakeltransienten die door de bijkomende bekabeling worden beïnvloed (item 6 en 7 van 2.2 hierboven).

Als screening methode stelt TenneT de Frequency Scan voor ter hoogte van de netlocatie waar verkabeling overwogen wordt.

Hierbij maakt TE volgende bedenkingen (met verwijzing naar rapport Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen (Draft) ref RITI/4NT/400814/003/00 hoofdstuk 8,9 en 10):

- Bijkomende lokale capaciteiten in een inductief net beïnvloeden uiteraard de schakeltransients (in principe één bijkomende gedempte sinusoïde in het overgangsverschijnsel, andere overgangssinusoïdes verschuiven naar lagere frequenties);
- Zij beïnvloeden ook de Frequency Scan (op diezelfde locatie in het net): verschuiven van de bestaande resonantiepieken naar lagere frequenties plus een bijkomende piek;
- De aanwezigheid van hoge resonantiepieken < 500 Hz (< 10 x de normale netfrequentie), met een impedantiepiek > 100 Ohm (in Ohm 380 kV) wordt door TenneT aanzien als een signaal dat problemen mogelijk zijn en dat verder onderzoek met transiente berekeningen noodzakelijk is.
- Zoals geïllustreerd in ref RITI/4NT/400814/003/00 hoofdstuk 10 heeft de hoogte van de resonantiepieken in de Frequency Scan geen eenduidig verband met de schakeloverspanningen tijdens schakeltransients. Hierom meent TE dat uiteindelijk slechts een evaluatie van de transients met een aangepaste software definitief uitsluitsel kan geven;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- TenneT merkt terecht op (item 7 en 8 van 2.2 hierboven) dat bij evaluatie van zowel transients als van Frequency Scan alle reeds bestaande of reeds gereserveerde kabels meespelen. Evenzo speelt de verlaging van het kortsluitvermogen ten gevolge van de verschuiving naar hernieuwbare bronnen hierin mee en moet in rekening gebracht worden.

6.3. Effect op reactief vermogen huishouding

De belangrijke shuntcapaciteit van kabels (item 9 van 2.2 hierboven) genereert lokaal een aanzienlijk reactief vermogen. TenneT geeft aan dat dit mits plaatsen van aangepaste reactanties op welgekozen plaatsen kan opgevangen worden.

TE benadrukt hierbij dat het van belang is de kabels en reactanties zoveel mogelijk tegelijk onder spanning te hebben, zodat de compensatie optimaal is. Indien de reactanties niet elektrisch solidair met de kabel geschakeld worden, moet een aangepaste schakelsequentie er voor zorgen dat de duur van niet-overlapping minimaal is.

Op de schaal van de beoogde projecten (voor een totaal van 20 bijkomende km) stelt de compensatie met reactanties geen enkel probleem.

6.4. Effect van lagere beschikbaarheid van kabels

De lagere beschikbaarheid van kabels t.o.v. luchtlijnen (item 10 van 2.2 hierboven) brengt een vermindering van bedrijfszekerheid van het net teweeg, zowel inzake leveringszekerheid naar de klanten toe als naar transportmogelijkheid in internationale context.

Hierbij merkt TE nog op dat deze vermindering van bedrijfszekerheid totaal ontgaat aan de “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve” die van toepassing is op TenneT.

Anderzijds zijn er wel effecten van deze lagere bedrijfszekerheid op de huishouding van TenneT. Zo zullen er hogere kosten zijn voor generator-redispatch en voor klantvergoedingen ten gevolge van netstoringen. Vraag is of dit ten laste valt van het exploitatieresultaat van TenneT en dus van de aandeelhouders, ofwel of dit door ACM aanvaard wordt als een efficiënte kost en dus doorgerekend wordt aan de eindverbruiker via de tarieven (zie ook 5.4 hierboven).

Deze sluipende verlaging van bedrijfszekerheid (bij onveranderd gebruik van de “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve” als criterium voor netversterking) kan enkel vermeden worden door het invoeren van een nieuwe aangepaste KPI (Key Performance Index) die een relatief goed beeld geeft van de kosten ten gevolge van netstoringen.

Het bewaken van deze KPI, als trigger van bijkomende netinvesteringen, zal mogelijks aanleiding geven tot anticipatie van investeringen (ten aanzien van de trigger die volgt uit de “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve”). Dit is grafisch toegelicht in het rapport ref RITI/4NT/400814/003/00 hoofdstuk 11.

Gezien de beperkte omvang (20 km) van de bijkomende verkabeling acht TE dit probleem nog niet erg kritisch.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Met het oog op verdere verkabeling (na de volgende 20 km) is het wel aangewezen hierover af te stemmen tussen alle betrokken partijen, al dan niet met bijkomende regelgeving.

6.5. Uitsluitingen omwille van beschikbaarheid

Om reden van betrouwbaarheid van het net als geheel worden een aantal uitsluitingen geformuleerd voor verbindingen die zeer belangrijk zijn in het net (item 12 van 2.2 hierboven) en met name de interconnectoren en de landelijke ring.

Het mag duidelijk zijn dat Nederland dank zij de diverse interconnecties kan steunen op de "elektrische" solidariteit van sterke buren (Duitsland en Frankrijk (via België)) die onderling één "synchroon AC" blok vormen met tal van andere West-Europese landen.

Daartegenover staat dat Nederland zelf via de interconnectoren en de eigen landelijke 380 kV structuur voldoende en betrouwbare doorvoer moet verzekeren bij noodgevallen in andere landen (bv: recent naar België in de winter 2014-2015). Het "synchroon AC" blok is maar sterk en efficiënt in de mate dat de onderlinge banden sterk en betrouwbaar zijn.

Verbonden zijn heeft vele voordelen, maar betekent ook dat het "synchroon AC" blok als geheel overleeft of als geheel ten onder gaat bij ernstig netfalen. Hieruit volgt een grote verantwoordelijkheid van de TSO (TSO = Transmission System Operators, waaronder TenneT) in de verschillende landen die deel uitmaken van het "synchroon AC" blok om naar de hoogst mogelijke betrouwbaarheid te streven voor netcomponenten die deel uitmaken van deze "solidariteitsverbindingen".

Dit is in wezen de achtergrond van de ENTSO-E “Network Code on Operational security”.

Met de huidige stand van techniek en ervaring zijn de luchtlijnen op 380 kV veel betrouwbaarder dan ondergrondse kabels AC en opteert TenneT exclusief voor de luchtlijn voor al deze componenten en met name voor:

- de interconnectoren zelf;
- de inbindingen (ten minste één) van deze interconnectoren naar de landelijke ring 380 kV;
- de 380 kV landelijke ring zelf.

DNV-KEMA heeft (Ref: 74104670-ETD/PSP 13-3355 van 24 januari 2014 in opdracht van TenneT, beschikbaar op de TenneT website) een onderzoek gevoerd naar de implicaties van ernstige 380 kV fouten op de stabiliteit van de Nederlandse 380 kV-structuur in de Europese context. Hieruit is gebleken dat gelijktijdig of successief uitvallen van meer dan 2 circuits 380kV aanleiding kan geven tot instabiliteit van het "synchroon AC" net op Nederlands grondgebied. Dit gaat mogelijk gepaard met een aanzienlijke lastafwerping en spanningsonderbreking van meerdere uren in grote gebieden. De implicatie van een dergelijk falen op het maatschappelijk en economisch weefsel is niet te onderschatten (kan aanzienlijk zwaarder uitvallen dan de recente 380 kV fout te Diemen). In dit opzicht is het TenneT beleid van "enkel luchtlijn" voor maximale betrouwbaarheid van de vitale verbindingen, waartoe de interconnectoren behoren, zeker te verantwoorden.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

7. ANALYSE VAN DE VRAGEN VAN MINEZ M.B.T. HET POSITION STATEMENT VAN TENNET AANGAANDE VERKABELING 380 KV

7.1. 20 km limiet van verkabeling 380 kV al dan niet loslaten ?

Hier worden de eerste drie deelvragen van MINEZ gegroepeerd beantwoord:

- Kan de 20 kilometer ondergronds op dit moment los gelaten worden?
- Als we het kunnen loslaten, wat zijn de randvoorwaarden waaraan voldaan moet worden?
- Welke extra risico's lopen we door de 20 kilometer nu los te laten?

Deze drie vragen verwijzen naar Bullet (13) van het Position Statement ,zie 2.2 hierboven.

Verwijzend naar de door TenneT aangeleverde documenten (zie 3.1 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00) kunnen wij stellen dat 20 km bijkomende verkabeling als dusdanig niet echt onderbouwd is (zie ook verder 8.1), maar naar alle waarschijnlijkheid geen probleem stelt mits de volgende voorwaarden (die verder nog aan bod komen):

- De verbindingen waarin verkabeling wordt toegepast a priori relatief laag belast zijn in de globale configuratie van het landelijk net. Dit sluit de interconnectoren en de verbindingen van de landelijke ring uit.
- De totale lengte van extra verkabeling onder 20 km blijft.
- De schakeltransients (of de harmonisch impedantie) geverifieerd worden m.b.t. de bijkomende kabelcapaciteit en dit voor elke verbinding waarin verkabeling wordt toegepast.

Het enige nadeel van deze bijkomende verkabeling (en dit is geen risico, maar een zekerheid) is dat, door toepassing van een (merkelijk) duurdere technologie, die per slot van rekening toch een lagere betrouwbaarheid heeft, hetzelfde "economisch goed" (welgedefinieerde leveringszekerheid van elektriciteit) verwezenlijkt wordt met een hogere investeringskost (CAPEX) dan de minimale kost (met luchtlijn). Hierbij kan het ook nog voorkomen dat netversterkingen anticipatief moeten verwezenlijkt worden, hetgeen de CAPEX verder opdrijft. Zie ook 6.4 hierboven.

Voor de jaarlijkse bedrijfskosten (OPEX) is het plaatje minder eenduidig, maar het is te verwachten dat reparatiekosten voor kabel veel hoger moeten ingeschat worden dan voor luchtlijn. Daarnaast zij er hogere kosten voor generator re-dispatch en klantvergoedingen ten gevolge van netstoringen.

Op wie en hoe deze meerkost(en) afgewenteld wordt(en) hangt af van het reguliere kader waarin TenneT functioneert, en de regels die ACM daarin toepast.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

7.2. Risico's van verder verkabelen van (delen van) 220- en 380kV-verbindingen

Vraagstelling :

- Welke risico's treden überhaupt op als er meer (delen van) 220- en 380kV-verbindingen verkabeld gaan worden?

Twee aspecten :

- Risico's naar leveringszekerheid;
- Risico's naar veilig "elektrisch functioneren" met name schakelfenomenen en interferentie met "Static devices".

Aspect leveringszekerheid:

In wezen kan, op basis van probabilistische analyse en investeringsbeslissing, de beoogde dienstkwaliteit (leveringszekerheid) van TenneT gegarandeerd worden ongeacht de netuitbreidingen al dan niet (gedeeltelijke) verkabeling 380 kV omvatten, maar dit gaat dan wel verder dan de huidige "Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve".

Hierbij moeten wij wel een vorige paragraaf hernemen:

Het enige nadeel (en dit is geen risico, maar een zekerheid) is dat door toepassing van een (merkelijk) duurdere technologie, die per slot van rekening toch een lagere betrouwbaarheid heeft, hetzelfde "economisch goed" (welgedefinieerde leveringszekerheid van elektriciteit) verwezenlijkt wordt met een hogere investeringskost (CAPEX) dan de minimale kost (met luchtlijn).

Aspect veilig "elektrisch functioneren":

De elektrische schakelfenomenen zullen sowieso moeilijker te beheersen zijn naarmate er meer kabel geïnstalleerd wordt in het net. Het nog lopend onderzoek van H. Khalilnezad (zie ook 3.6 en 3.7 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00), tesamen met een betere kennis van dempende factoren moet hierin klaarheid brengen vooraleer nog verdere (na de 20 km uitbreiding) verkabeling wordt overwogen.

De aspecten van interferentie met "Static devices" (HVDC converters, WTG converters, …) zullen met de jaren ook steeds toenemen. Ook hier is verder onderzoek aangewezen.

7.3. Al dan niet wachten tot afronding van het onderzoeks- en monitoringsprogramma

Dit punt omvat drie deelvragen:

Deelvraag 1:

- Welke winst levert het wachten tot afronding van het onderzoeks- en monitoringsprogramma op qua informatie en rekenmodellen ten opzichte van nu?

Hierop kan als volgt geantwoord worden:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Het is niet duidelijk of in de TenneT organisatie de netwerkplanning op basis van probabilistische modellen reeds voldoende ontwikkeld is om naast (of in de plaats van) de deterministische aanpak de investeringsbeslissingen te sturen. Naarmate de lengte aan kabel toeneemt in het net zal dit meer en meer noodzakelijk worden. Een en ander moet ook afgestemd worden tussen TenneT en de bevoegde toezichthouder(s);

Naarmate de observatie (kabelcircuit-km x jaren) toeneemt, verbetert de statistische basis van het betrouwbaarheidsonderzoek. De bijkomende observaties hebben een hoger (statistisch) gewicht want 100% toepasselijk op de condities in Nederland. Toch worden hier geen spectaculaire verschuivingen verwacht;

Het nog lopend onderzoek van H. Khalilnezad (zie ook 3.6 en 3.7 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00), tesamen met een betere kennis van dempende factoren moet meer klaarheid brengen in de aanpak van schakeltransients in samenhang met verkabeling. Voor de eerste uitbreiding met 20 km verkabeling aanzien wij dit niet als kritisch.

Deelvraag 2:

- Welke risico's kunnen dan uitgesloten worden, welke verminderen?

Antwoord:

Inzake betrouwbaarheid gaat het niet zozeer om uitsluiten of verminderen dan wel om een betere inschatting te hebben van de werkelijke risico's. De onderliggende probabiliteiten die aan de grond liggen van de risico's veranderen als dusdanig niet door meer onderzoek. Langere observatie geeft betere inschatting van deze probabiliteiten. Verder onderzoek kan de samenhang tussen probabiliteiten en risico's verduidelijken en een betere inschatting van de risico's opleveren. De risico's als dusdanig veranderen niet, alleen kan men er een beter zicht op bekomen;

Een gedegen onderbouwing van de aanpak van schakeltransients in samenhang met verkabeling moet toelaten de hieraan verbonden risico's goed in te schatten en eventueel te remediëren (bv. door bijkomende artificiële demping). Dit kan het toepassingsgebied voor verkabeling mogelijks verruimen.

Deelvraag 3:

- Nemen de kansen op bepaalde gebeurtenissen daardoor af ?

Antwoord:

De statistische gegevens blijven wat ze zijn, en de probabiliteit van een evenement in een welbepaalde configuratie verandert op zich niet. De probabiliteit kan wel met een grotere nauwkeurigheid ingeschat worden naarmate de observatieperiode toeneemt;

Het recent onderzoek in de Master Thesis van N. Kandalepa (zie ook 3.1 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00) heeft wel aangetoond dat de keuze van de connectie waarin men verkabelt verre van neutraal is. Zo zijn de effecten in laag belaste verbindingen veel minder dan in hoog belaste verbindingen. In deze zin kan verder onderzoek helpen om bv. load curtailment (lastafschakeling) te vermijden of te beperken.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

7.4. Wat met de uitzonderingen van TenneT ?

Vraagstelling :

- Zijn de door TenneT genoemde uitzonderingen (geen verkabeling in de landelijke ring en bij interconnectoren en niet afwisselen van kabel en lijn op korte afstand) reëel en verdedigbaar? Kan op grond van reële en goede argumenten onderbouwd worden dat het verstandig is deze uitzonderingen te maken?

Antwoord betreffende de landelijke ring:

Het recent onderzoek in de Master Thesis van N. Kandalepa (zie ook 3.1 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00) heeft wel aangetoond dat de verwachte belasting in een connectie waar men bekabeling overweegt een merkelijke negatieve invloed heeft op de probabilistische KPI (Key Performance Indices), meer in het bijzonder op de probabiliteit van lastafschakeling. De connecties van de landelijke ring zijn bij uitstek belast, en dus te mijden voor verkabeling.

Daarnaast is er nog de rol van interconnectoren en landelijke ring in het globale geïnterconnecteerde Europese net en de daaraan verbonden aspecten van "Operational Security", zie 6.5 hierboven.

Hier moet wel worden opgemerkt dat het schema en de kabelconfiguratie van TenneT (i.e. identisch aan Randstad) werd beschouwd. In 3.1.2 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00) wordt ook een mogelijk alternatief van configuratie voorgesteld, dat logischerwijze beter zou moet scoren, maar dit is tot nog toe niet onderzocht en hiervoor zijn geen resultaten beschikbaar

Antwoord betreffende de interconnectoren:

Hier geldt hetzelfde argument als voor de landelijke ring.
Zie ook 6.5 hierboven.

Antwoord betreffende afwisselen van kabel en lijn op korte afstand:

Het afwisselen van meerdere stukken lijn en kabel in dezelfde connectie verhoogt het aantal kabelcomponenten en in casu het aantal eindsluitingen die statistisch het meest bijdragen in de faalkans. De betrouwbaarheid gaat hierdoor achteruit. Bovendien zijn zulke verbindingen complexer qua beveiliging tegen elektrische fouten. Niet correcte afschakeling verergert de gevolgen van de elektrische fout op de rest van het net (langdurige spanningsdip, onselectieve afschakelingen enz.). De elektrische respons op schakelingen van zulke verbinding is ook meer complex, maar dit laatste zou geen problemen mogen opleveren indien aan elke overgang lijn-kabel surge arresters zijn voorzien.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

8. VRAGEN AANGAANDE HET LOPEND ONDERZOEKSPROGRAMMA MET BETREKKING TOT VERKABELING 380 KV

Aangaande het lopend onderzoeksprogramma stelt MINEZ zich de vraag of de modellen en resultaten van de theoretische fase (die voor een heel eind afgerond zou moeten zijn) kunnen getoetst worden aan de eerste monitorgegevens, met de volgende specifieke deelvragen:

8.1. Coherentie van modellen, resultaten en conclusies – Mogelijke validatie

Vraagstelling :

- Kloppen de conclusies die op basis van de resultaten tot op heden getrokken worden?

Antwoord : inzake de limiet van 20 extra km:

Verband modellen betrouwbaaarheid – limiet van 20 km bijkomend te verkabelen.

Dit verband is niet duidelijk onderbouwd. Er wordt verwezen naar de internship studie van N. Kandalepa " Underground cables in the Dutch electricity grid - Risk assessment of further 380 kV cabling". Hierbij concludeert men dat met 30 dagen reparatietijd 20 km totaal verkabeld in het 380 kV nog juist acceptabel is, terwijl met een reparatietijd van 14 dagen tot 120 km mag verkabeld worden (N.B. de 20 km zijn al "geconsommeerd" na afwerking van Randstad). In de later (09/2015) aangeleverde Master studie van N. Kandalepa komt men dan weer tot de conclusie dat in laagbelaste connecties zoals Rilland – Tilburg zelfs tot 100% (~80 km) kan verkabeld worden zonder impact op de probabiliteit van lastafwerping. Samengevat : maximum 20 km extra, maar met de keuze voor minder belaste connecties lijkt zeker plausibel, maar is niet echt onderbouwd.

Antwoord : inzake de uitsluitingen voor verkabeling:

De uitsluiting van bepaalde connecties voor verkabeling is dan weer coherent met de Master studie van N. Kandalepa, die opteert voor verkabeling in minder belaste connecties;

Antwoord : inzake schakeltransienten:

Alle aangeleverde studies die schakeltransients behandelen wijzen op het ontstaan van resonanties op lagere harmonische frequenties tengevolge van de kabelcapaciteit. De aanpak van TenneT om systematisch op dit criterium te screenen is hiermee coherent. Zie ook 6.2 hierboven.

Vraagstelling :

- Kloppen de theoretische modellen?

Antwoord betreffende betrouwbaarheidsanalyse:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Er werden bijkomende vragen gesteld aan TenneT betreffende de samenhang tussen de verschillende studies met betrekking tot betrouwbaarheid (B.Tuinema en 2 studies van N.Kandalepa).

Antwoord betreffende Steady state en Dynamische netstabiliteit:

De studies m.b.t. Steady State (load flow, Mvar compensatie) en Dynamische Stabiliteit van het net leveren plausibele resultaten. De impact van verder verkabelen op deze aspecten is perfect beheersbaar;

Antwoord betreffende Schakeltransients:

Het onderzoek betreffende de onderbouwing van verder verkabelen (PhD werk van Hossein Khalilnezhad) is nog lopend. Enkel de resultaten betreffende Steady State (reactorcompensatie) zijn beschikbaar. Vooral de onderbouwing van de aanpak schakeltransienten zal gebaat zijn met dit verder onderzoek.

Vraagstelling:

- Zijn de modellen al te valideren (met praktijkgegevens)?

Antwoord voor wat betreft betrouwbaarheid:

Het aantoonbaar effect van de bestaande verkabeling in Randstad-Zuid is op dit ogenblik nihil, omdat er nog geen fouten opgetreden zijn. Sowieso zou een dergelijke “validatie door observatie” een enorm lange observatieperiode vereisen om tot enigszins stabiele meetresultaten te komen.

Antwoord voor wat betreft schakeltransients:

Voor bepaalde schakelmaneuvers werd een vergelijking gemaakt tussen een model gebaseerd op simulatie in tijdsdomein (PSCAD) en geregistreerde meetwaarden in Randstad Zuid. De resultaten vertoonden een goede overeenkomst, wat het vertrouwen in het model bevestigt.

8.2. Modellen en aannames

De vraagstelling van MINEZ ;

- Wat zijn de theoretische en rekenmodellen? Kloppen de modellen? Kloppen de aannames die onderliggen aan de modellen? Welke onzekerheden kennen de modellen?

De antwoorden worden hieronder per studierubriek behandeld:

- Betrouwbaarheid;
- Steasy State;
- Dynamische stabiliteit;
- Resonanties;
- Transients (Schakelfenomenen).

8.2.1. BETROUWBAARHEID

Zie ook 3.1 van het document “Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling” ref. RITI-4NT-400814-002-00).

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Het onderzoek van B.Tuinema en N.Kandalepa(1) en (2) is gebaseerd op een "probabilistische" benadering, in tegenstelling tot de "deterministische" criteria (Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve zoals gehanteerd in de Netdcode).

Meer specifiek wordt de techniek "Contingency enumeration" gebruikt. Hierbij worden enerzijds de verschillende "Contingencies" (mogelijke gedegradeerde toestanden, al dan niet combinaties ervan) opgesomd met hun probabiliteit van optreden en anderzijds de bij deze contingencies horende "bijdragen" tot allerlei Key Performance Indices (KPI) berekend. De "som-produkt" over alle contingencies van Probabiliteit x Bijdrage KPI geeft de totale verwachte waarde voor de KPI. Deze methode laat toe van bv. verschillende hypothesen van netevolutie onderling te vergelijken qua KPI en daarbij ook zicht te hebben op de "dominante" contingencies d.w.z. met het meest impact op de KPI.

Het onderzoek is nog in volle evolutie (met name tussen Kandalepa (1) en (2)). Het is niet duidelijk of TenneT hiermee al over een voldoende "tool" beschikt om op "netniveau" aan probabilistische planning te doen naast (of in vervanging van) de probabilistische aanpak. Evenmin is duidelijk uit de rapporten of de relevante KPI eenduidig vastliggen en door de toezichthoudende overheid "aanvaard" worden bij het beoordelen van opportuniteit/noodzakelijkheid van nieuwe netuitbreidingen.

Nadere toelichting van TenneT heeft bevestigd dat de toezichthoudende overheid tot nu toe geen uitspraken doet over de beschikbaarheid / betrouwbaarheid, anders dan kwalitatieve omschrijvingen daarvan. Hiermee is de situatie niet duidelijker of de toezichthouder bijkomende netinvesteringen op basis van probabilistische criteria vanwege TenneT als "Efficiente Investeringen" zal aanvaarden en dus ontvankelijk voor kapitaalsvergoeding (zie ook 5.3 en 5.4 hoger in dit rapport).

Dit onderzoek is gebaseerd op eigen software-ontwikkelingen, voor een deel althans in de MATLAB meta-language. De "single development - single user" situatie betekent dat eventuele softwarefouten ("bugs") mogelijks langer onopgemerkt blijven. Dit is een klassiek probleem in kwaliteitsborging van software tools.

Aangaande de gebruikte parameters kan men stellen dat de gebruikte statistische gegevens (faalkans, reparatieduur) op de best mogelijke bronnen gebaseerd zijn. Bovendien werd hierop een sensitiviteitsanalyse gevoerd.

Voor één parameter (waar geen statistische gegevens over bestaan), met name de "Afhankelijkheidscoefficient voor dubbel-circuit fouten" bij ondergrondse kabels werd dezelfde waarde (0.10) aangenomen als voor luchtlijn. Dit leidt (ons inziens) tot een merkelijke overschatting van de onbetrouwbaarheid van ondergrondse kabelverbindingen. Hierover werd nog bijkomende informatie gevraagd aan TenneT.

8.2.2. STEADY STATE

Zie ook 3.5 en 3.6 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00).

Voor meer toelichting bij steady state netberekeningen verwijzen wij naar hoofdstuk 6 van de nota "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/002/00.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Dit onderzoek is essentieel een toepassing van de welgekende load-flow programma's. Deze zijn beschikbaar van verschillende Software Package leveranciers en werden uitgebreid getest in ontwikkeling (Benchmarks IEEE etc) en ook in BETA-versie door totaal verschillende gebruikers.

De gebruikte gegevens werden in dit geval grotendeels ontleend aan de TenneT data bank die reeds onafhankelijk werden geverifieerd.

De kans dat hier verkeerde resultaten bekomen worden, hetzij door mankementen van de software tool, hetzij door de gebruikte input data is gering.

De voornaamste uitkomst uit deze steady state analyse is de dimensionering van de shunt compensatie die de Mvar's geproduceerd door de kabels moet compenseren. De bekomen resultaten zijn zonder meer plausibel.

8.2.3. DYNAMISCHE STABILITEIT

Zie ook 3.2 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00).

Voor meer toelichting bij Dynamische stabiliteit verwijzen wij naar de nota "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/002/00 hoofdstuk 7.

Dit onderzoek is essentieel een toepassing van de welgekende stabiliteits-programma's. Deze zijn beschikbaar van verschillende Software Package leveranciers en werden uitgebreid getest in ontwikkeling (Benchmarks IEEE, etc) en ook in BETA-versie door totaal verschillende gebruikers.

De gebruikte gegevens werden grotendeels ontleend aan de TenneT data bank die reeds onafhankelijk werden geverifieerd.

De kans dat hier verkeerde resultaten bekomen worden, hetzij door mankementen van de software tool, hetzij door de gebruikte input data is gering.

De voornaamste uitkomst uit deze stabiliteitsanalyse is de noodzaak voor goed doordachte locatie van de compensatiereactoren en zo nodig gedegen schakelprocedures om te vermijden dat er langdurige onbalans in reactief vermogen ontstaat bij het schakelen van verbindingen met kabels.

8.2.4. RESONANTIES EN TRANSIENTS (SCHAKELFENOMENEN)

Deze twee topics worden samen besproken omdat beiden sterk samenhangen.

Voor meer toelichting bij Transienten en resonanties verwijzen wij naar de nota "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/002/00 hoofdstuk 8,9 en 10..

Zie ook 3.4, 3.5, 4.2 en 4.3 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00).

De aangeleverde studies omvatten enerzijds sterk theoretisch PhD werk (PhD Lei Wu), en anderzijds de eigen analyse van TenneT die veeleer stoelt op praktische regels die zeer plausibel zijn, maar niet altijd even onderbouwd (hier moet opgemerkt worden dat de lopende PhD studie van Hossein Khalilnezhad (3.6 van ref. RITI-4NT-400814-002-00) eigenlijk beoogt van deze onderbouwing te leveren).

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Het PhD werk van Lei Wu is sterk theoretisch en gebaseerd op “Frequency domain” analyse met (voor zover wij begrijpen) eigen software-ontwikkeling. De enige praktische conclusie betreft ons inziens de aanbevelingen voor “detail-representatie van netelelementen” in transiente studies. Hierbij wordt aangegeven dat “voor een gewenste graad van precisie” van de transiente berekeningen in een punt van het net, het detail in de representatie van de netelementen mag afnemen naarmate men verder verwijderd is van het te onderzoeken punt.

Andere transiente berekeningen, dit keer in de meer gebruikelijke time-domain simulatie, zijn terug te vinden in het PhD werk van Hoogendorp. Deze zijn gebaseerd op het software package PSCAD. Deze studie is niet volledig en levert ook weinig concrete aanwijzingen op voor verdere verkabelingsprojecten.

Het eigen onderzoek van TenneT geeft vooral toelichting bij het gebruik van frequency scans (op basis van DIGSILENT software) om potentieel gevaarlijke situaties van transienten op te sporen. De gebruikte criteria zijn plausibel, maar niet echt onderbouwd (zie opmerking betreffende H. Khalilnezhad hierboven). TenneT geeft trouwens aan dat in een eerste “leerfase” naast frequency scans ook steeds transiente netberekeningen (met simulatiesoftware packages zoals DIGSILENT, EMTP-ATP, PSCAD) zullen worden uitgevoerd.

Gezien de behoedzame aanpak van TenneT in deze kan men ervan uitgaan dat de eerstkomende (20 km extra) verkabelingsprojecten geen risico van falen door transienten zullen teweeg brengen.

8.3. Behandelde risico’s

Vraagstelling :

- Van welke risico’s is er sprake?
- Wat zijn de kansen daarop?

In wezen herneemt deze vraag met andere bewoordingen de vraag behandeld onder 7.3 hierboven, (deelvraag 2):

- Welke risico’s kunnen dan uitgesloten worden, welke verminderen?

Het antwoord van 7.3 wordt hier hernomen:

Inzake betrouwbaarheid gaat het niet zozeer om uitsluiten of verminderen dan wel om een betere inschatting te hebben van de werkelijke risico’s;

Een gedegen onderbouwing van de aanpak van schakeltransients in samenhang met verkabeling moet toelaten de hieraan verbonden risico’s goed in te schatten en eventueel te remediëren (bv. door bijkomende artificiele demping). Dit kan het toepassingsgebied voor verkabeling mogelijks verruimen.

8.4. Volstaat één jaar observatie ?

Vraagstelling :

- Is één jaar aan praktijkgegevens voldoende om vergaande uitspraken over verkabeling te doen?

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Antwoord:

In wezen gaat het nu om de verruiming van 20km (huidig) naar 40 km. Op schaal van het landelijk 380 kV net is dit niet echt vergaand. De impact op leveringszekerheid is beperkt en zal uiteindelijk door anticipatie van latere netuitbreidingen geneutraliseerd worden (voor de financiële aspecten van verkabelen versus luchtlijn verwijzen wij naar wat gezegd werd in 6.4 en 7.1)

Voor wat betreft de risico's van transients herhalen wij de laatste § van 8.2.4

Gezien de behoedzame aanpak van TenneT in deze kan men ervan uitgaan dat de eerstkomende (20 km extra) verkabelingsprojecten geen risico van falen door transienten zullen teweeg brengen.

8.5. Risico's tengevolge van aanpassing beleid

Vraagstelling :

- Welke risico's zijn verbonden aan het aanpassen van het beleid na één jaar van praktijkervaring?
- Wat zijn de risico's voor de leveringszekerheid en betrouwbaarheid van het net als er op dit moment meer verkabeld gaat worden?

Hier menen wij dat hetzelfde antwoord als onder 8.4 van toepassing is:

In wezen gaat het nu om de verruiming van 20km (huidige limiet) naar 40 km. Op schaal van het landelijk 380 kV net is dit niet echt vergaand. De impact op leveringszekerheid is beperkt en zal uiteindelijk door anticipatie van latere netuitbreidingen geneutraliseerd worden (voor de financiële aspecten van verkabelen versus luchtlijn verwijzen wij naar wat gezegd werd onder 6.4 en 7.1.

Voor wat betreft de risicos van transients herhalen wij de laatste § van 8.2.4:

Gezien de behoedzame aanpak van TenneT in deze kan men ervan uitgaan dat de eerstkomende (20 km extra) verkabelingsprojecten geen risico van falen door transienten zullen teweeg brengen.

8.6. Mitigerende maatregelen

Vraagstelling :

- Welke mitigerende maatregelen zijn mogelijk om risico's te beperken?
- Welke moeten getroffen worden en welke kunnen getroffen worden?

Antwoord:

De enige mitigerende maatregel die kan getroffen worden is het niet toepassen van verkabelen in zwaar belaste connecties. Dit is al (gedeeltelijk) vervat in de uitsluitingen voor verkabeling zoals gespecifieerd door TenneT (zie ook 6.5 en 7.4 hierboven). Dit geldt voor verkabeling volgens het Randstad schema.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

In 3.1.2 van het document "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" ref. RITI-4NT-400814-002-00) wordt ook een mogelijk alternatief van configuratie voorgesteld, dat logischerwijze beter zou moet scoren, maar dit is tot nog toe niet onderzocht en hiervoor zijn geen resultaten beschikbaar

Het is aan TenneT en de toezichthoudende overheid om af te wegen of dit alternatief zinvol is in de Nederlandse 380 kV context.

8.7. Conclusies op basis van de huidig beschikbare onderzoeksresultaten

Vraagstelling :

- Wat zeggen de nu reeds beschikbare gegevens over betrouwbaarheid (waarvan availability een deel is) van verkabeling tot nu toe in de Nederlandse projecten ?

Op basis van de thans beschikbare onderzoeksresultaten menen wij het volgende te kunnen besluiten:

- Tot op heden werden geen fouten op de Randstad kabelverbindingen vastgesteld. De ervaring heeft geleerd dat fouten eigen aan onzorgvuldige plaatsing/afwerking van kabelaccessoires veelal ontdekt worden tijdens de indienstname-testen en in het eerste jaar in bedrijf. Men kan dus stellen dat de Randstadverbindingen met goed vakmanschap werden verwezenlijkt;
- Inzake betrouwbaarheid van het net stelt het geen probleem om de huidige limiet van verkabeling op te trekken van 20 naar 40 km. Omdat kabels een lagere beschikbaarheid (lange reparatieduur) hebben zal door extra verkabeling de huidige spreekwoordelijk hoge beschikbaarheid (zie item 1.1.2. van het document "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/003/00) iets achteruitgaan (bij behouden van de klassieke "Kwaliteitsnorm enkele storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet"). Dit kan ondervangen worden door de netinvesteringen enigszins te anticiperen, op basis van de evolutie van een (of meerdere) representatieve KPI's (Key Performance Indicators). Het reguliere kader en de methodiek hiervoor zouden op punt moeten worden gesteld met alle betrokken partijen alvorens nog verdere verkabeling (> 40 km totaal) te overwegen.
- Met inachtname van de behoedzame aanpak van TenneT van de schakelproblematiek menen wij dat er geen veiligheidsproblemen tengevolge van nettransienten te verwachten zijn voor de eerste bijkomende (20 km) projecten met verkabeling 380 kV.

8.8. Opinie andere kennisinstituten

Vraagstelling :

- Wat zeggen andere kennisinstituten met betrekking tot de theoretische en rekenmodellen?
- Wat zeggen andere kennisinstituten met betrekking tot de technieken die worden gebruikt voor ondergrondse verkabeling (zou dat bijvoorbeeld tot andere modellen leiden of alleen tot andere waarden van de parameters)?

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Het antwoord wordt opgesplitst als volgt:

8.8.1. THEORETISCHE EN REKENMODELLEN BETROUWBAARHEID

Zowel IEEE als CIGRÉ, alsook academisch onderzoek behandelen de probabilistische aanpak en technieken in de planificatie van netten. Een ruime bibliografie is aangegeven in de PhD studie van B. Tuinema.

De algemene tendens is dat men, door probabilistisch te redeneren, de feitelijke overdimensionering die volgt uit de deterministische aanpak kan vermijden. Tegelijk kan het respecteren van de gestelde betrouwbaarheidseisen cijfermatig worden aangetoond.

Meerdere software-aanbieders hebben de nodige rekenmodellen voor de probabilistische aanpak geïntegreerd in hun aanbieding.

8.8.2. REKENMODELLEN ELEKTRISCHE ASPECTEN VAN HET NET

De rekenmodellen van LOAD-FLOW, DYNAMISCHE STABILITEIT, TIME DOMAIN TRANSIENT SIMULATION, FREQUENCY SCAN behoren al drie tot vier decennia bij de courante werkingsmiddelen in ontwerp en ook bedrijf van elektrische netten.

De kennisinstituten hebben indertijd een voortrekkersrol gespeeld bij de ontwikkeling ervan, van zodra voortschrijdende rekencapaciteit van de informaticamiddelen dit toeliet.

Vandaag zijn deze modellen technisch “marktrijp” en commerciëel beschikbaar bij verschillende aanbieders en voor verschillende informatica-platformen, waaronder PC.

8.8.3. TECHNIEKEN BIJ VERKABELING

TenneT behoudt in 380 kV het concept van dubbel-circuit verbinding, waarbij elk circuit gedimensioneerd is op 2635 MVA.

Dit houdt in dat ondergronds een circuit met ontdubbelde kabel (2 x 2500 mm2 Cu per fase) wordt uitgevoerd. In luchtlijn wordt een circuit met 4-geleider bundel uitgevoerd. Er zijn geen schakelfaciliteiten om de kabels (die in parallel het circuit vormen) apart vrij te schakelen. Dit impliceert dat een fout op één kabel het circuit volledig uit dienst stelt tot de kabel in kwestie hersteld is.

In 3.1.2 van het document “Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling” ref. RITI-4NT-400814-002-00) wordt ook een mogelijk alternatief van configuratie aangereikt, dat voortgaat op een schema van de PhD studie van B. Tuinema (Item 2.5.2. van PhD Deliverable 4). Logischerwijze zou dit schema beter moet scoren qua beschikbaarheid en leveringszekerheid, maar dit is tot nog toe niet onderzocht en hiervoor zijn geen resultaten beschikbaar.

De door TenneT gebruikte corridor dwarsdoorsnede (opzet en afstanden) zijn conform met vergelijkbare projecten van andere TSO’s.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

De invloed van de plaatsingsparameters op de puur elektrische eigenschappen van de verbinding is eerder gering, zij het dat de inductantie ietwat toeneemt met de afstand tussen de kabels die één circuit vormen.

Het thermisch gedrag en de belastbaarheid van ondergrondse kabels zijn wel sterk afhankelijk van de plaatsing (diepte, afstand tussen kabels, al dan niet gebruik van thermische back-fill, gebruik cross-bonding) en de lokale grondkwaliteit. Dit aspect maakt deel uit van het ontwerp van de verbinding en wordt in nauwe samenwerking met de kabelconstructeur op punt gesteld.

8.9. De impact van “decentraal/duurzaam” op de mogelijkheden van verkabeling

Vraagstelling :

- Er moet een duidelijk verhaal komen waarin de samenhang tussen het ondergronds verkabelen van 380 kV-verbindingen en decentrale opwekking/duurzaam (wind en zon) duidelijk verwoord wordt zodat voor leken begrijpelijk is hoe beiden samenhangen en dat decentraal/duurzaam beperkingen oplegt aan verkabeling.

Antwoord :

De evolutie naar (en subsidiering van) hernieuwbare (wind en zon) productie duwt de conventionele thermische productie meer en meer uit de markt.

Klassieke productie is gebaseerd op synchrone machines met gas-(en/of stoom)-turbineaandrijving, die, zoals de naam impliceert, synchroon draaien met de netfrequentie (i.e. 50 cycli/seconde of 3000 toeren/min voor tweepolige machines). Synchrone machines hebben (dank zij de opgestapelde energie in het magnetisch circuit) een spanningondersteunend gedrag. Naar de buitenwereld (dus het net) gedragen zij zich (inherent en zonder tussenkomst van regelkringen) als een zuivere wisselspanningsbron in serie met een “kortsluitimpedantie” aangesloten op de klemmen van de machine. Bovendien is die spanningsbron mechanisch solidair met de rotorinertie van de synchrone machine die zich (dank zij de opgeslagen kinetische energie) verzet tegen snelheidsverandering en aldus de frequentie ondersteunt (zonder tussenkomst van regelkringen).

Gans anders is het met hernieuwbare bronnen die quasi uitsluitend via elektronische converters aangesloten zijn op het wisselspanningsnet. Een elektronische converter werkt maar in de mate dat hij vanuit het net een correcte wisselspanning aangeboden krijgt. Een converter geeft geen inherente spanningsondersteuning aan het net, en als die via de regelcircuits toch enigszins gestuurd wordt, dan blijft dit toch beperkt tot ~1.2 x de nominale stroom. Een converter levert (via de regeling) vermogen aan het net, voor zover het net correcte spanning aanbiedt. De converter geeft geen inherente frequentie-ondersteuning, want heeft geen mechanische inertie. De goede werking van de converter hangt af van een aantal regelkringen die o.a. als input de aangeboden spanning van het net meten.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Omgekeerd heeft de (door de converter geleverde) stroom een invloed op de spanning aan de klemmen (dit door de spanningsval in het net). De vermogenuitwisseling wordt verzekerd door de interne creatie van een pseudo-wisselspanning, samengesteld door voortdurend weg en weer schakelen tussen de twee polen van een (tussenkring-)gelijkstroombron. Deze pseudo-wisselspanning bevat (naast de gewenste 50 Hz component) heel wat "rommel"-spanningen die uiteindelijk ook gedeeeltelijk in het net doordringen en daar de spanningskwaliteit van het net aantasten (harmonischen van de 50Hz) maar ook de goede werking tussen convertoren onderling kunnen verstoren door koppeling via het net (tussen- en subharmonische frequenties).

Een converter in werking is qua stabiliteit te vergelijken met een koorddanser: hij moet permanent zijn evenwicht herstellen via corrigerende bewegingen om niet te vallen. Meerdere convertoren in elkaars nabijheid zijn als evenzovele koorddansers die op éénzelfde kabel in actie zijn.

Een synchrone generator is is qua stabiliteit te vergelijken met een kind in een schommel: hoe het ook schommelt, het keert altijd terug naar zijn rusttoestand. De wisselwerking tussen synchrone machines onderling is als tussen verschillende schommels die opgehangen zijn aan éénzelfde elastisch juk. Er is een wisselwerking, maar de onderlinge verstoring stabiliseert zich altijd in dezelfde rusttoestand.

Het probleem van verdringing van de conventionele synchrone produktie door de hernieuwbare (convertergekoppelde) produktie heeft dus meerdere aspecten:

- Verminderde spanningsondersteuning (of omgekeerd: verlaagde kortsluitstroom en dus verhoogde kortsluitimpedantie);
- Verstoren van de spanningskwaliteit door harmonischen (van de 50 Hz) vanuit converters, vooral wanneer er "elektrische resonanties" aanwezig zijn in het net;
- Het mogelijk ontstaan van nadelige wisselwerking (en onstabiliteit) tussen converters door "Niet 50 Hz" stroom en spanning in het net.

Hier moet nog opgemerkt worden dat HVDC verbindingen in wezen ook converters zijn en analoge verschijnselen van wisselwerking (kunnen) vertonen.

Het thema "Verkabeling 380 kV" duikt op wanneer men het "elektrisch" gedrag van het net mee in rekening brengt, met name de mogelijkheid van resonantie.

Vermogenkabels hebben een hoge capaciteit tussen de geleiders en de aarde, de isolatie is van hoge kwaliteit en heeft kleine diëlectrische verliezen en tenslotte hebben de geleiders een lage weerstand en lage inductantie.

Het gevolg is dat kabels aangesloten op een overwegend inductief net met lage verliezen aanleiding geven tot resonanties met lage demping (zie ook rapport "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/002/00 hoofdstuk 8 en 9) en daarbij ongewenste effecten op diezelfde resonantiefrequenties gaan versterken.

Naarmate het aantal km kabel toeneemt en het kortsluitvermogen van het net afneemt verschuiven de resonantiefrequenties naar lagere waarden.

Tegelijk met de aanwezigheid van meer en meer potentiele stoorbronnen vereist dit extra demping die van nature niet aanwezig is op lagere frequentie in HS netten. Inderdaad, bij 50Hz wenst men zo laag mogelijke verliezen in het net en dus per definitie lage demping.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Men kan niet zeggen dat duurzaam/decentraal en verkabeling mekaar als dusdanig beperkingen opleggen, men kan wel zeggen dat er meer demping nodig is in het net om duurzaam/decentraal en verkabeling te laten samengaan.

Dit wordt een uitdaging voor de toekomst.

8.10. Toelichtingen

Vraagstelling :

- De theoretische modellen en analyses dienen zo verwoord te worden dat het voor een lekenpubliek te begrijpen is.

Antwoord :

Meer technische toelichting is ondergebracht in het bijhorend rapport “Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen” met ref. RITI/4NT/400814/003/00.

9. VRAGEN BETREFFENDE DE INTERNATIONALE ERVARINGEN IN VERKABELING 380 KV

9.1. Ervaringen in andere landen met het verkabelen van 380 kV

Vraagstelling :

- Wat zijn de ervaringen met andere landen met het verkabelen van 380 kV-kabels? (zowel voor de aansluiting van productielocaties als in het (al dan niet vermaasde) net)? -> Graag hier een beknopt overzicht van geven (Wat, waar, van wie en door wie, hoe lang, hoe zwaar, sinds wanneer gerealiseerd, met welke techniek gelegd, ondergrond, wat voor soort kabel, eventuele problemen, andere specifieke karakteristieken of opmerkingen, reden om te verkabelen);
- Waar liggen interconnectoren al ondergronds?

Antwoord :

9.1.1. Overzichtstabel

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Het overzicht in bovenstaande tabel werd gemaakt op basis van:

LOCATIE	TYPE PROJECT	U kV	CIRCUIT x LENGTE (km)	KABELS / FASE	LENGTE KABEL (km)	TRANSPORT MVA	REALISATIE	SUPPLY	TECHNIEK PLAATSING	KOELING
COPENHAGEN	CITY FEEDER	400	1 x 22	1 x 1600 Cu		995	1996	NKT	VOLLE GROND	N.V.T.
COPENHAGEN	CITY FEEDER	400	1 x 12	1 x 1600 Cu		995	1999	NKT	VOLLE GROND	N.V.T.
BERLIJN (FR-MI)	CITY FEEDER	400	2 x 6	1 x 1600 Cu	20.5	2 x 1100	1998	PRYSMIAN	TUNNEL	VENTILATIE
BERLIJN	CITY FEEDER	400	2 x 6	1 x 1600 Cu		2 x 1100	2000		TUNNEL	VENTILATIE
TOKIO	CITY FEEDER	500	2 x 39.8	1 x 2500 Cu		2 x 1200	2000		TUNNEL	?
UAE-ABU DHABI	GEN. CONN.	400	4 x 1.3	1 x 800 Cu		?	2000	PRYSMIAN	?	N.V.T.
MADRID	AIRPORT CROSSING	400	2 x 13	1 x 2500 Cu		2 x 1390 (zomer)	2002-2003	PRYSMIAN	TUNNEL	VENTILATIE
JUTLAND	PARTIAL CABLING	400	2 x 14 (3 secties)	1 x 1200 Al	81	2 x 500	2002-2003	GENERAL CABLE	VOLLE GROND / BUIS	N.V.T.
LONDON ST JOHN-ELSTREE	CITY FEEDER	400	1 x 20	1 x 2500 Cu		1600	2002-2005	NKT	TUNNEL	VENTILATIE
UAE-ADWEA	?	400		1 x 2500 Cu	27.5		2004	NEXANS	?	
MAASVLAKTE-WESTERLEE	PARTIAL CABLING	380	2 x 2.4	1 x 1600 Cu			2005	PRYSMIAN	VOLLE GROND / BUIS	
ROTTERDAM	WATER CROSSING	400	2 x 2.1	1 x 1600 Cu		1470	2004-2005		VOLLE GROND / BUIS	N.V.T.
WENEN	CITY FEEDER	400	2 x 5.5	1 x 1200 Cu		2 x 1040	2004-2005	PRYSMIAN	IN BETONBEDDING	N.V.T.
MILAAN	CITY FEEDER	400	2 x 8.5	1 x 2000 Cu		2 x 1100	2005-2006	PRYSMIAN	VOLLE GROND / BUIS	N.V.T.
ERG SICILIE	?	400		1 x 1200 Cu	24.5		2006	NEXANS	?	
UAE-ABU DHABI	CITY FEEDER	400	1 x 8.5	1 x 2500 Cu			2006	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
ISTANBUL	?	400	1 x 12.8	1 x 2000 Cu			2007	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
ABU DHABI	CITY FEEDER	400	1 x 4.3	1 x 2500 Cu			2007	PRYSMIAN	VOLLE GROND	
LONDON	CITY FEEDER	400	2 x 6.3	1 x 2500 Cu		1660 (zomer)	2007-2008	PRYSMIAN	TUNNEL	VENTILATIE
ZWITSERLAND - ITALIE	INTERCONNECTOR	400	1 x 9.1	1 x 630 Cu		560	2007-2008		VOLLE GROND	N.V.T.
DELTA - SLOEHAVEN	GENERATOR	400	2 x 3.9	1 x 1200 Al			2008	PRYSMIAN	VOLLE GROND	
SIMONSHAVEN	GENERATOR	400	1 x 12.3	1 x 1200 Al		450	2007-2009	PRYSMIAN	VOLLE GROND / BUIS	N.V.T.
QUATAR KHARAMAS	?	400	1 x 16.4	1 x 2500 Cu			2007-2009	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
QUATAR RAS LAFFAN	?	400		1 x 2500 Cu	35.4		2009	NEXANS	?	
NEDERLAND TENNET	KRUISING WATERWEG	380	2 x 2.1	1 x 1600 Cu			2009	PRYSMIAN	BUIS	
UK BRAMLEY DIDCOT	GEN. CONN.	400	1 x7.3	1 x 2500 Cu			2009	PRYSMIAN	VOLLE GROND	
RANDSTAD-ZUID	CITY FEEDER	380	2 x 11	2 x 2500 Cu		2 x 2635	2008-2013	NKT	VOLLE GROND / BUIS	N.V.T.
NEDERLAND	GEN. CONN.	380		1 x 1200 Al	11.3		2009	NKT	?	
DUBAI DEWA	?	400		1 x 2500 Cu	58.5		2010	NEXANS	?	
UAE-ABU DHABI-EMAL	GEN. CONN. INDUSTRY	400	1 x 8.8	1 x 630 Cu			2010	PRYSMIAN	GEVULD KANAAL	N.V.T.
GRIEKENLAND	PARTIAL CABLING	400		1 x 2000 Cu	72		2010	NKT	?	N.V.T.
DUITSLAND WILHELMSHAFEN	GEN. CONN.	380	1 x 2.9	1 x 2000 Cu			2010	PRYSMIAN	BUIS	N.V.T.
DK KASSO TJELE	PARTIAL CABLING	400		1 x 2000 Al	105		2011	GENERAL CABLE	?	
NEDERLAND ENECOGEN	GEN. CONN.	380	1 x 12.4	1 x 1600 Cu			2011	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
ISTANBUL	CITY FEEDER	380	1 x 7.2	1 x 2000 Cu			2011	PRYSMIAN	BUIS	N.V.T.
UK ALL. WOODHEAD	GEN. CONN.	400	1 x 11	1 x 2500 Cu			2011	PRYSMIAN	TUNNEL	
ABU DHABI-TRANSCO	?	400		1 x 2500 Cu	70		2011	NEXANS	?	
ENGIE- ROTTERDAM	GEN. CONN.	380	2 x 2.2	1 x 2500 Al			2012	PRYSMIAN	BUIS	N.V.T.
DK SKUDSHALE GISTRUP	PARTIAL CABLING	400	1 x 8.5	1 x 2000 Al			2011	GENERAL CABLE	?	
SAUDI ARABIE BEMCO-SEC	GEN. CONN.	400		1 x 1000 Cu	26.8		2013	NEXANS	?	
AMPRION DUITSLAND	?	400		1 x 2000 Cu	21.1		2013	NEXANS	?	
UAE-ABU DHABI-EMAL	GEN. CONN. INDUSTRY	400	1 x 6.5	1 x 630 Cu			2013	PRYSMIAN	GEVULD KANAAL/ HDD/BUIS	N.V.T.
ITALIE TAVAMUZZE	?	380	2 x 2.3	1 x 2500 Cu			2013	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
ITALIE MILILLI	?	380		1 x 2500 Cu	21.1		2013	NEXANS	?	
QUATAR KHARAMAS	?	400	1 x 22	1 x 2500 Cu			2013	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
UK ROSSALL. WOODHEAD	?	400	2 x 5.5	1 x 2500 Cu			2013	PRYSMIAN	VOLLE GROND / BUIS	N.V.T.
DENEMARKEN	?	400		1 x 2000 Al	16.4		2013	NKT	?	N.V.T.
DE KEULEN NIEHL 3	GEN. CONN.	400	1 x 9.1	1 x 1600 Al	28		2013	NKT	?	N.V.T.
DE RAESFELD ENLAG ?	?	400	2 x 1.8	1 x 2500 Cu	21.4		2013	NKT	?	N.V.T.
NEDERLAND	?	380		1 x 1200 Al	18.6		2014	NKT	?	N.V.T.
ABU DHABI-TRANSCO	?	400	1 x 22.4	1 x 2500 Cu			ONGOING	PRYSMIAN	DIVERSE	N.V.T.
ITALIE MORANZANI	?	380	4 x 3.9	1 x 2500 Cu			ONGOING	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
ITALIE MESSINA II	?	380	2 x 6.4	1 x 2500 Cu/Al			ONGOING	PRYSMIAN	KANAAL / TUNNEL	
ITALIE VILLANOVA	?	380	2 x 2.1	1 x 2500 Cu			ONGOING	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
RSA INGULA	?	400	2 x 3.5	1 x 630 Al			ONGOING	PRYSMIAN	KANAAL / TUNNEL	
UK WESTERN LINK	?	400	2 x 3.5	1 x 2500 Cu			ONGOING	PRYSMIAN	VOLLE GROND	N.V.T.
STEVIN BELGIE (1/2)	PARTIAL CABLING	400	1 x 10.5	2 x 2500 Cu	62.7		ONGOING	GENERAL CABLE	VOLLE GROND/BUIS/TUNNEL	
STEVIN BELGIE (2/2)	PARTIAL CABLING	400	1 x 10.5	2 x 2500 Cu	62.7		ONGOING	NEXANS	VOLLE GROND/BUIS/TUNNEL	
DK KRIEGERS FLAK	?	400		1 x 2000 Al	57		ONGOING	NEXANS	?	
RANDSTAD-NOORD	PARTIAL CABLING	380	2 x 3 {	2 x 2000 Al	17		ONGOING	PRYSMIAN	?	
RANDSTAD-NOORD	PARTIAL CABLING	380	2 x 3.5 {	2 x 2500 Al	17.9		ONGOING	PRYSMIAN	?	
RANDSTAD-NOORD	PARTIAL CABLING	380	2 x 2 {	2 x 3000 Al	44.2		ONGOING	PRYSMIAN	?	
			{	2 x 3500 Al	23.2		ONGOING	PRYSMIAN	?	

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines – Joint Paper ENTSO-E - Europacable December 2010 (Submitted at the EC and publicly available on website EC);
- CIGRE TB379 – Update of Service Experience of HV Underground and Submarine Cable Systems – April 2009;
- Recente referentielijsten van de volgende toonaangevende constructeurs van kabel XLPE 380kV (en hoger) : NKT, NEXANS, PRYSMIAN, GENERAL CABLE.

Bemerkingen:

- De verschillende bronnen zijn niet altijd even expliciet over alle aspecten van de betrokken kabelprojecten. De tabel blijft hierdoor ietwat onvolledig en het is niet uit te sluiten dat bepaalde projecten dubbel werden geteld;
- Er zijn zeker projecten van Japanse en Koreaanse constructeurs die in deze lijst niet aan bod komen;
- Ook ABB en BRUGG leveren tot 400 kV, maar hier zijn geen referentielijsten beschikbaar;

9.1.2. Overzicht toepassingen

Volgende voornaamste toepassingen zijn terug te vinden in de tabel:

- Transport in stedelijke gebieden (~13) ;
- Kruisen van specifieke hindernissen (waterwegen, luchthaven,..) (3) ;
- Aansluiten van productie-eenheden en industriële complexen (~12);
- Partiëel verkabelde verbindingen (~7);
- Interconnectie (1 geval : merchant link Zwitserland – Italië).

Qua onderverdeling "380kV kabel in aansluitingen" en "380lV kabel in vermaasde transportnetwerken" is het onderscheid niet altijd duidelijk. Indicatief:

- Transport in stedelijke gebieden (~13) (GEDEELTE VERMAASD OF TOEKOMSTIG VERMAASD);
- Kruisen van specifieke hindernissen (waterwegen, luchthaven,..) (3) (VERMAASD);
- Aansluiten van productie-eenheden en industriële complexen (~12) (NIET VERMAASD);
- Partiëel verkabelde verbindingen (~7) (VERMAASD);
- Interconnectie (1 geval : merchant link Zwitserland – Italië) (VERMAASD).

9.1.3. Toepassingen per land

Volgens de landen vertegenwoordigd in de lijst:

- Denemarken
- Duitsland
- Japan
- UK
- Spanje
- Turkije
- Abu Dhabi

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Dubai
- Quatar
- Nederland
- Oostenrijk
- Griekenland
- Italie
- België
- RSA

Opmerkingen:

- Manifest afwezig is Frankrijk, met toch twee nationale constructeurs.

9.1.4. Evolutie in verkabeling

Aan de hand van de tabel kan de evolutie in verkabeling 380 kV grafisch geïllustreerd worden.

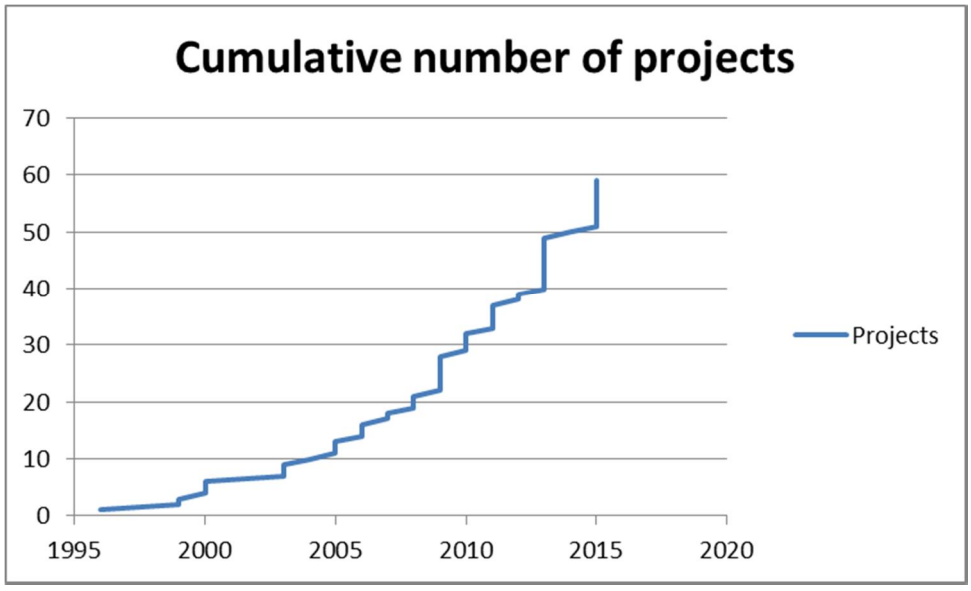
Op de grafieken hieronder is de evolutie van het aantal projecten weergegeven en ook de totaal aan geïnstalleerde lengte kabel 380 kV (km éénaderige kabel).

Beide grafieken tonen een aanzienlijke toename in de periode 2005-2015.

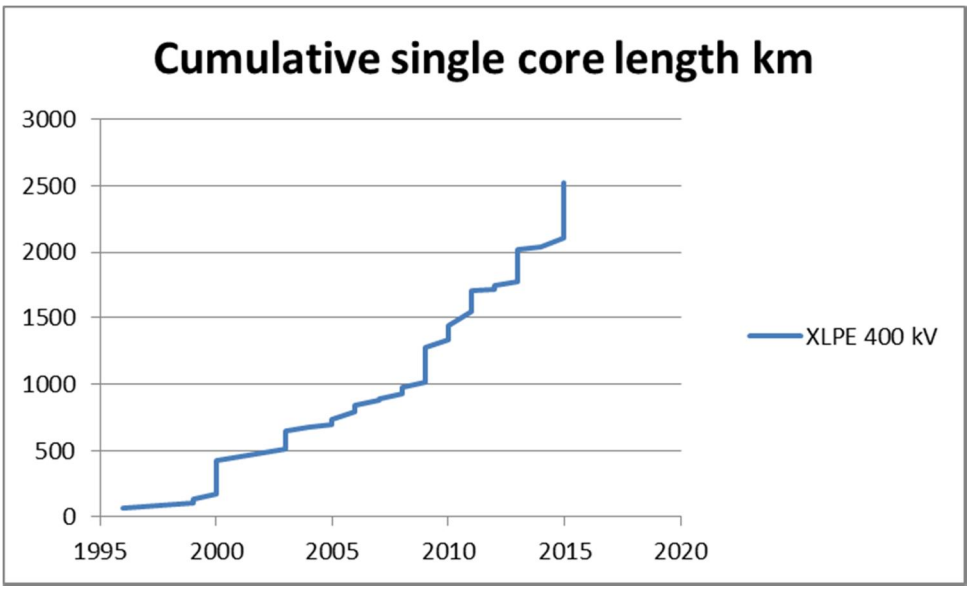
9.1.5. Rapportering ervaring

De rapportering op internationaal niveau (Cigré, Jicable) loopt achter op de recente toename in de toepassingen van 380 kV kabel.

De Cigré publicatie TB-379 rapporteert slechts tot 2005. Een herwerking hiervan werd aangekondigd, maar neemt vlug een drietal jaren in beslag.



This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval



9.2. Gebruik van kabels 380 kV AC op interconnectoren

Vraagstelling :

- Waar liggen interconnectoren al ondergronds?

Antwoord :

Specifiek in AC 380 kV is er slechts één referentie Zwitserland – Italie (Mendrisio – Cagno). Deze verbinding is gekwalificeerd als “Merchant Line” (niet gereguleerd), en heeft een transportvermogen van ~560 MVA.

Er zijn interconnecties HVDC met XLPE kabel in dienst (INELFE) en nog andere in ontwerp-uitvoering (ALE/GRO).

Bij deze verbindingen geldt dan wel dat er een specifiek voordeel van HVDC doorweegt en de hoge kosten van de AC-DC convertorstations compenseert.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

10. VERKABELING OP INTERNATIONALE VERBINDINGEN (INTERCONNECTOREN)

10.1. Europese regels

Vraagstelling :

- Wat staat er in de Europese regels met betrekking tot interconnectoren?

Antwoord :

10.1.1. EU regelgeving

De EU regelgeving (nu in voege) is vastgelegd in:

- The DIRECTIVE 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 , concerning common rules for the internal market in electricity (repealing Directive 2003/54/EC);
- The REGULATION (EC) N° 1228/2003 of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003, on conditions for access to the network for cross-border exchanges in electricity;
- The DIRECTIVE 2005/89/EC of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006, concerning measures to safeguard security of electricity supply and infrastructure investment.

10.1.2. Relevante bepalingen van de Directive 2009/72/EC

De relevante bepalingen van de Directive 2009/72/EC zijn de volgende:

Quote

Article 5 Technical rules

The regulatory authorities where Member States have so provided or Member States shall ensure that technical safety criteria are defined and that technical rules establishing the minimum technical design and operational requirements for the connection to the system of generating installations, distribution systems, directly connected consumer's equipment, interconnector circuits and direct lines are developed and made public. Those technical rules shall ensure the interoperability of systems and shall be objective and non-discriminatory. ….

Unquote

Deze bepaling betreft (in de Nederlandse context) ACM als beheerder van de nationale Netcode en Systeemcode;

Quote:

Article 6 promotion of regional cooperation

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. Member states as well as regulatory authorities shall cooperate with each other for the purpose of integrating their national markets at one or more regional levels, as a first step towards the creation of a fully liberalized internal market. In particular, the regulatory authorities where member states have so provided or Member States shall promote and facilitate the cooperation of transmission system operators at a regional level, including on cross border issues, with the aim of creating a competitive internal market in electricity, foster the consistency of their legal, regulatory and technical framework and facilitate ….

Unquote

Deze bepaling betreft de bevoegdheid van ACM inzake het stellen van interconnectie-doelstellingen.

Quote

Article 12 : Task of transmission system operators

Each transmission operator shall be responsible for

a) ensuring the long term ability of the system to meet reasonable demands for the transmission of electricity, operating, maintaining and developing under economic conditions secure, reliable and efficient transmission systems with due regard to the environment;
b) ensuring adequate means to ensure service obligations;
c) contributing to security of supply through adequate transmission capacity and system reliability.

Unquote

Deze bepaling beschrijft de verantwoordelijkheid van de TSO TenneT voor adequate uitbreiding en betrouwbaarheid van het net.

Quote

Article 22 : Network development and powers to make investment decisions

1. Every year, transmission system operators shall submit to the regulating authority a ten year development plan based on existing and forecast supply and demand after having consulted all the relevant stakeholders. That development plan shall contain efficient measures in order to guarantee the adequacy of the system and the security of supply.
2. The ten-year development plan shall in particular:
    a. Indicate to market participants the main infrastructure that needs to be built or upgraded over the next ten years;
    b. Contain all the investments already decided and identify new investments which have to be executed in the next three years ; and
    c. Provide for a time frame for all investment projects;
3. When elaborating the ten-year network development plan, the transmission system operator shall make reasonable assumptions about the evolution of generation, supply, consumption and exchange with other countries, taking into account investment plans for regional and Community-wide networks.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

4. The regulatory authority shall consult all actual or potential system users on the ten-year development plan in an open and transparent manner. … The regulating authority shall publish the results of the consultation process, in particular possible needs for investments.
5. The regulating authority shall examine whether the ten-year development plan covers all the investment needs identified during the consultation process and whether it is consistent with the non-binding Community-wide-ten-year development plan …… The regulating authority may require the transmission system operator to ament its ten-year development plan.
6. The regulating authority shall monitor and evaluate the implementation of the ten-year development plan.

Unquote

Deze bepaling beschrijft de inbreng van TenneT en ACM in het beslissingsproces voor nieuwe investeringen.

Quote

Article 35 : Designation and independence of regulatory authorities

1) Each Member State shall designate a single national regulatory authority at national level;
2) …
3) …
4) Member States shall guarantee the independence of the regulatory authority and shall ensure that it exercises its powers impartially and transparently. ….

Unquote

Deze bepaling situeert ACM als Nederlandse “regulatory authority”

Quote:

Article 36 : General objectives of the regulatory authority

In carrying out the regulatory tasks specified in this Directive, the regulatory authority shall take all reasonable measures in pursuit of the following objectives within the framework of their duties and powers …..

a) Promoting in close cooperation with the Agency, refulatory authorities of other Member States and the Commission, a competitive, secure, and sustainable internal market in electricity within the Community ….
b) ……
c) Eliminating restrictions on trade in electricity between Member States, including developing appropriate cross-border transmission capacities to meet demand and enhancing the integration of national markets which may facilitate electricity flows across the Community.

Unquote.

Deze bepaling situeert de doelstellingen van ACM inzake interconnectie.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

10.1.3. Relevante bepalingen van de Directive 2005/89/EC

De relevante bepalingen van de Directive 2005/89/EC zijn de volgende:

Quote:

Article 6 : Network investment

1. Member States shall establish a regulatory framework that:
    a. Provides investment signals both for the transmission and distribution system network operators to develop their networks in order to meet foreseeable demand from the market; and
    b. Facilitates maintenance and, where necessary, renewal of their networks.
2. Without prejudice to Regulation (EC) N°1228/2003, Member States may allow for merchant investments in interconnection.

Member States shall ensure that decisions on investments in interconnection are taken in close cooperation between relevant transmission operators.

Unquote

Deze bepaling stelt dat:

- de regulering een billijke vergoeding van de netbeheerder moet verzekeren om in de noden van uitbreiding, onderhoud en vernieuwing van het net te voorzien;
- beslissingen inzake interconnecties in nauwe samenwerking tussen de betrokken netbeheerders moeten genomen worden.

10.1.4. Samengevat antwoord

- De EU regelgeving streeft naar een volwaardige interne markt voor elektriciteit en wil in hoogste prioriteit interconnecties promoten voor dit doel;
- De nationale “regelgevende autoriteit” ACM zal hiervoor de nodige doelstellingen formuleren, in samenspraak met betrokken “regelgevende autoriteiten” van andere Lidstaten;
- TenneT zal deze doelstellingen via concrete interconnectie-voorstellen integreren in de tienjarige investeringsplannen, in samenspraak met de TSO van het net waarmee geïnterconnecteerd wordt;
- De technische eisen inzake capaciteit en betrouwbaarheid moeten minimaal voldoen aan de Nederlandse Netcode, voor wat betreft het deel in Nederland en aan de Grid Code toepasselijk op het net waarmee geïnterconnecteerd wordt;
- TenneT en de betrokken TSO kunnen ook afspraken maken (dit heeft de voorkeur van de EU) voor een gezamenlijk dossier van technische eisen (dat aan de twee gridcodes voldoet) en geldig is over gans de interconnectie;
- De EU regels bepalen nergens de specifieke keuzes voor realisatie van de interconnectie, maar impliceren wel dat de interconnectie voor beide geïnterconnecteerde netten voldoet aan de technische eisen van de bevoegde “regelgevende autoriteit” van de TSO;
- Voor TenneT en ACM betekent dit de toepassing van de Netcode ACM en de “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve”.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

10.2. ENTSO-E afspraken

Vraagstelling :

- Wat staat er in de afspraken tussen de gezamenlijke Euopese hoogspanningsnetbeheerders (ENTSO-E) met betrekking tot ondergrondse verkabeling van 380 kV-verbindingen, interconnectoren etc?
- Wat kan uit de ENTSO-E afspraken afgeleid worden met betrekking tot 380 kV-verbindingen, interconnectoren, de landelijke ring etc.
- Klopt het dat Europa of ENTSO-E de facto voorschrijft dat interconnectoren bovengronds moeten zijn om de betrouwbaarheid te kunnen garanderen en als noodvoorziening om andere landen overeind te kunnen houden?

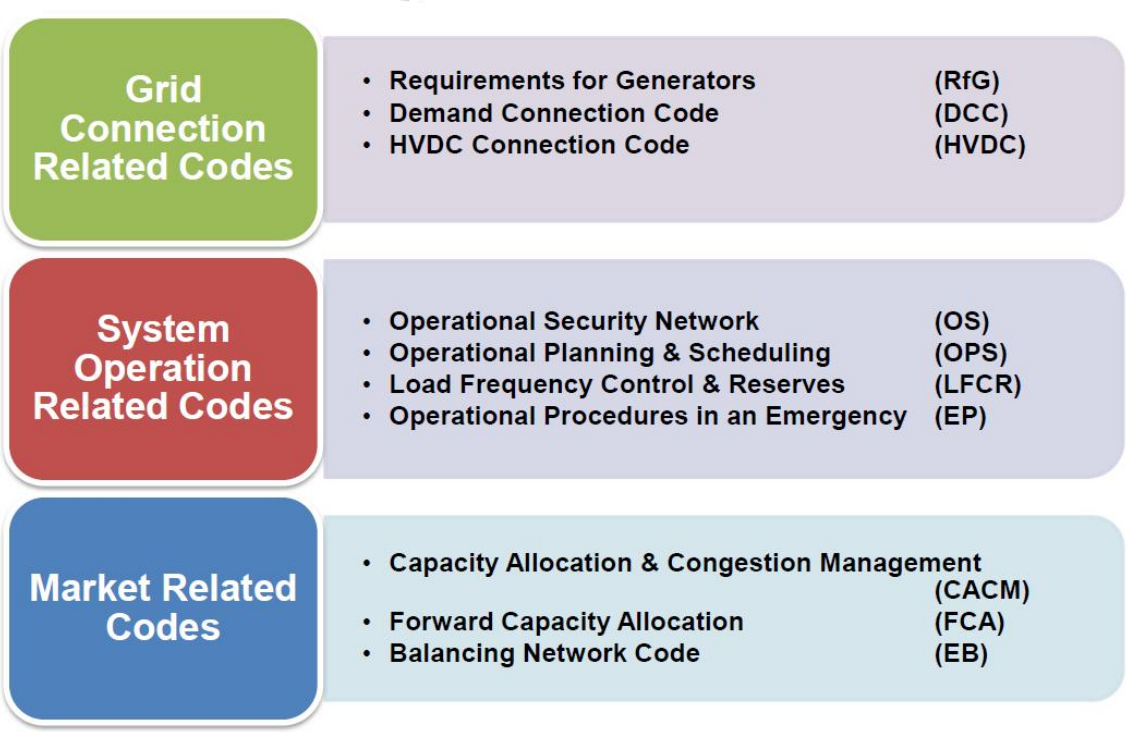
Antwoord :

10.2.1. ENTSO-E en regelbevoegdheid

ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) vertegenwoordigt 41 transmissie-systeem operators (TSO), uit 34 landen verspreid over gans Europa, waaronder Nederland met TenneT, maar ook niet-EU landen.

ENTSO-E werd opgericht in 2009 en gemandateerd in het kader van het Derde Framework for the Internal Energy Market dat een verdere liberalisering nastreeft van de elektriciteit- en gasmarkt in de EU.

In opdracht van ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators) stelt ENTSO-E netcodes op.



This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Deze netcodes betreffen enkel grens-overschrijdende netwerkoperatie en werking van de interne markt. Deze netcodes komen in aanvulling op de bestaande nationale regelgeving.

De ENTSO-E "Netcode on Operational Security" wordt alsmaar belangrijker voor het Nederlands net naarmate de interconnecties en de landelijke 380 kV ring belangrijke schakels worden in het Europees geïnterconnecteerd net.

Vanuit dit oogpunt opteert TenneT voor maximale betrouwbaarheid van de verbindingen die deel uitmaken van interconnecties of van de landelijke 380 kV ring.

10.2.2. Informatief standpunt van ENTSO-E (en voorgangers) met betrekking tot toepassing van kabel op 400 kV

Reeds in 2003 heeft de EC de mogelijkheden van verkabeling op 380 kV laten onderzoeken door de consultant ICF ("Overview of the Potential for Undergrounding in the Electricity Networks in Europe", 23/02/2003). De EC heeft dit samengevat in een "Background Paper : Undergrounding of Electricity Lines in Europe" (10/12/2003).

De reactie hierop van de UCTE (voorloper van ENTSO-E) en EURELECTRIC was uiterst gereserveerd en zelfs negatief.

In de loop der jaren is hierin evolutie gekomen en in januari 2011 heeft ENTSO-E samen met EUROPACABLE, op vraag van de EC, een gemeenschappelijk rapport uitgebracht met betrekking tot partiëel verkabelen van HS verbindingen (Joint Paper: Feasibility and technica laspects of partial undergrounding of extra-high voltage power transmission lines).

ENTSO-E stelt hierbij wel duidelijk dat het paper enkel de technische aspecten van "partial undergrounding" behandelt, en dat het, hoe dan ook, aan de betrokken netbeheerder(s) en toezichthouder(s) toekomt om te beoordelen of een verkabeling opportuun is.

10.2.3. Samengevat antwoord

- Er zijn geen afspraken op niveau ENTSO-E betreffende verkabeling op 380 kV.
- De technische eisen betreffende interconnectoren en de landelijke 380 kV ring zijn vastgelegd in de nationale gridcodes. ENTSO-E laat deze nationale gridcodes ongemoeid;
- De keuze van TenneT voor exclusief luchtlijn op interconnectoren en verbindingen van de landelijke 380 kV ring is ingegeven door overwegingen van grensoverschrijdende "Operational security" tengevolge van het toenemende belang van deze verbindingen in het Europees geïnterconnecteerd net. In deze materie is ENTSO-E wel bevoegd en betrokken partij.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

10.3. Interpretatie

Vraagstelling :

- Hoe kunnen de Europese regels uitgelegd worden (zijn er alternatieve uitleggen mogelijk)?

Antwoord :

TE ziet geen andere interpretatie dan hierboven beschreven.

11. SAMENVATTING

Het bovenstaande in hoofdstukken 6 tot en met 10 kunnen als volgt worden samengevat als conclusies van TE:

Algemene conclusies van TE

Met betrekking tot het ondergronds brengen op korte termijn van méér dan de huidige 20 km 380 kV verbinding onderschrijft TE de conclusie van TenneT dat, met de thans beschikbare inzichten en bij behoud van de huidige planning- en kwaliteitscriteria, bijkomend verkabelen overwogen kan worden mits aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan.

- Als eerste randvoorwaarde geldt dat de bijkomende verkabeling beperkt blijft tot 20 km totaal (extra verbindingslengte, twee circuits), welke verspreid wordt over meerdere verbindingen en geografisch gespreid wordt over het hele landelijke 380 kV net.
- Als tweede randvoorwaarde geldt dat verkabeling niet wordt toegepast in zwaar belaste verbindingen en met name niet in de landelijke 380 kV ring en de interconnectoren.
- Als derde randvoorwaarde geldt dat het effect van de kabels op schakelfenomenen in het 380 kV net beheersbaar moet blijven, hetgeen van geval tot geval geverifieerd moet worden. De door TenneT voorgestelde aanpak van Quick Scans om deze effecten te beoordelen is voorzichtig en behoudend.

Conclusies van TE betreffende de langere termijn

Met betrekking tot verder verkabelen (méér dan de beoogde 20 km verbinding) in de toekomst, komt TE tot de bevinding dat hiervoor het huidige beoordelingskader verruimd dient te worden. Dit vereist een gemeenschappelijke aanpak van wetgever, toezichthouder en netbeheerder TenneT.

Onderbouwing van de conclusies

De bovenstaande bevindingen van TE zijn gestoeld op de volgende inzichten, die verkregen zijn door onderzoek van de met de opdracht meegeleverde documenten en besprekingen met de betrokken partijen.

Met betrekking tot betrouwbaarheid en verkabeling zijn de inzichten de volgende:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Uitgaande van de huidige “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet”, treedt bij het systematisch toevoegen van kabelverbindingen een sluipende kwaliteitsvermindering op. Deze ontsnapt volledig aan het criterium “Enkelvoudige storingsreserve”, omdat in dit laatste criterium geen rekening gehouden kan worden met de lagere beschikbaarheid van kabelcircuits ten opzichte van luchtlijnen;
- In een eerste fase, en ook al omdat de huidige kwaliteit op een zodanig hoog peil staat, is deze kwaliteitsdaling niet onmiddellijk dramatisch. Voorwaarde is wel dat men de bijkomende 20 km kabelverbinding spreidt over het hele 380 kV net en uitsluit op hoog belaste connecties. In dat geval zal de kwaliteitsvermindering marginaal zijn;
- Deze kwaliteitsvermindering is niet onomkeerbaar en kan opgevangen en geneutraliseerd worden door netinvesteringen ietwat proactief te realiseren. In de afweging om al dan niet vervroegd te investeren in het net om kwaliteitsvermindering tegen te gaan is de toezichthouder ACM zeker een te betrekken partij;
- Om op een goed onderbouwde manier te kunnen beslissen over verdere verkabeling van 380 kV verbindingen moet op een probabilistische basis (dat is op basis van kansberekening) een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het hoogspanningsnet. Dit vraagt om afstemming tussen de Nederlandse wetgever, de toezichthouder ACM en de netwerkbeheerder TenneT met betrekking tot relevante prestatie-indicatoren (Key Performance Indices, hierna KPI), evenals met betrekking tot de aanpak en software-tools om deze KPI’s te bepalen. In het recente onderzoek van TenneT is voor dit laatste een aanzet gegeven, maar dit heeft slechts zin indien alle betrokken partijen het eens zijn over de probabilistische aanpak zelf;
- De probabilistische aanpak moet operationeel zijn voordat méér verkabeld kan worden dan de nu voorgestelde 20 km.

Met betrekking tot verkabeling en netstoringen door transienten zijn de inzichten de volgende:

- Een frequentie-scan zoals TenneT in de Quick Scans heeft toegepast laat een vlugge screening toe, maar leidt tot een behoudende uitkomst ten aanzien van de mogelijkheden voor het verkabelen op 380 kV. Een (vereenvoudigde) “transiente” berekening geeft een nauwkeuriger inschatting van de schakeltransienten.
- De spreiding van in totaal 20 km 380 kV verbinding ondergronds over verschillende geografisch gescheiden projecten zou normaal geen problemen qua schakeltransienten moeten opleveren;
- Verdere verkabeling van 380 kV verbindingen zal onvermijdelijk leiden tot een toename van lagere resonantiefrequenties;
- De tendens naar hernieuwbare productie, hetgeen leidt tot een verlaging van kortsluitvermogen, leidt eveneens tot een toename van lagere resonantiefrequenties. Hernieuwbare productie kan bovendien aanleiding geven tot regel-instabiliteiten door terugkoppeling van stoorsignalen via het net;
- Om deze twee effecten te neutraliseren zal er méér demping nodig zijn in het net op lagere harmonische frequenties. Voor een optimale toepassing van deze technieken is verder onderzoek nodig.

Met betrekking tot de uitzonderingen die TenneT maakt ten aanzien van verkabeling, namelijk dat de landelijke ring en de interconnectoren niet verkabeld worden, kan het volgende worden opgemerkt:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Strikt genomen zijn TenneT en de landelijke regelgevende autoriteit ACM bevoegd inzake de keuze van techniek voor zowel het nationale net als voor interconnectoren. De Europese regelgeving en ook ENTSO-E (het Europees samenwerkingsverband van netwerkoperatoren) laat dit aan de landelijke autoriteiten over;
- TenneT verwijst in de opinie van TE terecht naar het belang van de betrokken uitzonderingen als schakels in het geïnterconnecteerd Europees net. TenneT opteert voor de grootst mogelijke betrouwbaarheid op deze verbindingen, dit om de zekerheid van bedrijfsvoering (Operational Security) in Europese context te kunnen garanderen.

12. AANBEVELINGEN

Indien nog verdere verkabeling (na de volgende 20 km) wordt overwogen, dan geeft TE hierbij de volgende aanbevelingen:

- TE beveelt aan dat TenneT in de gevolgde aanpak van Quick Scans systematisch vereenvoudigde transiente berekeningen opneemt;
- TE beveelt aan om een gemeenschappelijke aanpak (wetgever, toezichtshouder, TenneT) op basis van probabilistische technieken op te stellen voor de verdere uitbouw van het hoogspanningsnet. Hierdoor kunnen de bijkomende risico's van verkabeling van 380 kV verbindingen correct worden ingeschat en waar nodig geneutraliseerd worden;
- TE beveelt aan om onderzoek te verrichten naar betrouwbare en kosten-efficiënte oplossingen om de demping op lagere frequenties in het 380 kV net te verhogen. Dit moet toelaten om verder te verkabelen en tegelijk de verlaging van het kortsluitvermogen (tengevolge van de verschuiving in productie-mix) op te vangen. Tegelijk zal dit ook de stoorsignalen en de bijbehorende interferentie helpen onderdrukken.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

APPENDIX 1

De vragen van MINEZ

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Ten aanzien van het VOORSTEL zelf van TENNET tot BELEIDSWIJZIGING VERKABELING 380 KV

De specifieke vraagstelling van MINEZ (zoals verwoord in de bovengenoemde RFQ) luidt als volgt:

Quote

Het ministerie van EZ wil een goed onderbouwde inschatting ontvangen met betrekking tot de vraag of het huidige maximum van 20 kilometer 380 kV-verbinding ondergronds (dat wil zeggen 240 km kabel) op dit moment los gelaten kan worden of dat het beter is de resultaten van het hele onderzoeks- en monitoringsprogramma af te wachten alvorens het beleid te wijzigen?

Unquote

Deze hoofdvraag splitst zich in de volgende specifieke deelvragen:

Quote:

- Kan de 20 kilometer ondergronds op dit moment los gelaten worden?
- Als we het kunnen loslaten, wat zijn de randvoorwaarden waaraan voldaan moet worden?
- Welke extra risico's lopen we door de 20 kilometer nu los te laten?
- Welke risico's treden überhaupt op als er meer (delen van) 220- en 380kV-verbindingen verkabeld gaan worden?
- Welke winst levert het wachten tot afronding van het onderzoeks- en monitoringsprogramma op qua informatie en rekenmodellen ten opzichte van nu? Welke risico's kunnen dan uitgesloten worden, welke verminderen? Nemen de kansen op bepaalde gebeurtenissen daardoor af?
- Zijn de door TenneT genoemde uitzonderingen (geen verkabeling in de landelijke ring en bij interconnectoren en niet afwisselen van kabel en lijn op korte afstand) reëel en verdedigbaar? Kan op grond van reële en goede argumenten onderbouwd worden dat het verstandig is deze uitzonderingen te maken?

Unquote.

Ten aanzien van het lopend onderzoeksprogramma met betrekking tot verkabeling 380 kV

Aangaande het lopend onderzoeksprogramma stelt MINEZ zich de vraag of de modellen en resultaten van de theoretische fase (die voor een heel eind afgerond zou moeten zijn) kunnen getoetst worden aan de eerste monitorgegevens, met de volgende specifieke deelvragen:

Quote:

- Kloppen de conclusies die op basis van de resultaten tot op heden getrokken worden? Kloppen de theoretische modellen? Zijn ze al te valideren (met praktijkgegevens)?
- Wat zijn de theoretische en rekenmodellen? Kloppen de modellen? Kloppen de aannames die onderliggen aan de modellen? Welke onzekerheden kennen de modellen?
- Van welke risico's is er sprake? Wat zijn de kansen daarop?

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Is één jaar aan praktijkgegevens voldoende om vergaande uitspraken over verkabeling te doen? Indien niet: wat is wel een verstandige periode om gegevens te verzamelen om de modellen te valideren?
- Welke risico's zijn verbonden aan het aanpassen van het beleid na één jaar van praktijkervaring? Wat zijn de risico's voor de leveringszekerheid en betrouwbaarheid van het net als er op dit moment meer verkabeld gaat worden?
- Welke mitigerende maatregelen zijn mogelijk om risico's te beperken? Welke moeten getroffen worden en welke kunnen getroffen worden?
- Wat kan er op basis van de beschikbaarheid van de huidige data geconcludeerd worden …
- Wat zeggen andere kennisinstituten met betrekking tot 1) de theoretische en rekenmodellen? 2) de technieken die worden gebruikt voor ondergrondse verkabeling (zou dat bijvoorbeeld tot andere modellen leiden of alleen tot andere waarden van de parameters)?
- Er moet een duidelijk verhaal komen waarin de samenhang tussen het ondergronds verkabelen van 380 kV-verbindingen en decentrale opwekking/duurzaam (wind en zon) duidelijk verwoord wordt zodat voor leken begrijpelijk is hoe beiden samenhangen en dat decentraal/duurzaam beperkingen oplegt aan verkabeling.
- De theoretische modellen en analyses dienen zo verwoord te worden dat het voor een lekenpubliek te begrijpen is.

Unquote.

Ten aanzien van de internationale ervaringen met betrekking tot verkabeling 380 kV

MINEZ wenst de nieuwe beleidslijn te toetsen aan de international praktijk met betrekking tot verkabelen op hoge spanningsniveau's (>330 kV). Hiervoor stelt het de volgende deelvragen:

Quote:

- Wat zijn de ervaringen met andere landen met het verkabelen van 380 kV-kabels? (zowel voor de aansluiting van productielocaties als in het (al dan niet vermaasde) net)? -> Graag hier een beknopt overzicht van geven (Wat, waar, van wie en door wie, hoe lang, hoe zwaar, sinds wanneer gerealiseerd, met welke techniek gelegd, ondergrond, wat voor soort kabel, eventuele problemen, andere specifieke karakteristieken of opmerkingen, reden om te verkabelen);

- Waar liggen interconnectoren al ondergronds?

Unquote.

Ten aanzien van verkabeling op internationale verbindingen (interconnectoren)

Hiervoor worden volgende deelvragen geformuleerd:

Quote:

- Wat staat er in de Europese regels met betrekking tot interconnectoren?

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

• Wat staat er in de afspraken tussen de gezamenlijke Euopese hoogspanningsnetbeheerders (ENTSO-E) met betrekking tot ondergrondse verkabeling van 380 kV-verbindingen, interconnectoren etc? Wat kan uit de ENTSO-E afspraken afgeleid worden met betrekking tot 380 kV-verbindingen, interconnectoren, de landelijke ring etc. Klopt het dat Europa of ENTSO-E de facto voorschrijft dat interconnectoren bovengronds moeten zijn om de betrouwbaarheid te kunnen garanderen en als noodvoorziening om andere landen overeind te kunnen houden?

• Hoe kunnen de Europese regels uitgelegd worden (zijn er alternatieve uitleggen mogelijk)?

Unquote.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 3

2. GEGEVENS 3

2.1. Memory stick vanwege TenneT 3

2.2. Aanvullingen vanwege TenneT inzake interconnecties 3

2.3. Aanvullingen academisch onderzoek betreffende betrouwbaarheid 4

2.4. Gegevens van internationale ervaring 4

2.5. Europese regelgeving 4

3. DOCUMENTEN ACADEMISCHE STUDIES AANGELEVERD DOOR TENNET 4

3.1. Topic 1: Beschikbaarheid & Betrouwbaarheid 4

3.1.1. LIJST DOCUMENTEN 4

3.1.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 5

3.2. Topic 2 : Dynamische stabiliteit 8

3.2.1. LIJST DOCUMENTEN 8

3.2.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 8

3.3. Topic 3 : Monitoring 9

3.3.1. LIJST DOCUMENTEN 9

3.3.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 10

3.4. Topic 4 : Resonanties 10

3.4.1. LIJST DOCUMENTEN 10

3.4.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 10

3.5. Topic 5 : Transient, steady state gedrag 11

3.5.1. LIJST DOCUMENTEN 11

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

3.5.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 11

3.6. Topic 6 : Samenhang 12

3.6.1. LIJST DOCUMENTEN 12

3.6.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 12

3.7. Topic 7 : Stand van zaken juli 2014 12

3.7.1. LIJST DOCUMENTEN 12

3.7.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE 12

4. INTERNE ANALYSE VAN TENNET 13

4.1. Document : 01. DIR09-021.bijlage 13

4.2. Document : 03. PU-AM 15-049 Maximum 380kV cable system length V-12022015 13

4.3. Document : 02. PU-AM 15-076 Resonance phenomena in networks with HVAC cables V-13022015 14

4.4. Document : 04. FINAL position paper 01/04/2015 14

5. INFORMATIE VAN TENNET BETREFFENDE INTERNATIONALE AFSPRAKEN INZAKE INTERCONNECTOREN EN VERKABELING 15

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Deze nota is is een aanvulling op het rapport “Basisrapport 2nd Opinion (Draft)” met ref. RITI/4NT/400814/001/00 opgemaakt in het kader van de opdracht (Ref. 20150625-004 van 25 juni 2015) van het Ministerie van Economische Zaken (MINEZ) aan Tractebel Engineering (TE). In deze nota wordt dieper ingegaan op de individuele documenten, waar dit voor de overzichtelijkheid en de leesbaarheid in het Basisrapport niet altijd mogelijk is.

Dit document is opgemaakt op basis van:

- Analyse van de aangeleverde documenten (Zie 2. GEGEVENS) en bijkomende technische vragen naar TenneT toe;
- Besprekingen met TenneT (op basis van de technische vragen) op 04/08/2015 en 18/08/2015;
- Bijkomende informatie verstrekt door TenneT na voornoemde besprekingen (Zie 2. GEGEVENS).

2. GEGEVENS

Hieronder worden de gegevens en documenten opgelijst die gebruikt werden voor de consultancy-opdracht.

2.1. Memory stick vanwege TenneT

Met de opdracht werden een aantal documenten in e-formaat overhandigd door MINEZ (Memory stick). De lijst van deze documenten is opgenomen in Appendix 1.

Deze documenten betreffen zowel rapportage van academische onderzoekprogramma’s als interne studies en rapporten van TenneT met betrekking tot verkabelen 380 kV.

2.2. Aanvullingen vanwege TenneT inzake interconnecties

Meer specifiek aangaande toepassing in interconnectoren werd bijkomende informatie gevraagd aan TenneT (ref : vraag per e-mail TE < TenneT op 04/07/2015).

Het antwoord van TenneT omvat 5 documenten die opgenomen zijn in Appendix 2.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

2.3. Aanvullingen academisch onderzoek betreffende betrouwbaarheid

In antwoord op de vragen tijdens de bespreking van 18/08/2015 heeft TenneT een bijkomende schriftelijke toelichting gestuurd (opgenomen in bijlage 3) alsook een bijkomend onderzoeksrapport (Master Thesis van Niki Kandalepa als vervolg op het Internship Rapport (dat deel uitmaakt van oorspronkelijk aangeleverde documenten, zie 2.1 hierboven)).

2.4. Gegevens van internationale ervaring

Deze gegevens werden door TE verzameld op basis van publicaties van internationale onderzoeksinstanties in het domein van HS power kabels (Cigré, , Europacable, Jicable,…), alsook referenties van toonaangevende constructeurs. (Deze gegevens worden uitgebreid besproken in hoofdstuk 9 van het "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00 en komen verder in dit rapport niet meer aan bod).

2.5. Europese regelgeving

Deze gegevens worden uitgebreid besproken in hoofdstuk 10 van het "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00 en komen verder in dit rapport niet meer aan bod.

3. DOCUMENTEN ACADEMISCHE STUDIES AANGELEVERD DOOR TENNET

3.1. Topic 1: Beschikbaarheid & Betrouwbaarheid

3.1.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen de documenten:

01. Xiaolin - Final version Tennet Report-27 April 2011

02. Tuinema - onderzoeksvoorstel

03. Tuinema - progressief report 1

04. Tuinema - progressief report 2

05. Tuinema - progressief report 3

06. Tuinema - progressief report 4

07. Tuinema - progressief report 5

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

08. Kandalepa - Final Internship report

Als bijkomende studie heeft TenneT (09/2015) volgend document overgemaakt:

09. Kandalepa – Master thesis : “Reliability Modelling in Transmission Networks, An exploratory study for further EHV underground cabling in The Netherlands”

3.1.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

Het rapport 01 - Xiaolin - Final version omvat een aantal aspecten i.v.m. verkabelen, waaronder:

- Verzamelen en vergelijken van faalstatistiek van kabels en accessoires;
- Beschrijving van een aantal kabelincidenten en beschadigingen;
- Evaluatie van de risicopositie van TenneT in Randstad 380 kV, met invloed van failure rate zowel als reparatietijd. (Deze analyse wordt in meer detail in de latere studie van B. Tuinema behandeld);
- Mogelijkheden voor verlagen van het risico door het verkorten van de reparatietijd;
- De mogelijkheden en apparatuur voor on-line monitoring;
- Het nut van monitoring voor verlagen van het risico door het het verminderen van de failure rate;

Dit laatste lijkt totaal marginaal: het feit van een fout te voorzien (dank zij monitoring) zal hoe dan ook het ontstaan van de fout niet vermijden. Ook als men anticipatief zou gaan repareren (zonder de fout tot ontwikkeling te laten komen, als dat überhaupt mogelijk zou zijn) zal men toch de reparatietijd nodig hebben, maar dan als voorziene niet beschikbaarheid VNB.

Eén interessant ervaringspunt moet toch in het licht gesteld worden. Bij een aantal gerapporteerde incidenten met “indoor” kabeleindsluitingen ontstond brand en rookontwikkeling die uiteindelijk veel meer onbeschikbaarheid veroorzaakte dan de eigenlijke reparatie van de eindsluiting zelf. Analoge incidenten hebben zich ook voorgedaan in Belgie (onderstation Baron Dhanis) en Saoudi Arabie. Het kijkt aangewezen om deze eindsluitingen in een brandbestendige compartimentering in te sluiten en aangepaste branddetectie en blusmiddelen te voorzien.

De invloed van verkabeling 380 kV op betrouwbaarheid wordt voornamelijk behandeld in de PhD research van Bart Tuinema, (met name het progress report 4) en de daarop aansluitende Internship Studie van Nicoleta Kandalepa.

Deze studies werden door de auteurs toegelicht tijdens de bespreking bij TenneT op 18/08/2015. Hierbij werden ook door TE een aantal opmerkingen en vragen geformuleerd, vooral met betrekking op:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- De probabiliteit van (dubbele) afhankelijke kabelfouten (op twee circuits van eenzelfde connectie) wordt ingeschat met dezelfde coefficient (0.10) als voor dubbele afhankelijke fouten een OH lijn-connectie. Dit is uitermate pessimistisch voor twee ingegraven circuits op 1.8 m diepte die gescheiden zijn door een strook van 3.75 m. Dit leidt tot een overschatting van de onbeschikbaarheid van de verkabelde connecties;
- Dubbele afhankelijke lijnfouten omvatten ook de incidenten met falen van masten. Voor deze dubbele fouten wordt ook een reparatietijd van 8h ingeschat, wat onrealistisch laag is, wanneer men weet dat het opstellen van een noodlijn alleen al één tot twee weken in beslag neemt. Dit leidt tot een onderschatting van de onbeschikbaarheid van de OH lijn connecties;
- De twee bovenstaande opmerkingen zullen de algemene conclusies i.v.m. de risico-inschatting niet totaal omverwerpen, maar zij zullen wel de “numerische” toename van risico door verkabeling verkleinen;
- De samenhang tussen de studie van N. Kandalepa en de PhD research van B.Tuinema vraagt verduidelijking, meer in het bijzonder aangaande de gebruikte formules en de daarin aangewende parameterwaarden;
- Idem voor de bepaling van de invloed van lengte van de kabelconnectie en van het opdelen van de totale kabellengte over meerdere connecties en de daaraan verbonden conclusies;
- Ook dit zal naar verwachting geen aardverschuiving teweeg brengen in de resultaten maar kan wel accenten verleggen.

In antwoord op een aantal gestelde vragen heeft TenneT de master thesis van N. Kandalepa “Reliability Modelling in Transmission Networks, An exploratory study for further EHV underground cabling in The Netherlands” overgemaakt.

Deze studie gaat verder op de Internship studie, en is op een aantal punten verfijnd o.a. inzake:

- de contingencies en hun combinaties;
- de directe associatie van een contingency en de bijbehorende load flow, in éénzelfde softwaremodule;
- de invloed van verkabeling (=impedantie-wijziging) op de N-0 situatie, en vervolgens op de contingency;
- de invoering van KPI (Key Performance Indices) als beoogd berekeningsresultaat.

De resultaten van de Master Thesis wijken wel af van de Internship studie van N. Kandalepa “ Underground cables in the Dutch electricity grid - Risk assessment of further 380 kV cabling”. In de Internship studie concludeert men dat met 30 dagen reparatietijd 20 km totaal verkabeld in het 380 kV nog juist acceptabel is, terwijl met een reparatietijd van 14 dagen tot 120 km mag verkabeld worden (N.B. de 20 km zijn al “geconsommeerd” na afwerking van Randstad). In de latere Master Studie van komt men tot de conclusie dat in laagbelaste connecties zoals Rilland – Tilburg zelfs tot 100% (~80 km) kan verkabeld worden zonder impact op de probabiliteit van lastafwerping.

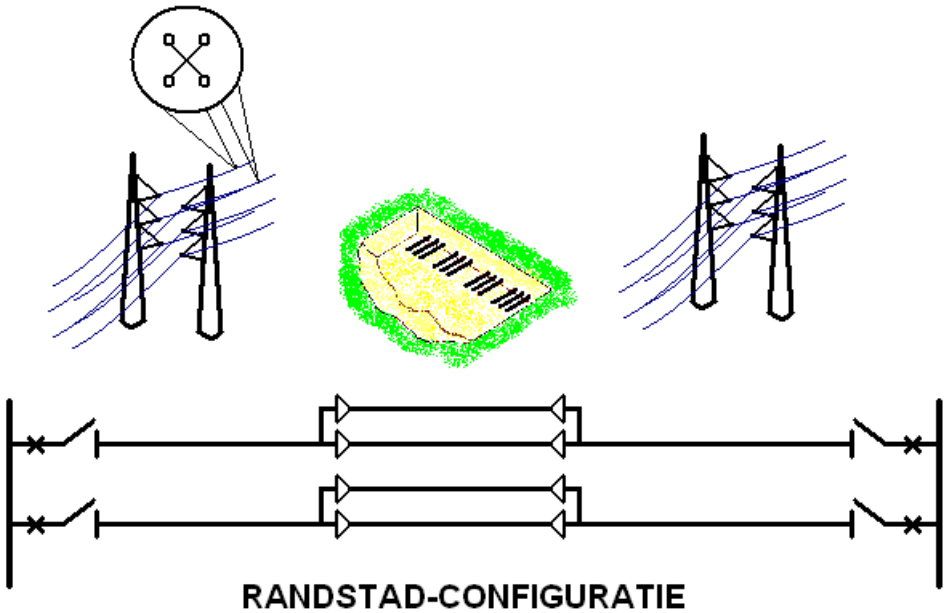
De gebruikte criteria in de Internship en Master Thesis zijn dan ook zeer verschillend:

- Internship: financiële en reputatie-risico’s;
- Master Thesis: netbetrouwbaarheidsindices.

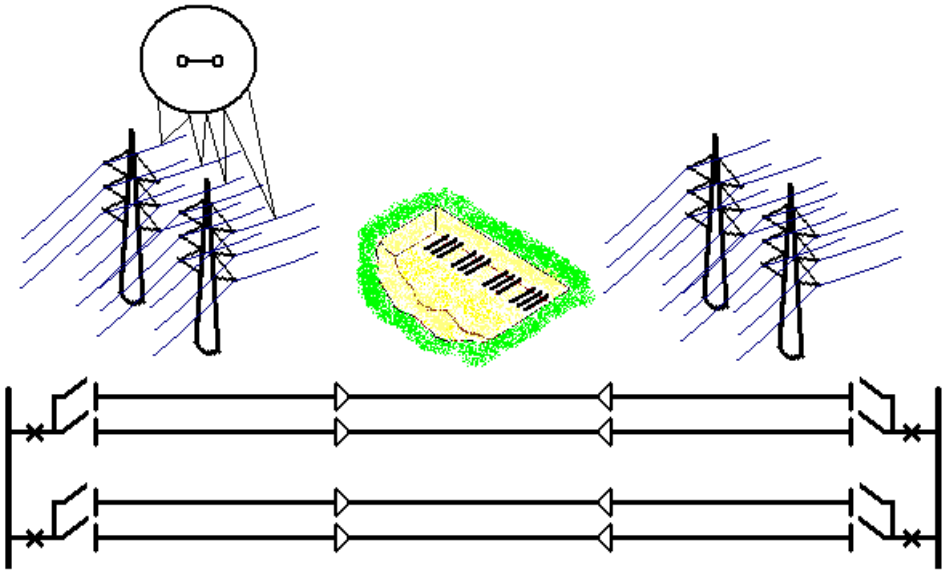
This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Verder is het niet duidelijk of de probabilistische aanpak en in het bijzonder de gekozen KPI (en bijhorende streefwaarden) reeds op punt gesteld werden in de afstemmingen tussen TenneT en de toezichthouder ACM.

Bij al de bovenstaande evaluaties werd uitgegaan van een “standaard” 380 kV (= Randstad) connectie van TenneT, met circuits in 4-bundelgeleider in luchtlijn en met circuits in kabel met 2 kabels 2500mm^2 Cu per fase (bout-vast verbonden). Dit brengt mee dat de probabiliteit van fout op een kabelcircuit verdubbelt (t.o.v. één enkele kabel per circuit) en tegelijk ook het hele circuit buiten dienst stelt terwijl toch slechts “de helft” van het circuit beschadigd is.



RANDSTAD-CONFIGURATIE



VARIANTE MET HOGERE BESCHIKBAARHEID

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Van de kant van TE werd een alternatief schema voor nieuwe connecties (met gedeeltelijke verkabeling) voorgesteld, dat aansluit op een eerdere suggestie van B. Tuinema in Item 2.5.2. van PhD Deliverable 4. Hierbij zou de connectie (met gedeeltelijke kabel) als vier circuits (1318 MVA elk) uitgevoerd worden over de ganse lengte. Ter hoogte van de stations zouden de vier circuits twee per twee op twee velden (van 2635 MVA) aangesloten worden met scheiders.

Bij kabelfout wordt evengoed het volledig circuit afgeschakeld, maar met bediening van de scheiders kan de "foutieve" helft van het circuit geïsoleerd worden van het "gezonde" deel. Het circuit kan dan weer ingeschakeld worden en heeft nog de helft van het transportvermogen. Er is geen gevaar voor overbelasting door de verdeling over het "gezond" circuit en het "geamputeerd" circuit, want de impedantie dit laatste is ook verdubbeld. Na deze ingreep is er nog steeds 75% van het transporteerbaar vermogen van de connectie.

Een dergelijk schema vraagt relatief weinig meerinvestering voor een aanzienlijke verbetering van de betrouwbaarheid. Alle technische componenten zijn beschikbaar o.a. ook de 4-circuit Wintrack masten.

Inzake exploitatiefilosofie verandert er voor TenneT weinig of niets, want alle manipulaties in normaal bedrijf hebben betrekking op circuitvermogen van 2635 MVA.

Uiteindelijk is het aan TenneT en de toezichthoudende overheid om af te wegen of dit alternatief zinvol kan zijn is in de Nederlandse context 380 kV.

3.2. Topic 2 : Dynamische stabiliteit

3.2.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen volgende documenten:

01. Influence of 380 kV AC Cables on the Dynamic Stability of Dutch Transmission System, H. Khalilnezhad (Master Thesis)

3.2.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

De studie is essentieel bebaseerd op tijdsimulatie van transiente stabiliteit met behulp van het standaard programma package PSS®E.

Het gesimuleerde net omvat het load flow model van Noord-West Europa van de ENTSO-E voor 2020, met een meer gedetailleerde voorstelling van het nederlandse net betrokken uit de data base van TenneT Power Factory.

Dit transient model is aangevuld met de dynamische equivalenten van generatoren en hun regelkringen volgens standard schemas beschikbaar in PSS®E.

Met dit simulatiemodel worden 4 cases van verkabeling onderzocht, nl:

- Noord -West (lengte 160 km), met varianten ;
- Zuid - West (lengte 120 km), met varianten;
- Randstad -Noord (lengte 57.3 km);
- Krimpen - Dodewaard (concept : lengte 80 km).

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Doel is steeds de maximimum lengte van verkabeling te bepalen die aanvaardbaar is vanuit het standpunt van optredende overgangsverschijnselen in transiente stabiliteit (in schaal van seconden).

De onderzochte fenomenen omvatten:

- het in- en uitschakelen van de connectie (en de bijbehorende compensatiereactoren);
- het elimineren van een driefasige fout op één circuit van de connectie in 220 ms.

De Zuid-West case wordt onderzocht met 10%, 30%, 70%, 90% en 100% verkabeling van de totale lengte.

Conclusie : geen beperking op de lengte van verkabeling in Zuid-West, mits gepaste voorzorgen bij schakelmanoeuvers;

De Noord-West case wordt onderzocht met 50% en 90% verkabeling van de totale lengte.

Conclusie : Maximale lengte van verkabeling in Noord-West is 50% of 80 km. Mits gepaste voorzorgen bij schakelmanoeuvers kan dit nog uitgebreid worden;

De Randstad -Noord (lengte 57.3 km) case wordt gesimuleerd met 9 km kabel.

Conclusie : Geen enkele anomalie met betrekking tot transiente stabiliteit. Dit ligt voor de hand daar in de twee vorige cases tot 80 resp. 120 km kabel nog aanvaardbaar waren voor transiente stabiliteit.

De conceptuele verbinding Krimpen - Dodewaard (concept : lengte 80 km) wordt ook inderzocht inzake maximale verkabeling.

Conclusie : Maximale lengte van verkabeling in Krimpen - Dodewaard is 60% of 48 km. Mits gepaste voorzorgen bij schakelmanoeuvers kan dit nog uitgebreid worden;

Samengevat:

Vanuit het oogpunt transiente stabiliteit is de beperking op verkabelde lengte niet maatgevend (in vergelijking met Beschikbaarheid-Betrouwbaarheid)

3.3. Topic 3 : Monitoring

3.3.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen volgende documenten:

01. Specificaties monitoring system

02. Barakou - Research proposal

03. Barakou - Progress Report 1

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

3.3.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

Het monitoring programma en de bijbehorende specificaties zijn zeer gedetailleerd.

Toch zijn wij van mening dat het nut eer van academische aard is (toetsen van berekeningsmodellen en resultaten) en als tool voor lange-termijn onderzoek voor de betrokken kabelconstructeurs.

Uitgenomen de thermische belastbaarheid geeft het monitoring system geen concrete uitbatingshulp aan de exploitant TenneT.

Het systeem verlaagt de failure rate niet, en zo het al een concrete voorspellende waarde heeft, dan zal dit enkel van nut zijn om de daaropvolgende reparatie (die toch sowieso zal moeten doorgaan) voor te bereiden en de reparatietijd zo eventueel te verkorten.

Bij de kosten-batenanalyse vanuit het oogpunt van TenneT mag men ook niet de kost vergeten van beheer en verwerking van de immense data-hoeveelheden die het monitoring systeem zal genereren.

Meer bepaald aangaande de nieuwe beleidslijn van TenneT (20 km grens loslaten) brengt het monitoring systeem geen bijkomende elementen pro of contra van beoordeling.

3.4. Topic 4 : Resonanties

3.4.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen volgende documenten:

01. Wu - Research proposal

02. Wu - Progress report 1

03. Wu - Progress report 2

04. Wu - Progress report 3

05. Wu - PhD thesis

3.4.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

Het PhD onderzoek omvat twee onderscheiden aspecten:

- De uitwerking van een Frequency Domain model voor transiente berekeningen. Deze analyse wordt op een hoog “symbolisch” niveau gevoerd. De academische waarde van de nieuwe Frequency Domain aanpak wordt niet betwist, maar het is niet meteen duidelijk of er hierbij een “gebruiksvriendelijk” platform ontwikkeld werd dat ook voor meer praktisch ingestelde ”TSO electro-ingenieur” toegankelijk is. Hierbij moet opgemerkt worden dat de bestaande EMTP (en aanverwante time-domain software packages) een hoog niveau van gebruiksvriendelijkheid en toegankelijkheid hebben bereikt.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Het opstellen van richtlijnen voor simulaties van transienten, meer in het bijzonder het detail van simulatie van netcomponenten dat nodig is om een bepaalde precisie in de resultaten te bereiken. Hierbij worden drie “topologische” zones gedefinieerd rond het knooppunt waar de transient plaatsvindt. De netcomponenten kunnen met lagere detail gesimuleerd worden naarmate zij topologisch verderaf liggen.

De studie besteedt veel aandacht aan de inherente demping van lijnen en kabels, maar het aspect van de totale demping waarin ook de belastingen (van diverse aard) meespelen komt niet duidelijk aan bod.

Concrete richtlijnen (met betrekking tot transients) voor toekomstige verkabelingsprojecten ontbreken, maar volgens TenneT was dit ook geen onderdeel van de vraagstelling aan Wu c.q. TU/e geweest.

Hierdoor is het praktisch nut van dit PhD werk eerder beperkt.

3.5. Topic 5 : Transient, steady state gedrag

3.5.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen volgende documenten:

01. Hoogendorp - Research proposal

02. Hoogendorp - Progress report 1

03. Hoogendorp - Progress report 2

04. Hoogendorp - Progress report 3

Het rapport 05. PhD Research Progress Report-Hossein Khalilnezhad-Final version hoort ons inziens eerder thuis onder de volgende onderzoekstopic en wordt daar besproken.

3.5.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

Het plan van aanpak (document 01) van G. Hoogendorp is zowel ruim als vaag. Het onderzoeksproject omvat zowel steady state aspecten als transienten (schakelfenomenen) en studie van blikseminslagen. Daarnaast zijn ook metingen voorzien.

Het overgrote deel van de Hoogendorp research (progress reports) is gewijd aan simulaties in PSCAD van schakelfenomenen en blikseminslag. Een deel van het werk overlapt met ander academisch werk hierboven vermeld (Lei Wu).

Een duidelijke lijn is moeilijk te vinden in de opeenvolgende progress reports. Het PhD eindrapport is niet beschikbaar in de lijst.

In de onderzochte documenten zitten geen concrete richtlijnen die van nut kunnen zijn in toekomstige verkabelingsprojecten.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

3.6. Topic 6 : Samenhang

3.6.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen volgende documenten:

01. Khalilnezhad - Research proposal

02. Roadmap-Hossein khalilnezhad_v1_remarks TenneT (1)-HK_24dec

05. PhD Research Progress Report-Hossein Khalilnezhad-Final version

3.6.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

De Research Proposal (document 01) zowel als de Roadmap van Khalilnezhad maakt zowat een synthese van al het voorgaand onderzoek, met nadruk op betrouwbaarheid en transients (schakelgedrag). Er wordt hier duidelijk de vraag gesteld naar de grenzen van verkabeling in het TenneT 380 kV net.

Het progress report (Januari 2015) behandelt quasi exclusief de dimensionering (Steady state) van de shunt compensatie voor het potentieel Krimpen-Doodewaard ("SPAAK") project.

Het verder geplande onderzoek (zie tabel pg 42 van het Progress Report) over Transiente analyse en Harmonische analyse (voorzien van 01/2015 tot 06/2016) moet eigenlijk de theoretische onderbouwing leveren van de TenneT aanpak in de Quick Scans.

3.7. Topic 7 : Stand van zaken juli 2014

3.7.1. LIJST DOCUMENTEN

Hieronder vallen volgende documenten

01. PU-AM 14-0442 Stand van zaken 380 kV kabelonderzoek juli 2014:

3.7.2. SAMENVATTING VAN DE ANALYSE

Het document is zoals de titel vermeldt in wezen een stand van zaken.

Toch geeft de de beschrijving van het onderzoek van Hossein Khalilnezhad (TU Delft) "Systeemaspecten bij verdere verkabeling" duidelijk aan dat hieruit concrete richtlijnen worden verwacht met betrekking tot verdere verkabeling 380 kV, met name :

Quote:

"Gestart in september 2013 …….. Aanpak om verdere verkabeling te belichten vanuit alle relevante systeemaspecten. Dit onderzoek moet resulteren in de uiteindelijke randvoorwaarden die moeten worden gesteld aan het vergroten van de 20km 380kV kabel in het Nederlandse elektriciteitsnetwerk."

Unquote.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Van dit PhD werk is is enkel het eerste progress report van Januari 2015 beschikbaar (zie ook 3.6.2 hierboven).

4. INTERNE ANALYSE VAN TENNET

Hier volgt een samenvatting per document.

4.1. Document : 01. DIR09-021.bijlage

De nota (gedateerd 16 april 2009) schetst de achtergrond van de 20 km limiet voor de eerste toepassingen van 380 kV kabel in het TenneT net.

Hierin wordt ook het onderzoekstraject aangekondigd dat verdere kennisverwerving moet mogelijk maken alvorens verder te gaan met kabeltoepassingen in 380 kV.

4.2. Document : 03. PU-AM 15-049 Maximum 380kV cable system length V-12022015

Document 03 komt “conceptueel” vóór document 02 en wordt voor een betere samenhang eerst besproken.

De nota schetst de verschillende fenomenen die aanleiding kunnen zijn tot het beperken van de toe te passen kabellengte in 380 kV, met name:

- Zuivere parallel-resonantie van de kabelcapaciteit (380 kV) met de bronimpedantie (inductief) van het net. De vuistregel voor de bepaling van de rangorde van harmonische (veelvoud van netfrequentie 50 Hz) waarop resonantie optreedt wordt toegelicht. Als grenswaarde voor resonantie wordt de 5-de harmonische gesteld, waarbij lagere resonantiefrequenties nader onderzoek vereisen;
- De grenswaarde (van kabellengte) voor schakelfenomenen ligt niet voor de hand en moet geval per geval geanalyseerd worden, tesamen met eventueel toepasbare tegenmaatregelen tegen overspanningen;
- Het reactief vermogen dat ontstaat door de kabelcapaciteit slorpt een deel van het nuttige stroomvoerend vermogen van de connectie op. Dit reactief vermogen kan/moet beheerst worden door het aansluiten van shunt–reactoren op strategische plaatsen;
- Kabels verminderen de betrouwbaarheid ten opzichte van de situatie waarbij enkel luchtlijnen zouden worden toegepast. Dit hangt vooral samen met de gemiddeld veel langere reparatietijden voor kabelfouten. Voor luchtlijnen geldt dat het merendeel van de fouten niet permanent is en door een tijdelijke afschakeling vanzelf verdwijnt zonder schade. Uitgaande van het academisch onderzoek (N. Kandalepa, zie 4.1.2) wordt hier aangegeven dat tot in totaal 120km kabel in het systeem kan worden opgenomen, mits men de kabelreparatietijd tot 2 weken kan beperken. Hierbij blijft de het risico voor “Quality of Supply” op een aanvaardbaar niveau.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Interactie met andere evoluties in het net, met name de afname van het kortsluitvermogen (door meer en meer “renewable” productie) en de proliferatie van controlled rectifiers (converters van “renewable” productie) en van HVDC links in het net. Beide factoren beinvloeden (net als kabels 380 kV) het ontstaan van resonanties op lagere frequenties. Dit probleem overstijgt de kwestie van een of meer km kabel in het net en zal een globale aanpak vereisen met medewerking van de grote “Converter Connected” operatoren. Toepassing van “extra demping” d.w.z. buiten de natuurlijke weerstand van netelementen en buiten de aangesloten belastingen zal waarschijnlijk noodzakelijk worden in de toekomst.
- Kabels 380 kV gereserveerd voor aansluiting van productie-eenheden en grote bepastingen moeten meegerekend worden in het plaatje van totaal te verkabelen lengte;
- Mogelijke onbalans in de load flow door toepassing van kabels. Dit is te wijten aan de lagere serie-impedantie van kabels t.o.v. een equivalente luchtlijn. In een vermaasd net kan dit aanleiding geven tot overbelasting van verbindingen waarin een relatief groot deel als kabel wordt uitgevoerd. Zo nodig moet de serie-impedantie van een dergelijke verbinding verhoogd worden met serie-reactanties.

4.3. Document : 02. PU-AM 15-076 Resonance phenomena in networks with HVAC cables V-13022015

De nota evalueert de invloed van drie bijkomende projecten van verkabeling 380 kV op de frequentierespons (harmonische impedantie in functie van de frequentie).

Hierbij worden volgende limieten naar voor geschoven:

- Resonantie boven 500 Hz (h=10) : geen problemen verwacht;
- Resonantie tussen 250 Hz en 500 Hz : berekeningen transienten gewenst;
- Resonantie onder 250 Hz en harmonische impedantie bij resonantie groter dan 100 ohm : berekening transienten is kritiek element in de beslissing.

Uit de resultaten vallen twee elementen op:

- De situatie in Borssele is al “kritisch”, zelfs zonder kabel bij te voegen op 380 kV;
- Toevoegen van in totaal 30 km kabel in Rilland –Tilburg laat de (laagste) resonantiefrequetie lokaal verschuiven naar 280 Hz, dus in de zone “berekeningen transienten gewenst “;

4.4. Document : 04. FINAL position paper 01/04/2015

De position paper stelt in het algemeen dat:

- Verkabelen van meer de huidige 20 km in het vermaasde 380 kV net, op basis van de huidige inzichten, mogelijk is (de maximum limiet wordt niet vermeld);

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Een aantal gevallen wordt uitgesloten omwille van de verlaging van betrouwbaarheid (de landelijke ring, interconnectoren);
- Elke toepassing moet in haar context worden onderzocht inzake invloed op transienten en mogelijke resonanties;
- Het basiscriterium is de invloed van de kabel op het frequentie-respons van het net.

De position paper komt inhoudelijk overeen met de brief van TenneT aan de Minister (MINEZ). Deze wordt uitgebreid behandeld in hoofdstuk 2 en 6 van het Basisrapport 2nd Opinion ref RITI/4NT/400814/001/00.

5. INFORMATIE VAN TENNET BETREFFENDE INTERNATIONALE AFSPRAKEN INZAKE INTERCONNECTOREN EN VERKABELING

In verband met de volgende specifieke vragen van MINEZ betreffende interconnectoren en verkabeling heeft TenneT bijkomende informatie bezorgd zoals weergegeven in bijlage 2:

Quote vragen MINEZ:

- Wat staat er in de Europese regels met betrekking tot interconnectoren?
- Wat staat er in de afspraken tussen de gezamenlijke Euopese hoogspanningsnetbeheerders (ENTSO-E) met betrekking tot ondergrondse verkabeling van 380 kV-verbindingen, interconnectoren etc?
- Wat kan uit de ENTSO-E afspraken afgeleid worden met betrekking tot 380 kV-verbindingen, interconnectoren, de landelijke ring etc.
- Klopt het dat Europa of ENTSO-E de facto voorschrijft dat interconnectoren bovengronds moeten zijn om de betrouwbaarheid te kunnen garanderen en als noodvoorziening om andere landen overeind te kunnen houden?
- Hoe kunnen de Europese regels uitgelegd worden (zijn er alternatieve uitleggen mogelijk)?

Unquote.

De informatie en standpunten van TenneT in dit verband kunnen als volgt worden samengevat:

- De Europese Commissie wenst de interne markt voor elektriciteit verder te liberaliseren en stelt alles in het werk om meer interconnecties te realiseren om dit te bevorderen. Reeds in 2003 toonde de EC interesse voor verkabeling, dit om interconnectie-projecten makkelijker te kunnen realiseren (Background Paper Undergrounding of Electricity lines in Europe). In die periode was er vanuit de UCTE (voorloper van ENTSO-E) heel wat reserve. Meer recent hebben ENTSO-E en EUROPACABLE, op vraag van de EC, een Joint Paper ingediend betreffende de technische aspecten van partiëel verkabelen. Hierbij laat ENTSO-E toch opmerken dat de afweging inzake opportuniteit van verkabeling bij de betrokken TSO en toezichthouder ligt;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- De Europese regels (Directives, ..) bepalen wel de structuren en verantwoordelijkheden in de geliberaliseerde elektriciteitssector, maar laten de regelgeving (o.a. de technische vereisten) op het niveau van de landelijke regulator van de Lidstaat. Enkel de regelgeving met betrekking tot "cross-border" effecten en tot de marktwerking wordt op niveau van de EU behandeld door ENTSO-E (in opdracht van ACER, het door de EC gemandateerd Agentschap voor Coordinatie van Elektriciteits-Regulatoren);
- Inzake technische realisatie van interconnectoren verwijzen de Europese regels naar de regelgeving van de betrokken Lidstaten, maar wel met de bepaling dat er coördinatie moet zijn tussen de betrokken regulatoren en TSO's. In dit verband wijst TenneT op de duidelijke afspraken gemaakt met AMPRION om geen kabel toe te passen in de interconnectie Doetinchem-Wesel.
- TenneT beklemtoont dat het Nederlands net (via de interconnectoren en de landelijke 380 kV ring) een belangrijke rol speelt in het geïnterconnecteerd West-Europees elektriciteitsnet, de wederzijdse ondersteuning en de goede marktwerking. Anderzijds laten storingen op deze internationale doorverbindingen op Nederlands grondgebied zich onmiddellijk voelen in de buurlanden. Met inachtname van de ENTSO-E Network Code on Operational Security opteert TenneT dan ook voor maximum betrouwbaarheid (en dus luchtlijn) voor alle netelementen die deel uitmaken van de synchrone interconnectie over Nederlands grondgebied, met name de interconnectoren zelf en de landelijke 380 kV ring.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

APPENDIX 1

De lijst van deze documenten bijgevoegd bij de opdracht van MINEZ

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Wetenschappelijk onderzoek

Beschikbaarheid & Betrouwbaarheid

Doc. Nr.	Titel
01.	Xiaolin - Final version Tennet Report-27 April 2011
02.	Tuinema - onderzoeksvoorstel
03.	Tuinema - progressief report 1
04.	Tuinema - progressief report 2
05.	Tuinema - progressief report 3
06.	Tuinema - progressief report 4
07.	Tuinema - progressief report 5
08.	Kandalepa - Final Internship report

Dynamische stabiliteit

Doc. Nr.	Titel
01.	Influence of 380 kV AC Cables on the Dynamic Stability of Dutch Transmission System, H. Khalilnezhad

Monitoring

Doc. Nr.	Titel
01.	Specificaties monitoring systeem
02.	Barakou - Research proposal
03.	Barakou - Progress Report 1

Resonanties

Doc. Nr.	Titel
01.	Wu - Research proposal
02.	Wu - Progress report 1
03.	Wu - Progress report 2
04.	Wu - Progress report 3
05.	Wu - PhD thesis

Samenhang

Doc. Nr.	Titel
01.	Khalilnezhad - Research proposal
02.	Roadmap-Hossein khalilnezhad_v1_remarks TenneT (1)-HK_24dec

Stand van zaken juli 2014

Doc. Nr.	Titel
01.	PU-AM 14-0442 Stand van zaken 380 kV kabelonderzoek juli 2014

Transient, steady state gedrag

Doc. Nr.	Titel
01.	Hoogendorp - Research proposal
02.	Hoogendorp - Progress report 1
03.	Hoogendorp - Progress report 2
04.	Hoogendorp - Progress report 3
05.	PhD Research Progress Report-Hossein Khalilnezhad-Final version

Interne analyse

Doc. Nr.	Titel
01.	DIR09-021.bijlage
02.	PU-AM 15-076 Resonance phenomena in networks with HVAC cables V-13022015
03.	PU-AM 15-049 Maximum 380kV cable system length V-12022015
04.	FINAL position paper01042015
05.	FINAL plaatje verkabelen zeer ongewenst
06.	Brief tennet aan minister
07.	Quick-scan mogelijkheden toepassen 380 kV-kabel

Papers (niet bijgesloten ivm copy right)

Auteur	Titel	Conferentie/Journal	Jaar
Sander Meijer,	Availability and Risk Assessment of 380 kV Cable Systems in Transmission Grids	Cigre	2012
Sander Meijer,	Impact of QA/QC on the Successful Commissioning of Long 380 kV XLPE Cable Systems	Cigre	2014
Shima Mousav	Condition Monitoring of long 380 kV XLPE cables in a meshed grid	CMDM	2013
Sander Meijer,	Return of experience of 380 kV XLPE Landcable Failures	Jicable	2011
Michael Schm	Online ampacity determination of a 220 kV cable using an optical fibre based monitoring system	Jicable	2011
Bart Tuinema	Reliability Evaluation of Underground Cable Systems used in Transmission Networks	PMAPS	2012
Bart Tuinema	Reliability of Underground Cable Systems in the Connection of a large-scale Generation Substation	PMAPS	2014
Lei Wu, et al.	Equivalent Single-layer Power Cable Sheath for Transient Modeling of Double-layer Sheaths	PowerTech	2013
Lei Wu, et al.	Application of Frequency Domain Analysis to Fault Transients in Complex HV Transmission Lines	ATEE	2013
Lei Wu, et al.	Frequency-Domain Analysis of Transients in Mixed Overhead Line-Cable Connection	IEEE	2013
Lei Wu, et al.	Frequency Domain Transient Analysis of Resonant Behavior for Different HV Overhead Line and Underground Cable Configurations	IPST	2013
Christiaan Eng	Resonances due to Long HVAC Offshore Cable Connections	PowerTech	2015

APPENDIX 2

Bijkomende informatie TenneT betreffende interconnecties

- E-mail TenneT 14/07/2015 : bijgevoegd
- First UCTE Comments on Background Paper Undergrounding of Electricity Lines in Europe (10/12/2003) , available at : https://www.entsoe.eu/news-events/former-associations/ucte/other-reports/Pages/default.aspx
- Joint Paper : Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines ENTSO-E & EUROPACABLE , available at :http://ec.europa.eu/energy/en/studies?field_associated_topic_tid=48
- TenneT- AMPRION-Memorandum : 12/11/2014 : bijgevoegd
- TenneT nota PU-AM 15-423 : bijgevoegd

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Van Ranst Albert (TRACTEBEL ENGINEERING - BELGIUM)

From: Zwaal, John <John.Zwaal@tennet.eu>
Sent: 14 July 2015 20:08
To: albert.vanranst@gdfsuez.com
Cc: N.G.M.vanCampen@minez.nl; albert.vanranst@skynet.be; Jansen, Kees (AM); Aanhaanen, Gert; Kuik, Robert; Schouwstra, mevr. dr. M.C. (Marije) (M.C.Schouwstra@minez.nl)
Subject: Documentatie voor opdracht 2nd opinion cable 380 kV
Attachments: Joint_ENTSO-E_Europacable_FINAL_17_Dec__2010_signed.pdf; UCTE-position-on-undergrounding dec 2013.pdf; 141112 Technical Paper Wesel-Doetinchem_final.pdf; 15-423 Beantwoording vraag Tractebel 'niet verkabelen in interconnecties'.pdf

Dag Albert,

Naar aanleiding van uw verzoeken in onderstaande email het volgende:

- De geldende Europese regels inzake interconnecties:
  De Europese regels zeggen niets over interconnecties, wel over het rekening houden met grensoverschrijdende gevolgen. Voor is er nog een UCTE reactie op een EU background paper betreffende undergrounding, zie bijlage.
- De afspraken op niveau van ENTSO-E inzake interconnecties:
  ENTSO-E heeft een joint paper met EUROCABLE getekend, waarin staat dat verkabeling een individuele beslissing van TSO's is (zie bijlage).
- De specifieke akkoorden betreffende de individuele interconnecties tussen TenneT enerzijds en de tegenpartij-TSO anderzijds:
  In notite gemeld dat we met Amprion een gezamenlijk standpunt hebben om geen kabel toe te passen in de nieuwe interconnectie Doetinchem – Niederrhein, zie bijlage.
- Een bondige onderbouwing van de stellingname van TenneT betreffende “niet verkabelen in interconnecties”, met verwijzing naar bovengenoemde regels, afspraken en akkoorden:
  Zie bijlage.

Vragen van uw kant verneem ik graag.

Mvg. John

John Zwaal
Manager Grid Development and Strategy
Asset Management

T +31 (0)26 373 12 74
F +31 (0)26 373 11 12
M +31 (0)6 22 79 91 18
E john.zwaal@tennet.eu
www.tennet.eu

TenneT TSO B.V.
Utrechtseweg 310
Arnhem
Postbus 718
6800 AS Arnhem

Handelsregister: Arnhem 09155985

Denk aan het milieu. Print dit bericht alleen als het noodzakelijk is.

Van: albert.vanranst@gdfsuez.com [mailto:albert.vanranst@gdfsuez.com]
Verzonden: zaterdag 4 juli 2015 16:36
Aan: Zwaal, John

CC: N.G.M.vanCampen@minez.nl; albert.vanranst@skynet.be
Onderwerp: FW: Documentatie voor opdracht 2nd opinion cable 380 kV

Geachte Heer Zwaal,

Zoals u vernomen heeft van de heer Niels van Campen heeft TE (Tractebel Engineering) van de minister van Economische Zaken (MINEZ) de opdracht ontvangen voor een “Second Opinion” inzake het gewijzigde standpunt van TenneT betreffende verkabeling op 380 kV.

Naast de analyse van een aantal door TenneT aangeleverde studiedocumenten zijn er ook specifieke vragen van MINEZ betreffende de interconnecties en de afspraken daaromtrent :

Quote uit de opdracht:

1.6 Interconnectors and European legislation

- What do the European rules specify in relation to interconnectors?
- What is specified in the agreements among the joint European high-voltage net managers (ENTSO-E) in relation to the underground cabling of 380kV connections, interconnectors, etc.? What can be deduced from the ENTSO-E agreements with regard to 380kV connections, interconnectors, national ring, etc? Is it correct that Europe or ENTSO-E actually prescribes that interconnectors must be above ground in order to be able to guarantee reliability and as an emergency power supply to keep other countries running?
- How can the European rules be interpreted (are alternative interpretations possible)?

Unquote.

Om deze vragen naar behoren te kunnen beantwoorden in de specifieke context van TenneT verzoeken wij u om ons volgende documenten ter beschikking te stellen:

- De geldende Europese regels inzake interconnecties;
- De afspraken op niveau van ENTSO-E inzake interconnecties;
- De specifieke akkoorden betreffende de individuele interconnecties tussen TenneT enerzijds en de tegenpartij-TSO anderzijds;
- Een bondige onderbouwing van de stellingname van TenneT betreffende “niet verkabelen in interconnecties”, met verwijzing naar bovengenoemde regels, afspraken en akkoorden.

Gezien de krappe termijnen (2nd opinion eindrapport af te leveren 31/08/2015) zouden wij uw input graag zo snel mogelijk ontvangen (bij voorkeur vóór 20/07/2015).

Voor de verdere kontakten met TenneT betreffende deze “Second Opinion” analyse verwijs ik naar een specifieke e-mail hieromtrent.

Ik hoop dat wij dit dossier in een vruchtbare samenwerking kunnen behandelen en afronden.

Met vriendelijke groeten,

Albert VAN RANST
Senior Expert Power Transmission

TRACTEBEL Engineering
GDF SUEZ

TRACTEBEL ENGINEERING S.A.
Avenue Ariane 7 - 1200 Brussels - BELGIUM
mob. +32 478 88 26 08
albert.vanranst@gdfsuez.com
albert.vanranst@skynet.be
www.tractebel-engineering-gdfsuez.com

VAT BE 0412 639 681 RPR/RPM Brussels

GDF SUEZ Mail Disclaimer: http://www.gdfsuez.com/disclaimer/disclaimer-fr.html

****

All information contained in this message is confidential and privileged to us
and may not be distributed or copied to any person other than the addressee
without our prior written consent.
If you receive this information unintentionally, please inform us immediately.
Although every effort has been made to ensure that all information displayed
in this email is accurate and complete, we cannot accept any liability whatsoever
for any errors, inaccuracies or omissions or for any loss resulting directly
or indirectly from the recipient's reliance on this information.

****

First UCTE Comments

on the

BACKGROUND PAPER

UNDERGROUNDING OF ELECTRICITY LINES IN EUROPE

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

Brussels, 10 December 2003

Introduction:

UCTE welcome the EU Commission Background paper, presented on December, 10th 2003, as it presents the current situation in the field of underground cables and lines in Europe.

On the basis of the analysis carried out into the paper, it appears that no European coordinated action concerning Low Voltage and Medium Voltage electricity networks is needed, while the EU Commission is going to propose "some type of coordinated action to be undertaken at European level" in order to increase the percentage of underground sections in cases of High Voltage and Extra High Voltage networks.

In that respect UCTE highlights that some essential clarifications and adaptations are necessary to provide a comprehensive overview and that some further analysis appears to be necessary. Some statements in the paper are not generally applicable for all voltage levels, especially not for 380kV lines.

UCTE therefore presents its recommendations on some aspect of the paper with special reference to HV and EHV transmission lines.

UCTE Recommendations:

1. <u>Security of supply</u>

Security of supply in the HV and EHV grid is not necessarily enhanced by cables even though cables are not subject to transitory phenomena. Adverse weather conditions may not be a problem for overhead lines (OHL) if designed and maintained properly including right of way management. Experience of some European countries (Austria) is best with OHL even during heavy storm, flood, ice and snow. Flood, earthquakes and landslides may influence cable connections.

Joint paper:
Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines

Following an invitation by the European Commissioner for Energy, Mr. Andris Piebalgs, in December 2009, ENTSO-E and Europacable have jointly produced this paper, outlining the feasibility and technical aspects of partial undergrounding of Extra High Voltage (EHV) power transmission lines (AC 220 kV – 400kV).

The objective of this document is to provide an authoritative source of information for future transmission projects, which shall be made available to any interested party.

Partial undergrounding may, in some cases, be part of a solution of transmission projects of vital interest for the development of the EU transmission network, and for that purpose the availability of agreed authoritative information on this topic is of fundamental importance.

ENTSO-E and Europacable have reviewed the following dimensions of partially undergrounded transmission lines:

1) Technical aspects of extra-high voltage cross linked polyethylene (XLPE) cables
2) Integration of partial undergrounding in transmission networks
3) Environmental aspects of partial undergrounding
4) Cost aspects of partial undergrounding in general.

This paper merges the experience European Transmission System Operators (TSOs) have gained with the inclusion of underground EHV cables into their transmission networks over many years with the technical expertise of the leading XLPE EHV cable systems manufacturers in Europe.

Given the complexity of integrating partial undergrounding into high voltage transmission systems, all projects will require a case-by-case analysis of the technical specifications required for partial undergrounding.

Against this background ENTSO-e and Europacable have agreed to conclude a joint assessment of the fundamental aspects of partial undergrounding.

It is important to stress that this paper only reflects on the technical aspects of partial undergrounding. It is not in the remit of this work to define when and where partial undergrounding could be applied to complement overhead transmission lines. This question remains to be answered by individual Transmission System Operators and, where applicable, by other national planning authorities or regulators.

This paper has been sent to the European Commissioner for Energy, Mr Günther Oettinger, on 11th January 2011 and is now available to the public at the following link: http://ec.europa.eu/energy/studies/index_en.htm

Brussels, 12th January 2011

Jean Verseille
Chairman of ENTSO-E
System Development Committee

Thomas Neesen
Secretary General Europacable

Joint paper:
Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines

Brussels, December 2010

MEMORANDUM

TO	Christian Trimpe, Jeroen van Haeren	**DATE**	November 12, 2014
		REFERENCE	Amprion DIS 700240108 TenneT CAS 14-124
		FROM	Björn Wohlgemuth, Robert Tempels Pim Jacobs, Jan de Jong, Kees Jansen

SUBJECT Technical questions Doetinchem - Niederrhein

REPORT ■

DECISION □

1. Internal document / not to be referenced to

The document is intended as an internal document to align the answers to common questions with respect to the technologic and grid issues regarding Doetinchem – Wesel/Niederrhein. The document is written by Amprion and TenneT.

2. Why is the Interconnection Doetinchem – Wesel/Niederrhein needed? Is the project still needed today?

Due to the change in the German and Dutch generation mix significant power flows between both countries occur already today. In order to integrate particularly wind energy and new conventional power plants the need for transport capacity will further increase. Since 2000 cross-border transits in the area of Central West Europe (CWE) from Germany through the Netherlands to France, lead to the auctioning of transmission capacity on the German-Dutch border. Because of the existing bottleneck between the two countries, the possibility of expansion of the cross-border transmission capacity was examined in a feasibility study in 2006. Within this feasibility study different expansion options between the transmission grids were investigated under consideration of approval procedure related issues and their impact on the transmission capacity. The following options were investigated:

- Doetinchem (NL) – Wesel/Niederrhein,
- Boxmeer (NL) – Wesel/Niederrhein,
- Maasbracht (NL) – Dülken,

The results show that the expansion option between Doetinchem and Wesel/Niederrhein increases the available capacity by about 1,000 MW up to 2,000 MW. This additional capacity will facilitate the further integration of the European Energy market especially in Central West Europe. Further the additional capacity enables a strengthening of the competition of the market players. The new capacity will also lead to an increase in Security of Supply by providing new energy exchange channels which increases the system resilience. Regarding system-wide generation the import and export possibilities are extended by the project and facilitate the further integration of RES in the Netherlands and Germany. Doetinchem and Niederrhein are two strong nodes in the network and can facilitate the extra flow and are hence the most appropriate connection points from the grid point of view. Considering the different aspects the feasibility study

concluded that this connection is the best expansion option

The project was elected as “project of common interest” (PCI 2.12) in 2012 by the EC. By this award the European Commission is acknowledging the importance of the project for the reinforcement of the pan-European transmission grid. In addition the project is part of the German Grid Development Plan and approved by the Dutch and German regulators.

To fulfil the transmission needs that were identified in the Regional Investment Plan (ENTSO-E) and the German Grid Development Plan the increase of cross-border transmission capacity is still necessary – especially with regard to previous studies like the DENA Grid Study. The installed capacities of RES are already today much higher than assumed in the DENA study. That means today’s grid extension planning need to consider the fact that more RES energy needs to be transmitted to the load centres and over longer distances.
The need for additional capacity is also notified by today's market situation: the price levels between Germany and The Netherlands still show a significant difference at certain hours showing the market interest for additional interconnection capacity.

3. Why is the overhead line in AC and not in DC?

The substations of Wesel/Niederrhein in Germany and Doetinchem in The Netherlands are the two points at which the new interconnection will be connected to the existing AC grid (= alternating current). AC grid in this context means the wide pan-European network. The continental part in Middle and Southern Europe consists of a large number of AC transmission lines (>300.000 km) and AC substations .Only for specific applications, like offshore wind-farm connections, long-distant subsea-cables, long-distant on-shore power transmission, the DC transmission technology is used (=direct current). Also specific needs like controllability of flows can be a reason for the application of DC links in the meshed AC network. The share of DC lines at the total length of the European power grid is less than 2%[1]; AC is the standard technology. At the connection points converter stations are necessary to transmit the current from DC to AC respectively vice versa. For short- and medium-long transmission distances AC transmission is in most cases more cost effective than DC links. The significant higher investment costs are caused by the necessary converter stations. When the transmission distances are above several hundred kilometers and the flows are very large, DC transmission can become economically more efficient than AC transmission due to lower electrical losses. For transmission distances like in the case Wesel/Niederrhein-Doetinchem the AC technology is by far the most cost effective solution.

4. Why overhead line and not underground cable?

Underground cables at Extra High Voltage levels introduce complexity and risks. One of the components that introduce extra complexity are compensation units. These units are necessary to compensate for the

[1] Source: ENTSO-E: Statistical Factsheet 2013, page 7

reactive power of the AC-cables. For a double circuit underground cable with a length of 55 km, a high number of compensation is needed and several intermediate substations need to be built.
Next to compensation units, a large number of joints is needed (approximately one joint per kilometre). Joints introduce extra risks due to the high electric stress in the material and are often the point for cable failures. The repair / replacement of a damaged joint takes a lot of time. In this time the cable is not available for transmission. Hence from the system reliability point of view an overhead line is to be preferred in this project to minimize the risk.

In both countries this technical risk has been acknowledged by the respective legal/governmental framework:

- According to the Dutch "Structuurschema Elektriciteitsvoorziening, SEVIII", a plan of the government that describes the development of the Electricity infrastructure, all new high voltage connections, with a voltage higher or above 220kV, shall be built as overhead lines. Of course new technologies as underground cables at the highest voltage level, are also under investigation. For that TenneT started with 20 km of 380kV underground cable in the Randstad project in the western part of The Netherlands. Of these 20 km already 10 km underground cable is in operation. To gain experience with underground cables at this voltage level, an extended research program is defined with the technical universities in the Netherlands. The final results and conclusions of this research program are expected in 2017. A covenant has been agreed on with the government that first after the results of the research program are known, a decision will be taken on the application of more than these 20 km of 380kV underground cable.

- In Germany the legislator foresees the possibility for cable pilot projects in the EnLAG framework. This law explicitly describes the use of cables on four projects. The project Doetinchem – Wesel/Niederrhein is not mentioned as one of these projects. For more information please refer to article 2, paragraph 1 EnLAG.

5. Why build a new line and not upgrade existing interconnectors

The development of interconnection capacity is a complex process. Not only the interconnectors themselves influence the added capacity but also the existing network plays an important role. Hence it is necessary to complement the grid by the most appropriate element leading to a significant improvement of the entire meshed grid. To reinforce the network and increase transmission capacity in general there can be new lines or upgrades of existing ones. To significantly improve the cross-border capacity between Germany and The Netherlands, a new line between the strong nodes of Doetinchem and Niederrhein was the best alternative. When looking at the map, the location of Doetinchem – Wesel/Niederrhen is in-between the existing interconnectors Hengelo-Gronau and Maasbracht-Rommerkirchen Building a new line in this area, results in a more equal distribution of the cross-border flows on the Dutch-German border, using the entire network in a more optimal way.
Furthermore the system reliability is strengthened by a higher number of interconnector lines as it introduces more parallel paths to share the flow that needs to be redistributed after an unforeseen outage on an interconnector.

6. Difference between capacity of the line and NTC contribution

The Dutch and German transmission systems are directly interconnected in three places. These interconnections contribute to the possibilities for mutual assistance in case of emergencies (security of supply), to promote the integration of European market forces (by making transmission capacity available to the market), and to facilitating the realisation of renewables targets (by enabling a better distribution of capacity from renewables across the European grid).
If that cross-border capacity is to be increased substantially, two factors come into play:

1. Physical extension of the grid. This will require an investment in upgrading existing interconnections or the construction of new interconnections. Both will result in increased physical capacity between both countries.
2. Determining the additional transmission capacity that can be safely allocated to the market. In the new situation, grid security requirements must still be satisfied. For this purpose, ENTSO-E's NTC algorithms serve as the criterion. This algorithm is used to calculate the cross-border capacity that can be safely allocated to the market, taking into account that no overloading will occur in case of the unexpected breakdown of one of the interconnectors. A part of physical capacity is needed for security of supply (outage of generator but also contingency on the border itself) and therefore the market capacity is always lower than the physical capacity.

Grid development is focused on a long term grid design not of just one moment, but for 10, 20, 30 years. This is the reason why when the comparison between AC and DC transmission technology is made, the full physical capacity must be taken into account. In the pre-feasibility study the added value by the project Doetinchem-Wesel/Niederrhein was based on the physical capacity of the other existing lines.

7. Smart Grids, Virtual Power plants, Storage and spreading of RES

Smart Grids, Virtual Power plants, Storage are innovative concepts to facilitate balancing issues that occur prior in distribution systems due to more volatile production. Those measures can help to smoothen the system operation situation on a local scale. It cannot help to transmit significant amount of energy over long distances which becomes necessary as load and generation location in today's system diverge from each other. This need of transmission capacity can only be satisfied by extending the European transmission grid. Spreading of RES is not limited by national borders, but is more beneficial when spread over a larger area in order to even out imbalances by using the pan European transmission system. This is the reason why the extension of cross-border lines between neighboring countries is so important.

NOTITIE

AAN	Albert van Ranst	**DATUM**	13 juli 2015
CC	John Zwaal, Robert Kuik, Kees Jansen, Jan de Jong	**REFERENTIE**	PU-AM 15-423
		VAN	Gert Aanhaanen

ONDERWERP Beantwoording vraag Tractebel 'niet verkabelen interconnecties'

TER BESLUITVORMING ☐

TER INFORMATIE ☐

1. Inleiding

Het Europese transportnet voor elektriciteit (380 kV-net) is vrijwel geheel opgebouwd uit bovengrondse verbindingen. De reden hiervoor is de technische en economische superioriteit van bovengrondse lijnen op dit spanningsniveau, in vergelijking met ondergrondse kabel. Uitbreiding van het transportnet met nieuwe bovengrondse lijnen stuit in alle Europese landen op maatschappelijk verzet en overal rijst de vraag waarom dit niet ondergronds kan worden aangelegd. TenneT heeft in 2008 besloten om bij uitbreidingsprojecten op beperkte schaal 380 kV-kabel toe te laten (maximaal 20 km systeemlengte). Deze beperking is gesteld in verband met het gebrek aan internationale ervaring op het gebied van 380 kV-kabel en in verband met het maatschappelijke belang van een goed functionerend transportnet. Inmiddels is enige jaren ervaring opgedaan met de eerste 10 km in bedrijf genomen 380 kV-kabel. De praktische ervaring en theoretische inzichten zijn inmiddels zodanig dat naar het oordeel van TenneT situationeel meer 380 kV-kabel kan worden toegelaten. De betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de door TenneT toegepaste 380 kV-kabel is positief.

TenneT voert voor haar Duitse en Nederlandse net een uniform beleid ten aanzien van de toepassing van 380 kV-kabel. Op basis van voorstaande heeft dit er toe geleid dat de maximale hoeveelheid 380 kV-kabel nu is losgelaten en de toepassing situationeel wordt beoordeeld op technische gronden. Er is wel een voorbehoud gemaakt voor de toepassing van 380 kV-kabel in interconnecties. Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken verricht Tractebel Engineering een 'second opinion' uit op de beleidswijziging van TenneT. Deze notitie gaat specifiek in op de vraag van Tractebel naar de onderbouwing van de stellingname van TenneT betreffende 'niet verkabelen in interconnecties'.

2. Ontwikkeling en functie transportnet

Het transportnet voor elektriciteit heeft zich door de jaren heen ontwikkeld van stedelijke niveau, via een provinciaal en landelijk naar Europees niveau. Door de jaren heen is de transportcapaciteit steeds hoger geworden (toename spanning en stroombelastbaarheid) en zijn de verbindingen in lengte toegenomen. Ook de functie van het transportnet is geëvolueerd. Diende het in eerste instantie voor onderlinge bijstand ingeval van productiestoring en later voor de meest economische inzet van productie-eenheden, is het nu de handelsplaats van de vrije elektriciteitsmarkt. Een verdere ontwikkeling is gaande richting het transporteren van overschotten aan duurzame energie en in de toekomst mogelijk voor strategische energie-uitwisseling,

ter vermindering van de energie-import uit het Midden Oosten en Rusland. Er is een duidelijk trend waarneembaar in het toenemende belang van interconnecties tussen de Europese landen in ENTSO-E verband.

3. Verantwoordelijkheid TSO's in ENTSO-E verband

ENTSO-E heeft in haar Operation handbook (Policy 3 'Operational Security') de volgende bepalingen opgenomen. Deze bepalingen zijn bedoeld om TSO's bij besluiten in eigen land ook verantwoordelijkheid te laten nemen voor grensoverschrijdende gevolgen.

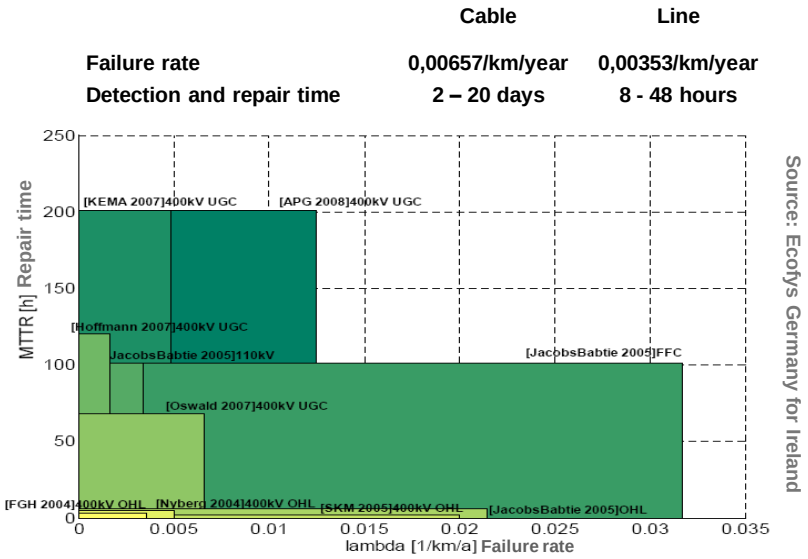
Table 1 ENTSO-E Operation handbook Policy 3 'Operational Security'

One goal "No cascading with impact outside my border" **Two obligations** 1 - Obligation for each TSO to monitor the consequences of the events defined in its contingency list (= normal + exceptional contingencies) and warns its neighbours when its own system is at risk at any operational planning stage and in real time 2 - Mandatory coordination by bi-multilateral, even regional actions to better assess the consequences of any domestic TSO's decision **Three behaviours** 1 - "Be aware of the risks", even if not sufficiently covered by remedial action due to too high costs (potential emergency situations) 2 - "Best efforts" to set-up remedial actions, that is not always possible or sufficiently efficient by one single TSO to cover exceptional contingencies 3 – Be aware of impacts of domestic operational decisions (switching, redispatching, outage planning, capacity assessment) on neighboring systems **Risk assessment: a concern** Each TSO is only responsible for the operation of its own network. But it is required to inform relevant neighbors in case it assumes some risks to come from outside or to come from inside to be propagated abroad. **Inter-TSO coordination** Bilateral, multi-lateral or regional coordination is requested to assess risks, to ensure efficiency of operational decisions and remedial actions.

De gezamenlijke Europese hoogspanningsnetbeheerders (ENTSO-E) hebben onderlinge gedragsregels afgesproken en die houden in, dat zij elkaar enerzijds zullen assisteren bij het oplossen van calamiteiten en dat zij elkaar anderzijds zoveel mogelijk zullen behoeden voor onderbrekingen. Dat houdt in, dat interconnectoren bij uitstek robuust en stabiel moeten zijn. Daarom acht TenneT het zeer ongewenst om in grensoverschrijdende wisselstroomverbindingen ondergrondse kabels op te nemen.

Door grensoverschrijdende samenwerking van TSO's is de 'control area' voor regel- en reservevermogen niet langer beperkt tot de eigen landsgrens, maar kunnen deze diensten ook vanuit een ander land worden geleverd dan waar de verplichting rust (ENTSO-E Operational handbook Policy 1). Deze economische optimalisatie is alleen mogelijk bij een hoge beschikbaarheid van de interconnecties. Een hoge beschikbaarheid is tevens van belang voor een efficiënt functionerende elektriciteitsmarkt en in geval van noodsituaties in het Europese net.

Uit de huidige statistiek blijkt dat bovengrondse verbindingen een hogere beschikbaarheid kennen dan de ondergrondse kabelverbindingen, niet alleen vanwege hogere faalcijfers, maar tevens en vooral vanwege de langere reparatieduren ingeval van storing, zie Figuur 1. Dit betekent dat een hogere performance mag worden verwacht van interconnecties die bovengronds zijn uitgevoerd.



Figuur 1 Uit meerdere onderzoeken blijkt dat 380kV-bovengrondse verbindingen een hogere beschikbaarheid kennen dan ondergrondse verbindingen.

Voor de nieuw aan te leggen interconnectie Doetinchem – Niederrhein is TenneT met buur TSO Amprion overeengekomen om deze verbinding geheel bovengronds uit te voeren. Momenteel zijn in Duitslands enkele nieuwe 380 kV verbindingen aangewezen om gedeeltelijk ondergronds te worden uitgevoerd, maar interconnecties horen daar niet bij.

4. Toename gebruik ondergrondse kabel

Vanuit het ontstaan van de elektriciteitsvoorziening zijn twee belangrijke ontwikkelingen in de uitvoering van hoogspanningsverbindingen te onderscheiden. Dit is enerzijds de toepassing van verbindingen met een hogere spanning en anderzijds het ondergronds brengen van bovengrondse verbindingen.

In Nederland hebben deze ontwikkelingen geleid tot netten met een spanning van 400 Volt, 10kV, 20kV, 25kV, 50kV, 110kV, 150kV, 220kV en 380kV, daarbij is tot en met 25kV 100% ondergronds gebracht, voor 50kV is dit bijna 100%, voor 110kV en 150kV gaat dit richting 30%, terwijl dit voor de 220kV en 380kV-netten nagenoeg 0% is.

Ook internationaal is de toepassing van 380 kV-kabel erg laag (Europa EHS < 0,1%) en overwegend beperkt tot 'aansluitingen' op het transportnet. Bij falen van dit type 'aansluitverbinding' blijven de gevolgen vrijwel altijd beperkt tot de aansluiting zelf en levert in het algemeen gesproken geen risico voor de leveringszekerheid. Dit in tegenstelling tot het falen van verbindingen die deel uitmaken van het transportnet. Ook in metropolen worden soms 380 kV-kabelverbindingen toegepast (City Feeders). Kenmerkend hier is de lagere transportcapaciteit per verbinding en de aanwezige redundantie, waardoor de gevolgen van een falende kabel beperkt blijven.

De reden voor de nog beperkte toepassing van 380 kV-kabel zit overwegend in de ontbrekende noodzaak voor ondergrondse aanleg, gecombineerd met de extra kosten. Wanneer er wel een noodzaak is en de kosten worden geaccepteerd, komen vervolgens de betrouwbaarheid en technische complicaties naar voren.
De huidige betrouwbaarheidsstatistiek van 380 kV-kabel wereldwijd is gebaseerd op een kleine populatie, met een gelimiteerd aantal jaren ervaring met de hedendaagse XLPE-kabels. Ook de technische complicaties beïnvloeden de beschikbaarheid, zo als bijvoorbeeld de afhankelijkheid van de werking van spoelen en de invloed op de Automatische Onverwijlde Wederinschakeling (Auto Re-closure). Het is voor de toepassing van kabel in interconnecties dringend gewenst om over meer en langjarige statische gegevens te kunnen beschikken.

De belangrijkste technische issues in relatie tot de toepassing van 380 kV-kabel zijn inmiddels wel geïdentificeerd. Over de te nemen maatregelen en de betrouwbaarheid van de maatregelen (spoelen, filters, point on wave schakelaars, enzovoort) is veel minder bekend en ze zijn maar weinig toegepast. Hier is nog veel in ontwikkeling. Met onder andere de vraag hoeveel 380 kV-kabel er maximaal verantwoord in het wisselspanningsnet kan worden toegepast.

5. Maatschappij en bovengrondse hoogspanningsverbindingen

De aandacht van de maatschappij voor natuur en milieu is nu veel groter dan tijdens de bouw van de transportnetten in de jaren zestig en zeventig. Dit betekent dat de acceptatie van nieuwe hoogspanningslijnen laag is en de druk op ondergrondse aanleg hoog. Aangezien 380 kV-transportverbindingen worden aangelegd over grote lengte en met een hoge transportcapaciteit is volledig ondergrondse aanleg technisch en economisch niet realistisch. Waar dit toch aan de orde zou zijn, dringt zich de vergelijking op met kostbare gelijkspanningsverbinding, uitgevoerd met ondergrondse kabelverbinding. Vooralsnog wordt voor nieuwe 380 kV-transportverbindingen uitgegaan van bovengrondse wisselspanningsverbindingen met gedeeltelijk ondergrondse aanleg (partial undergrounding). De bovengrondse verbindingen bestaat daarbij uit een dubbelcircuit en voor het ondergrondse deel wordt overgegaan op 2 kabels per fase, om onder- en bovengronds een gelijke transportcapaciteit te bereiken. De ondergrondse tracé-delen kunnen op deze wijze een uitkomst bieden in gebieden met grote landschappelijke waarde of nabij bevolkingskernen waar zich een planologisch knelpunt voordoet.

6. Afwegingen en beleid TenneT

TenneT is verantwoordelijk voor een goed functionerend transportnet, nu en in de toekomst. Daarnaast dient TenneT rekenschap te geven van de ruimtelijke inpassing van haar werken en de totale kosten. Dit alles leidt in de huidige situatie tot de volgende afweging.

Met in achtneming van:

1. het toenemende belang van interconnecties (van huidige vrije markt facilitering tot toekomstige strategische energie-uitwisseling in Europa),
2. de onderlinge verantwoordelijkheid van TSO's in ENTSO-E verband,
3. de huidige kwaliteit en ervaring met ondergrondse 380 kV-kabel,
4. de wens van de samenleving voor ondergrondse aanleg,

vindt TenneT dat 380 kV-kabel situationeel kan worden toegepast, echter niet in interconnecties.

APPENDIX 3

Aanvullend informatie vanwege TenneT na bespreking van 18/08/2015

- Response to questions ….. : bijgevoegd
- Mastership Thesis N. Kandalepa : niet bijgevoegd

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Response to the questions of A. van Ranst during the meeting on 18/8/2015.

During the meeting, it was asked how the work of Niki's internship is related to the work performed by Bart. Both works are related according to the scheme as shown below. The scheme shows two main blocks. In block P, the probabilities (and frequency/duration) of having 1,2,3,4 failures within the network is calculated based on the number of connections and connection lengths. In the cable scenarios, the total (double circuit) cable length and the number of cabled connections are varied. The cable locations are chosen arbitrarily, which does not influence the total probabilities of the failure states significantly. Only a variation up to a few percent was found for specific cable connections.

In block E, the effects of the failure states are analysed. Only states with 2 failures are considered, because the network is assumed to be n-1 redundant and the probability of higher-order failures is considered small. The effects are studied by performing load flows, for which additional grid information (like the network topology, the line/cable impedances and the load/generation/wind at every substation) is required. Because blocks P and E are separated, the results become averaged because the exact location of the cables is not known in block E. The effect of every possible 2^{nd}-order contingency is studied by performing a load flow for the complete year scenario, and remedial actions are applied when necessary. It is assumed that every connection is equally likely to be involved in a contingency, such that the probability of a certain dependent double circuit failure becomes P_{2dep}*/ #{possible dependent double circuit failures}*. This leads to an averaging of the final results.

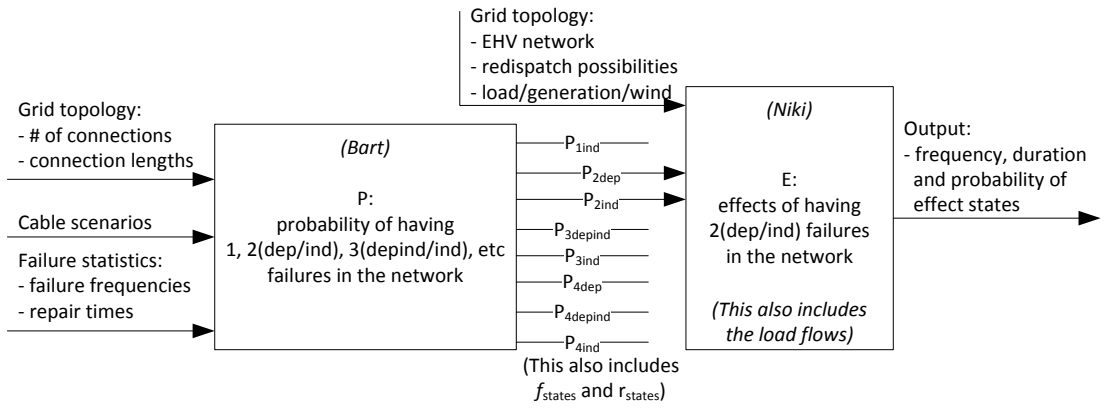


Figure 1: Scheme of Niki's internship research.

To study the effects of specific cable scenarios and to include the other failure states, blocks P and E were combined into one model, as illustrated below. Based on the grid topology, cable scenarios and failure statistics, various reliability indicators are now calculated by using a state enumeration. In this way, details of the cable locations are used in the calculation, such that the reliability of specific cable scenarios can be studied. Moreover, the effects of series (impedance) compensation can be studied. When comparing the results of Niki's master and internship research, it can be seen that reliability indicators like the probability of load curtailment and the expected redispatch differ considerably for different connections within the network. This mainly depends on the loading of the cable systems, but also other factors

like series impedance compensation and the possibilities for redispatch can influence the results. It can therefore be concluded that the loading of a cable system and the location within the grid can influence the final results significantly. Future cable projects should therefore be studied individually.

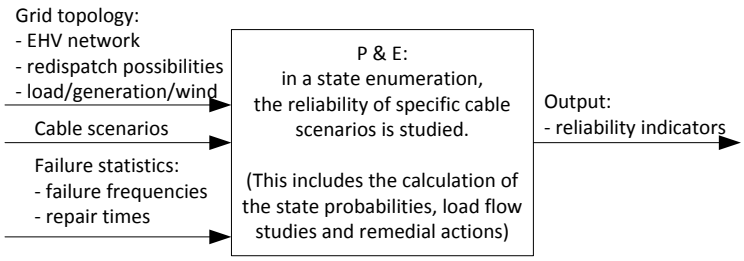


Figure 2: Scheme of Niki's graduation research.

During the meeting, it was also suggested that an alternative cable system configuration can improve the reliability and could be a good options for future cable projects. The impedance of a connection could be balanced by creating four circuits (of half capacity), which are operated as a double circuit. Although this can improve the reliability, it is not studied in detail as the grid topology as applied in the Randstad project is adopted for additional cabling scenarios as well.

Another point of discussion are the repair times of dependent double circuit failures and the assumed dependent failure factor. Because of the limited amount of available failure statistics, it is not possible to calculate accurate values for these input parameters. Therefore, standard values are adopted, but we are open for different values provided there is sound background information that supports these values.

The following equations from Bart's progress report 4 were used in Niki's internship report: (2.4), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.16), (2.17), (2.18), (2.19), (2.29), (2.30), (2.31), (2.32). The used failures statistics are shown in table 2.1 in Niki's internship report. A dependent failure factor of 0.1 was assumed. Cable system repair times of 730h (1 month), 336h (2 weeks) and 168h (1 week) were considered.

RELIABILITY MODELLING IN TRANSMISSION NETWORKS

AN EXPLORATORY STUDY FOR FURTHER EHV UNDERGROUND CABLING IN THE NETHERLANDS

by

Nikoleta Kandalepa

in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Master of Science
in Electrical Sustainable Energy

at Delft University of Technology,
to be defended publicly on the 1st of September 2015

Thesis Committee:	Prof.ir. M.A.M.M. (Mart) van der Meijden	TU Delft
	Dr.ir. J.L. (Jose) Rueda Torres	TU Delft
	Ir. B.W. (Bart) Tuinema	TU Delft
	Dr. A. (Armando) Rodrigo Mor	TU Delft
	Dr. G.R. (Robert) Kuik	TenneT TSO B.V.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 3
2. DE FUNDAMENTEN VAN ELEKTRISCH ENERGIETRANSPORT 3
3. HET TRANSPORTSYSTEEM EN ZIJN COMPONENTEN 4
4. DE “WETTEN” VAN DE ELEKTRICITEIT 7
   4.1. Verband Stroom-Spanning over elektrische componenten 7
   4.2. De knooppuntenvergelijking 8
   4.3. De kringloopvergelijking 8
   4.4. Serieschakeling – Parallelschakeling 9
5. WISSELSTROOM (AC) VERSUS GELIJKSTROOM (DC) TRANSPORT 10
6. BEREKENINGEN REGIMETOESTAND (STEADY STATE) IN AC 13
7. DYNAMISCHE STABILITEIT IN AC 15
8. ELECTRO-MAGNETISCHE TRANSIENTEN 17
9. FREQUENCY SCAN 17
10. VERBAND TUSSEN FREQUENCY SCAN EN ELECTRO-MAGNETISCHE TRANSIENTEN 19
11. DETERMINISTISCHE >< PROBABILISTISCHE AANPAK VAN NETWERKPLANIFICATIE 24
   11.1. Algemeen 24
   11.2. Huidige aanpak in het Nederlandse HS net 24
   11.3. Mogelijke aanvulling met probabilistische technieken 25

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Deze technische toelichtingen beogen niet van een master-programma in energietechniek samen te persen in een twintigtal A4 pagina's. Dit zou trouwens ook totaal onrealistisch zijn. Qua volledigheid en technische "rigueur" worden hier dan ook de nodige reserves geformuleerd.

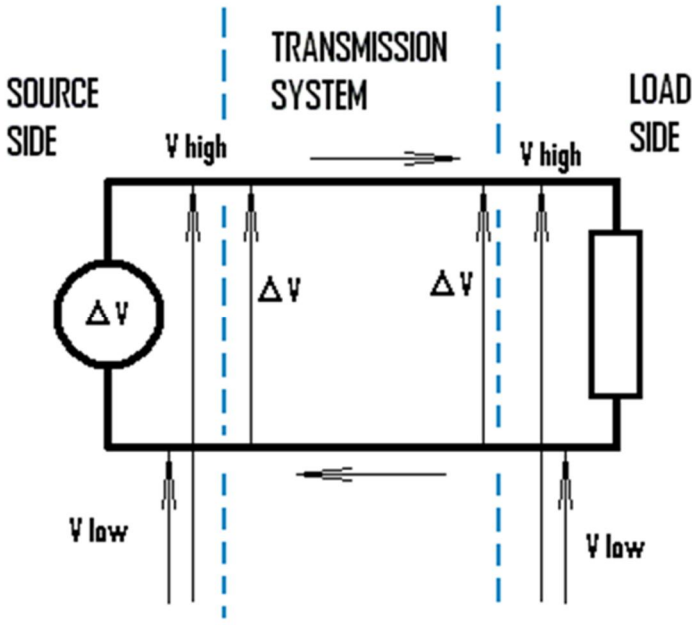
Deze nota wil enkel meer toelichting geven aan niet-specialisten bij al het elektro-technisch jargon dat in de afweging "al dan niet méér verkabelen op 380 kV" aan bod komt in de rapporten:

- "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00;
- "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" met ref. RITI/4NT/400814/002/00

2. DE FUNDAMENTEN VAN ELEKTRISCH ENERGIETRANSPORT

Het transport van elektrische energie is fundamenteel gebaseerd op de fysische principes van stroom van elektrische lading (uitgedrukt in A(Ampère) waarbij 1 A overeenstemt met een elektrische lading van 1 Coulomb per seconde), tussen twee punten met een potentiaalverschil (dit potentiaalverschil wordt uitgedrukt in V (Volt)). Hierbij staat 1 V gelijk met een verschil van potentiele energie van 1 Joule die een elektrische lading van 1 Coulomb zou hebben tussen het ene punt en het andere punt.

Elk elektrisch transport heeft een bronzijde en een belastingzijde, en die twee zijn verbonden door het transportsysteem.



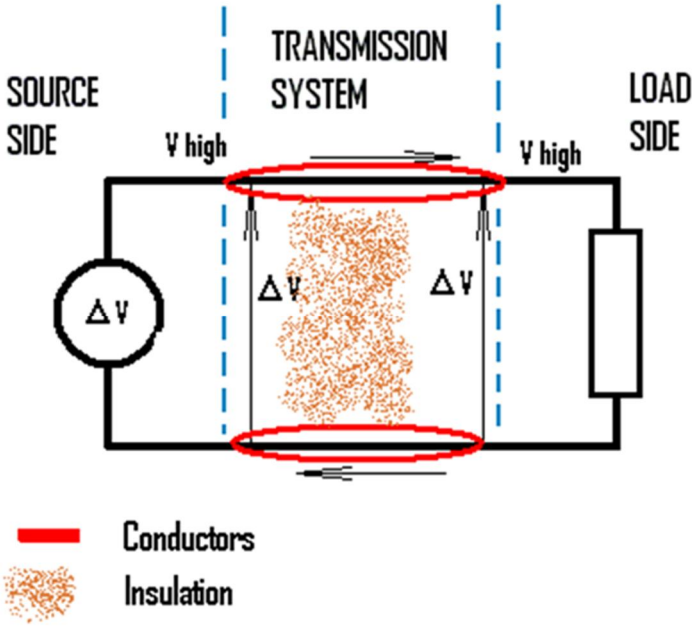
This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Langs de bronzijde krijgen de elektrische ladingen (die de stroom uitmaken) een energie-oppepper. Deze ladingen vloeien dan via het transportsysteem naar de belastingzijde (waarbij zij de extra energie voor een groot deel behouden).

Aan de belastingzijde verliezen de ladingen dan de extra potentiele energie, terwijl zij door het belastingtoestel vloeien. Tenslotte keren de ladingen (met lage potentiaal) weer naar de bron, waar de hele cyclus herneemt. Het belastingtoestel zet de ontvangen energie om in de gewenste toepassing (bv. mechanische beweging, licht, warmte,…).

3. HET TRANSPORTSYSTEEM EN ZIJN COMPONENTEN

Het transportsysteem omvat:



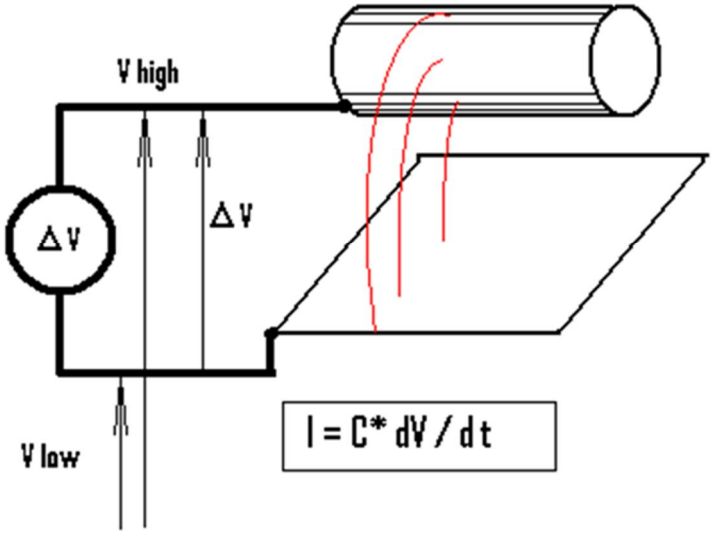
- (Minimum) 2 geleiders om de stroom in gesloten kring te laten vloeien, tussen de energiebron en de verbruiker;
- De geleiders staan onder een potentiaalverschil en moeten onderling geïsoleerd zijn, zoniet ontstaat een (ongewenste) kortsluiting;
- Bij luchtlijn: isolatie in lucht met relatief ruime onderlinge afstand van de geleiders;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Bij ondergrondse kabel : kleine isolatie-afstand maar met vaste isolatie (XLPE, papier+massa) tussen elke geleider en de grond.

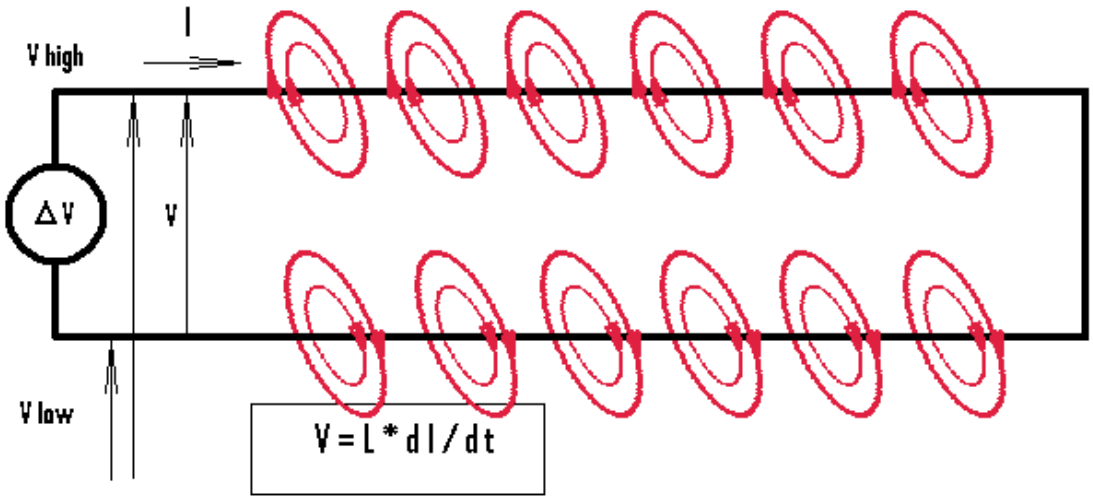
Naast het aspect van transport van energie in een gesloten circuit zijn er nog enkele andere belangrijke aspekten:

- Om een potentiaalverschil op te bouwen tussen twee geleiders moet een hoeveelheid elektrische lading opgeslagen worden op het oppervlak van deze geleiders. Dit effect staat bekend als capaciteit (C) tussen de geleiders en is uitgedrukt in Coulomb / Volt potentiaalverschil. De eenheid van capaciteit is de Farad waarbij 1 Farad = 1 Coulomb/ 1 Volt . Hieruit volgt onmiddellijk dat elektrostatische energie wordt opgeslagen tussen de twee geleiders op verschillend potentiaal. De capaciteit C van een geleidersysteem is afhankelijk van de geometrie en onderlinge afstand (nabije geleiders hebben grotere capaciteit dan verafgelegen) en ook van het medium tussen de geleiders. Zo geeft lucht als medium een lagere capaciteit dan polyetyleen (bij gelijke geometrie en afstand). Dit verklaart, mede met de grote geleiderafstanden, de lage capaciteit van luchtlijnen in vergelijking met ondergrondse kabels (zeer kleine isolatie-afstanden, met bv. XLPE (Cross-Linked-Poly-Ethylen) als isolatiemedium).

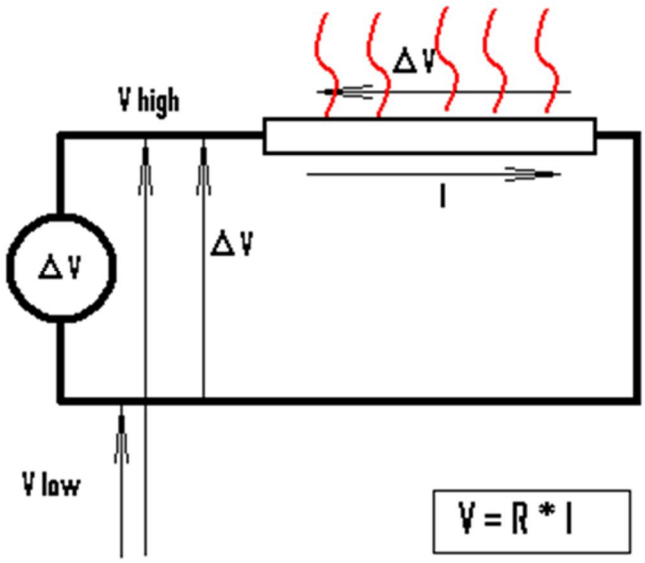


- Elke stroom die vloeit in een kring geeft aanleiding tot een magnetisch veld, en dit veld slaat ook energie op. Elke verandering van stroom geeft aanleiding tot een verandering van de opgeslagen energie. Om die reden doet een wijziging van stroom een potentiaalverschil ontstaan dat de wijziging van de stroom zelf tegenwerkt. Een stijgende stroom slaat op die manier bijkomende energie op in het magnetisch veld, terwijl een dalende stroom energie onttrekt aan het magnetisch veld. Dit effekt is omschreven als de inductantie (L) van het circuit, en is uitgedrukt in Henry. 1 Henry = 1 Volt tegenspanning voor een stroomvariatie van 1 Amp per seconde.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval



- Elke stroom van elektrische ladingen in een geleider (normale geleider op kamertemperatuur) wordt tegengewerkt door een interne wrijving van de ladingdragers (elektronen) die evenredig is met de intensiteit van de stroom (of met andere woorden de snelheid van de ladingdragers). Deze wrijving vertaalt zich in een verlies van energie, met andere woorden een potentiaalverlies Dit verlies wordt omgezet in warmte. Het potentiaalverlies in Volt is evenredig met de stroom, met als evenredigheidsfactor de weerstand R (uitgedrukt in Ohm, waarbij 1 Ohm = 1 V / 1 A).

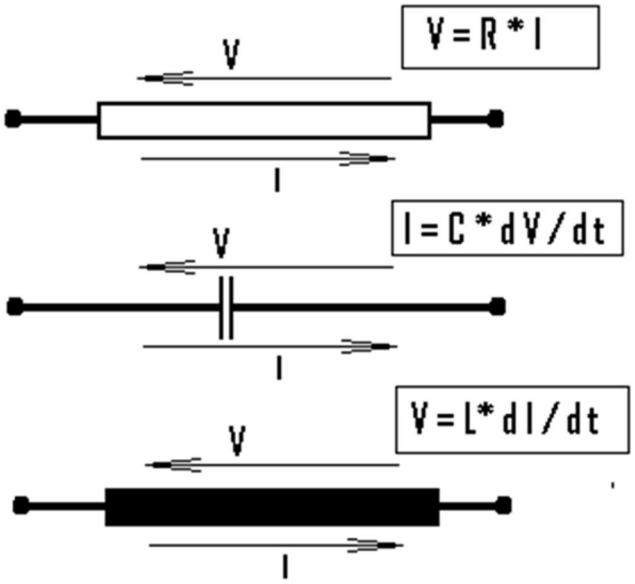


This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

4. DE “WETTEN” VAN DE ELEKTRICITEIT

4.1. Verband Stroom-Spanning over elektrische componenten

De circuit symbolen en spanning – stroom relaties zijn samengevat als volgt:



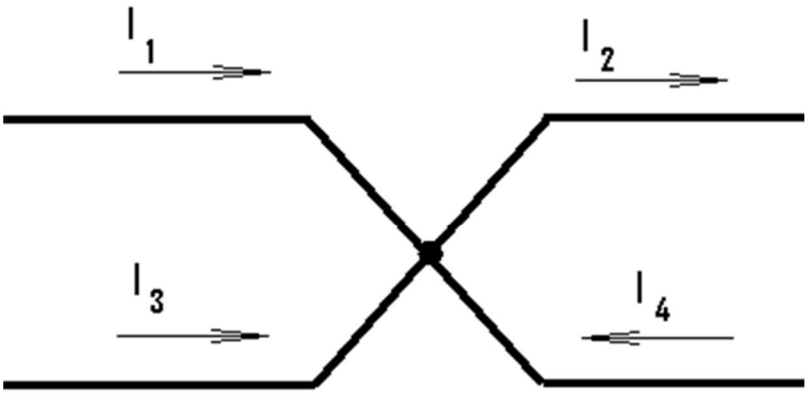
In mensentaal luidt dit als volgt:

- Een stroom door een geleider sturen veroorzaakt een potentiaalverlies (energieverlies per eenheid elektrische lading) dat evenredig is met de intensiteit van die stroom. De evenredigheid wordt uitgedrukt door V = R * I (waarbij de evenredigheidsfactor R de weerstand wordt genoemd;
- Een spanning opbouwen tussen twee geleiders vereist elektrische lading van die geleiders. De opgebouwde spanning door een bepaalde lading is evenredig met die lading. Een (kleine) bijkomende lading dQ (= I *dT) veroorzaakt een spanningsopbouw dV = dQ / C . Dit kan ook geschreven worden als dQ = C *dV en verder I*dT = C * dV en tenslotte I = C * dV / dT. Het verband Stroom-Spanning over een capaciteit wordt dus (in de meest algemene vorm) beschreven door een differentiaalvergelijking;
- Een wijziging van stroom in een kring doet een potentiaalverschil ontstaan dat de wijziging van de stroom zelf tegenwerkt. Het potentiaalverschil is evenredig met snelheid waarmee de stroom verandert. De evenredigheidsfactor is L, waarbij
  V = L * dI / dt
  Ook hier is het verband Stroom-Spanning (in de meest algemene vorm) beschreven door een differentiaalvergelijking.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

4.2. De knooppuntenvergelijking

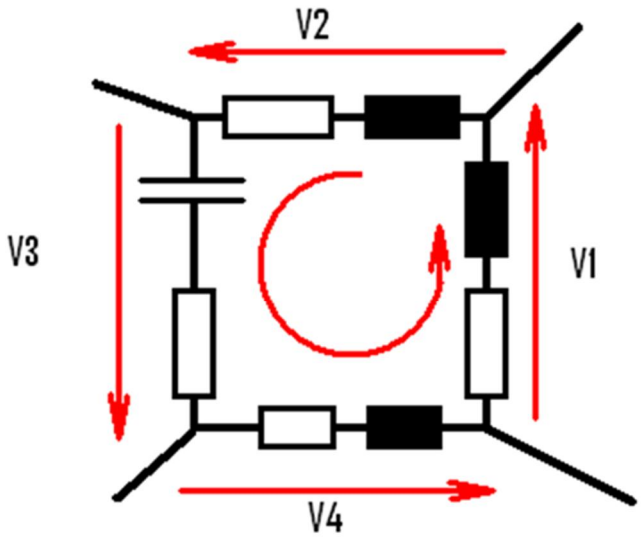
Elektrische ladingen kunnen niet ophopen in een punt. In andere woorden, de som van alle stromen (rekening houdend met hun richting) in een knooppunt van een netwerk is nul.



$$I1 - I2 + I3 + I4 = 0$$

4.3. De kringloopvergelijking

De (algebraïsche) som van alle potentiaalverschillen over een geloten elektrische kring is gelijk aan nul (met andere woorden : in één punt is er slechts één waarde van potential).

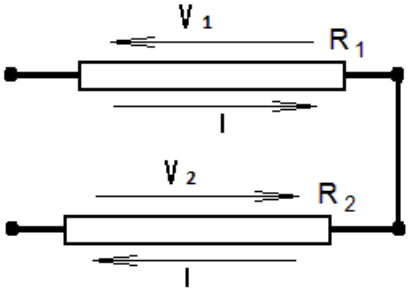


$$V1 + V2 + V3 + V4 = 0$$

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

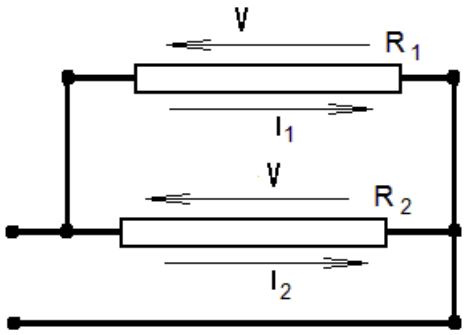
4.4. Serieschakeling – Parallelschakeling

Wanneer twee componenten in serie geschakeld worden doorloopt éénzelfde stroom de beide componenten. Het totaal potentiaalverschil is dan de som van de potentiaalverschillen over de twee componenten in serie. Voor het eenvoudigste geval (2 weerstanden R_1 en R_2 in serie) bekomt men:



$R_S = R_1 + R_2$

Wanneer twee componenten in parallel geschakeld worden staat eéénzelfde potentiaalverschil over de beide componenten. De totale stroom in de parallelschakeling is dan de som van de deelstromen in elk van de componenten. Voor het eenvoudigste geval (2 weerstanden R_1 en R_2 in parallel) bekomt men:



$I = I_1 + I_2$

$V / R_P = V / R_1 + V / R_2$

$1/ R_P = 1 / R_1 + 1 / R_2$ of nog $R_P = R_1 * R_2 /(R_1 + R_2)$

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

5. WISSELSTROOM (AC) VERSUS GELIJKSTROOM (DC) TRANSPORT

Conceptueel het eenvoudigst is een tweedraads verbinding tussen een gelijkspanningsbron (Bvb. accu in wagen) en een gelijkstroom belasting (ventilator van de verwarming) in regimetoestand.

De wetten van de elektriciteit (zie 3.1 hierboven) worden hier in regimetoestand zuiver lineaire verbanden tussen stroom en spanning.

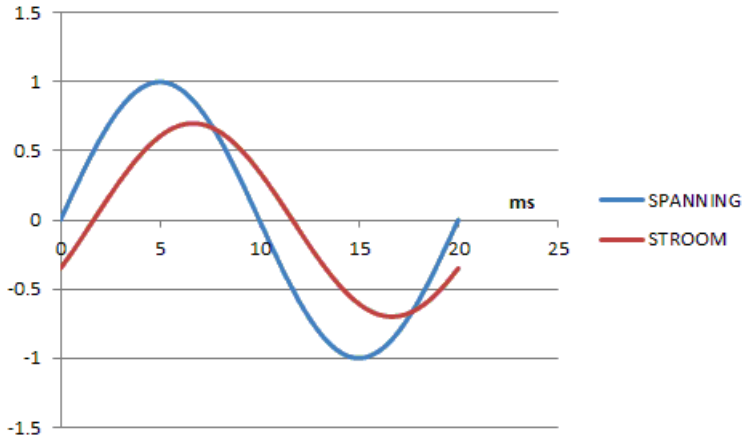
$V = R \cdot I$

Gelijkstroom (DC Direct Current) kent een aantal toepassingen, onder andere spoorwegtractie en wordt ook gebruikt in zeer specifiek transporttoepassingen (HVDC High Voltage Direct Current).

Wisselstroom (AC Alternating Current) heeft evenwel een aantal praktische voordelen op DC:

- Eenvoudig aanpasbare spanning (met eenvoudige statische transformatoren);
- Eenvoudige en betrouwbare schakelapparatuur;
- Eenvoudige mechanische toepassing (driefasig draaiveld) in motoren.

Om die reden is de elektrificatie wereldwijd gebaseerd op wisselstroom.



Bij wisselstroom hebben de elektrische grootheden (spanning en stroom) een sinusoïdaal verloop, met 50 cycli per seconde of 50 Hz.

Het algemeen verband stroom – spanning (van 3.1 hierboven) op de elektrische componenten wordt dan:

$V = R \cdot I$

$I = j\omega C.V$ of $V = I / j\omega C$

$V = j\omega L.I$

$\omega = 2\pi.f$ met f = frequentie (cycli/s, 50 c.p.s in Europa)

j = faseverschuiving (vooruit) met $\pi/2$ of 90°

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Hierbij staan V en I voor de Amplitude (of de daarmee evenredige RMS waarde) van de sinusoïdaal variërende grootheid. RMS duidt op kwadratisch gemiddelde waarde van het sinusoidaal signaal en is gelijk aan de Amplitude / 1.414.

Het verband stroom – spanning wordt ook hier lineair, maar de evenredigheidscoëfficient wordt (in de meest algemene vorm) complex. Dit complex getal (Z = V / I) beschrijft zowel het verband tussen de amplitudes "stroom – spanning" als de faseverschuiving "stroom – spanning".

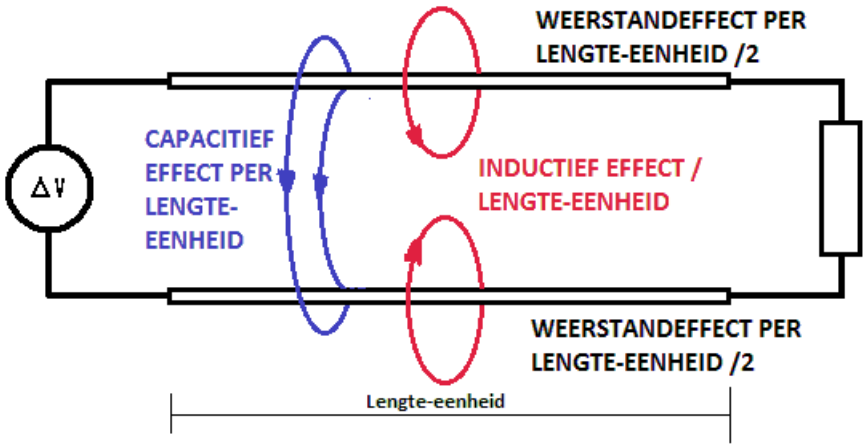
Zo heeft voor bovenstaande figuur $Z = V / I = 1.4286 * e^{j\pi/6}$

- Voor de amplitudeverhouding 1.4286
- Voor de faseverschuiving $\pi/6 = 30°$ (Spanning voorijlend op de stroom)

Serieschakeling van elementen telt de spanningen op voor eenzelfde doorlopende stroom. De verhouding V/I (= Z) wordt dan $(V_1 + V_2)/I$ of nog $V_1/I + V_2/I$ en uiteindelijk $Z_1 + Z_2 = Z$.

Analoog voor parallelschakeling geldt dat de totaalstroom voor gelijke spanning gelijk is aan de twee deelstromen . De verhouding I/V (oftewel 1/Z) wordt dan $(I_1 + I_2)/V$ of nog $I_1/V + I_2/V$ of nog $1/Z_1 + 1/Z_2 = 1/Z$.

Een verbinding voor elektriciteitstransport heeft (zoals in hoofdstuk 2 aangegeven) een weerstand (afhankelijk van het geleidermateriaal en de doorsnede) die evenredig toeneemt met de lengte van de verbinding.



Idem dito omsluiten de geleider van de verbinding een magnetisch veld en flux die afhangt van de geometrische configuratie van de geleiders, maar voor de rest evenredig toeneemt met de lengte van de verbinding. De inductantie van de verbinding neemt dus evenredig toe met de lengte.

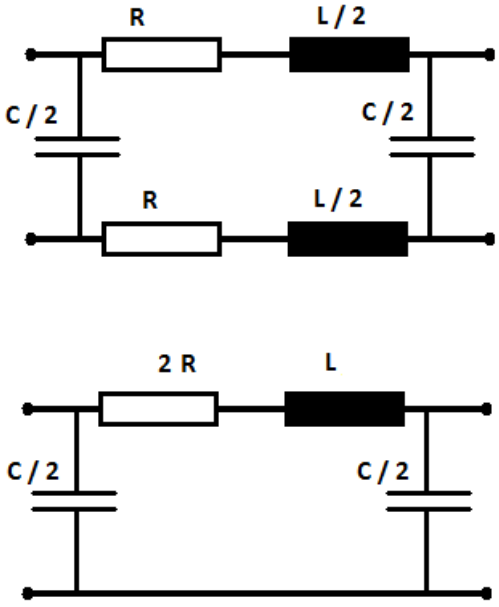
Tenslotte is de ladingsopslag aan het geleideroppervlak ook afhankelijk van de geleidergeometrie maar voor de rest evenredig met de lengte van de van de verbinding.

Een verbinding met twee geleiders kan dan ook schematisch voorgesteld worden als een opeenvolging van elementaire blokken die elk een eenheidslengte voorstellen met voor elk blok:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

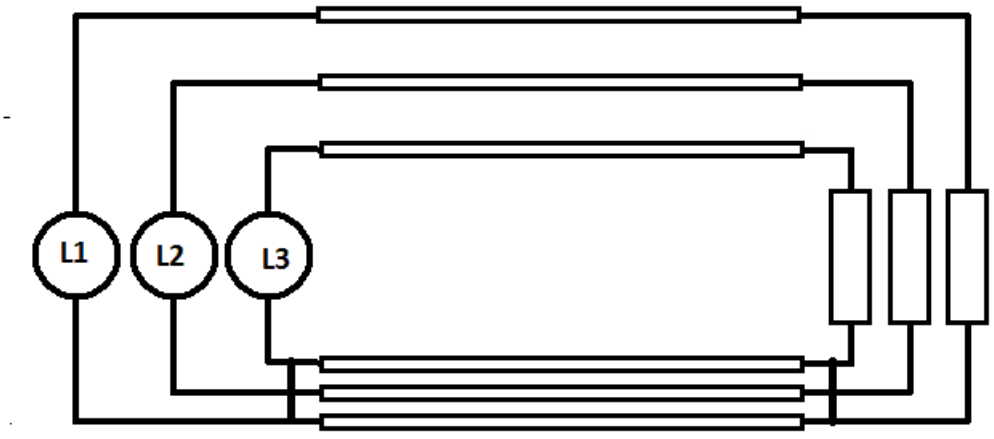
- De weerstand van de heen- en teruggeleider R;
- De inductantie per eenheidslengte tussen de twee geleiders L
- De capaciteit per eenheidslengte tussen de twee geleiders.

In elektrische berekeningen stelt men dit meestal voor met de equivalente vierpool volgt:

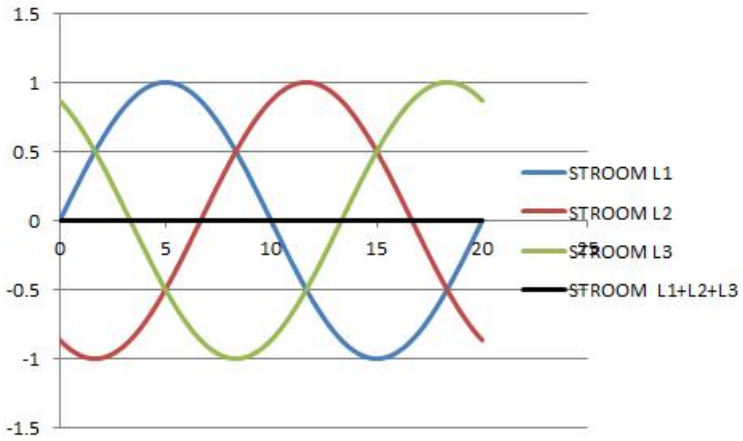


Op enkele uitzonderingen na (50 Hz spoorwegtractie, rurale netten ontwikkelingslanden) worden alle AC transportnetten driefasig uitgevoerd.

Daarbij combineert men drie stroomkringen, met dan telkens de spanningsbronnen over 120° (1/3 periode) verschoven in fase. De retourgeleider van deze drie kringen wordt samengenomen en voert in principe een stroom gelijk aan nul (want sin(x) + sin(x+120) + sin(x+240) ≡ 0). De retourgeleider kan dus door een gemeenschappelijke aarde vervangen worden of gewoon achterwege gelaten worden.



This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval



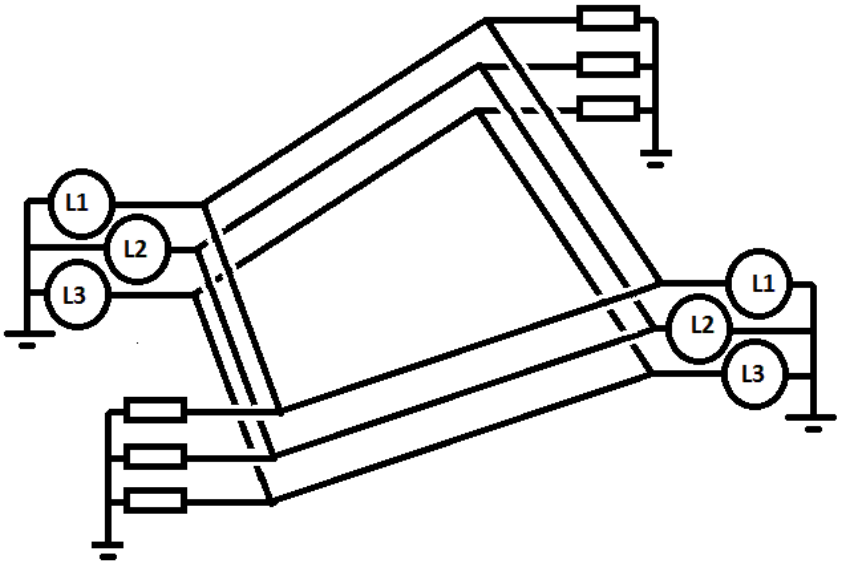
De drie geleiders (de “fasen”) en de fictieve retourgeleider aarde vormen samen het driefasig circuit.

Het driefasig circuit is de basismodule in elektrisch transport in AC.

Gezien het onderwerp van de Second Opinion het Nederlandse landelijk 380 kV AC net betreft wordt in de volgende hoofdstukken enkel AC transport behandeld.

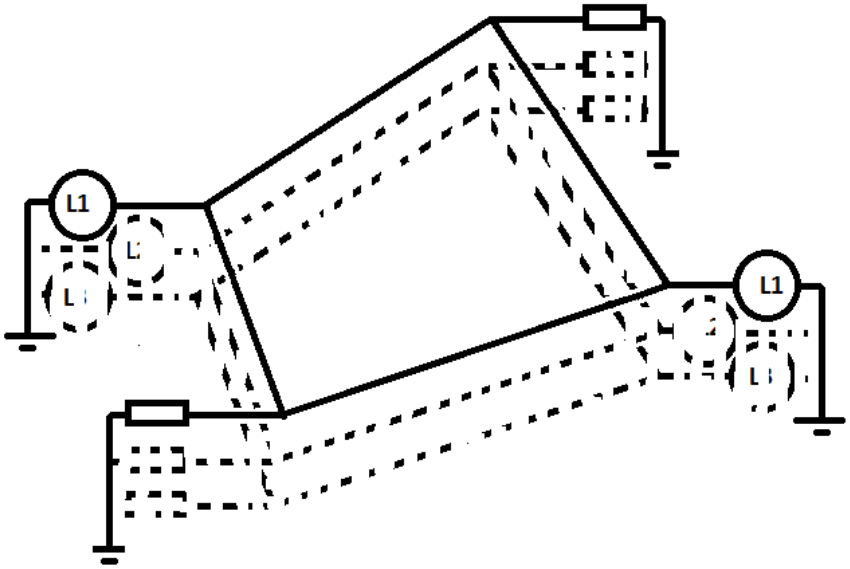
6. BEREKENINGEN REGIMETOESTAND (STEADY STATE) IN AC

Voor berekeningen in regimetoestand in een transportnet gaat men ervan uit dat in elk circuit de drie fasen in evenwicht zijn, wat betekent dat de sinusoïdale grootheden (spanning en stroom) gelijke amplitude hebben in alle fasen en een onderlinge faseverschuiving tussen fasen van 120°.



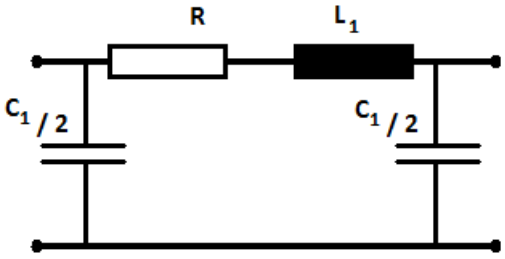
This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Voor dit geval vereenvoudigt de berekening en kan men volstaan met een berekening voor één fase. Het driefasig net wordt daarvoor ook voorgesteld door het ééndraadsschema als volgt;



De generatoren (productie) worden voorgesteld in een knooppunt als een bron tussen fase en aarde, de belastingen komen ook in een knooppunt tussen fase en aarde, tussen de knooppunten worden de circuits door één der fasen voorgesteld.

Elke verbinding tussen knooppunten wordt voorgesteld door een vierpool:



Het 3- fasig net wordt zo voorgesteld door een eenfasig equivalent, en het geheel van de spanning-stroomrelaties wordt beschreven door lineaire vergelijkingen met constante (complexe) coëfficienten.

Wanneer men vermogens in rekening brengt (evenredig met het produkt V*I of V^2/Z) wordt het probleem niet-lineair. Dit wordt opgevangen door de berekeningen iteratief te herhalen, waarbij tussen elke stap een gecorrigeerde belastingsimpedantie wordt herberekend. Dit is het klassieke “Load Flow” model.

Resultaten zijn:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

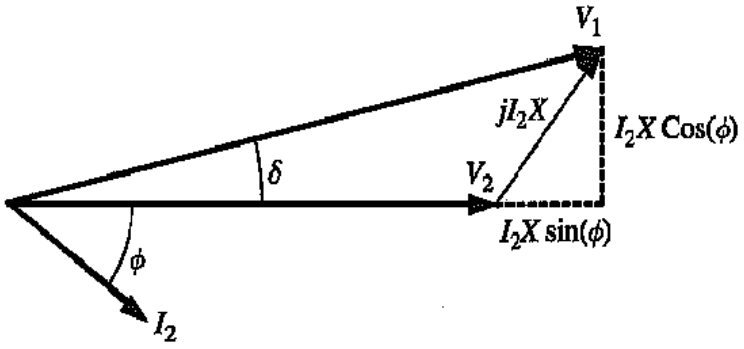
- De spanningen in de knooppunten, in amplitude en fase;
- De stromen in alle verbindingen tussen knooppunten, in amplitude en fase.
- De vermogenbalans in elk knooppunt

Load Flow heeft zijn toepassing in het ontwerp van netten (off-line berekeningen) maar wordt ook on-line gebruikt in de elektrische dispatch centra om de veiligheidsmarges in reëel bedrijf te bewaken.

7. DYNAMISCHE STABILITEIT IN AC

De goede werking van elektriciteitstransport veronderstelt dat het hele net in synchronisme blijft. De vermogenuitwisseling tussen knopen in het net is dan evenredig met de spanning in die twee knopen, met de sinus van de hoekverschuiving (θ) tussen de twee spanningen en omgekeerd evenredig met de reactantie (ωL) van de verbinding.

$P = (V_1 * V_2 / \omega L) * \sin(\delta)$



Dit impliceert dat het maximaal overbrengbaar vermogen beperkt is, en theoretisch optreedt bij een faseverschuiving van 90°. Indien men poogt van meer vermogen over te brengen (door de fasehoek nog verder te vergroten) valt het net “uit de pas” en wordt onstabiel. Dit leidt meestal tot het opbreken van het synchroon net, waarbij de deelnetten al dan niet zelf onstabiel worden door onbalans tussen belasting en produktie.

Voor een veilige en betrouwbare elektriciteitsvoorziening moet verlies van synchronisme kost wat kost vermeden worden, en dit door voldoende transportcapaciteit te voorzien zowel in het ontwerp en de uitbouw van het net als in de dagelijkse uitbating.

Verlies van synchronisme treedt normaal niet op in regimetoestand (daar blijft men meestal ver onder 90° fase verschuiving), maar wel tijdens storingen ten gevolge van schakelingen of elektrische fouten in het net.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Dit is te wijten aan de dynamiek van mechanische roterende massa's (vooral de synchrone generatoren) tijdens en na de toestandswijzigingen in het net. De dynamiek van versnelling van de roterende massa's creëert variabele faseverschuivingen die op hun beurt de vermogen-uitwisselingen beïnvloeden. Finaal bepaalt de vermogenbalans mechanisch-elektrisch op elke individuele synchrone machine de mechanische versnelling van de machine in kwestie.

Een ander aspect is stabiliteit van de spanning ter hoogte van de belastingen. Tijdens fouten of schakelingen in het net kan de spanning ter hoogte van belastingen tijdelijk inzakken (voltage dip). Al naargelang de aard van de belastingen (passief, motoren) kan dit een automatische reactie van meer vraag naar stroom uitlokken, waardoor de oorspronkelijke spanningsval nog wordt versterkt, met eventueel totaal instorten van de spanning tot gevolg.

De fenomenen van verlies van synchronisme en spanningsonstabiliteit kunnen afzonderlijk of in combinatie optreden.

Voor de simulatie van netstabiliteit veronderstelt men (met een goede nauwkeurigheid) dat de ogenblikkelijke elektrische waarden in het net sinusoïdaal blijven, maar wel beinvloed worden door de klemspanningen en hoekverschuivingen van de synchrone machines. Machines die versnellen tijdens het incident verhogen uiteindelijk hun fasehoek ten opzichte van de rest. Hierdoor gaan zij meer elektrisch vermogen afgeven, wat hen dan weer afremt.

Bijkomend bij de mechanische dynamiek worden ook de regelkringen van spanning en mechanisch vermogen dynamisch meegenomen.

Als resultaat bekomt men de evolutie van rotorverschuivingen, amplitudes en fasehoeken van spanningen en vermogenuitwisselingen in functie van de tijd.

Een belangrijk criterium zoals hierboven vermeld is behoud van synchronisme tussen de verschillende synchrone machines die deel uitmaken van het net.

Een ander belangrijk criterium is de veiligheidsmarge ten aanzien van spanningsonstabiliteit. Met de verdergaande tendens van verdringen van klassieke synchrone machines door convertergebonden hernieuwbare bronnen zal dit laatste criterium verder in belang gaan toenemen. Dit omdat converters aanzienlijk minder spanningsondersteuning bieden dan synchrone machines.

Stabiliteitsstudies moeten alle realistische netfouten (en hun afwikkeling) onderzoeken.

Aangetoonde onstabiele situaties kunnen aanleiding zijn tot:

- Wijziging van uitbating net en produktiemiddelen (korte termijn);
- Verhogen van de standaard inzake netwerkbeveiliging om snellere fouteliminatie te bekomen (middellange termijn);
- Versterking van het net (lange termijn).

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

8. ELECTRO-MAGNETISCHE TRANSIENTEN

Elke wijziging of schakeling in een transportnet veroorzaakt de overgang van één evenwichtstoestand naar een nieuwe evenwichtstoestand, met tussenin een overgangsverschijnsel. Tijdens het overgangsverschijnsel speelt de volledige dynamiek van het elektrisch systeem zoals het beschreven is met de differentiaalvergelijkingen van 4.1. hierboven

De spanningen en stromen evolueren van de (sinusoidale) begintoestand naar de (sinusoidale) eindtoestand door de superpositie van een aantal gedempte sinusoïdes, waarvan de frequentie samenhangt met de L en C componenten aanwezig in het net. De demping (afname in de tijd) van de gedempte sinusoides hangt samen met de weerstandselementen aanwezig in het net, hetzij serieweerstanden van netelementen lijnen en kabels, hetzij shuntweerstanden van de belastingen in het net.

De schakelfenomenen zijn niet noodzakelijk identiek in de drie fasen. Voor elektro-magnetische transienten moet daarom een gedetailleerde (3 fasen individueel) weergave van het net gebruikt worden.

Het oplossen van de differentiaalvergelijkingen kan op twee wijzen aangepakt worden:

- Direkte (numerische) integratie in het tijdsdomein;
- Via een transformatie (Fourier, Laplace), oplossing in het ω of p domein en terug-transformatie naar het tijdsdomein.

De meest gebruikte software-paketten voorelektro-magnetische transienten zijn gebaseerd op direkte intergatie. De transformatie-“aanpak” heeft wel een voordeel voor de weergave van “frequentie-afhankelijke“ componenten, maar is verder omslachtiger in het gebruik.

Elektro-magnetische transiente berekeningen worden vooral gebruikt om de veiligheidsmarges te controleren tussen de te verwachten overspanningen (tengevolge van schakeltransients of van atmosferische oorprong) op het HS materiaal en de ontwerp-isolatiewaarden voor datzelfde materiaal.

9. FREQUENCY SCAN

De Frequency Scan (in een welbepaald knooppunt van het net) is de beschrijving van het gedrag van het net (gezien vanaf ditzelfde knooppunt), wanneer in dit knooppunt een spanningsbron wordt aangelegd waarvan men de frequentie laat varieren van 0 tot ∞.

In wezen zijn de vergelijkingen zoals voor de Steady State (1 fasig voorgesteld), met de volgende aanpassingen:

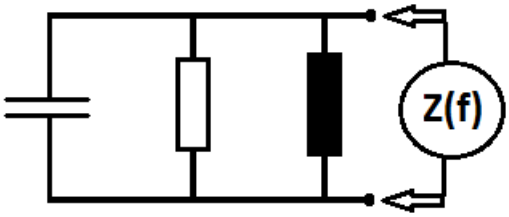
- Alle spanningsbronnen in het net worden vervangen een kortsluiting in serie met hun interne impedantie;
- In de impedantie (V/I) van alle condensatoren en inductanties in het net wordt $\omega=2\pi.f$ variabel van 0 tot ∞.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

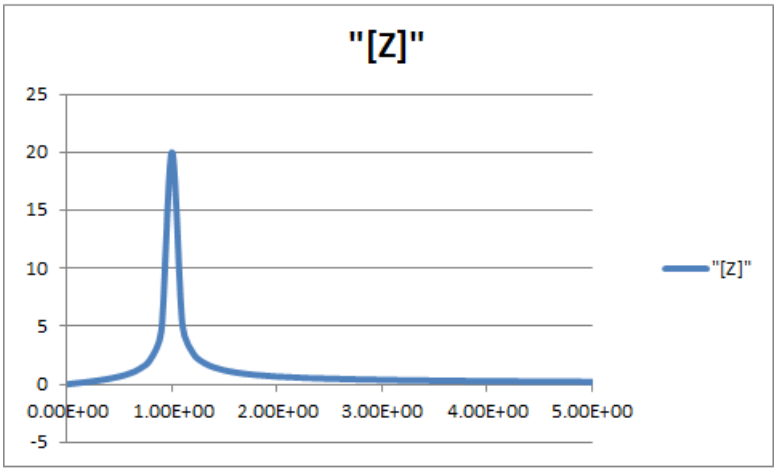
- De Frequency Scan is de grafiek van de harmonische impedantie (de verhouding V/I, als functie van ω of f) in het gekozen observatiepunt.

Deze grafiek wordt uiteraard bepaald door alle aanwezige capaciteiten en inductanties en weerstanden in het net.

Pieken in de grafiek duiden op parallelresonantie, dit wil zeggen dat het net bij die frequentie reageert als een condensator in parallel met een inductantie (met identieke impedantiewaarde maar tegengesteld teken).



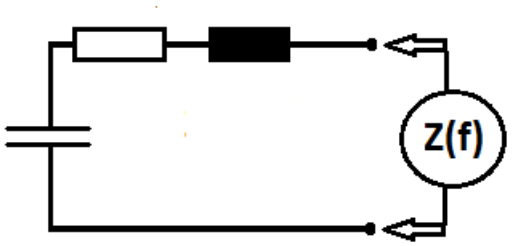
Parallelresonantie



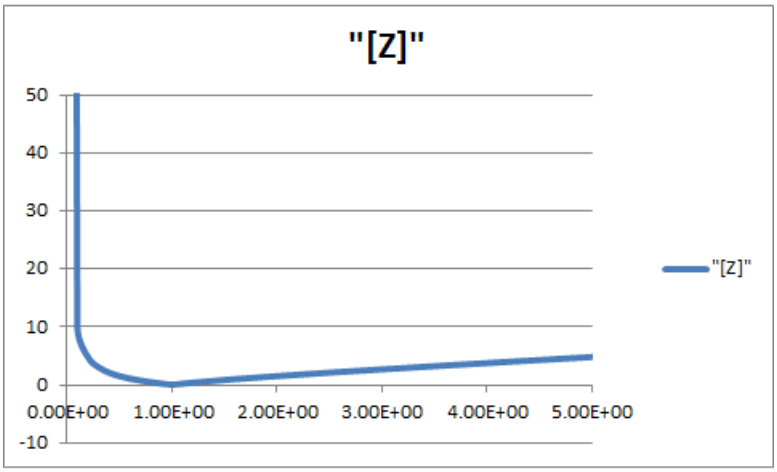
De frequentie van de piek f_r is de resonantiefrequentie. Links van de piek ($f < f_r$) gedraagt het net zich als een inductantie. Rechts van de piek ($f > f_r$) gedraagt het net zich als een condensator. De hoogte van de piek is kleiner naarmate er meer demping aanwezig is in het net.

Nulpunten (of lage minima) in de grafiek duiden op een lokale serie-resonantie, dit wil zeggen dat het net bij die frequentie reageert als een condensator in serie met een inductantie (met identieke impedantiewaarde maar tegengesteld teken).

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval



Serieresonantie



De frequentie van het minimum f_r is de resonantiefrequentie. Links van de piek ($f < f_r$) gedraagt het net zich als een condensator. Rechts van de piek ($f > f_r$) gedraagt het net zich als een inductantie. Het minimum van impedantie benadert meer en meer nul naarmate er minder demping aanwezig is in het net.

10. VERBAND TUSSEN FREQUENCY SCAN EN ELECTRO-MAGNETISCHE TRANSIENTEN

Er is een concreet verband tussen een frequency scan in een punt van een net en schakeltransienten op ditzelfde punt. Hierna wordt het voorbeeld gegeven van het onder spanning brengen van het volgende net:

- Basisvariante : inductief net met kortsluitvermogen 4 GVA, met twee lokale serie-resonanties (100 Hz en 350 Hz);
- Met verhoogde demping (5x) in de tak 100Hz;
- Met verhoogde demping (5x) in de tak 350Hz;
- Met bijkomende capaciteit (5 km 2 circuit 380 kV).

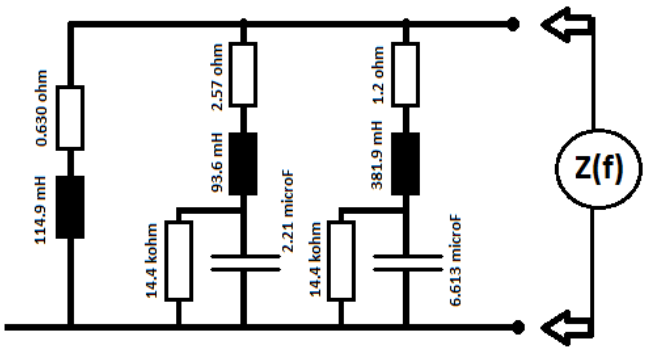
De frequenties van de gedempte sinusoïdes van het overgangsverschijnsel vallen ongeveer samen met de pieken van de frequency scan.

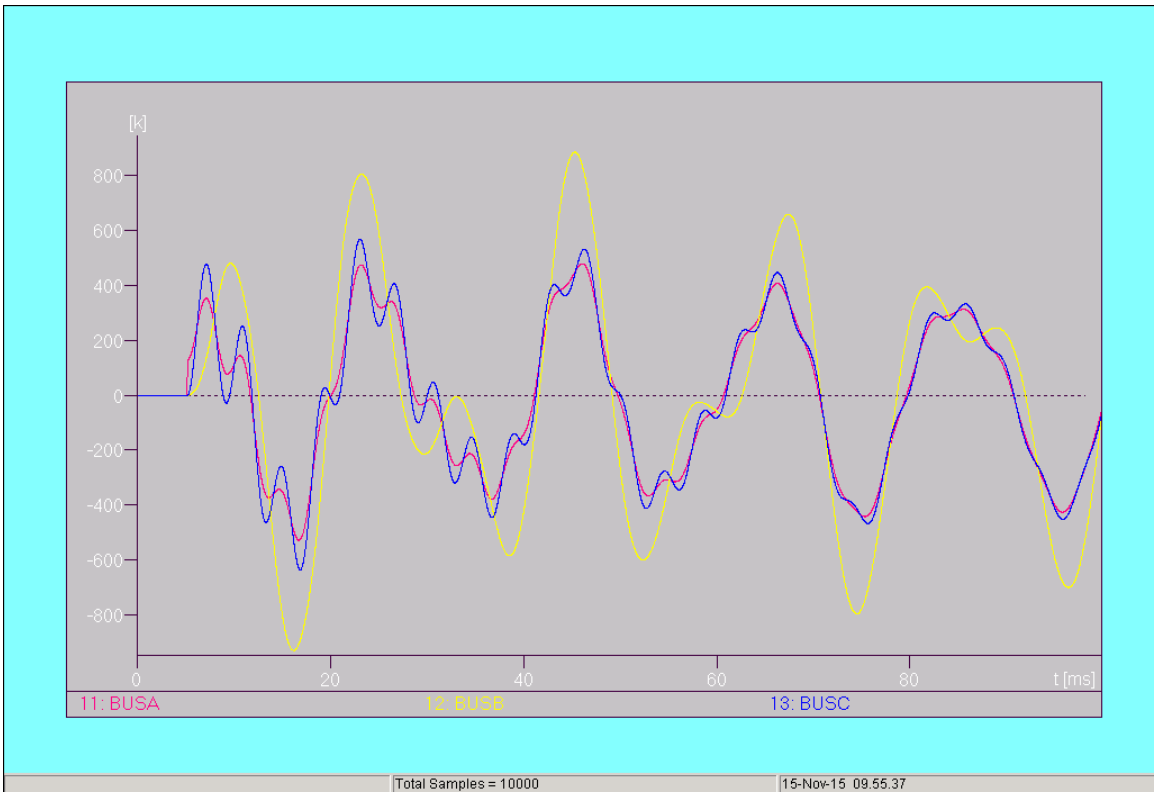
De pieken in de frequency scan zijn anti-resonantiepieken en zijn links verschoven ten opzichte van de lokale serie resonanties .

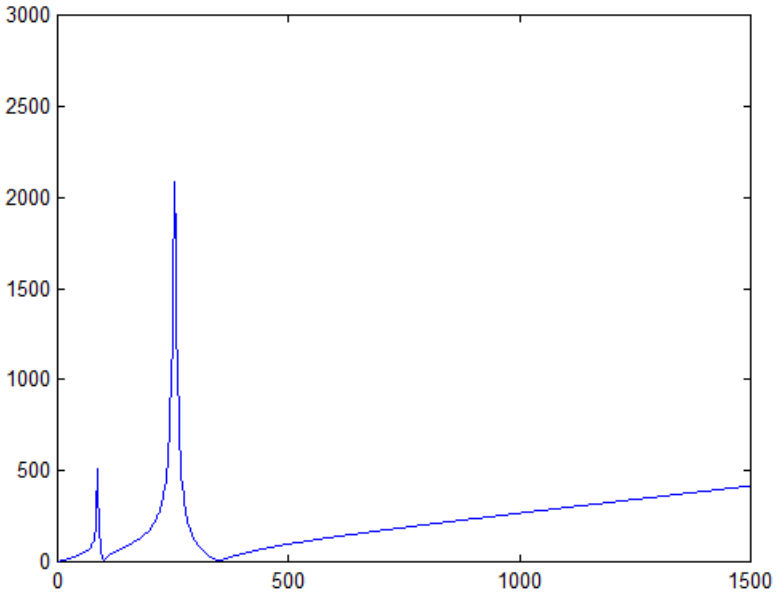
This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Basisvariante:

Met dezelfde demping bij 100 Hz en 350 Hz

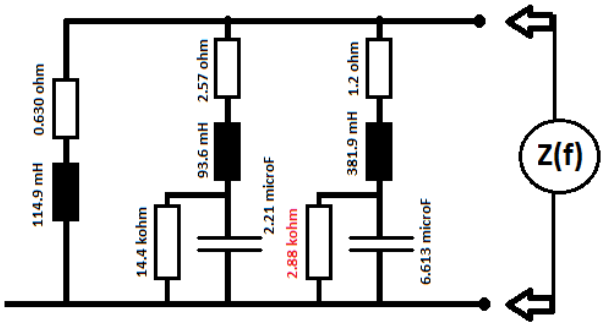


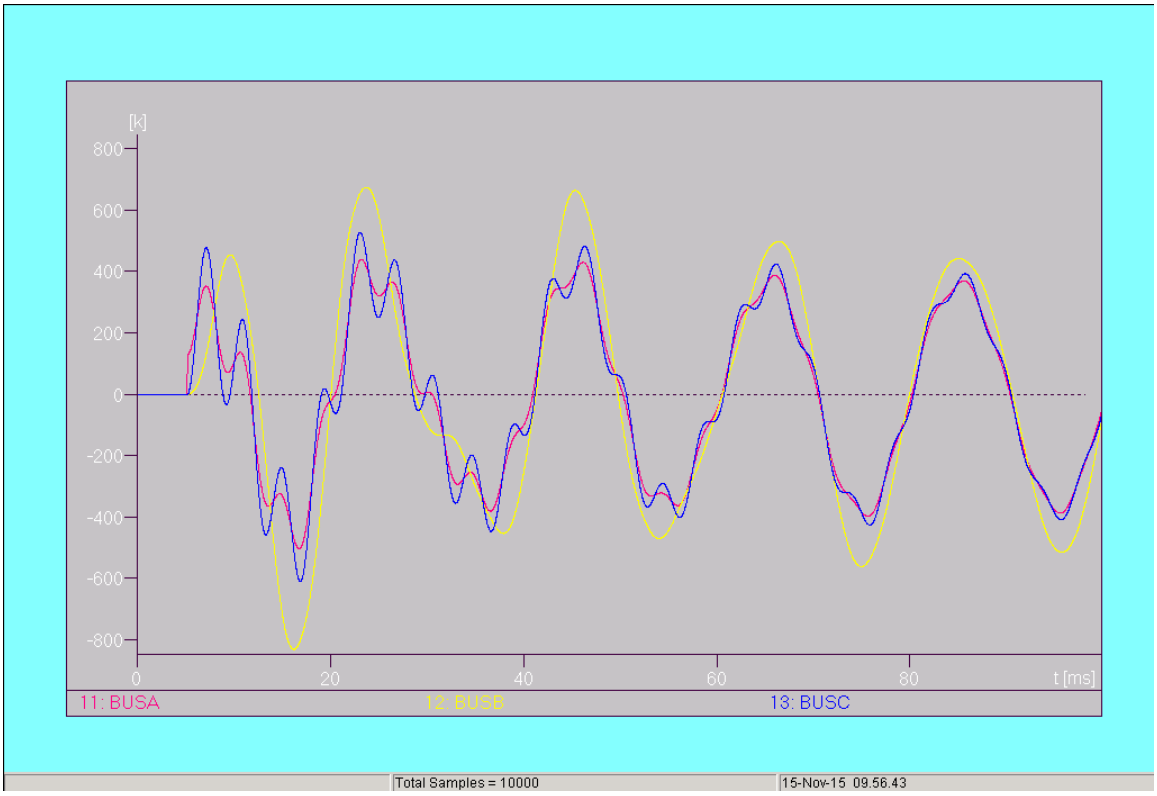


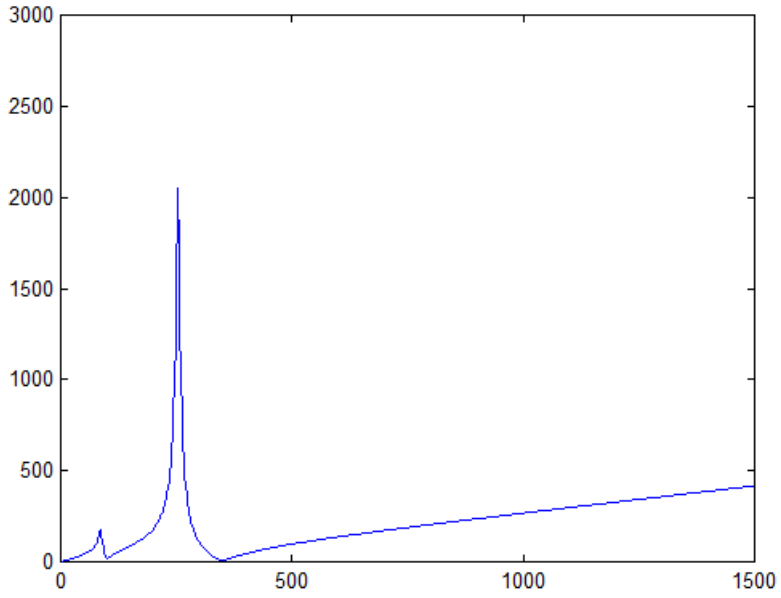


This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Verhoogde
demping
100 Hz

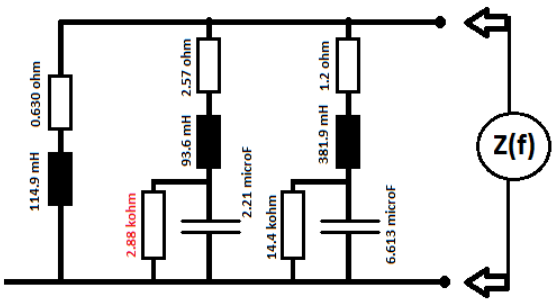


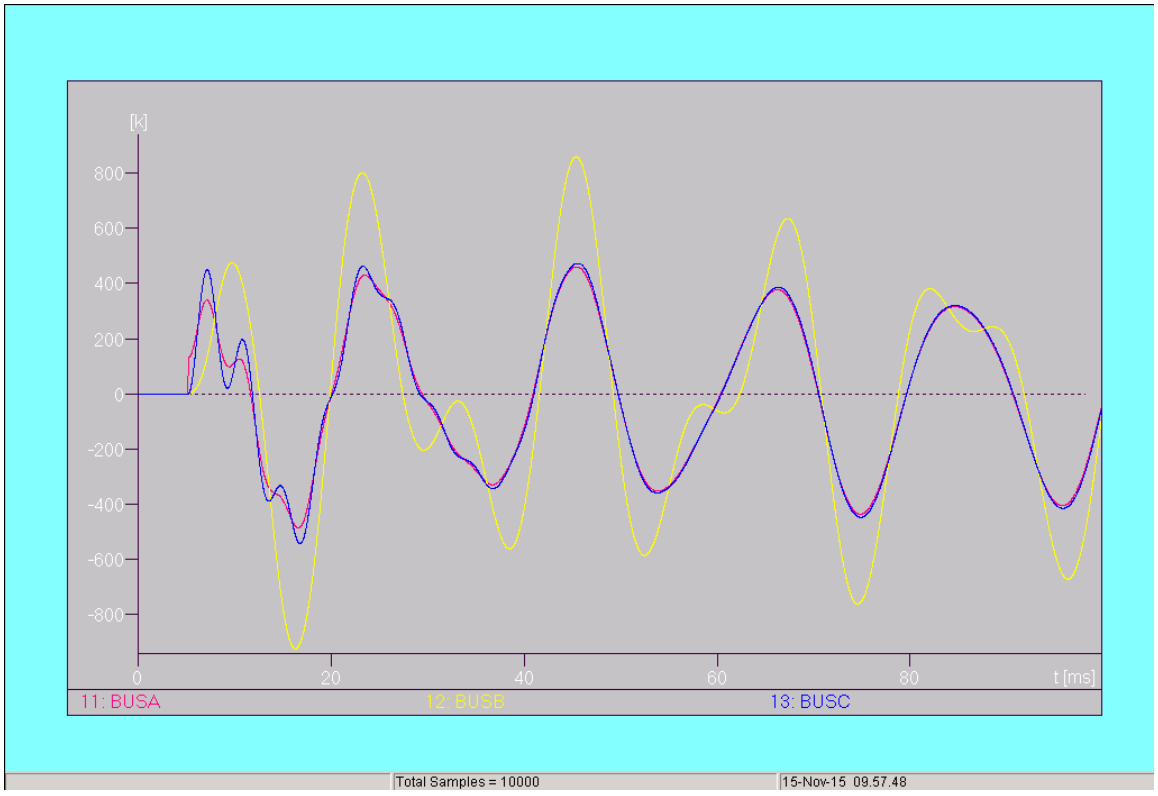


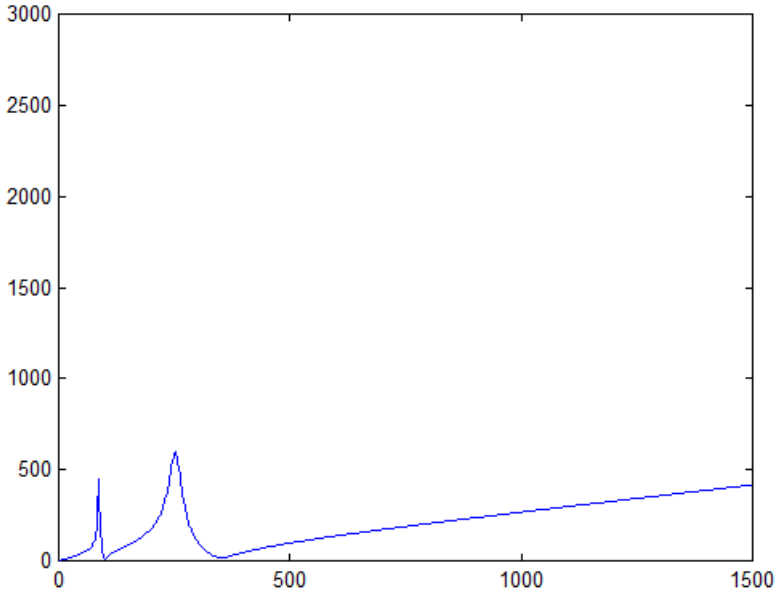


This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Verhoogde
demping
350 Hz

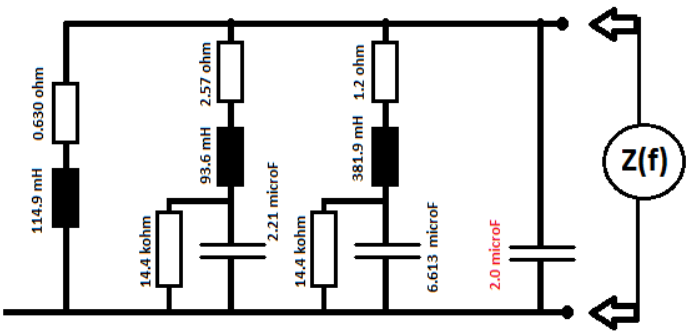


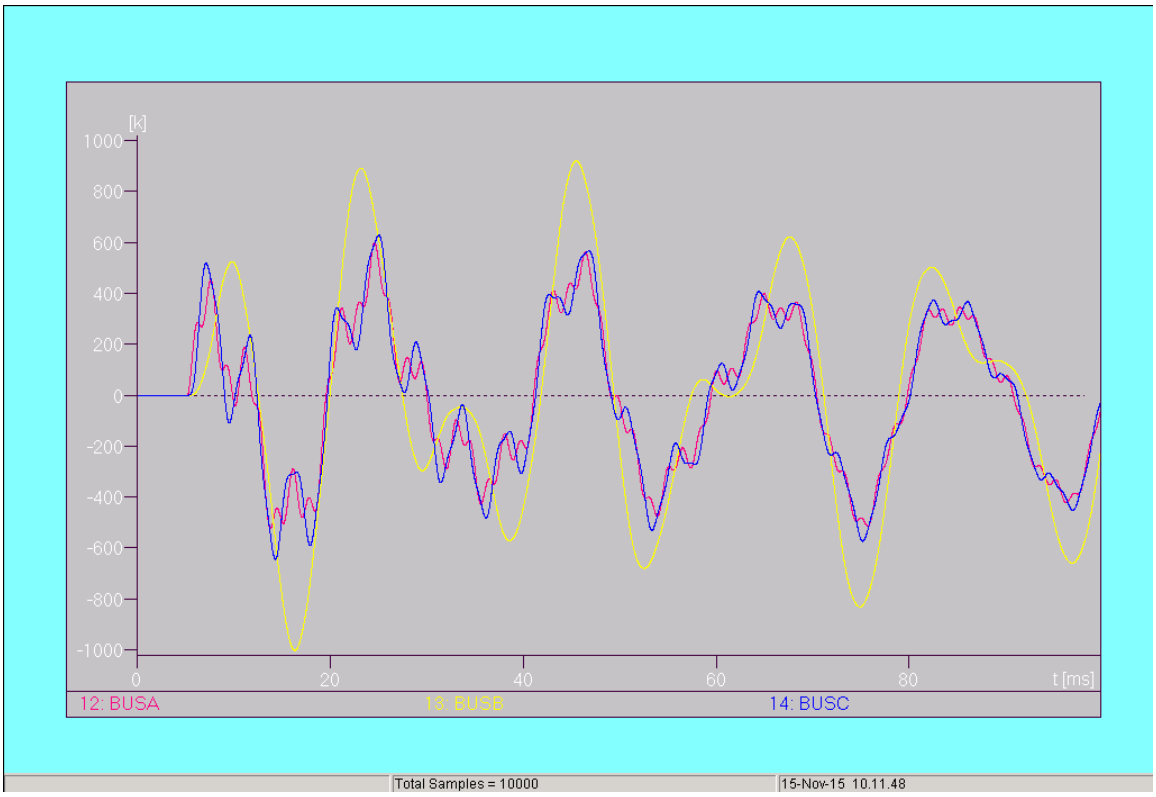


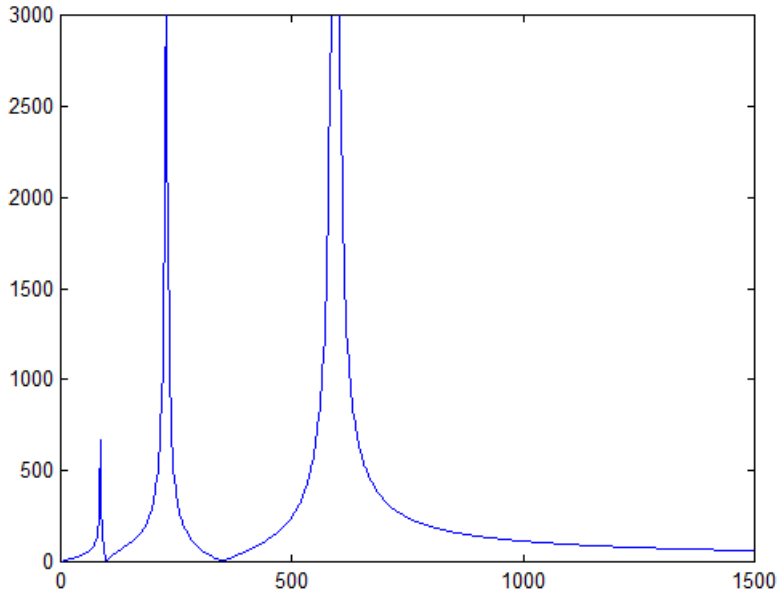


This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Basisvariante
met bijkomende
kabelcapaciteit 380kV
(5 km 2 circuit)







This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

De interpretatie van de bovenstaande grafieken is niet eenduidig:

- Het bijvoegen van extra capaciteit op 380 kV in de laatste case (4) doet zowel de transiente overspanningen toenemen als de pieken in de frequency scan;
- Het bijvoegen van extra demping rond 100 Hz (case 2) heeft minder invloed op de frequency scan, maar heeft meer effect op de transiente overspanningen dan extra demping rond 350 Hz (case 3). De keuze van demping die het sterkst de pieken in de frequentiescan afzwakt is niet noodzakelijk het meest voordelig voor het overgangsverschijnsel.

Hierom menen wij dat de frequentiescan op zich nuttig is als screening, maar dat de uiteindelijke evaluatie van de schakeltransiënts met een daartoe geëigende software toch aangewezen is.

11. DETERMINISTISCHE >< PROBABILISTISCHE AANPAK VAN NETWERKPLANIFICATIE

11.1. Algemeen

Om een netwerkstructuur te bekomen die aangepast ("Adequacy") is aan de transportbehoeften kan men vertrekken van:

- Deterministische criteria, hetzij een gewenst resultaat voor welbepaalde toestand(en) van het net. Hierbij is het resultaat voor die welbepaalde toestanden wel gekend, maar blijft het gissen naar wat er zou gebeuren in andere nettoestanden die sowieso ook kunnen voorkomen;
- Probabilistische criteria waarbij, rekening houdend met alle mogelijke toestanden (en hun probabiliteit) van het net, een totaalscore wordt bepaald voor een index (KPI Key Performance Index) die het gewenst resultaat omschrijft.

Een uitgebreide behandeling is te vinden in het PhD werk van B.Tuinema "Reliability evaluation of Offshore Wind Energy Networks and the Dutch Power System", o.a. Intermediate Progress Report 1, December 2010.

11.2. Huidige aanpak in het Nederlandse HS net

De kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening is wettelijk vastgelegd in de "Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet" (Augustus 2013).

In wezen is dit een zuiver deterministische aanpak. Het kan niet betwist worden dat deze aanpak historisch een hoge betrouwbaarheid heeft opgeleverd. Zo vermeldt het document "Kwaliteitsnorm … " op pag.3 :

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Quote

Om een indicatie van de betrouwbaarheid te geven: in 2012 bedroeg de totale jaarlijkse uitvalduur 27 minuten. Dit betekent dat de elektriciteitslevering bij een gemiddelde klant in Nederland 27 minuten onderbroken was. De elektriciteitslevering was daarmee 99,99468% van de tijd beschikbaar en daarmee behoort Nederland tot de top 3 in Europa.

Unquote

Gedeeltelijk is de hoge betrouwbaarheid ook te verklaren door het feit dat in 220 kV en 380 kV tot nog toe de connecties quasi exclusief met de meest betrouwbare techniek, met name luchtlijn, werden gerealiseerd.

De "Kwaliteitsnorm …" laat volledig in het midden met welke technologie een verbinding gerealiseerd wordt. Het toepassen van een minder betrouwbare technologie (in casu kabel 380 kV) leidt de facto tot een lagere betrouwbaarheid van de elektriciteitslevering als geheel. Dit "verlies aan kwaliteit" ontgaat volledig aan de huidige "Kwaliteitsnorm …".

De vraag is in hoeverre de kwaliteit mag achteruitgaan alvorens er vanuit het cliënteel en de toezichthouder ACM misnoegdheid opduikt.

11.3. Mogelijke aanvulling met probabilistische technieken

In eerste instantie zou tussen alle betrokken partijen een (of meerdere) KPI moeten vastgelegd worden die de beoogde kwaliteit van elektriciteitsvoorziening bevattelijk omschrijven, te samen met streefcijfers voor deze KPI en ook de methodiek om deze KPI vooraf in te schatten bij de planificatie van het net.

Men kan hierbij overwegen dat ook de "Kwaliteitsnorm …" in feite ook neerkomt op een KPI. Die KPI kan omschreven worden als "de minimale transportreserve op de verbindingen van het net in enkelvoudige storing en tijdens onderhoud" waarbij deze KPI steeds groter dan nul moet zijn.

De nuldoorgang van deze "Kwaliteitsnorm KPI" (= geen reserve meer) is in de huidige aanpak de trigger voor versterking van het net met bijkomende connectie(s).

Het proces van opeenvolgende netuitbreidingen in functie van de totale transportbehoefte kan geïllustreerd worden met volgende grafiek (de huidige aanpak is onderaan in de grafiek weergegeven).

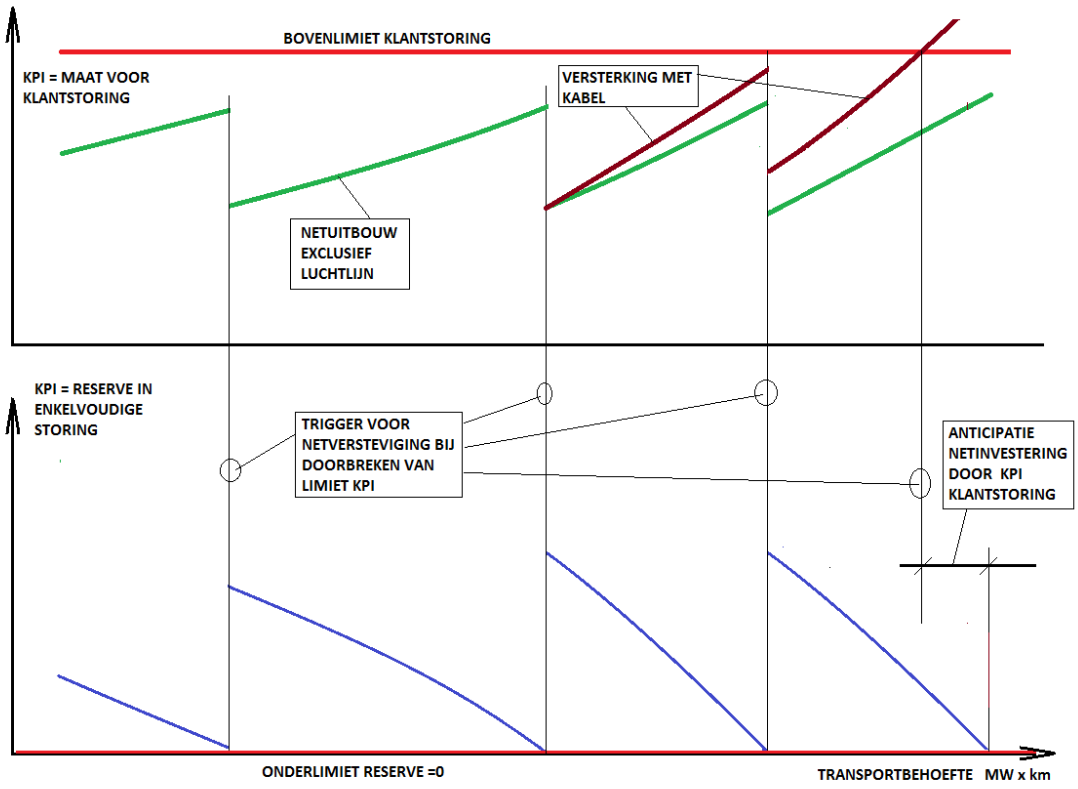
De blauwe gebroken curve geeft de "Kwaliteitsnorm …" KPI in functie van toenemende transportbehoeften (evenredig met vermogen en transportafstand).

Bij toenemende transportbehoefte is deze curve monotoon dalend (de reserve wordt kleiner naarmate de transportbehoefte toeneemt).

Bij elke netversteviging schuift de curve terug omhoog.

Het principe is dat men de reserve niet door nul laat gaan, m.a.w. elke nuldoorgang triggert een nieuwe netversteviging.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval



Stel nu dat een passende KPI indicator “Klantstoring” kan gedefinieerd worden, met een bijpassend streefcijfer (bovenlimiet). In de huidige stand van het net (met de spreekwoordelijk hoge betrouwbaarheid) wordt die bovenlimiet helemaal niet bereikt en volgt de trigger van netversteviging getrouw de “Kwaliteitsnorm KPI”.

Door toepassen van minder betrouwbare kabelverbindingen zal de evolutie van de indicator “Klantstoring” wel steiler gaan verlopen, en kan het zover komen dat de bovenlimiet voor deze indicator eer bereikt wordt dan de eerstvolgende nuldoorgang van de “Kwaliteitsnorm KPI”. In dat geval zou men de klassieke netversteviging moeten vervroegen om de “Klantstoring” KPI binnen de limiet te houden.

In elk geval zal het mogelijk zijn om zicht te houden op de evolutie van de “Klantenstoring KPI” en, als het nodig geacht wordt, bij te sturen via anticipatie van bijkomende netinvesteringen.

De invoering van netverbindingen met een intrinsiek lagere betrouwbaarheid brengt als dusdanig geen onomkeerbaar verlies aan betrouwbaarheid van het net als geheel mee. In het slechtste geval moet men enkel de netverstevigingen anticiperen.

De huidige “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve” biedt hiervoor geen geschikt criterium.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 7

2. ROL QUICK SCANS M.B.T. VERKABELING 380 KV 7

3. SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ 8

4. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN TENNET 8

4.1. Algemene focus van TenneT 8

4.2. Ingecalculeerde “voorafbestaande” toestand in de Quick Scan analyse 9

4.2.1. Netmodel9

4.2.2. Netconfiguraties 9

4.2.3. Tendens in productie 10

4.2.4. Gedegradeerde netsituaties = N-2 10

4.3. Simulatie van de beoogde verkabeling 10

5. TOETSING UITGANGS PUNTEN AAN DE SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ 10

5.1. Hoe betrouwbaar zijn de Quick Scans 10

5.2. Pertinentie van de Quick Scan resultaten 11

5.3. Wat zijn de risico’s? Wat kan over het hoofd gezien worden? 11

5.4. Welke aspecten zijn onderbelicht? 11

5.5. Zijn de quick scans toetsbaar? 12

6. ZUID-WEST BORSSELE – RILLAND 12

6.1. Netconfiguraties 12

6.2. Resultaat harmonische analyse 13

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

7. CONCLUSIES 13

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Managementsamenvatting

TenneT heeft op 20 maart 2015 een brief gestuurd aan het Ministerie van Economische Zaken. In deze brief geeft TenneT aan dat de eerste resultaten van het onderzoek naar de eerste 10 kilometer 380 kV-kabel welke ondergronds is aangelegd in Randstad 380 kV indiceren dat het technisch mogelijk is om meer dan het huidige maximum van 20 kilometer ondergronds te verkabelen. Volgens TenneT dient per geval bekeken te worden wat mogelijk is en gelden voor de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabels strikte randvoorwaarden. Zo is het volgens TenneT zeer onwenselijk om delen van interconnectoren of de landelijke ring ondergronds te verkabelen vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese stroomvoorziening.

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in Kamerbrief DGETM-EM / 15042423 aangegeven een bureau te vragen om de analyse van TenneT te beoordelen en daarbij de tussentijdse resultaten van de 10 kilometer ondergrondse Randstad 380 kV-verbinding te betrekken en aan te geven welke randvoorwaarden in acht genomen moeten worden bij het ondergronds verkabelen van nieuwe (delen van) 380 kV-verbindingen uit het oogpunt van leveringszekerheid. Het onderliggende rapport en deze managementsamenvatting betreffen deze analyse.

Tractebel Engineering (TE) heeft in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken (Ref 20150625-004) een tweede opinie geformuleerd bij TenneT's "Actualisatie van visie op ondergrondse aanleg 380 kV".

Algemene conclusies van TE

Met betrekking tot het ondergronds brengen op korte termijn van méér dan de huidige 20 km 380 kV verbinding onderschrijft TE de conclusie van TenneT dat, met de thans beschikbare inzichten en bij behoud van de huidige planning- en kwaliteitscriteria, bijkomend verkabelen overwogen kan worden mits aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan.

- Als eerste randvoorwaarde geldt dat de bijkomende verkabeling beperkt blijft tot 20 km totaal (extra verbindingslengte, twee circuits), welke verspreid wordt over meerdere verbindingen en geografisch gespreid wordt over het hele landelijke 380 kV net.
- Als tweede randvoorwaarde geldt dat verkabeling niet wordt toegepast in zwaar belaste verbindingen en met name niet in de landelijke 380 kV ring en de interconnectoren.
- Als derde randvoorwaarde geldt dat het effect van de kabels op schakelfenomenen in het 380 kV net beheersbaar moet blijven, hetgeen van geval tot geval geverifieerd moet worden. De door TenneT voorgestelde aanpak van Quick Scans om deze effecten te beoordelen is voorzichtig en behoudend.

Project-specifieke conclusies van TE (op basis van de Quick Scans)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Borssele – Rilland onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, verkabelen niet opportuun is wegens mogelijke resonanties en overspanningen bij schakelfenomenen. Overspanningen houden een risico in voor beschadiging van netcomponenten en netuitval.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Rilland - Tilburg onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier waarschijnlijk niet problematisch is, maar dit dient geverifieerd te worden met een doelgerichte transiëntenanalyse.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Eemshaven – Vierverlaten wenst TE de conclusie van TenneT dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier hoogst waarschijnlijk niet mogelijk is toch enigszins af te zwakken. Een doelgerichte transiëntenanalyse moet hierin uitsluitsel brengen.

Conclusies van TE betreffende de langere termijn

Met betrekking tot verder verkabelen (méér dan de beoogde 20 km verbinding) in de toekomst, komt TE tot de bevinding dat hiervoor het huidige beoordelingskader verruimd dient te worden. Dit vereist een gemeenschappelijke aanpak van wetgever, toezichthouder en netbeheerder TenneT.

Onderbouwing van de conclusies

De bovenstaande bevindingen van TE zijn gestoeld op de volgende inzichten, die verkregen zijn door onderzoek van de met de opdracht meegeleverde documenten en besprekingen met de betrokken partijen.

Met betrekking tot betrouwbaarheid en verkabeling zijn de inzichten de volgende:

- Uitgaande van de huidige “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet”, treedt bij het systematisch toevoegen van kabelverbindingen een sluipende kwaliteitsvermindering op. Deze ontsnapt volledig aan het criterium “Enkelvoudige storingsreserve”, omdat in dit laatste criterium geen rekening gehouden kan worden met de lagere beschikbaarheid van kabelcircuits ten opzichte van luchtlijnen;
- In een eerste fase, en ook al omdat de huidige kwaliteit op een zodanig hoog peil staat, is deze kwaliteitsdaling niet onmiddellijk dramatisch. Voorwaarde is wel dat men de bijkomende 20 km kabelverbinding spreidt over het hele 380 kV net en uitsluit op hoog belaste connecties. In dat geval zal de kwaliteitsvermindering marginaal zijn;
- Deze kwaliteitsvermindering is niet onomkeerbaar en kan opgevangen en geneutraliseerd worden door netinvesteringen ietwat proactief te realiseren. In de afweging om al dan niet vervroegd te investeren in het net om kwaliteitsvermindering tegen te gaan is de toezichthouder ACM zeker een te betrekken partij;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Om op een goed onderbouwde manier te kunnen beslissen over verdere verkabeling van 380 kV verbindingen moet op een probabilistische basis (dat is op basis van kansberekening) een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het hoogspanningsnet. Dit vraagt om afstemming tussen de Nederlandse wetgever, de toezichthouder ACM en de netwerkbeheerder TenneT met betrekking tot relevante prestatie-indicatoren (Key Performance Indices, hierna KPI), evenals met betrekking tot de aanpak en software-tools om deze KPI's te bepalen. In het recente onderzoek van TenneT is voor dit laatste een aanzet gegeven, maar dit heeft slechts zin indien alle betrokken partijen het eens zijn over de probabilistische aanpak zelf;
- De probabilistische aanpak moet operationeel zijn voordat méér verkabeld kan worden dan de nu voorgestelde 20 km.

Met betrekking tot verkabeling en netstoringen door transienten zijn de inzichten de volgende:

- Een frequentie-scan zoals TenneT in de Quick Scans heeft toegepast laat een vlugge screening toe, maar leidt tot een behoudende uitkomst ten aanzien van de mogelijkheden voor het verkabelen op 380 kV. Een (vereenvoudigde) "transiente" berekening geeft een nauwkeuriger inschatting van de schakeltransienten.
- De spreiding van in totaal 20 km 380 kV verbinding ondergronds over verschillende geografisch gescheiden projecten zou normaal geen problemen qua schakeltransienten moeten opleveren;
- Verdere verkabeling van 380 kV verbindingen zal onvermijdelijk leiden tot een toename van lagere resonantiefrequenties;
- De tendens naar hernieuwbare productie, hetgeen leidt tot een verlaging van kortsluitvermogen, leidt eveneens tot een toename van lagere resonantiefrequenties. Hernieuwbare productie kan bovendien aanleiding geven tot regel-instabiliteiten door terugkoppeling van stoorsignalen via het net;
- Om deze twee effecten te neutraliseren zal er méér demping nodig zijn in het net op lagere harmonische frequenties. Voor een optimale toepassing van deze technieken is verder onderzoek nodig.

Met betrekking tot de uitzonderingen die TenneT maakt ten aanzien van verkabeling, namelijk dat de landelijke ring en de interconnectoren niet verkabeld worden, kan het volgende worden opgemerkt:

- Strikt genomen zijn TenneT en de landelijke regelgevende autoriteit ACM bevoegd inzake de keuze van techniek voor zowel het nationale net als voor interconnectoren. De Europese regelgeving en ook ENTSO-E (het Europees samenwerkingsverband van netwerkoperatoren) laat dit aan de landelijke autoriteiten over;
- TenneT verwijst in de opinie van TE terecht naar het belang van de betrokken uitzonderingen als schakels in het geïnterconnecteerd Europees net. TenneT opteert voor de grootst mogelijke betrouwbaarheid op deze verbindingen, dit om de zekerheid van bedrijfsvoering (Operational Security) in Europese context te kunnen garanderen.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Aanbevelingen

Indien nog verdere verkabeling (na de volgende 20 km) wordt overwogen, dan geeft TE hierbij de volgende aanbevelingen:

- TE beveelt aan dat TenneT in de gevolgde aanpak van Quick Scans systematisch vereenvoudigde transiente berekeningen opneemt;
- TE beveelt aan om een gemeenschappelijke aanpak (wetgever, toezichtshouder, TenneT) op basis van probabilistische technieken op te stellen voor de verdere uitbouw van het hoogspanningsnet. Hierdoor kunnen de bijkomende risico's van verkabeling van 380 kV verbindingen correct worden ingeschat en waar nodig geneutraliseerd worden;
- TE beveelt aan om onderzoek te verrichten naar betrouwbare en kosten-efficiënte oplossingen om de demping op lagere frequenties in het 380 kV net te verhogen. Dit moet toelaten om verder te verkabelen en tegelijk de verlaging van het kortsluitvermogen (tengevolge van de verschuiving in productie-mix) op te vangen. Tegelijk zal dit ook de stoorsignalen en de bijbehorende interferentie helpen onderdrukken.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Deze nota is opgemaakt in het kader van de opdracht (Ref. 20150625-004 van 25 juni 2015) van het Ministerie van Economische Zaken (MINEZ) aan Tractebel Engineering (TE) met betrekking tot een Second Opinion aangaande de beleidswijziging van TenneT om de 20 kilometer limiet van ondergrondse kabel in het 380 kV-net los te laten.

Deze Second Opinion moet ook de Quick Scan analyses (3 stuks) omvatten die door TenneT in dit verband worden opgemaakt.

Het onderwerp van dit document is de review van de Quick Scan voor Zuid-West Borssele – Rilland.

Dit document is opgemaakt op basis van:

- een eerste algemene bespreking met TenneT (op 04/08/2015) van intern onderzoek van TenneT met betrekking tot verkabelen;
- de uitgangspunten van TenneT, doc.12 juli 2015 ref. PU-AM 15-301 "Uitgangspunten harmonische analyses voor het toepassen van 380 kV-kabel";
- de analyse van het document "Quick Scan naar mogelijke 380kV-verkabeling in ZW380kV West (Borssele – Rilland)" Documentnummer: 000.145.20 0393457 Versie: 1.0 van 6 augustus 2015 (overgemaakt aan MINEZ op 11/08/2015).

Verder wordt ook verwezen naar de documenten die samen het Rapport 2nd verkabeling uitmaken:

- "Management Summary" met ref. RITI/4NT/400814/000/00
- "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00
- "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" met ref. RITI/4NT/400814/002/00;
- "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/003/00.

2. ROL QUICK SCANS M.B.T. VERKABELING 380 KV

In het kader van de beleidswijziging heeft Tennet aangegeven in 2 tot 3 maanden Quick Scans te kunnen uitvoeren om na te gaan of het überhaupt mogelijk is in de huidige (nieuwe) projecten delen ondergronds te verkabelen.

Voor elk voorgedragen project beoordeelt TenneT de mogelijkheid tot (gedeeltelijk) verkabelen opde volgende vier aspecten:

- RO-aspecten (in relatie tot de kaders van SEV III)
- Techniek

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Effecten op de doorlooptijd van de projecten
- Kosten.

Deze aspecten zullen bekeken worden in samenhang met het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak.

De Second Opinion van TE zal het aspect Techniek omvatten.

3. SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ

De specifieke vraagstelling van MINEZ (zoals verwoord in de Request for Quotation en de opdracht) betreffende de Quick Scans betreft:

- Hoe betrouwbaar zijn de quick scans?
- Wat kan op basis daarvan gezegd worden en met welke betrouwbaarheid? Hoe diepgaand zijn de quick scans? Hoe zeker is het dat iets kan als de quick scan aangeeft dat het kan?
- Wat zijn de risico's? Wat kan over het hoofd gezien worden?
- Welke aspecten mis je ten opzichte van de volledige berekeningen (die ongeveer 10 maanden in beslag zullen nemen).
- Zijn de quick scans toetsbaar?

4. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN TENNET

4.1. Algemene focus van TenneT

Zonder hierbij vooruit te lopen op de Second Opinion rapportage betreffende de beleidswijziging zelf en het intern en extern onderbouwend onderzoek kan men stellen dat de focus van TenneT ligt op:

- Hoge beschikbaarheid (in weerwil van de relatief lange reparatietijden voor kabelverbindingen). Dit speelt mee in de selectie van connecties waar eventueel (gedeeltelijke) verkabeling kan worden overwogen, en die dan aan een Quick Scan onderzoek worden onderworpen. De pre-selectie voor een Quick Scan veronderstelt reeds dat het beschikbaarheidscriterium voldaan is. Zo zal men bekabeling vermijden:
    - Als de connectie deel uitmaakt van de landelijke ring (vermijden van "langdurige" opening van de landelijk ring);
    - Als de connectie een internationale interconnectieverbinding is (vermijden van "langdurige" opening van de interconnector met risico voor bedrijf van het Europees geïnterconnecteerd net);
    - Als een interconnector daardoor uitsluitend door bekabelde connecties met de landelijke ring zou verbonden zijn (vermijden van "langdurige" onrechtstreekse storing van de interconnectie met risico voor bedrijf van het Europees geïnterconnecteerd net)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Beheersing van spanningskwaliteit en spanningstransienten (bij schakelen of bij kortsluitingen). Deze zorg vloeit voornamelijk voort uit de vaststelling dat de bijkomende capaciteit (in strictu sensu = de opgeslagen electrische lading (Coulomb) / bijbehorende verhoging van potentiaal of spanning (Volt)) van kabels (in vergelijking met luchtlijn) veel groter wordt. Een grotere capaciteit verschuift de eigenfrequenties in het net naar lagere frequentiewaarden, al dan niet met een lage demping (negatief reëel deel van de eigenwaarde). (NB een toelichting hierbij is voorzien in de algemene rapportage bij de Second Opinion beleidswijziging);
- Als eerste indicator hanteert TenneT de invloed van bijkomende kabel op de frequentierespons van het net (door middel van Frequency Scans). Het optreden van resonatiepieken < 500 Hz (< 10 x de normale netfrequentie), met een impedantiepiek > 100 Ohm (in Ohm 380 kV) wordt aanzien als een signaal dat problemen mogelijk zijn en dat verder onderzoek met transiente berekeningen noodzakelijk is. In de andere gevallen acht men problemen minder waarschijnlijk maar zal men (voorlopig) toch transiente berekeningen uitvoeren tot verkrijgen van meer inzicht in de problematiek.

Andere aspecten zoals beheersing van het reactief vermogen in normale bedrijfstoestand (steady state) en netstabiliteit (behoud synchronisme, spanningsstabiliteit) worden beheersbaar geacht mits een gepaste compensatie van het reactief vermogen van de kabels met reactoren (inductanties) en bijbehorende schakelrichtlijnen.

4.2. Ingecalculeerde “voorafbestaande” toestand in de Quick Scan analyse

4.2.1. Netmodel

Het netmodel voor de Frequency Scan omvat het model “Multi-HVDC study” met:

- 380 kV met distributed parameter voorstelling, om hogere frequenties nauwkeurig weer te geven;
- 110 en 150 kV netten voorgesteld met eenvoudiger modellen (PI-cellen)
- Netbelastingen voorgesteld als R+jX element overeenkomstig de MW-Mvar afname;
- Vereenvoudigd equivalent van externe netten (eventueel enkel als bron van kortsluitvermogen).

4.2.2. Netconfiguraties

- Bestaand net inclusief :
  - Randstad Zuid;
  - Randstad Noord met hierin de juiste hoeveelheid 380kV-kabel volgens de laatste plannen;
  - Doetinchem – Wesel als 380kV bovengrondse verbinding;
  - NW380 fase 1 en fase 2 als bovengrondse verbindingen;
  - ZW380 fase 1 en fase 2 als bovengrondse verbindingen.
- Inclusief de bekende netten off-shore GEMINI en 220 kV Wind op Zee;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Ingeschatte aansluitkabels voor toekomstige opwekkers en verbruikers volgens SEVIII;

4.2.3. Tendens in productie

Het dalende kortsluitniveau dat de komende jaren verwacht wordt ten gevolge van de energietransitie wordt op de volgende manier in het model gesimuleerd:

- Alle synchroon gekoppelde conventionele productie-eenheden worden uit bedrijf verondersteld.
- De kortsluitstroombijdrage vanuit het buitenland wordt gereduceerd tot 25% van de huidige maximale waarde.

4.2.4. Gedegradeerde netsituaties = N-2

Verdere reductie van het kortsluitniveau vindt plaats door de berekening van de frequentiescan op het betreffende 380kV-station uit te voeren onder n-2 voorwaarden van de beschikbaar zijnde 380kV-circuits.

4.3. Simulatie van de beoogde verkabeling

Enkel de frequentiescan van de “onverkabelde “ studiecase werd geanalyseerd en gedocumenteerd. Hierbij ging TenneT er van uit dat de resultaten zonder kabel reeds zodanig ongunstig waren, dat een vergelijking met een bijkomende verkabeling er niet meer zou toe doen.

TE meent dat deze vergelijking met weinig bijkomende moeite mogelijk is en toch waardevolle informatie kan geven over de impact van de verkabeling op verschuiving / versterking (of afzwakking) van resonantiepieken in de specifieke netsituatie in kwestie.

5. TOETSING UITGANGS PUNTEN AAN DE SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ

5.1. Hoe betrouwbaar zijn de Quick Scans

- De Quick Scan vermeldt de redenen waarom verkabelen in het “Project” in kwestie in aanmerking komt, waarbij de aspecten betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het 380 kV net in acht genomen worden. Dit aspect is ook impliciet afgedekt in de keuze van projecten die voor Quick Scan in aanmerking komen (Zie 4.1 bullet1 hierboven);
- Het detecteren van een lage resonantiefrequentie met hoge resonantieimpedantie is een goede indicator van mogelijke problemen, maar geen absoluut criterium op zich voor uitsluiting. Transiente berekeningen moeten hier de doorslag geven;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Afwezigheid van “lage resonantiefrequentie met hoge resonantieimpedantie” is een “business as usual” situatie. Niettemin voorziet TenneT hier ook transiente berekeningen om meer inzicht te verkrijgen in de problematiek;
- Samengevat kan met stellen dat de Quick Scans eerder de probleemsituaties zullen overschatten dan onderschatten.

5.2. Pertinentie van de Quick Scan resultaten

Wat kan op basis van de Quick Scans gezegd worden en met welke betrouwbaarheid? Hoe diepgaand zijn de Quick Scans? Hoe zeker is het dat iets kan als de Quick Scan aangeeft dat het kan?

- Het technische aspect van de Quick Scan behelst enkel de frequency scan, met detectie van lage lage resonantiefrequenties met hoge resonantieimpedanties;
- Zoals hoger aangegeven is dit eerder een inschatting ”aan de hoge kant” van mogelijke problemen;
- TenneT geeft aan dat hierin ook nog een leerproces aan de gang is, waarbij men ook voor de positieve Quick Scans (die geen gevaarlijke resonanties signaleren) alsnog ook transiente studies zal uitvoeren om een en ander te bevestigen.

5.3. Wat zijn de risico’s? Wat kan over het hoofd gezien worden?

- De gevolgde procedure en de ingecalculeerde randvoorwaarden zullen eer potentiele kabelprojecten elimineren dan twijfelachtige kandidaat-projecten promoveren. Hoe dan ook lijkt het ons aangewezen om een vereenvoudigde (beperkt net) transiente analyse mee te nemen in de Quick Scan;
- Indien men (met lage resonanties en hoge resonantie impedanties) toch nog een behoorlijk transient gedrag kan aantonen blijft nog het risico van harmonische interacties tussen “Static devices”, meer in het bijzonder converters van allerlei aard (HVDC stations, full converter WTG, SVC, STATCOM’s), die meer en meer gaan voorkomen in de transportnetten van de toekomst. Voorafbepaling, laat staan remediering, van dergelijke fenomenen is op dit ogenblik uitgesloten wegens gebrek aan gevalideerde modellen en parameterwaarden

5.4. Welke aspecten zijn onderbelicht?

Welke aspecten mis je ten opzichte van de volledige berekeningen (die ongeveer 10 maanden in beslag zullen nemen).

- Indien de frequency scan van het voorafbestaande net (zonder de beoogde verkabeling gesimuleerd) reeds “gevaarlijke” resonanties aantoont loont het zeker de moeite via parametervariatie de oorsprong hiervan op te sporen.
- Een vereenvoudigde (beperkt net) transiente analyse. Dit moet toelaten van negatieve conclusies te bevestigen zonder hiervoor nog uitgebreide transiente analyses te gaan uitvoeren.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

5.5. Zijn de quick scans toetsbaar?

De Frequency Scans en conclusies zijn zonder meer reproduceerbaar en toetsbaar voor zover het betrokken netmodel beschikbaar wordt gesteld.

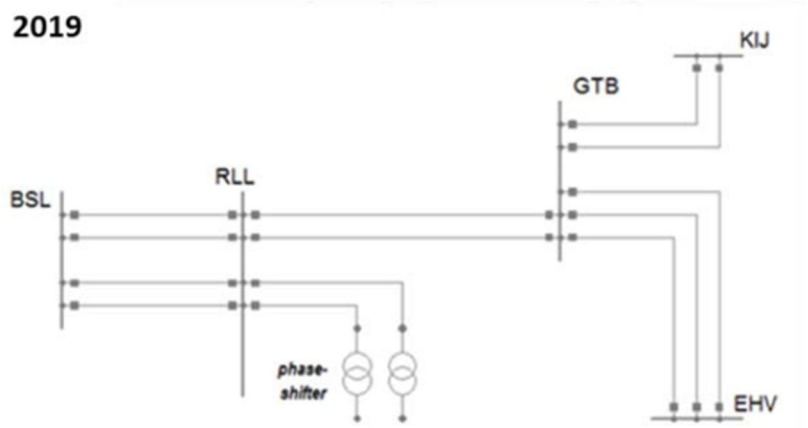
6. ZUID-WEST BORSSELE – RILLAND

Hier verwijzen wij naar document PU-AM 15-369 van 22 juli 2015, in bijlage 1van het document "Quick Scan naar mogelijke 380kV-verkabeling in ZW380kV West (Borssele – Rilland)".

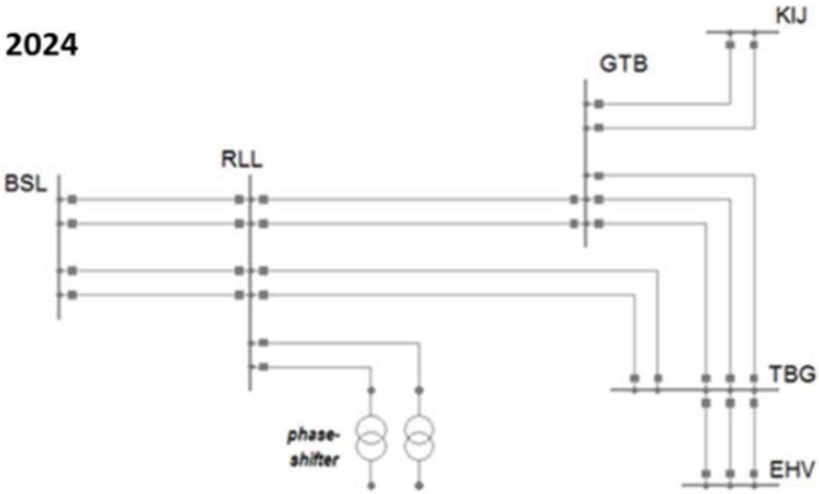
6.1. Netconfiguraties

In het uitgangspunt "Netconfiguraties" worden twee fasen onderscheiden:

Fase 2019:



En Fase 2024:



This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Het wezenlijke verschil tussen Fase 1 en Fase 2 is de (meer dan) ontdubbeling van van de transmissiecapaciteit vanuit Rilland naar het landelijk 380 kV net.

Daarnaast is er in Borssele al van in Stadium 1 in totaal 240 km kabelcircuit 220 kV off-shore aangesloten, pakweg een condensatorbatterij van ~700Mvar, via transformatoren 380/220 kV.

Gezien vanuit Borssele 380 kV is dit een serie-oscillatiekring met zeer lage verliezen (en dus lage demping). Het al dan niet compenseren met reactanties op 220 kV verandert hier weinig aan.

Een dergelijke serie-resonantiekring, aangesloten op een inductief net, creëert automatisch een anti-resonantie op een iets lagere frequentie in zijn ansluitpunt.

Verder is niet duidelijk of in de zone BSL en RLL lokale belastingen aanwezig zijn (die kunnen bijdragen tot demping) en hoeveel.

6.2. Resultaat harmonische analyse

De frequency scan van Fase 1 (wij veronderstellen de begintoestand, zonder extra verkabeling 380 kV ingebracht) vertoont een aantal pieken onder 500 Hz, met impedantiewaarden tot 800 ohm (op 380 kV), met in het bijzonder een resonantie op ~100 Hz.

Deze laatste is vermoedelijk gelinkt aan de anti-resonantie veroorzaakt door de 220 kV off-shore kabels via Transfo 380/220 kV.

Hierbij kan men zich de vraag stellen (i.v.m. beheersing van spanningskwaliteit en spanningstransienten) of deze begintoestand überhaupt als een veilige netsituatie kan gekwalificeerd worden.

Het verergeren van de situatie door nog bijkomende kabelcapaciteit op 380 kV (~ 40Mvar per km 2-circuit kabelconnectie) is geen optie en de conclusie dat bijkomend verkabelen op 380 kV niet mogelijk is in Fase 1 kan worden onderschreven.

In het licht van de veiligheids- en kwaliteitsdoelstellingen die TenneT zich stelt lijkt het ons evengoed aangewezen om de beginsituatie zelf grondig in vraag te stellen.

Door een parameterstudie in de frequency scan zou men zeer eenvoudig de “bepalende” netelementen in de afgelezen resonanties kunnen bepalen.

7. CONCLUSIES

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Borssele – Rilland onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, verkabelen niet opportuun is wegens mogelijke resonanties en overspanningen bij schakelfenomenen.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- In het licht van de veiligheids- en kwaliteitsdoelstellingen die TenneT zich stelt lijkt het ons aangewezen om ook de beginsituatie zelf grondig in vraag te stellen;
- Een parameterstudie in de frequency scan zou hier bijkomend inzicht kunnen verschaffen.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 7

2. ROL QUICK SCANS M.B.T. VERKABELING 380 KV 7

3. SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ 8

4. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN TENNET 8

4.1. Algemene focus van TenneT 8

4.2. Ingecalculeerde “voorafbestaande” toestand in de Quick Scan analyse 9

4.2.1. Netmodel9

4.2.2. Netconfiguraties 9

4.2.3. Tendens in productie 10

4.2.4. Gedegradeerde netsituaties = N-2 10

4.3. Simulatie van de beoogde verkabeling 10

5. TOETSING UITGANGS PUNTEN AAN DE SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ 10

5.1. Hoe betrouwbaar zijn de Quick Scans 10

5.2. Pertinentie van de Quick Scan resultaten 11

5.3. Wat zijn de risico’s? Wat kan over het hoofd gezien worden? 11

5.4. Welke aspecten zijn onderbelicht? 11

5.5. Zijn de quick scans toetsbaar? 11

6. ZUID-WEST RILLAND - TILBURG 12

6.1. Netconfiguraties 12

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

6.2. Resultaat harmonische analyse 13

7. CONCLUSIES 13

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Managementsamenvatting

TenneT heeft op 20 maart 2015 een brief gestuurd aan het Ministerie van Economische Zaken. In deze brief geeft TenneT aan dat de eerste resultaten van het onderzoek naar de eerste 10 kilometer 380 kV-kabel welke ondergronds is aangelegd in Randstad 380 kV indiceren dat het technisch mogelijk is om meer dan het huidige maximum van 20 kilometer ondergronds te verkabelen. Volgens TenneT dient per geval bekeken te worden wat mogelijk is en gelden voor de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabels strikte randvoorwaarden. Zo is het volgens TenneT zeer onwenselijk om delen van interconnectoren of de landelijke ring ondergronds te verkabelen vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese stroomvoorziening.

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in Kamerbrief DGETM-EM / 15042423 aangegeven een bureau te vragen om de analyse van TenneT te beoordelen en daarbij de tussentijdse resultaten van de 10 kilometer ondergrondse Randstad 380 kV-verbinding te betrekken en aan te geven welke randvoorwaarden in acht genomen moeten worden bij het ondergronds verkabelen van nieuwe (delen van) 380 kV-verbindingen uit het oogpunt van leveringszekerheid. Het onderliggende rapport en deze managementsamenvatting betreffen deze analyse.

Tractebel Engineering (TE) heeft in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken (Ref 20150625-004) een tweede opinie geformuleerd bij TenneT's "Actualisatie van visie op ondergrondse aanleg 380 kV".

Algemene conclusies van TE

Met betrekking tot het ondergronds brengen op korte termijn van méér dan de huidige 20 km 380 kV verbinding onderschrijft TE de conclusie van TenneT dat, met de thans beschikbare inzichten en bij behoud van de huidige planning- en kwaliteitscriteria, bijkomend verkabelen overwogen kan worden mits aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan.

- Als eerste randvoorwaarde geldt dat de bijkomende verkabeling beperkt blijft tot 20 km totaal (extra verbindingslengte, twee circuits), welke verspreid wordt over meerdere verbindingen en geografisch gespreid wordt over het hele landelijke 380 kV net.
- Als tweede randvoorwaarde geldt dat verkabeling niet wordt toegepast in zwaar belaste verbindingen en met name niet in de landelijke 380 kV ring en de interconnectoren.
- Als derde randvoorwaarde geldt dat het effect van de kabels op schakelfenomenen in het 380 kV net beheersbaar moet blijven, hetgeen van geval tot geval geverifieerd moet worden. De door TenneT voorgestelde aanpak van Quick Scans om deze effecten te beoordelen is voorzichtig en behoudend.

Project-specifieke conclusies van TE (op basis van de Quick Scans)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Borssele – Rilland onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, verkabelen niet opportuun is wegens mogelijke resonanties en overspanningen bij schakelfenomenen. Overspanningen houden een risico in voor beschadiging van netcomponenten en netuitval.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Rilland - Tilburg onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier waarschijnlijk niet problematisch is, maar dit dient geverifieerd te worden met een doelgerichte transiëntenanalyse.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Eemshaven – Vierverlaten wenst TE de conclusie van TenneT dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier hoogst waarschijnlijk niet mogelijk is toch enigszins af te zwakken. Een doelgerichte transiëntenanalyse moet hierin uitsluitsel brengen.

Conclusies van TE betreffende de langere termijn

Met betrekking tot verder verkabelen (méér dan de beoogde 20 km verbinding) in de toekomst, komt TE tot de bevinding dat hiervoor het huidige beoordelingskader verruimd dient te worden. Dit vereist een gemeenschappelijke aanpak van wetgever, toezichthouder en netbeheerder TenneT.

Onderbouwing van de conclusies

De bovenstaande bevindingen van TE zijn gestoeld op de volgende inzichten, die verkregen zijn door onderzoek van de met de opdracht meegeleverde documenten en besprekingen met de betrokken partijen.

Met betrekking tot betrouwbaarheid en verkabeling zijn de inzichten de volgende:

- Uitgaande van de huidige “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet”, treedt bij het systematisch toevoegen van kabelverbindingen een sluipende kwaliteitsvermindering op. Deze ontsnapt volledig aan het criterium “Enkelvoudige storingsreserve”, omdat in dit laatste criterium geen rekening gehouden kan worden met de lagere beschikbaarheid van kabelcircuits ten opzichte van luchtlijnen;
- In een eerste fase, en ook al omdat de huidige kwaliteit op een zodanig hoog peil staat, is deze kwaliteitsdaling niet onmiddellijk dramatisch. Voorwaarde is wel dat men de bijkomende 20 km kabelverbinding spreidt over het hele 380 kV net en uitsluit op hoog belaste connecties. In dat geval zal de kwaliteitsvermindering marginaal zijn;
- Deze kwaliteitsvermindering is niet onomkeerbaar en kan opgevangen en geneutraliseerd worden door netinvesteringen ietwat proactief te realiseren. In de afweging om al dan niet vervroegd te investeren in het net om kwaliteitsvermindering tegen te gaan is de toezichthouder ACM zeker een te betrekken partij;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Om op een goed onderbouwde manier te kunnen beslissen over verdere verkabeling van 380 kV verbindingen moet op een probabilistische basis (dat is op basis van kansberekening) een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het hoogspanningsnet. Dit vraagt om afstemming tussen de Nederlandse wetgever, de toezichthouder ACM en de netwerkbeheerder TenneT met betrekking tot relevante prestatie-indicatoren (Key Performance Indices, hierna KPI), evenals met betrekking tot de aanpak en software-tools om deze KPI's te bepalen. In het recente onderzoek van TenneT is voor dit laatste een aanzet gegeven, maar dit heeft slechts zin indien alle betrokken partijen het eens zijn over de probabilistische aanpak zelf;
- De probabilistische aanpak moet operationeel zijn voordat méér verkabeld kan worden dan de nu voorgestelde 20 km.

Met betrekking tot verkabeling en netstoringen door transienten zijn de inzichten de volgende:

- Een frequentie-scan zoals TenneT in de Quick Scans heeft toegepast laat een vlugge screening toe, maar leidt tot een behoudende uitkomst ten aanzien van de mogelijkheden voor het verkabelen op 380 kV. Een (vereenvoudigde) "transiente" berekening geeft een nauwkeuriger inschatting van de schakeltransienten.
- De spreiding van in totaal 20 km 380 kV verbinding ondergronds over verschillende geografisch gescheiden projecten zou normaal geen problemen qua schakeltransienten moeten opleveren;
- Verdere verkabeling van 380 kV verbindingen zal onvermijdelijk leiden tot een toename van lagere resonantiefrequenties;
- De tendens naar hernieuwbare productie, hetgeen leidt tot een verlaging van kortsluitvermogen, leidt eveneens tot een toename van lagere resonantiefrequenties. Hernieuwbare productie kan bovendien aanleiding geven tot regel-instabiliteiten door terugkoppeling van stoorsignalen via het net;
- Om deze twee effecten te neutraliseren zal er méér demping nodig zijn in het net op lagere harmonische frequenties. Voor een optimale toepassing van deze technieken is verder onderzoek nodig.

Met betrekking tot de uitzonderingen die TenneT maakt ten aanzien van verkabeling, namelijk dat de landelijke ring en de interconnectoren niet verkabeld worden, kan het volgende worden opgemerkt:

- Strikt genomen zijn TenneT en de landelijke regelgevende autoriteit ACM bevoegd inzake de keuze van techniek voor zowel het nationale net als voor interconnectoren. De Europese regelgeving en ook ENTSO-E (het Europees samenwerkingsverband van netwerkoperatoren) laat dit aan de landelijke autoriteiten over;
- TenneT verwijst in de opinie van TE terecht naar het belang van de betrokken uitzonderingen als schakels in het geïnterconnecteerd Europees net. TenneT opteert voor de grootst mogelijke betrouwbaarheid op deze verbindingen, dit om de zekerheid van bedrijfsvoering (Operational Security) in Europese context te kunnen garanderen.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Aanbevelingen

Indien nog verdere verkabeling (na de volgende 20 km) wordt overwogen, dan geeft TE hierbij de volgende aanbevelingen:

- TE beveelt aan dat TenneT in de gevolgde aanpak van Quick Scans systematisch vereenvoudigde transiente berekeningen opneemt;
- TE beveelt aan om een gemeenschappelijke aanpak (wetgever, toezichtshouder, TenneT) op basis van probabilistische technieken op te stellen voor de verdere uitbouw van het hoogspanningsnet. Hierdoor kunnen de bijkomende risico's van verkabeling van 380 kV verbindingen correct worden ingeschat en waar nodig geneutraliseerd worden;
- TE beveelt aan om onderzoek te verrichten naar betrouwbare en kosten-efficiënte oplossingen om de demping op lagere frequenties in het 380 kV net te verhogen. Dit moet toelaten om verder te verkabelen en tegelijk de verlaging van het kortsluitvermogen (tengevolge van de verschuiving in productie-mix) op te vangen. Tegelijk zal dit ook de stoorsignalen en de bijbehorende interferentie helpen onderdrukken.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Deze nota is opgemaakt in het kader van de opdracht (Ref. 20150625-004 van 25 juni 2015) van het Ministerie van Economische Zaken (MINEZ) aan Tractebel Engineering (TE) met betrekking tot een Second Opinion aangaande de beleidswijziging van TenneT om de 20 kilometer limiet van ondergrondse kabel in het 380 kV-net los te laten.

Deze Second Opinion moet ook de Quick Scan analyses (3 stuks) omvatten die door TenneT in dit verband worden opgemaakt.

Het onderwerp van dit document is de review van de Quick Scan voor Zuid-West Rilland - Tilburg.

Dit document is opgemaakt op basis van:

- een eerste algemene bespreking met TenneT (op 04/08/2015) van intern onderzoek van TenneT met betrekking tot verkabelen;
- de uitgangspunten van TenneT, doc.12 juli 2015 ref. PU-AM 15-301 "Uitgangspunten harmonische analyses voor het toepassen van 380 kV-kabel";
- de analyse van het document "Quick Scan naar mogelijke 380kV-verkabeling in ZW380kV Oost (Rilland - Tilburg)" Documentnummer: 002.678.20 0393453 Versie: 1.0 van 6 augustus 2015 (overgemaakt aan MINEZ op 11/08/2015).

Verder wordt ook verwezen naar de documenten die samen het Rapport 2nd verkabeling uitmaken:

- "Management Summary" met ref. RITI/4NT/400814/000/00
- "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00
- "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" met ref. RITI/4NT/400814/002/00;
- "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/003/00.

2. ROL QUICK SCANS M.B.T. VERKABELING 380 KV

In het kader van de beleidswijziging heeft Tennet aangegeven in 2 tot 3 maanden Quick Scans te kunnen uitvoeren om na te gaan of het überhaupt mogelijk is in de huidige (nieuwe) projecten delen ondergronds te verkabelen.

Voor elk voorgedragen project beoordeelt TenneT de mogelijkheid tot (gedeeltelijk) verkabelen opde volgende vier aspecten:

- RO-aspecten (in relatie tot de kaders van SEV III)
- Techniek
- Effecten op de doorlooptijd van de projecten
- Kosten.

Deze aspecten zullen bekeken worden in samenhang met het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

De Second Opinion van TE zal het aspect Techniek omvatten.

3. SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ

De specifieke vraagstelling van MINEZ (zoals verwoord in de Request for Quotation en de opdracht) betreffende de Quick Scans betreft:

- Hoe betrouwbaar zijn de quick scans?
- Wat kan op basis daarvan gezegd worden en met welke betrouwbaarheid? Hoe diepgaand zijn de quick scans? Hoe zeker is het dat iets kan als de quick scan aangeeft dat het kan?
- Wat zijn de risico's? Wat kan over het hoofd gezien worden?
- Welke aspecten mis je ten opzichte van de volledige berekeningen (die ongeveer 10 maanden in beslag zullen nemen).
- Zijn de quick scans toetsbaar?

4. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN TENNET

4.1. Algemene focus van TenneT

Zonder hierbij vooruit te lopen op de Second Opinion rapportage betreffende de beleidswijziging zelf en het intern en extern onderbouwend onderzoek kan men stellen dat de focus van TenneT ligt op:

- Hoge beschikbaarheid (in weerwil van de relatief lange reparatietijden voor kabelverbindingen). Dit speelt mee in de selectie van connecties waar eventueel (gedeeltelijke) verkabeling kan worden overwogen, en die dan aan een Quick Scan onderzoek worden onderworpen. De pre-selectie voor een Quick Scan veronderstelt reeds dat het beschikbaarheidscriterium voldaan is. Zo zal men bekabeling vermijden:
    - Als de connectie deel uitmaakt van de landelijke ring (vermijden van "langdurige" opening van de landelijk ring);
    - Als de connectie een internationale interconnectieverbinding is (vermijden van "langdurige" opening van de interconnector met risico voor bedrijf van het Europees geïnterconnecteerd net);
    - Als een interconnector daardoor uitsluitend door bekabelde connecties met de landelijke ring zou verbonden zijn (vermijden van "langdurige" onrechtstreekse storing van de interconnectie met risico voor bedrijf van het Europees geïnterconnecteerd net)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Beheersing van spanningskwaliteit en spanningstransienten (bij schakelen of bij kortsluitingen). Deze zorg vloeit voornamelijk voort uit de vaststelling dat de bijkomende capaciteit (in strictu sensu = de opgeslagen electrische lading (Coulomb) / bijbehorende verhoging van potentiaal of spanning (Volt)) van kabels (in vergelijking met luchtlijn) veel groter wordt. Een grotere capaciteit verschuift de eigenfrequenties in het net naar lagere frequentiewaarden, al dan niet met een lage demping (negatief reëel deel van de eigenwaarde). (NB een toelichting hierbij is voorzien in de algemene rapportage bij de Second Opinion beleidswijziging);
- Als eerste indicator hanteert TenneT de invloed van bijkomende kabel op de frequentierespons van het net (door middel van Frequency Scans). Het optreden van resonatiepieken < 500 Hz (< 10 x de normale netfrequentie), met een impedantiepiek > 100 Ohm (in Ohm 380 kV) wordt aanzien als een signaal dat problemen mogelijk zijn en dat verder onderzoek met transiente berekeningen noodzakelijk is. In de andere gevallen acht men problemen minder waarschijnlijk maar zal men (voorlopig) toch transiente berekeningen uitvoeren tot verkrijgen van meer inzicht in de problematiek.

Andere aspecten zoals beheersing van het reactief vermogen in normale bedrijfstoestand (steady state) en netstabiliteit (behoud synchronisme, spanningsstabiliteit) worden beheersbaar geacht mits een gepaste compensatie van het reactief vermogen van de kabels met reactoren (inductanties) en bijbehorende schakelrichtlijnen.

4.2. Ingecalculeerde “voorafbestaande” toestand in de Quick Scan analyse

4.2.1. Netmodel

Het netmodel voor de Frequency Scan omvat het model “Multi-HVDC study” met:

- 380 kV met distributed parameter voorstelling, om hogere frequenties nauwkeurig weer te geven;
- 110 en 150 kV netten voorgesteld met eenvoudiger modellen (PI-cellen)
- Netbelastingen voorgesteld als R+jX element overeenkomstig de MW-Mvar afname;
- Vereenvoudigd equivalent van externe netten (eventueel enkel als bron van kortsluitvermogen).

4.2.2. Netconfiguraties

- Bestaand net inclusief :
  - Randstad Zuid;
  - Randstad Noord met hierin de juiste hoeveelheid 380kV-kabel volgens de laatste plannen;
  - Doetinchem – Wesel als 380kV bovengrondse verbinding;
  - NW380 fase 1 en fase 2 als bovengrondse verbindingen;
  - ZW380 fase 1 en fase 2 als bovengrondse verbindingen.
- Inclusief de bekende netten off-shore GEMINI en 220 kV Wind op Zee;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Ingeschatte aansluitkabels voor toekomstige opwekkers en verbruikers volgens SEVIII;

4.2.3. Tendens in productie

Het dalende kortsluitniveau dat de komende jaren verwacht wordt ten gevolge van de energietransitie wordt op de volgende manier in het model gesimuleerd:

- Alle synchroon gekoppelde conventionele productie-eenheden worden uit bedrijf verondersteld.
- De kortsluitstroombijdrage vanuit het buitenland wordt gereduceerd tot 25% van de huidige maximale waarde.

4.2.4. Gedegradeerde netsituaties = N-2

Verdere reductie van het kortsluitniveau vindt plaats door de berekening van de frequentiescan op het betreffende 380kV-station uit te voeren onder n-2 voorwaarden van de beschikbaar zijnde 380kV-circuits.

4.3. Simulatie van de beoogde verkabeling

In dit geval werd wel degelijk de base case (zonder verkabeling) en de variante (met verkabeling 10 km) bestudeerd in de frequency scan.

5. TOETSING UITGANGS PUNTEN AAN DE SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ

5.1. Hoe betrouwbaar zijn de Quick Scans

- De Quick Scan vermeldt de redenen waarom verkabelen in het “Project” in kwestie in aanmerking komt, waarbij de aspecten betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het 380 kV net in acht genomen worden. Dit aspect is ook impliciet afgedekt in de keuze van projecten die voor Quick Scan in aanmerking komen (Zie 4.1 bullet1 hierboven);
- Het detecteren van een lage resonantiefrequentie met hoge resonantieimpedantie is een goede indicator van mogelijke problemen, maar geen absoluut criterium op zich voor uitsluiting. Transiente berekeningen moeten hier de doorslag geven;
- Afwezigheid van “lage resonantiefrequentie met hoge resonantieimpedantie” is een “business as usual” situatie. Niettemin voorziet TenneT hier ook transiente berekeningen om meer inzicht te verkrijgen in de problematiek;
- Samengevat kan met stellen dat de Quick Scans eerder de probleemsituaties zullen overschatten dan onderschatten.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

5.2. Pertinentie van de Quick Scan resultaten

Wat kan op basis van de Quick Scans gezegd worden en met welke betrouwbaarheid? Hoe diepgaand zijn de Quick Scans? Hoe zeker is het dat iets kan als de Quick Scan aangeeft dat het kan?

- Het technische aspect van de Quick Scan behelst enkel de frequency scan, met detectie van lage resonantiefrequenties met hoge resonantieimpedanties;
- Zoals hoger aangegeven is dit eerder een inschatting ”aan de hoge kant” van mogelijke problemen;
- TenneT geeft aan dat hierin ook nog een leerproces aan de gang is, waarbij men ook voor de positieve Quick Scans (die geen gevaarlijke resonanties signaleren) alsnog ook transiente studies zal uitvoeren om een en ander te bevestigen.

5.3. Wat zijn de risico’s? Wat kan over het hoofd gezien worden?

- De gevolgde procedure en de ingecalculeerde randvoorwaarden zullen eer potentiele kabelprojecten elimineren dan twijfelachtige kandidaat-projecten promoveren. Hoe dan ook lijkt het ons aangewezen om een vereenvoudigde (beperkt net) transiente analyse mee te nemen in de Quick Scan;
- Indien men (met lage resonanties en hoge resonantie impedanties) toch nog een behoorlijk transient gedrag kan aantonen blijft nog het risico van harmonische interacties tussen “Static devices”, meer in het bijzonder converters van allerlei aard (HVDC stations, full converter WTG, SVC, STATCOM’s), die meer en meer gaan voorkomen in de transportnetten van de toekomst. Voorafbepaling, laat staan remediering, van dergelijke fenomenen is op dit ogenblik uitgesloten wegens gebrek aan gevalideerde modellen en parameterwaarden

5.4. Welke aspecten zijn onderbelicht?

Welke aspecten mis je ten opzichte van de volledige berekeningen (die ongeveer 10 maanden in beslag zullen nemen).

- Indien de frequency scan van het voorafbestaande net (zonder de beoogde verkabeling gesimuleerd) reeds “gevaarlijke” resonanties aantoont loont het zeker de moeite via parametervariatie de oorsprong hiervan op te sporen.
- Een vereenvoudigde (beperkt net) transiente analyse. Dit moet toelaten van negatieve conclusies te bevestigen zonder hiervoor nog uitgebreide transiente analyses te gaan uitvoeren.

5.5. Zijn de quick scans toetsbaar?

De Frequency Scans en conclusies zijn zonder meer reproduceerbaar en toetsbaar voor zover het betrokken netmodel beschikbaar wordt gesteld.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

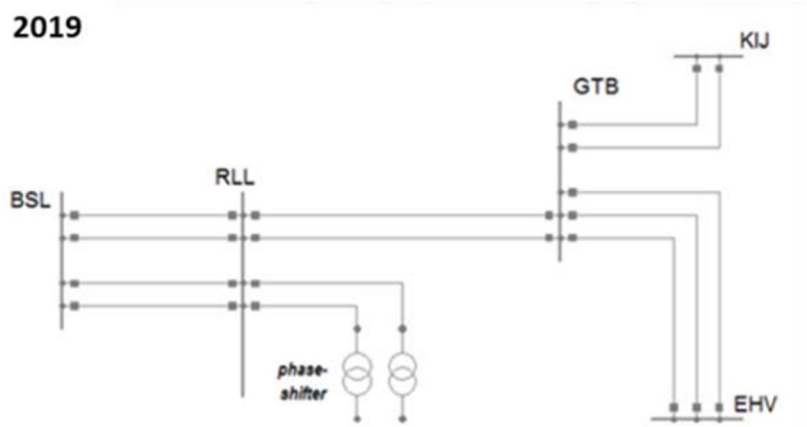
6. ZUID-WEST RILLAND - TILBURG

Hier verwijzen wij naar TenneT document PU-AM 15-369 van 22 juli 2015, getiteld “Harmonische analyse 380 kv-net regio zuidwest Brabant”.

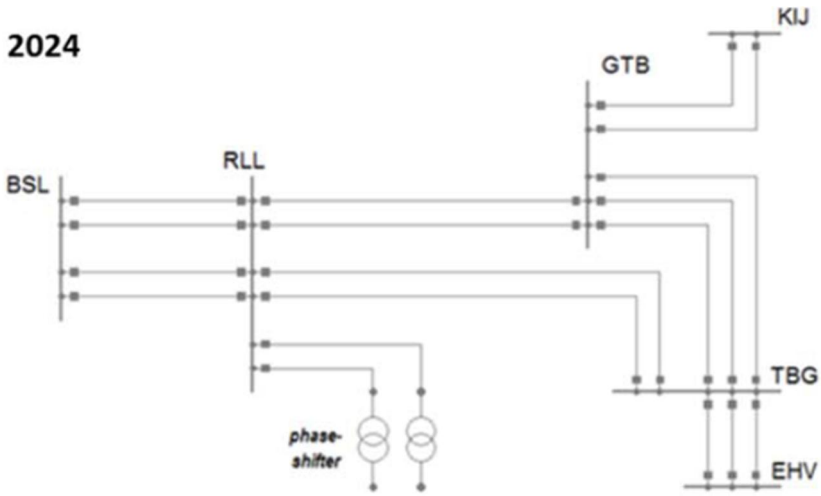
6.1. Netconfiguraties

In het uitgangspunt “Netconfiguraties” worden twee fasen onderscheiden:

Fase 2019:



En Fase 2024:



Het wezenlijke verschil tussen Fase 1 en Fase 2 is de (meer dan) ontdubbeling van van de transmissiecapaciteit vanuit Rilland naar het landelijk 380 kV net.

Daarnaast is er in Borssele al van in Stadium 1 in totaal 240 km kabelcircuit 220 kV off-shore aangesloten, te vergelijken met een condensatorbatterij van ~700Mvar, via transformatoren 380/220 kV.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Gezien vanuit Borssele 380 kV is dit een serie-oscillatiekring met zeer lage verliezen (en dus lage demping). Het al dan niet compenseren met reactanties op 220 kV verandert hier weinig aan.

Een dergelijke serie-resonantiekring, aangesloten op een inductief net, creëert automatisch een anti-resonantie op een iets lagere frequentie in zijn ansluitpunt.

Verder is niet duidelijk waar (BSL, RLL, GTB, TBG) er lokale belastingen aanwezig zijn (die kunnen bijdragen tot demping) en hoeveel.

6.2. Resultaat harmonische analyse

De frequency scan van Fase 1 (wij veronderstellen de begintoestand, zonder extra verkabeling 380 kV ingebracht) vertoont een aantal pieken onder 500 Hz, met impedantiewaarden tot 800 ohm (op 380 kV), met in het bijzonder een resonantie op ~100 Hz.

Deze laatste is vermoedelijk gelinkt aan de anti-resonantie veroorzaakt door de 220 kV off-shore kabels via Transfo 380/220 kV.

Gezien die al ongunstige situatie met hoge resonantie werd in de betreffende Quick Scan ("Review Quick Scan Zuid-West 380 kV Borssele-Rilland" ref : RITI/4NT/412601/000/00) geconcludeerd voor niet-verkabelen.

Voor Fase 2 (met Rilland – Tilburg gerealiseerd in vertrekhypothese luchtlijn) verandert de situatie volledig. Door de extra verbinding Rilland – Tilburg neemt het kortsluitvermogen vanuit het landelijk 380 kV net in Rilland aanzienlijk toe. Het resultaat is dat de resonantie 100 Hz van Fase 1 quasi verdwijnt.

Strikt genomen overschrijden de impedanties nog altijd de streefwaarden (<500 Hz <100 ohm).

Voor dezelfde netsituatie, maar dan met een verkabelde lengte van 10 km tussen Rilland en Tilburg, werd een vergelijkende frequency scan berekend. Vergelijking van de resultaten toont een veschuiving, maar geen wezenlijke verhoging van de impedantiepieken. Ook hier overschrijden de impedanties nog altijd de streefwaarden (<500 Hz <100 ohm).

Gezien de relatief lage resonantiepieken onder 500 Hz concludeert men dat verkabeling hier een realistische optie is, maar wel te verifiëren met een specifieke transienten-analyse.

7. CONCLUSIES

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Rilland - Tilburg onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier waarschijnlijk niet problematisch is, maar dit dient geverifieerd te worden met een doelgerichte transiëntenanalyse.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Hierbij gaat men er wel van uit dat in Fase 1 (Borssele – Rilland) niet verkabeld werd. De twee resultaten kunnen niet ontkoppeld worden.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 7

2. ROL QUICK SCANS M.B.T. VERKABELING 380 KV 7

3. SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ 8

4. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN TENNET 8

4.1. Algemene focus van TenneT 8

4.2. Ingecalculeerde “voorafbestaande” toestand in de Quick Scan analyse 9

4.2.1. Netmodel9

4.2.2. Netconfiguraties 9

4.2.3. Tendens in productie 10

4.2.4. Gedegradeerde netsituaties = N-2 10

4.3. Simulatie van de beoogde verkabeling 10

5. TOETSING UITGANGS PUNTEN AAN DE SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ 10

5.1. Hoe betrouwbaar zijn de Quick Scans 10

5.2. Pertinentie van de Quick Scan resultaten 11

5.3. Wat zijn de risico’s? Wat kan over het hoofd gezien worden? 11

5.4. Welke aspecten zijn onderbelicht? 11

5.5. Zijn de quick scans toetsbaar? 12

6. NOORD-WEST 380 KV EEMSHAVEN FASE 1 12

6.1. Netconfiguraties 12

6.2. Resultaat harmonische analyse 13

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

7. CONCLUSIES 14

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Managementsamenvatting

TenneT heeft op 20 maart 2015 een brief gestuurd aan het Ministerie van Economische Zaken. In deze brief geeft TenneT aan dat de eerste resultaten van het onderzoek naar de eerste 10 kilometer 380 kV-kabel welke ondergronds is aangelegd in Randstad 380 kV indiceren dat het technisch mogelijk is om meer dan het huidige maximum van 20 kilometer ondergronds te verkabelen. Volgens TenneT dient per geval bekeken te worden wat mogelijk is en gelden voor de aanleg van ondergrondse 380 kV-kabels strikte randvoorwaarden. Zo is het volgens TenneT zeer onwenselijk om delen van interconnectoren of de landelijke ring ondergronds te verkabelen vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese stroomvoorziening.

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in Kamerbrief DGETM-EM / 15042423 aangegeven een bureau te vragen om de analyse van TenneT te beoordelen en daarbij de tussentijdse resultaten van de 10 kilometer ondergrondse Randstad 380 kV-verbinding te betrekken en aan te geven welke randvoorwaarden in acht genomen moeten worden bij het ondergronds verkabelen van nieuwe (delen van) 380 kV-verbindingen uit het oogpunt van leveringszekerheid. Het onderliggende rapport en deze managementsamenvatting betreffen deze analyse.

Tractebel Engineering (TE) heeft in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken (Ref 20150625-004) een tweede opinie geformuleerd bij TenneT's "Actualisatie van visie op ondergrondse aanleg 380 kV".

Algemene conclusies van TE

Met betrekking tot het ondergronds brengen op korte termijn van méér dan de huidige 20 km 380 kV verbinding onderschrijft TE de conclusie van TenneT dat, met de thans beschikbare inzichten en bij behoud van de huidige planning- en kwaliteitscriteria, bijkomend verkabelen overwogen kan worden mits aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan.

- Als eerste randvoorwaarde geldt dat de bijkomende verkabeling beperkt blijft tot 20 km totaal (extra verbindingslengte, twee circuits), welke verspreid wordt over meerdere verbindingen en geografisch gespreid wordt over het hele landelijke 380 kV net.
- Als tweede randvoorwaarde geldt dat verkabeling niet wordt toegepast in zwaar belaste verbindingen en met name niet in de landelijke 380 kV ring en de interconnectoren.
- Als derde randvoorwaarde geldt dat het effect van de kabels op schakelfenomenen in het 380 kV net beheersbaar moet blijven, hetgeen van geval tot geval geverifieerd moet worden. De door TenneT voorgestelde aanpak van Quick Scans om deze effecten te beoordelen is voorzichtig en behoudend.

Project-specifieke conclusies van TE (op basis van de Quick Scans)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Borssele – Rilland onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, verkabelen niet opportuun is wegens mogelijke resonanties en overspanningen bij schakelfenomenen. Overspanningen houden een risico in voor beschadiging van netcomponenten en netuitval.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Rilland - Tilburg onderschrijft TE de conclusie van TenneT in de Quick Scan dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier waarschijnlijk niet problematisch is, maar dit dient geverifieerd te worden met een doelgerichte transiëntenanalyse.
- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Eemshaven – Vierverlaten wenst TE de conclusie van TenneT dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier hoogst waarschijnlijk niet mogelijk is toch enigszins af te zwakken. Een doelgerichte transiëntenanalyse moet hierin uitsluitsel brengen.

Conclusies van TE betreffende de langere termijn

Met betrekking tot verder verkabelen (méér dan de beoogde 20 km verbinding) in de toekomst, komt TE tot de bevinding dat hiervoor het huidige beoordelingskader verruimd dient te worden. Dit vereist een gemeenschappelijke aanpak van wetgever, toezichthouder en netbeheerder TenneT.

Onderbouwing van de conclusies

De bovenstaande bevindingen van TE zijn gestoeld op de volgende inzichten, die verkregen zijn door onderzoek van de met de opdracht meegeleverde documenten en besprekingen met de betrokken partijen.

Met betrekking tot betrouwbaarheid en verkabeling zijn de inzichten de volgende:

- Uitgaande van de huidige “Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet”, treedt bij het systematisch toevoegen van kabelverbindingen een sluipende kwaliteitsvermindering op. Deze ontsnapt volledig aan het criterium “Enkelvoudige storingsreserve”, omdat in dit laatste criterium geen rekening gehouden kan worden met de lagere beschikbaarheid van kabelcircuits ten opzichte van luchtlijnen;
- In een eerste fase, en ook al omdat de huidige kwaliteit op een zodanig hoog peil staat, is deze kwaliteitsdaling niet onmiddellijk dramatisch. Voorwaarde is wel dat men de bijkomende 20 km kabelverbinding spreidt over het hele 380 kV net en uitsluit op hoog belaste connecties. In dat geval zal de kwaliteitsvermindering marginaal zijn;
- Deze kwaliteitsvermindering is niet onomkeerbaar en kan opgevangen en geneutraliseerd worden door netinvesteringen ietwat proactief te realiseren. In de afweging om al dan niet vervroegd te investeren in het net om kwaliteitsvermindering tegen te gaan is de toezichthouder ACM zeker een te betrekken partij;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Om op een goed onderbouwde manier te kunnen beslissen over verdere verkabeling van 380 kV verbindingen moet op een probabilistische basis (dat is op basis van kansberekening) een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het hoogspanningsnet. Dit vraagt om afstemming tussen de Nederlandse wetgever, de toezichthouder ACM en de netwerkbeheerder TenneT met betrekking tot relevante prestatie-indicatoren (Key Performance Indices, hierna KPI), evenals met betrekking tot de aanpak en software-tools om deze KPI's te bepalen. In het recente onderzoek van TenneT is voor dit laatste een aanzet gegeven, maar dit heeft slechts zin indien alle betrokken partijen het eens zijn over de probabilistische aanpak zelf;
- De probabilistische aanpak moet operationeel zijn voordat méér verkabeld kan worden dan de nu voorgestelde 20 km.

Met betrekking tot verkabeling en netstoringen door transienten zijn de inzichten de volgende:

- Een frequentie-scan zoals TenneT in de Quick Scans heeft toegepast laat een vlugge screening toe, maar leidt tot een behoudende uitkomst ten aanzien van de mogelijkheden voor het verkabelen op 380 kV. Een (vereenvoudigde) "transiente" berekening geeft een nauwkeuriger inschatting van de schakeltransienten.
- De spreiding van in totaal 20 km 380 kV verbinding ondergronds over verschillende geografisch gescheiden projecten zou normaal geen problemen qua schakeltransienten moeten opleveren;
- Verdere verkabeling van 380 kV verbindingen zal onvermijdelijk leiden tot een toename van lagere resonantiefrequenties;
- De tendens naar hernieuwbare productie, hetgeen leidt tot een verlaging van kortsluitvermogen, leidt eveneens tot een toename van lagere resonantiefrequenties. Hernieuwbare productie kan bovendien aanleiding geven tot regel-instabiliteiten door terugkoppeling van stoorsignalen via het net;
- Om deze twee effecten te neutraliseren zal er méér demping nodig zijn in het net op lagere harmonische frequenties. Voor een optimale toepassing van deze technieken is verder onderzoek nodig.

Met betrekking tot de uitzonderingen die TenneT maakt ten aanzien van verkabeling, namelijk dat de landelijke ring en de interconnectoren niet verkabeld worden, kan het volgende worden opgemerkt:

- Strikt genomen zijn TenneT en de landelijke regelgevende autoriteit ACM bevoegd inzake de keuze van techniek voor zowel het nationale net als voor interconnectoren. De Europese regelgeving en ook ENTSO-E (het Europees samenwerkingsverband van netwerkoperatoren) laat dit aan de landelijke autoriteiten over;
- TenneT verwijst in de opinie van TE terecht naar het belang van de betrokken uitzonderingen als schakels in het geïnterconnecteerd Europees net. TenneT opteert voor de grootst mogelijke betrouwbaarheid op deze verbindingen, dit om de zekerheid van bedrijfsvoering (Operational Security) in Europese context te kunnen garanderen.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Aanbevelingen

Indien nog verdere verkabeling (na de volgende 20 km) wordt overwogen, dan geeft TE hierbij de volgende aanbevelingen:

- TE beveelt aan dat TenneT in de gevolgde aanpak van Quick Scans systematisch vereenvoudigde transiente berekeningen opneemt;
- TE beveelt aan om een gemeenschappelijke aanpak (wetgever, toezichtshouder, TenneT) op basis van probabilistische technieken op te stellen voor de verdere uitbouw van het hoogspanningsnet. Hierdoor kunnen de bijkomende risico's van verkabeling van 380 kV verbindingen correct worden ingeschat en waar nodig geneutraliseerd worden;
- TE beveelt aan om onderzoek te verrichten naar betrouwbare en kosten-efficiënte oplossingen om de demping op lagere frequenties in het 380 kV net te verhogen. Dit moet toelaten om verder te verkabelen en tegelijk de verlaging van het kortsluitvermogen (tengevolge van de verschuiving in productie-mix) op te vangen. Tegelijk zal dit ook de stoorsignalen en de bijbehorende interferentie helpen onderdrukken.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

1. INLEIDING

Deze nota is opgemaakt in het kader van de opdracht (Ref. 20150625-004 van 25 juni 2015) van het Ministerie van Economische Zaken (MINEZ) aan Tractebel Engineering (TE) met betrekking tot een Second Opinion aangaande de beleidswijziging van TenneT om de 20 kilometer limiet van ondergrondse kabel in het 380 kV-net los te laten.

Deze Second Opinion moet ook de Quick Scan analyses (3 stuks) omvatten die door TenneT in dit verband worden opgemaakt.

Het onderwerp van dit document is de review van de Quick Scan voor Noord-West Eemshaven Fase 1.

Dit document is opgemaakt op basis van:

- een eerste algemene bespreking met TenneT (op 04/08/2015) van intern onderzoek van TenneT met betrekking tot verkabelen;
- de uitgangspunten van TenneT, doc.12 juli 2015 ref. PU-AM 15-301 "Uitgangspunten harmonische analyses voor het toepassen van 380 kV-kabel";
- de analyse van het document "Quick Scan naar mogelijke 380kV-verkabeling in het project Noord-West 380 kV Eemshaven Oudeschip-Vierverlaten (EOS-VVL)" Documentnummer: 000.144.21 0366090 Versie: 1.0 van 6 augustus 2015 (overgemaakt aan MINEZ op 11/08/2015).

Verder wordt ook verwezen naar de documenten die samen het Rapport 2nd verkabeling uitmaken:

- "Management Summary" met ref. RITI/4NT/400814/000/00
- "Basisrapport 2nd Opinion" met ref. RITI/4NT/400814/001/00
- "Analyse documenten m.b.t. 2nd Opinion Verkabeling" met ref. RITI/4NT/400814/002/00;
- "Technische toelichtingen bij Transport van Elektrische Energie en bijbehorende rekenmodellen" met ref. RITI/4NT/400814/003/00.

2. ROL QUICK SCANS M.B.T. VERKABELING 380 KV

In het kader van de beleidswijziging heeft Tennet aangegeven in 2 tot 3 maanden Quick Scans te kunnen uitvoeren om na te gaan of het überhaupt mogelijk is in de huidige (nieuwe) projecten delen ondergronds te verkabelen.

Voor elk voorgedragen project beoordeelt TenneT de mogelijkheid tot (gedeeltelijk) verkabelen opde volgende vier aspecten:

- RO-aspecten (in relatie tot de kaders van SEV III)
- Techniek
- Effecten op de doorlooptijd van de projecten
- Kosten.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Deze aspecten zullen bekeken worden in samenhang met het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak.

De Second Opinion van TE zal het aspect Techniek omvatten.

3. SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ

De specifieke vraagstelling van MINEZ (zoals verwoord in de Request for Quotation en de opdracht) betreffende de Quick Scans betreft:

- Hoe betrouwbaar zijn de quick scans?
- Wat kan op basis daarvan gezegd worden en met welke betrouwbaarheid? Hoe diepgaand zijn de quick scans? Hoe zeker is het dat iets kan als de quick scan aangeeft dat het kan?
- Wat zijn de risico's? Wat kan over het hoofd gezien worden?
- Welke aspecten mis je ten opzichte van de volledige berekeningen (die ongeveer 10 maanden in beslag zullen nemen).
- Zijn de quick scans toetsbaar?

4. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN TENNET

4.1. Algemene focus van TenneT

Zonder hierbij vooruit te lopen op de Second Opinion rapportage betreffende de beleidswijziging zelf en het intern en extern onderbouwend onderzoek kan men stellen dat de focus van TenneT ligt op:

- Hoge beschikbaarheid (in weerwil van de relatief lange reparatietijden voor kabelverbindingen). Dit speelt mee in de selectie van connecties waar eventueel (gedeeltelijke) verkabeling kan worden overwogen, en die dan aan een Quick Scan onderzoek worden onderworpen. De pre-selectie voor een Quick Scan veronderstelt reeds dat het beschikbaarheidscriterium voldaan is. Zo zal men bekabeling vermijden:
    - Als de connectie deel uitmaakt van de landelijke ring (vermijden van "langdurige" opening van de landelijk ring);
    - Als de connectie een internationale interconnectieverbinding is (vermijden van "langdurige" opening van de interconnector met risico voor bedrijf van het Europees geïnterconnecteerd net);
    - Als een interconnector daardoor uitsluitend door bekabelde connecties met de landelijke ring zou verbonden zijn (vermijden van "langdurige" onrechtstreekse storing van de interconnectie met risico voor bedrijf van het Europees geïnterconnecteerd net)

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Beheersing van spanningskwaliteit en spanningstransienten (bij schakelen of bij kortsluitingen). Deze zorg vloeit voornamelijk voort uit de vaststelling dat de bijkomende capaciteit (in strictu sensu = de opgeslagen electrische lading (Coulomb) / bijbehorende verhoging van potentiaal of spanning (Volt)) van kabels (in vergelijking met luchtlijn) veel groter wordt. Een grotere capaciteit verschuift de eigenfrequenties in het net naar lagere frequentiewaarden, al dan niet met een lage demping (negatief reëel deel van de eigenwaarde). (NB een toelichting hierbij is voorzien in in de algemene rapportage bij de Second Opinion beleidswijziging);
- Als eerste indicator hanteert TenneT de invloed van bijkomende kabel op de frequentierespons van het net (door middel van Frequency Scans). Het optreden van resonatiepieken < 500 Hz (< 10 x de normale netfrequentie), met een impedantiepiek > 100 Ohm (in Ohm 380 kV) wordt aanzien als een signaal dat problemen mogelijk zijn en dat verder onderzoek met transiente berekeningen noodzakelijk is. In de andere gevallen acht men problemen minder waarschijnlijk maar zal men (voorlopig) toch transiente berekeningen uitvoeren tot verkrijgen van meer inzicht in de problematiek.

Andere aspecten zoals beheersing van het reactief vermogen in normale bedrijfstoestand (steady state) en netstabiliteit (behoud synchronisme, spanningsstabiliteit) worden beheersbaar geacht mits een gepaste compensatie van het reactief vermogen van de kabels met reactoren (inductanties) en bijbehorende schakelrichtlijnen.

4.2. Ingecalculeerde “voorafbestaande” toestand in de Quick Scan analyse

4.2.1. Netmodel

Het netmodel voor de Frequency Scan omvat het model “Multi-HVDC study” met:

- 380 kV met distributed parameter voorstelling, om hogere frequenties nauwkeurig weer te geven;
- 110 en 150 kV netten voorgesteld met eenvoudiger modellen (PI-cellen)
- Netbelastingen voorgesteld als R+jX element overeenkomstig de MW-Mvar afname;
- Vereenvoudigd equivalent van externe netten (eventueel enkel als bron van kortsluitvermogen).

4.2.2. Netconfiguraties

- Bestaand net inclusief :
  - Randstad Zuid;
  - Randstad Noord met hierin de juiste hoeveelheid 380kV-kabel volgens de laatste plannen;
  - Doetinchem – Wesel als 380kV bovengrondse verbinding;
  - NW380 fase 1 en fase 2 als bovengrondse verbindingen;
  - ZW380 fase 1 en fase 2 als bovengrondse verbindingen.
- Inclusief de bekende netten off-shore GEMINI en 220 kV Wind op Zee;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Ingeschatte aansluitkabels voor toekomstige opwekkers en verbruikers volgens SEVIII;

4.2.3. Tendens in productie

Het dalende kortsluitniveau dat de komende jaren verwacht wordt ten gevolge van de energietransitie wordt op de volgende manier in het model gesimuleerd:

- Alle synchroon gekoppelde conventionele productie-eenheden worden uit bedrijf verondersteld.
- De kortsluitstroombijdrage vanuit het buitenland wordt gereduceerd tot 25% van de huidige maximale waarde.

4.2.4. Gedegradeerde netsituaties = N-2

Verdere reductie van het kortsluitniveau vindt plaats door de berekening van de frequentiescan op het betreffende 380kV-station uit te voeren onder n-2 voorwaarden van de beschikbaar zijnde 380kV-circuits.

4.3. Simulatie van de beoogde verkabeling

Enkel de frequentiescan van de “onverkabelde “ studiecase werd geanalyseerd en gedocumenteerd. Hierbij ging TenneT er van uit dat de resultaten zonder kabel reeds zodanig ongunstig waren, dat een vergelijking met een bijkomende verkabeling er niet meer zou toe doen.

TE meent dat deze vergelijking met weinig bijkomende moeite mogelijk is en toch waardevolle informatie kan geven over de impact van de verkabeling op verschuiving / versterking (of afzwakking) van resonantiepieken in de specifieke netsituatie in kwestie.

5. TOETSING UITGANGS PUNTEN AAN DE SPECIFIEKE VRAAGSTELLING MINEZ

5.1. Hoe betrouwbaar zijn de Quick Scans

- De Quick Scan vermeldt de redenen waarom verkabelen in het “Project” in kwestie in aanmerking komt, waarbij de aspecten betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het 380 kV net in acht genomen worden. Dit aspect is ook impliciet afgedekt in de keuze van projecten die voor Quick Scan in aanmerking komen (Zie 4.1 bullet1 hierboven);
- Het detecteren van een lage resonantiefrequentie met hoge resonantieimpedantie is een goede indicator van mogelijke problemen, maar geen absoluut criterium op zich voor uitsluiting. Transiente berekeningen moeten hier de doorslag geven;

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

- Afwezigheid van “lage resonantiefrequentie met hoge resonantieimpedantie” is een “business as usual” situatie. Niettemin voorziet TenneT hier ook transiente berekeningen om meer inzicht te verkrijgen in de problematiek;
- Samengevat kan met stellen dat de Quick Scans eerder de probleemsituaties zullen overschatten dan onderschatten.

5.2. Pertinentie van de Quick Scan resultaten

Wat kan op basis van de Quick Scans gezegd worden en met welke betrouwbaarheid? Hoe diepgaand zijn de Quick Scans? Hoe zeker is het dat iets kan als de Quick Scan aangeeft dat het kan?

- Het technische aspect van de Quick Scan behelst enkel de frequency scan, met detectie van lage lage resonantiefrequenties met hoge resonantieimpedanties;
- Zoals hoger aangegeven is dit eerder een inschatting ”aan de hoge kant” van mogelijke problemen;
- TenneT geeft aan dat hierin ook nog een leerproces aan de gang is, waarbij men ook voor de positieve Quick Scans (die geen gevaarlijke resonanties signaleren) alsnog ook transiente studies zal uitvoeren om een en ander te bevestigen.

5.3. Wat zijn de risico’s? Wat kan over het hoofd gezien worden?

- De gevolgde procedure en de ingecalculeerde randvoorwaarden zullen eer potentiele kabelprojecten elimineren dan twijfelachtige kandidaat-projecten promoveren. Hoe dan ook lijkt het ons aangewezen om een vereenvoudigde (beperkt net) transiente analyse mee te nemen in de Quick Scan;
- Indien men (met lage resonanties en hoge resonantie impedanties) toch nog een behoorlijk transient gedrag kan aantonen blijft nog het risico van harmonische interacties tussen “Static devices”, meer in het bijzonder converters van allerlei aard (HVDC stations, full converter WTG, SVC, STATCOM’s), die meer en meer gaan voorkomen in de transportnetten van de toekomst. Voorafbepaling, laat staan remediering, van dergelijke fenomenen is op dit ogenblik uitgesloten wegens gebrek aan gevalideerde modellen en parameterwaarden

5.4. Welke aspecten zijn onderbelicht?

Welke aspecten mis je ten opzichte van de volledige berekeningen (die ongeveer 10 maanden in beslag zullen nemen).

- Indien de frequency scan van het voorafbestaande net (zonder de beoogde verkabeling gesimuleerd) reeds “gevaarlijke” resonanties aantoont loont het zeker de moeite via parametervariatie de oorsprong hiervan op te sporen.
- Een vereenvoudigde (beperkt net) transiente analyse. Dit moet toelaten van negatieve conclusies te bevestigen zonder hiervoor nog uitgebreide transiente analyses te gaan uitvoeren.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

5.5. Zijn de quick scans toetsbaar?

De Frequency Scans en conclusies zijn zonder meer reproduceerbaar en toetsbaar voor zover het betrokken netmodel beschikbaar wordt gesteld.

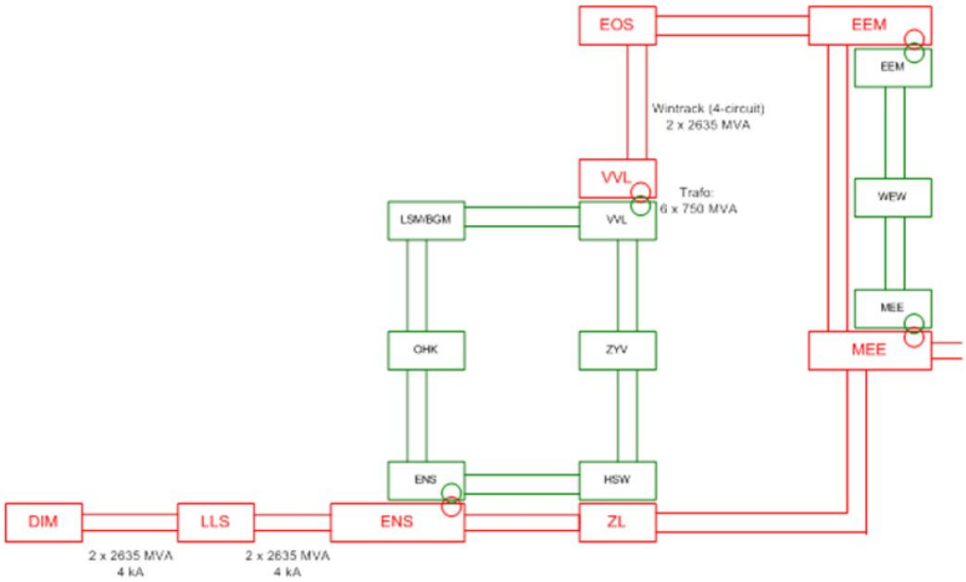
6. NOORD-WEST 380 KV EEMSHAVEN FASE 1

Hier verwijzen wij naar TenneT document PU-AM 15-369 van 22 juli 2015, getiteld "Harmonische analyse 380 kv-net regio Eemshaven" (bijlage 1 van de nota 000.144.21 0366090);

6.1. Netconfiguraties

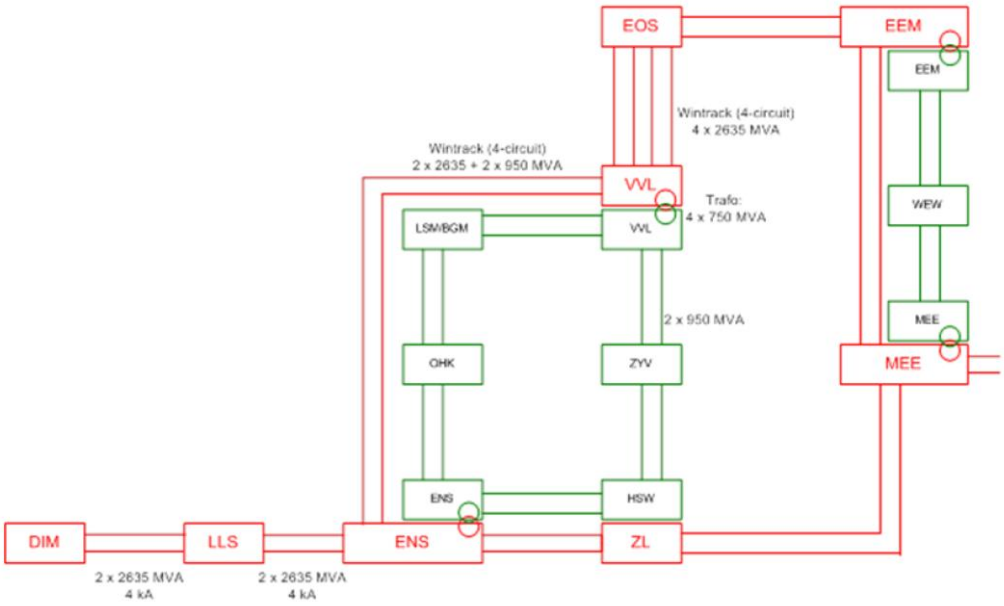
In het uitgangspunt "Netconfiguraties" worden twee fasen onderscheiden:

Fase 2019:



en Fase 2024:

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval



In Fase 1 wordt Vierverlaten 380 kV gevoed met 2 circuits in luchtlijn, als uitloper op het bestaande station 380 kV Eemshaven EOS.

In fase 2 wordt de noordelijke 380 kV ring gesloten tussen Vierverlaten en Ens met 2 circuits luchtlijn en wordt de verbinding Eemshaven – Vierverlaten ontdubbeld tot 4 circuits luchtlijn.

In de regio Eemshaven zijn twee kabels 380 kV in gebruik of voorzien (aansluiting Cobra en Gemini offshore windpark). Daarnaast zijn er filters van de NORNED convertor die zeker “capacitief” reageren op lagere harmonische frequenties.

Het windpark GEMINI heeft in de orde van 600 Mvar kabelcapaciteit op 220 kV, aangesloten via transformatoren 380/220 kV. Een dergelijke serie-resonantiekring, aangesloten op een inductief net, creëert automatisch een anti-resonantie op een iets lagere frequentie in zijn aansluitpunt.

Het wezenlijke verschil tussen Fase 1 en Fase 2 is het sluiten van de noordelijke ring, waardoor het inductief kortsluitvemogen in de regio Eemshaven – Vierverlaten ongeveer moet verdubbelen.

Het is niet duidelijk waar (ENS, VVL, EOS, …) er lokale belastingen aanwezig zijn (die kunnen bijdragen tot demping) en hoeveel.

6.2. Resultaat harmonische analyse

De frequency scan van Fase 1 (zonder extra verkabeling 380 kV ingebracht) vertoont een aantal pieken onder 500 Hz, met impedantiewaarden tot 250 ohm (op 380 kV), met in het bijzonder een piek op ~100 Hz.

Deze laatste is vermoedelijk gelinkt aan de anti-resonantie veroorzaakt door de 220 kV off-shore kabels GEMINI via transfo 380/220 kV.

Verder is er ook een uitgesproken anti-resonantie rond H10 – H11 met impedantie ver boven 1000 ohm.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Eigenaardig is hier dat deze laatste piek naar links verschuift in fase 2, hoewel het inductief kortsluitvermogen in principe toeneemt in fase 2. Mogelijk is er ook meer lokale capaciteit in fase 2.

De nadere verklaring van de onderliggende mechanismen verdient een parameterstudie in de frequency scan.

De frequency scan met de verkabeling in rekening gebracht is niet opgenomen in het rapport. De invloed (verschuiving, amplitude) op de resonantie ~100 Hz en op de resonantie ~550 Hz is niet a priori duidelijk.

In tegenstelling tot Borssele is de resonantie bij ~100 Hz minder uitgesproken (~250 ohm in plaats van 800 ohm). In dit geval is er alleszins meer kans dat de schakeltransienten beheersbaar blijven.

TenneT geeft weinig hoop op een gunstig resultaat, maar heeft toch transiente berekeningen ingepland.

De definitieve beslissing moet het resultaat van deze berekeningen afwachten

7. CONCLUSIES

- Met betrekking tot het ondergronds brengen van een gedeelte van Eemshaven – Vierverlaten wenst TE de conclusie van TenneT dat, in de huidige toestand van het 380 kV net, gedeeltelijk verkabelen hier hoogst waarschijnlijk niet mogelijk is toch enigszins af te zwakken. Een doelgerichte transiëntenanalyse moet hierin uitsluitsel brengen.
- De frequency scan zou zowel zonder verkabeling als met verkabeling moeten uitgevoerd worden, met vergelijking van de resultaten (dit werd voor het geval Rilland – Tilburg wel uitgevoerd);
- Een parameter-studie in de frequency scan zou de oorsprong van een aantal fenomenen (bv piek rond 500Hz) kunnen verklaren.

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Voorzitter van de Tweede Kamer
der Staten-Generaal
Binnenhof 4
2513 AA 's-GRAVENHAGE

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energie en Omgeving

Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag

Overheidsidentificatienr
00000001003214369000

T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/ez

Ons kenmerk
DGETM-EO / 15169450

Bijlage(n)
7

Datum 2 december 2015
Betreft Mogelijkheden van ondergrondse aanleg bij de nieuwe hoogspanningsverbindingen

Geachte Voorzitter,

De landelijke infrastructuur van elektriciteitsnetten is de ruggengraat van de elektriciteitsvoorziening en moet de energietransitie faciliteren en tegelijkertijd de leveringszekerheid waarborgen in een sterk veranderend energielandschap. Nederland beschikt over een van de meest betrouwbare landelijke elektriciteits-netten ter wereld met een betrouwbaarheid van 99,99 procent. Daarbij is technologische innovatie aan de orde van de dag. Een van die technische innovaties betreft het ondergronds aanbrengen van delen van hoogspanningsverbindingen. Zoals ik eerder heb aangegeven in mijn brief van 2 april jl. (Kamerstukken II 2014/15, 31 574, nr. 37) kan het ondergronds aanleggen van 380 kV-verbindingen in bijzondere gevallen een mogelijkheid zijn bij het oplossen van knelpunten op het gebied van ruimtelijke ordening. Ik heb TenneT verzocht om middels quick scans te onderzoeken of en zo ja in hoeverre het mogelijk is delen van nieuw aan te leggen hoogspanningsverbindingen ondergronds aan te leggen.

Met deze brief informeer ik uw Kamer, mede namens de minister van Infrastructuur en Milieu, over de resultaten van de studies en quick scans die TenneT heeft laten uitvoeren en de second opinion die Tractebel daarop in mijn opdracht heeft uitgevoerd. Tevens geef ik voor de lopende 380 kV-projecten aan wat hiervan de consequenties zijn en welk gevolg hieraan per project gegeven wordt. Voor het 380 kV-project Rilland – Tilburg ga ik daarnaast specifiek in op mijn besluit over de vervolgstappen naar aanleiding van de beoordeling door Deltares van de alternatieve tracés die zijn voorgesteld door partijen uit de regio. Ten slotte informeer ik uw Kamer over de uitvoering van de motie Dik Faber (Kamerstukken II 2015/16, 34199, nr. 44), waarmee de regering is verzocht om bij het uitwerken van de uitkoopregeling opnieuw alternatieven voor uitkoop van bewoners bij hoogspanningslijnen serieus mee te wegen, waaronder ondergrondse aanleg het verplaatsen van het tracé of het gebruik van innovatieve typen masten met minder straling.

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Energie en Omgeving

Ons kenmerk
DGETM-EO / 15169450

Context hoogspanningsnet en energiemarkt
Om de mogelijkheden voor gedeeltelijk ondergrondse aanleg van de lopende hoogspanningstrajecten te verkennen is het van belang om eerst de context te schetsen van het landelijke hoogspanningsnet, de dilemma's die daarbij spelen en hoe we een efficiënt, betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam elektriciteitsnet kunnen behouden dat optimaal ruimtelijk is ingepast.

De Europese elektriciteitsmarkt raakt steeds meer geïntegreerd en er vindt steeds meer grensoverschrijdend elektriciteitstransport plaats. De Nederlandse eindgebruikers hebben hier de afgelopen jaren van geprofiteerd, onder meer door dalende energieprijzen. De transitie van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energiebronnen zoals wind- en zonne-energie is in Nederland en Europa in volle gang. In het Energierapport, dat ik eind dit jaar naar uw Kamer zal sturen, zal nader worden ingegaan op de energietransitie richting 2050.

In tegenstelling tot elektriciteit uit conventionele fossiele brandstoffen is het aanbod van elektriciteit uit wind en zon niet constant beschikbaar om te voldoen aan de vraag. Lokaal opgewekte energie vervangt daarnaast deels de vraag naar centraal opgewekte energie. Ook consumenten worden producent. Traditionele spelers passen zich aan en krijgen in toenemende mate een centrale "achtervang-functie". Zij zorgen voor elektriciteit indien onvoldoende elektriciteit kan worden geleverd via hernieuwbare bronnen. Centrale grootschalige productieopwekking op basis van fossiele brandstoffen bevindt zich in Nederland vooral langs de kust vanwege de aanvoer van brandstoffen en voldoende beschikbaarheid van koelwater.

Door deze ontwikkelingen maakt het hoogspanningsnet een drastische verandering door, van een gecentraliseerd 'eenrichtingsverdeelnet' naar een decentraal 'meerrichtingsnet'. Leveringszekerheid vereist flexibiliteit van en grootschalige investeringen in een modern net dat kan omgaan met de fluctuaties die inherent zijn aan variabele, niet-vraaggedreven (hernieuwbare) elektriciteitsopwekking. Technische innovatie is van groot belang om de flexibiliteit van het systeem te verbeteren.

De dynamische electriciteitsmarkt en steeds weer veranderende technische mogelijkheden staan op gespannen voet met "statische" lange termijn investeringen. De transportnetten hebben vaak een technische levensduur van meer dan vijftig jaar. De aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen vergt vele jaren van voorbereiding. Beleidsmatig ligt hier een dilemma. Uitstel van investeringsbeslissingen is veelal geen optie omdat de leveringszekerheid en (hernieuwbare) energiedoelstellingen daardoor in gevaar gebracht worden. Dat betekent dat investeringsbeslissingen gedaan moeten worden met de kennis van nu, wetende dat innovatie doorgaat en in de toekomst wellicht tot nieuwe inzichten leidt.

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Energie en Omgeving

Ons kenmerk
DGETM-EO / 15169450

Kaders capaciteitsuitbreiding hoogspanningsnet

Om de elektriciteitsmarkt optimaal te bedienen en een betrouwbare energielevering te continueren, wordt de capaciteit van het hoogspanningsnet de komende jaren uitgebreid. De ruimtelijke inpassing gebeurt in overleg met de regio en binnen de kaders die zijn vastgelegd in het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III).

Overleg met de regio

Iedereen wil stroom, echter weinig mensen willen een hoogspannningsverbinding in de naaste omgeving. De beste oplossing voor dit dilemma kan alleen in regionaal verband worden gevonden. In de nieuwe Omgevingswet en de daarin opgenomen "sneller en beter"-aanpak is bekrachtigd dat de dialoog tussen en participatie van alle partijen gedurende het planningsproces van groot belang is. Dit is zowel voor de overheid als voor initiatiefnemer TenneT reeds een belangrijk uitgangspunt waar goede ervaringen mee zijn opgedaan. Binnenkort zal ik uw Kamer informeren over een aantal nieuwe initiatieven van mijn kant om hieraan verder invulling te geven, middels de visie op omgevingsmanagement.

Kaders SEV III

In het SEV III, dat op 17 sep 2009 door uw Kamer is vastgesteld, is een aantal uitgangspunten vastgelegd voor de aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen:

1. *Combineren en bundelen met bestaande hoogspanningsverbindingen en/of bovenregionale infrastructuur*:
   Vergroting van de transportcapaciteit gaat gepaard met fysieke uitbreiding van het bovengrondse hoogspanningsnet. Nieuwe hoogspanningsverbindingen worden waar mogelijk en zinvol gecombineerd (twee verbindingen in één mast) of gebundeld met bestaande verbindingen. Na de aanleg van een nieuwe, gecombineerde verbinding kan de bestaande verbinding worden afgebroken. Op deze manier wordt de impact op het landschap zo veel mogelijk beperkt.
   Nieuwe hoogspanningsverbindingen kunnen met dit zelfde doel waar mogelijk ook gebundeld worden met bovenregionale infrastructuur zoals vaarwegen, snelwegen en spoorwegen.
   Mijn beleid is erop gericht dekansen om te bundelen en combinereren met andere hoogspanningsverbindingen en infrastructuur zoveel mogelijk te benutten.
2. *Hoogspanningsverbindingen worden bovengronds aangelegd, tenzij...*: In artikel 6.7 van het SEV III is het uitgangspunt "bovengronds tenzij" verwoord. Dat houdt concreet in dat de aanleg van hoogspanningsverbindingen in principe bovengronds gebeurt. Op basis van een integrale afweging op projectniveau kan in bijzondere gevallen - mits de leveringszekerheid niet in gevaar komt – met name voor kortere afstanden ondergrondse aanleg worden overwogen. Daarnaast moet er sprake zijn van evidente maatschappelijke meerwaarde en moeten de meerkosten financieel verantwoord zijn.

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging
Directie Energie en Omgeving

Ons kenmerk
DGETM-EO / 15169450

Ondergrondse aanleg hoogspanningsverbinding

In mijn brief van 2 april 2015 (Kamerstukken II 2014/15, 31 574, nr. 37) heb ik uw Kamer geïnformeerd over het bericht van TenneT dat zij situationeel meer ondergrondse aanleg van hoogspanningsverbindingen mogelijk acht dan de huidige 20 kilometer die in de hoogspanningsverbindingen in de Randstad gelegd wordt, en deels al is aangelegd (10 kilometer). Ik heb TenneT gevraagd quick scans uit te voeren voor de verschillende nieuw aan te leggen verbindingen. Tevens heb ik – gezien het innovatieve karakter van ondergrondse aanleg bij hoogspanningsverbindingen – een second opinion op de quick scans laten uitvoeren door Tractebel Engineering. Vervolgens heeft Tennet aanvullend onderzoek middels transiënte studies laten doen.[1] Op basis van deze studies heeft Tennet bijgevoegd advies opgesteld. Op basis van het advies en de studies stel ik vast dat in Nederland 20 kilometer extra ondergrondse aanleg van hoogspanningsverbinging mogelijk is zonder de netzekerheid onverantwoord in gevaar te brengen. Daarbij is een aantal principes leidend voor het toepassen van ondergrondse aanleg:

1. *Leveringszekerheid staat voorop*: In mijn brief van 2 april 2015 heb ik aangegeven dat het onwenselijk is om delen van interconnectoren of de landelijke ring of verbindingen tussen interconnectoren en de landelijke ring ondergronds aan te leggen, vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese energievoorziening. Indien een dergelijke verbinding uitvalt, kan dat zeer grote gevolgen hebben voor het hele Nederlandse en zelfs het Europese net. Een dergelijk risico is niet acceptabel en moet daarom in genoemde cruciale verbindingen naar de huidige technische inzichten vermeden worden. Het bijgesloten advies van TenneT en de second opinion bevestigen deze conclusie.
2. *Ondergrondse aanleg als oplossing voor ruimtelijke knelpunten*: Bij het inpassen van bovengrondse hoogspanningsverbindingen kunnen lokaal ruimtelijke knelpunten optreden. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij een groot infrastructureel werk dat gekruist moet worden, een landschappelijk waardevol gebied of een cluster woningen van enige omvang. Het ondergronds brengen van de hoogspanningsverbinding ter plaatse van een dergelijk knelpunt kan een oplossing bieden om de hoogspanningsverbinding lokaal beter in de omgeving in te passen. Zowel bovengrondse als ondergrondse hoogspanningsverbindingen leiden tot ruimtelijke of milieutechnische en landschappelijke knelpunten, maar de effecten zijn divers. Ondergrondse kabels zijn niet zichtbaar, leiden niet tot draadslachtoffers onder vogels en kennen geen mastvoeten. Ondergrondse aanleg heeft echter ook nadelen. Er kan geen bebouwing, diep wortelende beplanting of diepe grondbewerking (dieper dan bij normaal agrarisch gebruik) worden toegepast

[1] Dit is een dynamische simulatie van een gebeurtenis in het net zoals het inschakelen van een verbinding of transformator. De uitkomsten hiervan worden geanalyseerd en leveren een beeld op van de mogelijkheden of onmogelijkheden voor verkabeling.

boven de kabel. Kabelaanleg leidt tot meer verstoring van de natuurlijke bodem, grondwaterstroming en archeologisch waardevolle gebieden. Voor ondergrondse kabels zijn ook opstijgpunten nodig die ruimtelijk en landschappelijk impact hebben. Ondergrondse aanleg biedt meer mogelijkheden om slim te traceren omdat makkelijker bochten kunnen worden gemaakt dan met bovengrondse hoogspanningsmasten. Hierdoor is het beter mogelijk om eventuele knelpunten op te lossen. De voor- en nadelen van ondergrondse aanleg ten opzichte van een bovengrondse verbinding zijn per situatie verschillend. Per knelpunt dient te worden bezien of ondergrondse aanleg een oplossing biedt.

3. *Ondergrondse aanleg moet financieel verantwoord zijn*: De kosten van een ondergrondse verbinding zijn aanmerkelijk hoger dan die van een bovengrondse verbinding. Deze kosten komen uiteindelijk voor rekening van de Nederlandse consument. Naar huidig inzicht zijn de kosten van 1 kilometer ondergrondse kabelverbinding (twee circuits 380 kV) indicatief 7 miljoen euro duurder dan 1 kilometer bovengrondse Wintrack verbinding (twee circuits 380 kV). Bij meerdere stukken ondergrondse kabel kan dit verschil oplopen in verband met de aanleg van de nodige opstijgpunten. Deze extra kosten zijn alleen gerechtvaardigd als ondergrondse verkabeling een substantiële oplossing is voor knelpunten. Per project zal deze afweging gemaakt moeten worden.

Consequenties en stand van zaken lopende 380 kV-projecten

Op mijn verzoek heeft TenneT de mogelijkheden voor ondergrondse aanleg in kaart gebracht voor de lopende projecten ter realisatie van nieuwe hoogspanningsverbindingen. Hieronder geef ik per project de resultaten weer.

Zuidwest 380 kV west (Borssele - Rilland)

Nut en noodzaak

In de provincie Zeeland wordt aanmerkelijk meer elektriciteit geproduceerd dan er wordt verbruikt. Met de realisatie van de nieuwe Sloecentrale (2009) en het wegvallen van twee grootverbruikers wordt het bestaande elektriciteitsnetwerk vanuit 380 kV-station Borssele volledig benut voor transport naar het achterland. De huidige verbinding zit dus als het ware 'vol'. Dit heeft tot gevolg dat:

- er onvoldoende aansluitcapaciteit beschikbaar is voor (grootschalige) offshore windenergie en de aansluiting van windenergie op land, die vanaf 2019 is voorzien;
- er geen aansluitcapaciteit meer beschikbaar is voor nieuwe (grootschalige) conventionele opwekking. Dit geldt niet alleen in Borssele maar voor heel Zeeland, inclusief Zeeuws Vlaanderen (met het industriegebied in Terneuzen);
- er geen onderhoud meer kan worden uitgevoerd aan de hoogspanningsverbindingen vanuit Borssele, zonder aanmerkelijke productiebeperkingen op te leggen. Het uitvoeren van onderhoud aan het hoogspanningsnet gelijktijdig met geplande productiestops van productie-

eenheden wordt steeds lastiger omdat er met meerdere partijen afspraken moeten worden gemaakt;
- het onderhoudsprobleem – het niet kunnen uitvoeren van onderhoud aan de bestaande verbinding – daarmee nog steeds in volle omvang aanwezig is, waarmee het risico op een stroomstoring en daarmee ook een gestoorde elektriciteitslevering aan de provincie Zeeland toeneemt;
- er door TenneT niet meer kan worden voldaan aan de ontwerpcriteria uit de Netcode, die is gebaseerd op de Elektriciteitswet 1998. Hiermee voldoet TenneT niet aan zijn wettelijke taak vanuit de Elektriciteitswet als aangewezen netbeheerder.

Stand van zaken in procedure

In 2011 is een keuze gemaakt voor het voorgenomen tracé. Hierbij is een goede ruimtelijke inpassing van groot belang geweest. Het nieuwe 380 kV-tracé wordt daarom in het eerste deel van het tracé gecombineerd met de bestaande 380 kV-verbinding en in het tweede deel met de bestaande 150 kV-verbinding. Na de bouw verdwijnen deze bestaande verbindingen, waarmee onder meer het natuurgebied Zak van Zuid-Beveland wordt vrijgespeeld van hoogspanningsverbindingen. Door de nieuwe, gecombineerde verbinding ook nog te bundelen met de andere bestaande verbinding wordt op regionale schaal gezien een verbeterslag gemaakt ten goede van het open Zeeuwse landschap. Bij het komen tot het definitieve tracé zijn op verzoek van en in overleg met onder meer betrokken overheden, grondeigenaren en andere belanghebbenden zoals bewoners de nodige optimalisaties in het tracé doorgevoerd. Ook is in overleg met betrokken overheden, natuurorganisaties en omwonenden in het kader van het inpassingsplan ruimhartig invulling gegeven aan de landschappelijke inpassing van de nieuwe verbinding. Zo worden de gaten in de dijkbeplanting in de Zak van Zuid-Beveland door het verwijderen van de bestaande verbinding weer hersteld.

Mogelijkheid voor ondergrondse aanleg

Uit het advies van TenneT komt naar voren dat verkabeling in dit tracé niet mogelijk is, omdat dan ontoelaatbaar hoge overspanningen zouden kunnen ontstaan op zowel het 380 kV-station Borssele als op het 380 kV-station Rilland als gevolg van het inschakelen van een nabijgelegen transformator of een kortsluiting in de verbinding. Dit heeft voor een belangrijk deel te maken met de complexe aansluiting van wind op zee bij Borssele. Bij ondergrondse aanleg van (een deel van) dit tracé is de leveringszekerheid onvoldoende gegarandeerd. Vanuit haar taak als landelijk netbeheerder vindt TenneT dit niet verantwoord.

Tractebel bevestigt deze conclusie van TenneT. Daarnaast geeft Tractebel aan dat een transiënt onderzoek hierover nadere informatie kan verschaffen. In de aanvullende berekeningen die inmiddels in opdracht van TenneT zijn gedaan wordt de eerdere conclusie bevestigd dat met ondergrondse aanleg in dit tracé de leveringszekerheid onvoldoende is gegarandeerd. Ik kom dan ook tot de slotsom dat ondergrondse aanleg van delen van dit tracé niet aan de orde is.

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Energie en Omgeving

Ons kenmerk
DGETM-EO / 15169450

Vervolgstappen
Zoals hierboven is aangegeven is aanleg van deze nieuwe verbinding om meerdere redenen urgent. Het ontwerp inpassingsplan, de milieueffectrapportage (MER) en de ontwerpvergunningen worden naar verwachting begin 2016 ter inzage gelegd. In gebruik name van de verbinding is eind 2019/begin 2020 voorzien. Daarmee is de verbinding op tijd klaar voor de aansluiting van het tweede platform voor wind op zee. Bij de ter inzage legging worden informatieavonden gehouden voor belanghebbenden en geïnteresseerden. Daarnaast wordt voor elk van de betrokken gemeenten voorzien in een bijeenkomst met de gemeenteraad en voor de provincie met de betreffende commissie van Provinciale Staten.

Zuidwest 380 kV oost (Rilland - Tilburg)

Nut en noodzaak
Nut en noodzaak van dit tracé komt overeen met die voor het westelijk gedeelte van dit tracé, Zuidwest west. Het tracé Rilland – Tilburg is nodig om voldoende transportcapaciteit te hebben om ook de nieuw in Zeeland opgewekte elektriciteit (o.a. windenergie op zee) af te kunnen voeren naar de landelijke 380 kV-hoogspanningsring. Door de bouw van een nieuw 380 kV-station te Rilland, waarvoor het inpassingsplan inmiddels is vastgesteld, kan de bestaande verbinding vanuit Geertruidenberg beter worden benut. Belangrijk voordeel van het nieuwe station is dat op de bestaande verbinding naar België op termijn meer interconnectiecapaciteit zal ontstaan. Door de bouw van het 380 kV station te Rilland is de mogelijkheid ontstaan het tracé van Borssele naar Tilburg in de tijd gefaseerd aan te leggen en het hoofd te bieden aan diverse urgente knelpunten.

Stand van zaken procedure
De nieuwe verbinding zal gecombineerd worden met een van de bestaande 150 kV-verbindingen in het zoekgebied. Afhankelijk van het alternatief kan de nieuwe verbinding ook nog gebundeld worden met de bestaande 380 kV-verbinding. Na de bouw van de nieuwe, gecombineerde verbinding kan dan de bestaande verbinding worden afgebroken.
In 2014 is besloten het voorgenomen voorkeursalternatief vanaf Borchwerf, via Geertruidenberg naar Tilburg in zuidelijke richting te wijzigen. Dit besluit stuitte op kritiek uit de regio. Ik heb om die reden dit voorjaar de regio in de gelegenheid gesteld om voorstellen voor alternatieve tracés in te dienen. De regio heeft hier gehoor aan gegeven. Ik waardeer het dat de regio in een relatief kort tijdsbestek verschillende, goed onderbouwde alternatieven heeft aangedragen.

In mijn brief van 18 maart 2015 (Kamerstukken II 2014/15, 29 023, nr. 182) heb ik aangegeven op welke wijze ik de regionale alternatieven in beschouwing zou nemen. De Kamer heeft mij bij motie van het lid De Vries c.s. (Kamerstukken PM) verzocht per alternatief in kaart te brengen in hoeverre natuur doorkruist wordt,

gevoelige bestemmingen worden geraakt etc., conform de leidende principes zoals opgesteld in de startnotitie voor de MER (paragraaf 3.5.2), alvorens de keuze te maken welke alternatieven in de MER zullen worden meegenomen. Bij motie van het lid Geurts (Kamerstukken PM) heeft de Kamer verzocht de economische gevolgen mee te wegen in het tracé besluit.

Ik heb een onafhankelijk onderzoeksinstituut, Deltares, opdracht gegeven mij te adviseren over de haalbaarheid en eventuele aanvulling van de huidige concept-MER met de ingediende regionale alternatieven. In het advies – op basis van in de moties genoemde overwegingen – wordt aangegeven dat alle alternatieven op hoofdlijnen haalbaar zijn en wordt geadviseerd de alternatieven in de vervolgstappen te betrekken. Drie onderdelen van de ingediende voorstellen worden als buiten de scope van de onderhavige MER-procedure beschouwd, omdat ze niet gekoppeld zijn aan de oplossing van een knelpunt in het voorgestelde tracé en er binnen het project dus geen noodzaak is om de voorgestelde reconstructies of ondoorgrondse aanleg van bestaande verbindingen uit te voeren. De indieners van alternatieve tracés stemmen in grote lijnen in met de conclusie en het advies van Deltares. Indieners van onderdelen van alternatieven, die buiten de scope vallen, geven aan het niet eens te zijn met dit onderdeel van het advies.

<u>Mogelijkheid voor ondergrondse aanleg</u>
Op basis van de resultaten van de uitgevoerde analyses wordt het toepassen van maximaal 10 kilometer ondergrondse aanleg in de nieuwe 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg technisch mogelijk geacht. Door TenneT wordt geadviseerd ondergrondse aanleg hier te beperken tot 10 kilometer omdat er alleen ervaring is opgedaan met de 10 kilometer 380 kV-kabel binnen het project Randstad 380 kV Zuidring en er ook internationaal nog steeds zeer geringe ervaring is met andere 380 kV wisselstroom verkabelingprojecten van een zekere omvang. Op basis van de hierboven genoemde uitgangspunten voor ondergrondse aanleg zal worden bezien in hoeverre ondergrondse aanleg bijdraagt aan het oplossen van knelpunten in dit tracé en zal dit worden meegenomen in de vervolgstappen. Mocht uit het nog lopende transiënte onderzoek dat TenneT nu uitvoert blijken dat er technisch toch meer ondergronds aangelegd kan worden dan 10 kilometer, dan zal dit (mits inpasbaar in het planningsproces) worden meegenomen in de m.e.r.-procedure.

<u>Vervolgstappen</u>
Ik heb besloten om conform het advies van Deltares alle ingediende regionale alternatieven en varianten te betrekken bij de actualisering van de concept-MER. Dit met uitzondering van die onderdelen van trajecten, die geen bijdrage leveren aan de oplossing van het knelpunt in het voorgestelde tracé.
Twee bestaande MER-alternatieven (C380b en C380n in deelgebied 2 oost en deelgebied 4) worden in de verdere m.e.r.-procedure buiten beschouwing gelaten omdat alternatieven, die zijn gebaseerd op 4x380 kV in één mast, ongewenst zijn

(zie mijn eerder genoemde brief van 5 december 2014). De concept-milieueffectrapportage zal daartoe worden geactualiseerd in lijn met de richtlijnen en startnotitie voor de MER. Allereerst zal de ligging van de regionale tracés en het zoekgebied worden bepaald. Nieuwe inzichten ten aanzien van de ondergrondse aanleg, risicozonering windturbines en afstandsnormeringen buisleidingen worden betrokken bij de tracering. Ook worden gedetailleerde regionale voorstellen in beschouwing genomen voor zover van belang voor de afwegingen van de alternatieve tracés.

Op 2 december heb ik gesproken met regionale bestuurders en afspraken gemaakt over de vervolgstappen om te komen tot een optimaal tracé. Bij de verdere planvorming zullen regionale overheden, maatschappelijke organisaties en de initiatiefnemers van de alternatieve tracés worden betrokken. Over het voorgenomen voorkeursalternatief (VKA) zal met regionale overheden overleg worden gevoerd.

De planning is dat in het derde kwartaal van 2016 een voorgenomen voorkeursalternatief kan worden bepaald voor de verbinding Rilland –Tilburg op basis van milieu-, technische, financiële en bestuurlijke overwegingen. Ik zal uw Kamer informeren over het besluit van mijn collega van Infrastructuur en Milieu en mij over het voorkeursalternatief. Vervolgens zal tussen 2016 en 2019 een inpassingsplan worden opgesteld en de daarbij behorende procedure worden doorlopen en het definitieve besluit worden genomen. De bouw van de verbinding kan volgens planning vanaf begin 2020 plaats vinden en zal enkele jaren duren.

Noordwest 380 kV (Eemshaven Oudeschip - Vierverlaten)

Nut en noodzaak
Het is van belang om de transportcapaciteit tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten te vergroten. Aanleiding voor dit project vormen de geleidelijke toename van de elektriciteitsproductie bij de Eemshaven, aansluitingen van windparken en de ingebruikname (of aanleg) van nieuwe verbindingen van de Eemshaven naar het buitenland en vice versa. De capaciteit van de bestaande verbindingen vanaf de Eemshaven naar de centrale ring in Nederland is onvoldoende om deze ontwikkelingen te kunnen faciliteren. De meeste urgentie voor de uitbreiding van transportcapaciteit tussen Eemshaven en die centrale ring is op de verbinding tussen Eemshaven Oudeschip en Vierverlaten. Op termijn neemt de behoefte aan transportcapaciteit verder toe. De verbinding wordt daarom gerealiseerd als twee circuits 380 kV-verbinding, die kan worden uitgebreid tot maximaal 4 circuits van 380 kV. De masten en de fundaties worden voorbereid op deze uitbreiding.

Stand van zaken procedure
Op dit moment bevindt het inpassingsplan zich in de fase van voorontwerp. Over het voorgenomen tracé heeft overleg plaatsgevonden met de regio. Het is de

ambitie om het nieuwe tracé beter te situeren dan het bestaande tracé. Het voorgenomen tracé kent aanzienlijk minder knelpunten dan het bestaande. Zo staan er drie woningen binnen de magneetveldzone ten opzichte van 63 woningen in de bestaande situatie. De nieuwe 380 kV-verbinding vervangt een bestaande 220 kV-verbinding en een deel van de bestaande 110 kV-verbinding. Per saldo neemt de lengte van de hoogspanningsverbindingen in Groningen met 10 kilometer af.

Mogelijkheid voor ondergrondse aanleg
Uit het advies van TenneT blijkt dat ondergrondse aanleg op dit tracédeel mogelijk is. Ten tijde van het opstellen van dit advies is in overleg met de provincie Groningen en lokale overheden bezien of bij knelpunten in deze verbinding ondergrondse aanleg leidt tot substantiële en financieel verantwoorde oplossingen. Vooralsnog is deze vraag negatief beantwoord. Ondergrondse aanleg van delen van de 380 kV-verbinding maakt daarom geen deel uit van de voorgestelde inpassing van deze nieuwe hoogspanningsverbinding.

Vervolgstappen
Gemeenten, provincies en andere overheden worden geraadpleegd over het conceptvoorontwerp. De planning is om dit bestuurlijke overleg vanaf december 2015 te starten. Het ontwerp inpassingsplan en de benodigde uitvoeringsbesluiten zullen volgens planning in mei 2016 ter inzage gelegd worden. In september kunnen dan het vastgestelde inpassingsplan en de vastgestelde uitvoeringsbesluiten ter inzage gelegd worden. Het onherroepelijke inpassingsplan en de definitieve vergunningen worden medio 2017 verwacht, waarna de realisatiefase kan starten.

380 kV Doetinchem – Wesel

Nut en noodzaak
Om de leveringszekerheid van het Nederlandse net te handhaven en om meer hernieuwbaar opgewekte elektriciteit in te kunnen passen in het Europese net, is meer interconnectiecapaciteit noodzakelijk. De nieuwe 380 kV-interconnector Doetinchem-Wesel zal in deze behoefte voorzien. Het tracé van de verbinding loopt van Doetinchem via het grenspunt bij Voorst naar Wesel (Duitsland).

Stand van zaken procedure
De juridisch-planologische basis voor de ruimtelijke inpassing van het Nederlandse deel van deze circa 22 kilometer lange nieuwe verbinding is vastgelegd in een inpassingsplan. Het inpassingsplan is op 15 april 2015 door mij tezamen met mijn collega van Infrastructuur en Milieu vastgesteld. Momenteel loopt er beroep tegen de besluitvorming bij de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State.

Mogelijkheid voor ondergrondse aanleg

Zoals ik in mijn brief van 2 april 2015 heb aangegeven, is het onwenselijk om delen van interconnectoren ondergronds aan te leggen vanwege het cruciale belang van deze verbindingen voor de Nederlandse en Europese stroomvoorziening. Indien een interconnector uitvalt, kan dat zeer grote gevolgen hebben voor het hele Nederlandse en zelfs het Europese net. De 380 kV-verbinding Doetinchem-Wesel is een interconnector en is een belangrijke schakel in het Europese net. Daarom is besloten dat deze verbinding om (net)technische redenen bovengronds wordt uitgevoerd en is dit aldus in het inpassingsplan opgenomen. De uitkomsten van de second opinion van Tractebel Engineering ondersteunen dit besluit.

Vervolgstappen

Op 7 en 8 december 2015 vindt de zitting bij de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State plaats. De Afdeling zal vervolgens naar verwachting binnen 6 weken uitspraak doen, met een mogelijkheid tot verlenging met nogmaals 6 weken. Bij een positieve uitspraak van de Raad van State is de verwachting dat deze verbinding medio 2017 gerealiseerd zal zijn.

Conclusies mogelijkheden ondergrondse aanleg bij nieuwe hoogspanningsverbindingen

Op basis van het advies van TenneT en de second opinion van Tractebel stel ik het volgende vast ten aanzien van de mogelijkheden van ondergrondse aanleg van (delen van) nieuwe hoogspanningsverbindingen:

- Vanuit technisch oogpunt kan er in Nederland 20 kilometer extra ondergronds aangelegd worden, zonder dat dat ten koste gaat van de leveringszekerheid;
- Ondergrondse aanleg van delen van interconnectoren, de landelijke ring of verbindingen tussen interconnectoren en de landelijke ring is niet gewenst;
- Voor de nieuw aan te leggen hoogspanningsverbindingen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:
    - Bij Noordwest zijn er vanuit technisch oogpunt wel mogelijkheden voor ondergrondse aanleg, maar levert het geen substantiële en financieel verantwoorde oplossing op bij knelpunten;
    - Bij Zuidwest West kan met ondergrondse aanleg van delen van het tracé de leveringszekerheid onvoldoende gegarandeerd worden en is dit daarom niet aan de orde;
    - Bij Zuidwest Oost zijn er vanuit technisch oogpunt mogelijkheden voor ondergrondse aanleg van maximaal 10 kilometer voor het oplossen van ruimtelijke knelpunten. Dit zal meegenomen worden in de verdere m.e.r.-procedure.

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Energie en Omgeving

Ons kenmerk
DGETM-EO / 15169450

Ondergrondse aanleg bij bestaande hoogspanningsverbindingen
Met de recent aangenomen motie Dik Faber (Kamerstukken II 2015/16, 34199, nr. 44) is de regering verzocht om bij het uitwerken van de uitkoopregeling opnieuw alternatieven voor uitkoop van bewoners bij hoogspanningslijnen serieus mee te wegen, waaronder ondergrondse aanleg, het verplaatsen van het tracé of het gebruik van innovatieve typen masten met minder straling. Ter invulling aan deze motie zal er een totaalscan worden uitgevoerd naar alternatieven voor alle situaties die momenteel in aanmerking komen voor de uitkoopregeling. Doel van deze scan is om te bekijken in hoeverre er kostenefficiënte en ruimtelijk inpasbare alternatieven voor de uitkoopregeling mogelijk lijken te zijn.

De scan zal, parallel aan het overleg over de gemeentelijke bijdrage aan ondergrondse aanleg conform het aangenomen amendement Mulder / Vos (Kamerstukken II 2015/16, 34199 nr. 37), met de Vereniging Nederlandse Gemeenten worden besproken en middels een second opinion worden gevalideerd. Indien uit de scan en de second opinion blijkt dat er kostenefficiënte en ruimtelijk inpasbare alternatieven mogelijk lijken te zijn, dan zal per situatie een verdiepende (haalbaarheids)studie worden uitgevoerd. Hierbij worden bewoners, gemeenten en andere belanghebbenden nauw betrokken. Aangezien dergelijk onderzoeken enige tijd in beslag kunnen nemen en ik de bewoners onder hoogspanningsverbindingen niet langer in onzekerheid wil laten verkeren, zal ik aan de onderzoeken geen opschortende werking voor de uitkoopregeling verbinden. Conform planning zal de vrijwillige uitkoopregeling voor woningen onder bestaande hoogspanningsverbindingen in alle gevallen per 1 januari 2017 in werking treden. Tijdens de lopende onderzoeken zullen er echter geen onomkeerbare stappen worden gezet. Zolang de onderzoeken lopen zal na uitkoop van de eigenaar de woonbestemming op de uitgekochte woning blijven rusten. Ook zal er vanzelfsprekend tijdens het onderzoek geen woning worden gesloopt. In overleg met omwonenden, gemeenten en andere belanghebbenden zal bekeken worden wat een goede tijdelijke invulling is voor de betreffende woningen.