



PROGRAMMA AANSLUITING WIND OP ZEE (PAWOZ) - EEMSHAVEN

Deelrapport Kosten

Ministerie van Klimaat en Groene Groei

7 FEBRUARI 2025

Project
Opdrachtgever

Programma Aansluiting Wind Op Zee (PAWOZ) - Eemshaven
Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Titel
Organisatie
Werkpakket
Onderdeel
Soort
Discipline
Status
Voortgangpercentage
Projectnummer
Document Referentie

Deelrapport Kosten
RHW - Combi RHDHV & W+B
3.8.2 Achtergrondrapport Kosten
GEN - General
RP - Report
MR - MER
A1 - Client accepted
100%
BI9148
BI9148-RHW-3.5-GEN-RP-MR-000044

Datum

7 februari 2025

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.	Royal HaskoningDHV Nederland B.V.
Postbus 24087	Postbus 1132
3511 SW Utrecht	3818 EX Amersfoort
Nederland	Nederland
www.witteveenbos.com	www.royalhaskoningdhv.nl

INHOUDSOPGAVE

0	SAMENVATTING	5
1	INLEIDING	7
1.1	Aanleiding voor het Programma	7
1.2	Doelstelling van het Programma	7
1.3	Plangebied	8
1.4	Voornemen	9
	1.4.1 Elektrische verbindingen	9
	1.4.2 Waterstofverbindingen	11
	1.4.3 Tunnelsysteem tussen Ballonplaat en Eemshaven	13
1.5	Doel deelrapport Kosten	13
1.6	Leeswijzer	13
2	METHODIEK	15
2.1	Inleiding	15
2.2	Routes en verbindingen	15
2.3	Beoordelingskader	17
2.4	Rekenmethodiek	17
2.5	Scope investeringskosten	18
2.6	Indexatie tot verwachte ingebruikname	19
	2.6.1 Verwachte ingebruikname	19
	2.6.2 Investeringskosten tunnelconstructie X: Tunnel route	20
3	INVESTERINGSKOSTEN ELEKTRISCHE VERBINDING	22
3.1	Inleiding	22
3.2	Scope investeringskosten elektrische verbinding	22
3.3	Uitgangspunten kostengetallen elektrische verbinding	24
3.4	Investeringskosten elektrische verbindingen	25
4	INVESTERINGSKOSTEN WATERSTOFVERBINDING	28

4.1	Inleiding	28
4.2	Scope investeringskosten waterstofverbinding	28
4.3	Uitgangspunten kostengetallen waterstofverbinding	29
4.4	Investeringskosten waterstofverbinding vanuit TNW	31
5	INVESTERINGSKOSTEN VERBINDING X: TUNNEL ROUTE	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Scope investeringskosten X: Tunnel route	33
5.3	Uitgangspunten kostengetallen X: Tunnel route	34
5.4	Investeringskosten X: Tunnel route	35
5.4.1	Investeringskosten tunnelsysteem per variant	35
5.4.2	Kosten X: Tunnel route voor het ontsluiten van DDW	36
5.4.3	Kosten X: Tunnel route voor het ontsluiten van TNW	36
5.4.4	Totale investeringskosten voor de ontsluiting van de windparken DDW en TNW	36
6	CONCLUSIE	38
6.1	Inleiding	38
6.2	Investeringskosten	38
6.2.1	Kosten ontsluiting windpark TNW	38
6.2.2	Kosten ontsluiting windpark DDW	39
6.3	Onzekerheid	39
7	AFKORTINGEN- EN BEGRIPPENLIJST	41
	Laatste pagina	48
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Overzicht van de combinaties voor routes	3

SAMENVATTING

Dit is de samenvatting van het deelrapport Kosten van de Integrale Effectanalyse (IEA) van het Programma Aansluiting Wind Op Zee - Eemshaven (hierna: PAWOZ). In het deelrapport Kosten wordt onderzocht wat de totale verwachte investeringskosten zijn voor het ontsluiten van windpark DDW met twee elektrische verbindingen (2GW HVDC) en wat de totale verwachte investeringskosten zijn voor het ontsluiten van TNW met een waterstofverbinding of met elektrische verbinding (700 MW AC) wanneer dit via een waterstofverbinding niet haalbaar blijkt. Daarnaast brengt dit deelrapport het verschil in kosten in beeld tussen de verschillende routes voor een elektrische verbinding (voor het ontsluiten van DDW) en de verschillende routes voor een waterstofverbinding (voor het ontsluiten van TNW). Vanwege intrinsieke verschillen tussen een elektrische verbinding en een waterstofverbinding, kunnen de verwachte investeringskosten voor een elektrische verbinding en een waterstofverbinding niet met elkaar worden vergeleken. In dit deelrapport is de X: Tunnel route separaat behandeld. Tabel 0.1 laat zien welke criteria zijn onderzocht in het deelrapport.

Tabel 0.1 Beoordeelde criteria in het deelrapport Kosten

Criterium	Elektrische verbinding	Waterstofverbinding
totale verwachte investeringskosten voor verbindingen van windpark tot en met aansluiting op het energiesysteem op land	X	X

Twee kostenbeelden: prijspeil 2024 en indexatie tot en met verwachte jaar van ingebruikname

Om de kosten van de waterstofverbindingen en van de elektrische verbindingen samen te kunnen voegen met de kostenramingen van de civieltechnische tunnelconstructie (onderdeel van X: Tunnel route) is gewerkt met investeringskostenramingen met prijspeil 2024. Om inzicht te krijgen in het mogelijke effect van toekomstige kostenstijgingen zijn deze ramingen op verzoek van het ministerie van KGG ook geïndexeerd richting het verwachte jaar van ingebruikname. Dit levert twee verschillende kostenbeelden op: raming van de kosten met de prijzen die nu bekend zijn (2024) en een raming inclusief kostenstijgingen richting het jaar waarin verwacht wordt dat de verbinding(en) voor het ontsluiten van de windparken in gebruik genomen worden. Per route is het jaar van ingebruikname bepaald op basis van het deelrapport Planning. Het jaar van ingebruikname varieert van 2033 (eerste kabelsysteem via de route VII: Schiermonnikoog Wantij route) tot en met 2037 (tweede kabelsysteem via de II: Oude Westereems route en de X: Tunnelroute), waarmee er maximaal 4 jaar verschil zit in de indexatie van de ramingen.

Ontsluiting windpark Ten Noorden van de Waddeneilanden (TNW)

De totale verwachte investeringskosten voor de ontsluiting van het windpark TNW met prijspeil 2024 zijn het laagste (EUR 0,6 miljard (prijspeil 2024) / EUR 0,7 – 0,8 miljard (geïndexeerd)) voor een waterstofverbinding via:

- Noordzeeroute C: Direct naar TNW, de VII: Schiermonnikoog Wantij route en de VII: Schiermonnikoog Wantij landroutes B, B1, C;
- Noordzeeroute C: Direct naar TNW, de IX: Zoutkamperlaag route en de IX: Zoutkamperlaag landroute;
- Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de VIII: Ameland Wantij route en VIII: Ameland Wantij landroute B, B1;

- Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de IX: Zoutkamperlaag route en de IX: Zoutkamperlaag landroute.

Een waterstofverbinding via Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de X: Tunnel route en de II: Oude Westereems landroute heeft de hoogste verwachte totale investeringskosten, EUR 1,8 miljard (prijspeil 2024) / EUR 2,3 miljard (geïndexeerd), dit is inclusief de kosten van het tunnelsysteem. Het verschil in kosten tussen de waterstofverbindingen voor het ontsluiten van TNW wordt met name veroorzaakt door het verschil in lengte en aanlegtechniek en specifiek voor de X: Tunnel route de kosten van het civieltechnische tunnelsysteem (EUR 1,0 miljard (prijspeil 2024) / EUR 1,2 miljard (geïndexeerd) en in mindere mate door het verschil in het verwachte jaar van ingebruikname en daarmee samenhangend de doorgevoerde indexatie.

TNW via AC-kabelsysteem

Het windpark TNW wordt bij voorkeur ontsloten met een waterstofverbinding. Als dit niet haalbaar blijkt, is ontsluiting met een 700MW AC-kabelsysteem een terugvaloptie. De totale investeringskosten voor dit AC-kabelsysteem vanaf TNW tot aan het landelijk hoogspanningsnetwerk op land is door TenneT geraamd op circa EUR 1,6 miljard (geïndexeerd). Door verschillen in scope en rekenmethodiek van TenneT en Gasunie, zijn deze kosten nadrukkelijk niet één-op-één te vergelijken met de kosten voor de ontsluiting van het windpark TNW via een waterstofverbinding.

Ontsluiting windpark Doordewind (DDW)

De totale verwachte investeringskosten voor de ontsluiting van het windpark DDW (twee 2 GW verbindingen) zijn het laagste via Noordzeeroute B: Parallel aan verlaten telecom kabel en de VII: Schiermonnikoog Wantij route (EUR 8,6 (prijspeil 2024) / EUR 10,4 miljard (geïndexeerd)). Het ontsluiten van het windpark DDW (twee 2 GW verbindingen) via de Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding en de X: Tunnel route kent de hoogste totale verwachte investeringskosten (EUR 10,6 miljard (prijspeil 2024) / EUR 13,9 miljard (geïndexeerd)), dit is inclusief de civieltechnische tunnelconstructie.

Voor de meeste routes geldt dat het verschil in kosten voor het ontsluiten van DDW met name wordt veroorzaakt door het verschil in het verwachte jaar van ingebruikname van de routes en daarmee samenhangend de doorgevoerde indexatie. Een uitzondering hierop is de X: Tunnel route; deze route is duurder dan de andere routes die zijn onderzocht voor het ontsluiten van windpark DDW, met name vanwege de kosten van het civieltechnische tunnelsysteem (EUR 1,6 miljard (prijspeil 2024) / EUR 2,1 miljard (geïndexeerd)).

INLEIDING

Dit is het deelrapport over kosten van de Integrale Effectanalyse (IEA) van het Programma Aansluiting Wind Op Zee - Eemshaven. In de IEA zijn de effecten op omgeving, landbouw, milieu, techniek, kosten, planning en toekomstvastheid onderzocht van meerdere routes voor kabelsystemen en waterstofleidingen vanaf toekomstige windparken op de Noordzee, door het Waddengebied en het vasteland naar Eemshaven. De IEA zorgt ervoor dat de minister van Klimaat en Groene Groei deze effecten goed meeneemt in het besluit over het Programma.

1.1 Aanleiding voor het Programma

Boven de Waddeneilanden komen nieuwe windparken op de Noordzee. Dat zijn in elk geval het windpark Ten Noorden van de Waddeneilanden (TNW, 700 Megawatt) en het windpark Doordewind (DDW, 4 Gigawatt). De Nederlandse overheid heeft plannen om in de toekomst nog meer windparken op zee te ontwikkelen. Energie vanuit deze nieuwe windparken moet ook aan land worden gebracht.

De energie van deze windparken moet naar het landelijke hoogspanningsnet van TenneT of het Waterstofnetwerk Nederland van Gasunie in de buurt van de Eemshaven worden gebracht. Dit kan met elektriciteitskabels (hierna: kabelsystemen) of, als de stroom op zee wordt omgezet naar waterstof, met waterstofleidingen (hierna: leidingen). Het Rijk onderzoekt nu, samen met de omgeving, op welke routes en locaties het mogelijk is om kabelsystemen, leidingen en bijbehorende stations aan te leggen, te gebruiken en te onderhouden om de windenergie naar de Eemshaven te brengen. En welke routes de voorkeur hebben om eerst te worden gebruikt.

Daarbij is het belangrijk om goed te onderzoeken wat de effecten zijn van allerlei routes en stationslocaties, en hoe deze verschillen bij gebruik van verschillende aanlegtechnieken. De besluitvorming over welke routes te benutten en in welke volgorde vindt plaats in het Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven (hierna: PAWOZ).

1.2 Doelstelling van het Programma

Het doel van PAWOZ is om te onderzoeken waar voldoende ruimte is om kabelsystemen, leidingen en de bijbehorende stations in de Noordzee, het Waddengebied en op land aan te leggen. Met ruimte wordt de combinatie van fysieke ruimte en milieuruimte bedoeld. Beiden zijn nodig om kabelsystemen, leidingen en stations aan te kunnen leggen. Het gaat in elk geval om de ruimte voor het aansluiten van windparken TNW en DDW, waarbij het streven is om deze in 2031 aan te sluiten. En verder is onderzocht hoeveel ruimte er nog meer is voor toekomstige aansluitingen. Hierbij is de scope voor dit onderzoek vastgezet op een maximum van 10,7 GW aan elektrische verbindingen en 36-42 GW aan waterstof verbindingen.

Op elke route zijn er uitdagingen, omdat er bepaalde regels gelden en er andere gebruikers zijn. Per route is onderzocht hoeveel beschikbare ruimte er is. Deze informatie vormt input voor het Programma. In het Programma worden de routes geprioriteerd. Dit betekent dat de ene route de voorkeur krijgt boven een andere route. Als TNW en DDW worden ontwikkeld, dan worden routes uit PAWOZ gebruikt om de windparken aan te sluiten.

Voor andere toekomstige windparken worden routes uit PAWOZ meegewogen met de routes uit pVAWOZ. PAWOZ draagt zo bij aan het aansluiten van windparken op zee en daarmee aan het terugbrengen van de Nederlandse CO₂-uitstoot en de energietransitie van Nederland.

Opgave aangewezen en toekomstige windenergiegebieden

Opgave DDW

Windenergiegebied Doordewind (DDW) gaat bestaan uit twee windkavels, DDW-1 en DDW-2. Beide krijgen een capaciteit van 2 GW. In dit MER zijn beide toekomstige windkavels voor de eenvoud samengenomen. Het wordt aangeduid als 'Windpark DDW' met een capaciteit van 4 GW. DDW wordt met twee gelijkstroom (DC)-kabelsystemen (van elk 2 GW) aangesloten op het landelijk hoogspanningsnet.

Opgave TNW

Windpark Ten Noorden van de Waddeneilanden (TNW) krijgt een capaciteit van 700 MW. Het windpark is in maart 2023 aangewezen als een demonstratieproject voor waterstof voor 500 MW en moet met een leiding worden aangesloten op het Waterstofnetwerk Nederland. Ook wordt gekeken of er ruimte is om de resterende 200 MW met een elektrische verbinding te kunnen koppelen aan DDW. Als alternatief is onderzocht of TNW met twee wisselspanning (AC)-kabelsystemen (van elk 350 MW) kan worden aangesloten op het landelijk hoogspanningsnet.

Toekomstige windenergiegebieden

Het is nog niet besloten welke gebieden er in de toekomst, na windenergiegebieden TNW en DDW, worden gereserveerd voor windenergie en waar de energie van deze parken gaat aanlanden. Het Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee 2031-2040 (pVAWOZ) onderzoekt de aanlanding van de toekomstige windparken. pVAWOZ gebruikt de resultaten van PAWOZ om te bepalen of en via welke routes toekomstige windgebieden kunnen aansluiten op de Eemshaven.

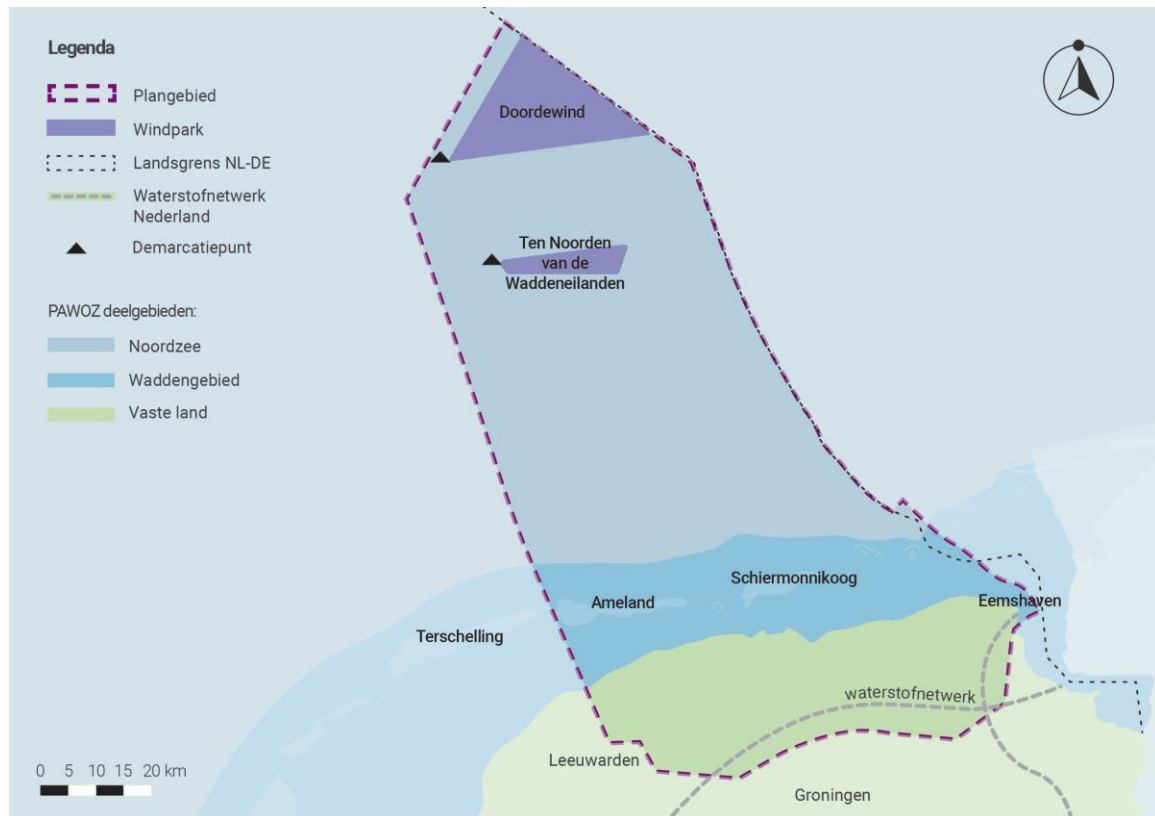
1.3 Plangebied

Afbeelding 1.1 laat zien in welk gebied de routes en stationslocaties zijn onderzocht. Dit wordt het plangebied van PAWOZ genoemd. Het plangebied is verdeeld in drie deelgebieden: de Noordzee, het Waddengebied en het vasteland. De Waddeneilanden en de kust van het vasteland zijn onderdeel van het Waddengebied.

Demarcatie PAWOZ - pVAWOZ

Tussen de onderzoeken voor PAWOZ en pVAWOZ is gewerkt met zogenaamde demarcatiepunten. Omdat de onderzoeken van deze programma's gelijktijdig plaatsvinden is afgesproken tot waar PAWOZ een route onderzoekt en waar pVAWOZ start. Het demarcatiepunt is dus het punt waar de te onderzoeken routes van PAWOZ en pVAWOZ op elkaar aansluiten. Voor kabelsystemen ligt het demarcatiepunt ten westen van windgebied DDW. Voor leidingen ligt het demarcatiepunt ten westen van windgebied TNW.

Afbeelding 1.1 Het plangebied van PAWOZ



1.4 Voornemen

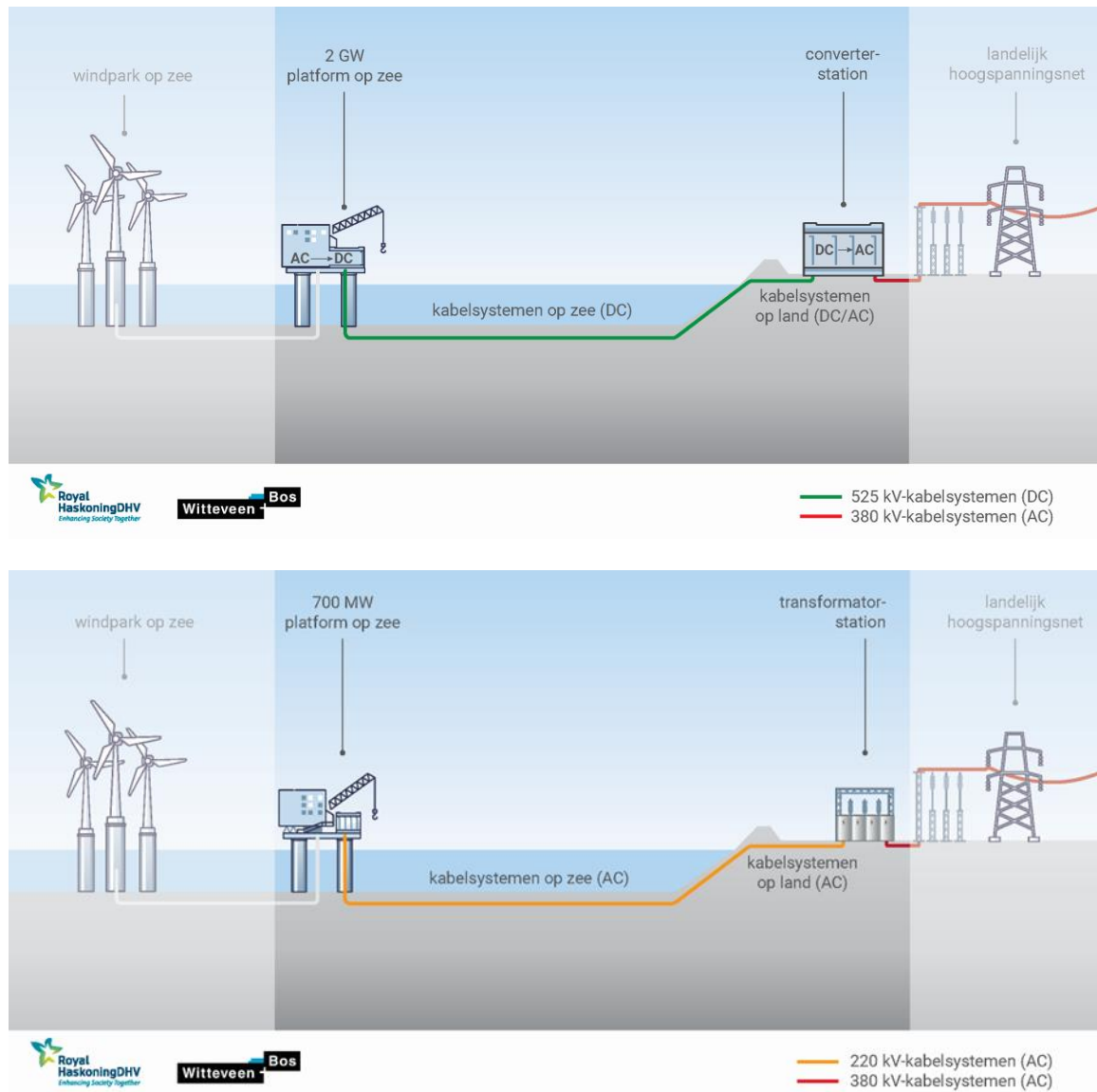
Het voornemen voor PAWOZ is om energie van windparken op zee boven de Waddeneilanden aan te sluiten op het landelijke hoogspanningsnet van TenneT of het Waterstofnetwerk Nederland van Gasunie in de buurt van de Eemshaven. Er is ook onderzocht of een tunnelsysteem kan worden gebruikt om onder het grootste deel van het Waddengebied door te gaan. In deze paragraaf staan de hoofdlijnen van het elektriciteitsnet, het waterstofnetwerk, en het tunnelsysteem. Een uitgebreidere toelichting van het voornemen en de aanlegtechnieken staat in het hoofdrapport van het MER en is uitgewerkt in de Notitie Routeontwikkeling.

1.4.1 Elektrische verbindingen

De elektrische verbinding voor PAWOZ bestaat uit kabelsystemen en de bijbehorende stations. Dat zijn de platforms op zee bij TNW en DDW en de transformator- of converterstations op land. De onderzoeksopgave voor PAWOZ bestaat uit vijf gelijkstroom (DC)-verbindingen van 525 kV (2 GW) en twee wisselstroom (AC)-verbindingen van 220 kV (350 MW). Beide soorten verbindingen staan in Afbeelding 1.2.

De AC- en DC-verbindingen lopen van een platform op zee, via kabelsystemen onder de zeebodem naar het vasteland. Vervolgens wordt de elektriciteit met kabelsystemen op land naar een transformatorstation (voor AC) of converterstation (voor DC) gebracht. Daar wordt het spanningsniveau omgezet naar 380 kV. Tenslotte wordt de elektriciteit getransporteerd naar een 380 kV-hoogspanningsstation waar het wordt aangesloten op het landelijke hoogspanningsnet. De 380 kV-stations die in beeld zijn voor de aansluiting op het landelijke hoogspanningsnet zijn Eemshaven Oudeschip en Eemshaven Oostpolderweg. Deze 380 kV-stations zijn geen onderdeel van het voornemen.

Afbeelding 1.2 Schematische weergave van het elektriciteitsnet (boven: gelijkstroom, onder: wisselstroom)



Platforms op zee

De platforms van TNW en DDW zijn onderdeel van het voornemen. Voor DDW zijn twee zoekgebieden onderzocht. TenneT heeft een standaard ontworpen voor een 700 MW wisselstroomplatform en voor een 2 GW gelijkstroom platform. De platforms van toekomstige windparken zijn niet meegenomen. Dat is omdat nog niet duidelijk is of, en zo ja welke, windparken worden aangesloten op de Eemshaven. De windturbines zelf en de parkbekabeling maken geen onderdeel uit van PAWOZ. Deze onderdelen worden in een latere fase in kavelbesluiten verder uitgewerkt.

Kabelsystemen op zee

Uitgangspunt voor de onderlinge afstand tussen TenneT kabelsystemen op zee is 200 m. Dit geldt zowel voor AC- als DC-kabelsystemen. Voor de aanleg van kabelsystemen op de Noordzee en het Waddengebied wordt het principe 'bury and would like to forget' toegepast. Dat principe is erop gericht kabelsystemen in één keer voldoende diep te begraven, zodat ze niet blootspelen. De diepte is bepaald in een begraafdiepte studie die als bijlage is opgenomen in de Notitie Routeontwikkeling.

Er zijn verschillende kabelinstallatietechnieken voor op zee, de ondiepere geulen en de droogvallende wadplaten. Er kan baggerwerk nodig zijn om voldoende waterdiepte voor de installatievaartuigen of voldoende ingraafdiepte te realiseren. Voor het passeren van de kust en de eilanden worden horizontaal gestuurde boringen (hierna: HDD-boring) toegepast.

De duur van de werkzaamheden voor de aanleg van een kabelsysteem op zee is onder andere afhankelijk van de aanlegtechniek, de kabellengte en de route. Het uitgangspunt van PAWOZ is dat er maximaal één kabelsysteem per jaar wordt aangelegd.

Kabelsystemen op land

Waar de kabelsystemen aan land komen, moeten die worden omgezet naar ondergrondse kabelsystemen op land. Om de kabelsystemen op land en op zee op elkaar aan te sluiten is op deze locatie (aan de landzijde van de waterkering) een overgangsmof nodig. Dat is een soort 'kroonsteen' tussen de kabelsystemen op land en op zee.

Voor de aanleg van kabelsystemen op land zijn twee installatietechnieken: een open ontgraving of een HDD-boring.

Transformatorstation of converterstation

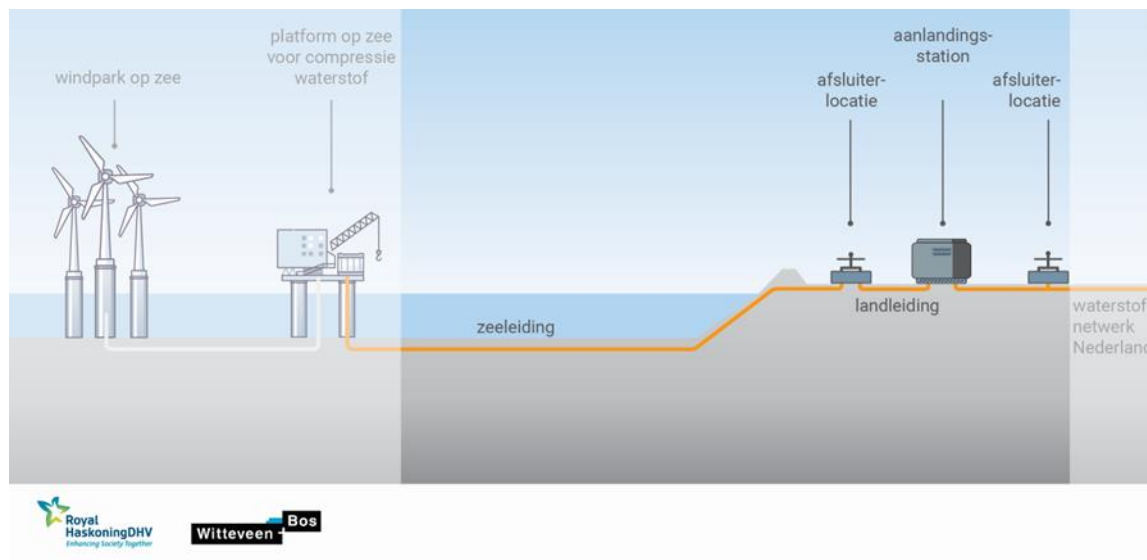
Voordat de kabelsystemen op land kunnen worden aangesloten op het landelijke hoogspanningsnet moet de spanning worden getransformeerd naar 380 kV wisselspanning. Dat gebeurt in een transformatorstation. In het geval van een DC-verbinding betekent dit dat deze eerst nog moet worden geconverteerd (van DC naar AC). Dit gebeurt in een converterstation.

1.4.2 Waterstofverbindingen

De waterstofverbinding voor PAWOZ bestaat uit leidingen en de bijbehorende stations, zoals weergegeven in Afbeelding 1.3. Dat zijn de aanlandingsstations en afsluiterlocaties. De onderzoeksopgave voor PAWOZ bestaat uit drie leidingen voor het transport van waterstof, inclusief waterstof aanlandingsstation en afsluiterlocaties.

Vanaf een platform op zee loopt een leiding over de zeebodem naar het vasteland. Bij de aanlanding komt een waterstof aanlandingsstation. Bij de aanlanding komt ook een afsluiterlocatie waar de leiding op zee kan worden afgesloten van de leiding op land. De leidingen op land worden aangesloten op het Waterstofnetwerk Nederland dat wordt ontwikkeld door Hynetwork (100 % dochteronderneming van Gasunie, www.hynetwork.nl). Bij de aansluiting op het landelijk waterstofnetwerk is ook een afsluiterlocatie voorzien.

Afbeelding 1.3 Schematische weergave van een waterstofverbinding



Platform op zee

Waterstof wordt gemaakt door elektrolyse. Daarbij wordt met behulp van elektriciteit (opgewekt uit windenergie) zeewater gesplitst in waterstof (in gasvorm) en zuurstof. Elektrolyse op zee kan plaatsvinden in de turbine zelf (decentraal) of op een platform (centraal). Bij centrale compressie van waterstof, kunnen verschillende type onderconstructies worden gebruikt.

De platforms voor waterstof zijn geen onderdeel van het voornemen. De platforms zijn niet meegenomen. De windturbines zelf en de parkbekabeling maken ook geen onderdeel uit van PAWOZ.

Leiding op zee

Uitgangspunt voor PAWOZ zijn nieuwe leidingen met een diameter van 48 inch. Voor de aanleg van leidingen op de Noordzee en het Waddengebied is het uitgangspunten om de leidingen in één keer voldoende diep te begraven, zodat ze niet blootspelen. De diepte is bepaald in een begraafdiepte studie die als bijlage is opgenomen bij de Notitie Routeontwikkeling.

Er kunnen verschillende installatietechnieken worden gebruikt op zee, de ondiepere geulen en de droogvallende wadplaten. Er kan baggerwerk nodig zijn om voldoende waterdiepte voor de installatievaartuigen of voldoende ingraafdiepte te realiseren.

Leiding op land

Ook voor leidingen op land is het uitgangspunt nieuwe leidingen met een diameter van 48 inch. Voor de aanleg van leidingen op land zijn er twee type installatietechnieken: een open ontgraving of een sleufloze techniek, zoals een horizontaal gestuurde boring (hierna: HDD-boring).

Aanlandingsstations en afsluiterlocaties

Uitgangspunt is dat een waterstof aanlandingsstation een oppervlakte van 2 ha heeft. Daarbij is ervan uitgegaan dat de compressie van waterstof op zee plaatsvindt. Waar mogelijk wordt een waterstof aanlandingsstation gebouwd in de nabijheid van reeds aanwezige infrastructuur ('bundelingsprincipe'). Een afsluiterlocatie heeft een oppervlakte van 20 m bij 20 m.

1.4.3 Tunnelsysteem tussen Ballonplaat en Eemshaven

Als alternatief op de in de vorige paragrafen beschreven aanlegtechnieken voor het elektriciteitsnet en waterstofnetwerk is onderzocht of kabelsystemen of leidingen in een geboord tunnelsysteem onder het Waddengebied kunnen worden aangelegd. De uitgangspunten die op dit alternatief van toepassing zijn, wijken af van de uitgangspunten uit de vorige paragrafen. Voor de ontwikkeling van het tunnelsysteem is een intredepunt op de Noordzee en een aanlandingspunt in of nabij de Eemshaven nodig. Het intredepunt op de Noordzee ligt op de Ballonplaat. Voor het aanlandingspunt in de Eemshaven is met zoekgebieden gewerkt. Het tunnelsysteem bestaat uit meerdere tunnelbuizen waar de kabelsystemen en leidingen in liggen. Het tunnelsysteem wordt enkel onderzocht als route voor het doorkruisen van het Waddengebied. Vanaf zowel het intredepunt als aanlandingspunt worden de kabelsystemen en leidingen naar respectievelijk de windparken en de aansluitpunten op het vasteland met conventionele technieken aangelegd.

1.5 Doel deelrapport Kosten

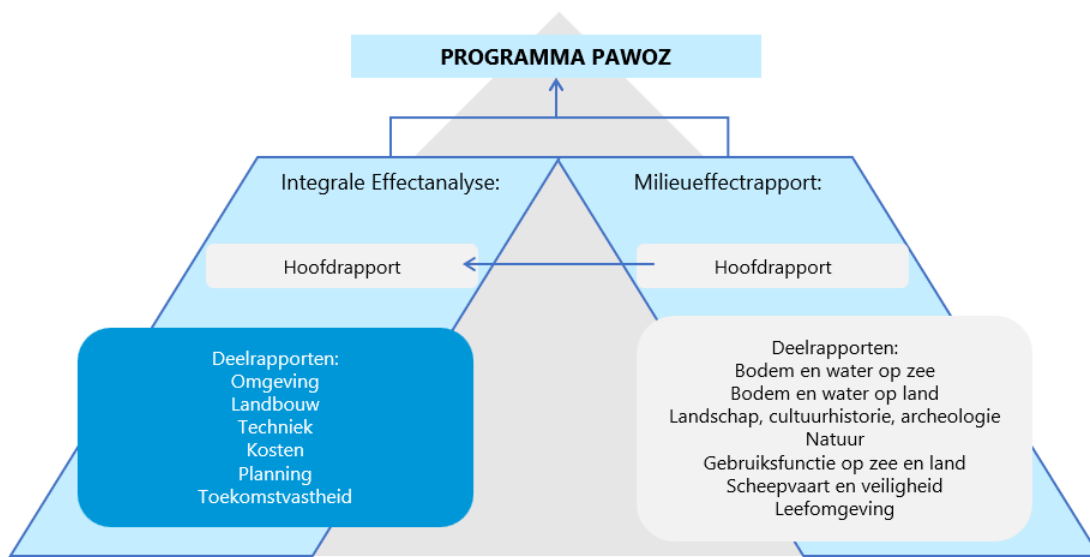
Het doel van dit deelrapport is om beslisinformatie in beeld te brengen over de totale verwachte investeringskosten voor de ontsluiting van het windpark DDW via twee 2 GW kabelsystemen en het windpark TNW via een waterstofleiding (of via een 700 MW AC-kabelsysteem als terugvaloptie). Daarnaast brengt dit deelrapport het verschil in kosten tussen de verschillende routes voor een elektrische verbinding en de verschillende routes voor een waterstofverbinding in beeld. Uit bovenstaande paragrafen blijkt dat een elektrische verbinding een ander systeem betreft dan een waterstofverbinding (andere technische onderdelen, transportvermogen et cetera).

Vanwege deze intrinsieke verschillen, dienen de verwachte investeringskosten voor een elektrische verbinding niet te worden vergeleken met de verwachte investeringskosten voor een waterstofverbinding.

1.6 Leeswijzer

De IEA van PAWOZ bestaat uit een hoofdrapport en zes deelrapporten. In het hoofdrapport staan de hoofdlijnen over de effecten voor de besluitvorming over het Programma. In de deelrapporten staan effectbeschrijvingen en analyses van omgeving, landbouw, techniek, kosten, planning en toekomstvastheid. Dit is het deelrapport over kosten. Het milieudeel van de IEA is gebaseerd op de resultaten van het MER. De Integrale effectanalyse en het MER geven samen de overwegingen op het gebied van milieu, omgeving, landbouw, techniek, kosten, planning en toekomstvastheid voor PAWOZ.

Afbeelding 1.4 Positie van dit deelrapport in de rapportagestructuur van de IEA en het MER



Opbouw van dit deelrapport

Het rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- hoofdstuk 2 licht de onderzoeks aanpak over het thema kosten toe;
- hoofdstukken 3, 4 en 5 beschrijven de totale verwachte investeringskosten voor een elektrische verbinding (3), een waterstofverbinding (4) en een verbinding via de X: Tunnel route (5);
- hoofdstuk 6 beschrijft de conclusies over de investeringsopgave.

Het rapport sluit af met de afkortingen- en begrippenlijst.

2

METHODIEK

2.1 Inleiding

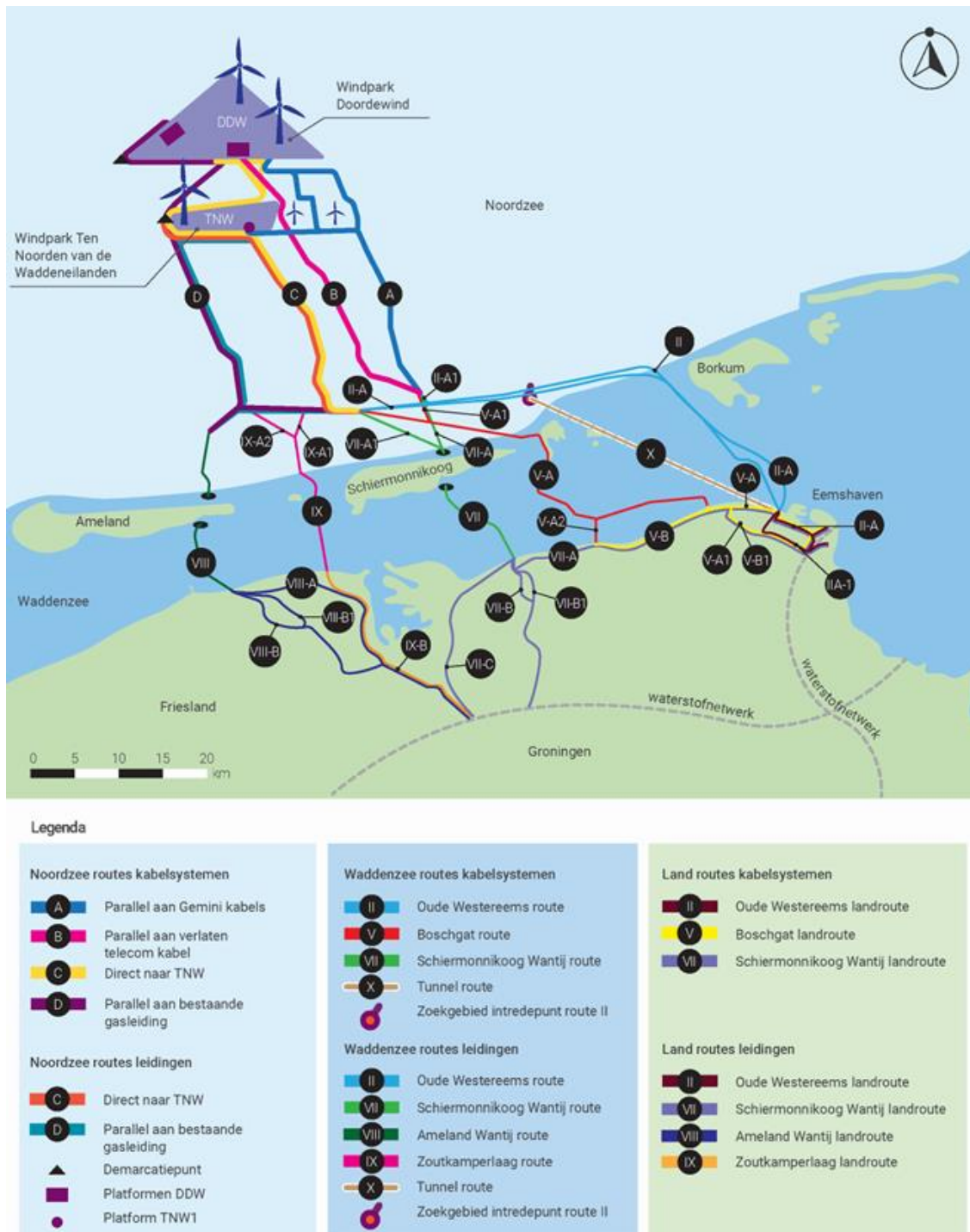
Dit hoofdstuk introduceert de routes die zijn onderzocht voor het ontsluiten van windparken DDW en TNW (paragraaf 2.2). Daarna licht dit hoofdstuk het criterium dat is onderzocht toe (zie paragraaf 2.3). Dit criterium is het bepalen van de 'totale verwachte investeringskosten voor verbindingen vanaf windpark DDW en vanaf windpark TNW tot en met aansluiting op het energiesysteem op land'. Vervolgens beschrijft dit hoofdstuk de rekenmethodiek voor het in beeld brengen van de investeringskosten van verbindingen (zie paragraaf 2.4). Daarbij is gekeken naar gecombineerde routes (bestaande uit de Noordzeeroutes, Waddenzeeroutes en de landroutes). Het woord 'verbinding' refereert naar deze gecombineerde routes met daarin een enkele leiding of twee kabelsystemen.

In paragraaf 2.5 is de scope van de investeringskosten opgenomen welke in meer detail wordt toegelicht in paragrafen 3.2 (voor een elektrische verbinding), 4.2 (voor een waterstofverbinding) en 5.2 (voor het tunnelsysteem). Verder is in deze paragraaf toegelicht dat vanwege de verschillen tussen een elektrische en een waterstofverbinding, de totale verwachte investeringskosten van een elektrische en een waterstofverbinding niet met elkaar vergeleken dienen te worden. Tot slot is in paragraaf 2.6 toegelicht hoe de totale verwachte investeringskosten zijn geïndexeerd tot de verwachte ingebruikname datum van de onderzochte routes.

2.2 Routes en verbindingen

Afbeelding 2.1 geeft alle onderzochte routes weer. Op de kaart staan de routenummers (zoals A, II, et cetera) in combinatie met de bijbehorende varianten (A, A1, et cetera). Bijvoorbeeld II-A is de II: Oude Westereems (land)route A. Een toelichting op de totstandkoming van de routes staat in het hoofdrapport van het MER en is stapsgewijs uitgewerkt in de Notitie Routeontwikkeling.

Afbeelding 2.1 Overzichtskaart van de geoptimaliseerde routes



Verbindingen vanuit TNW en DDW

Zoals omschreven in paragraaf 2.1, kijkt dit deelrapport naar de gecombineerde routes vanaf TNW en DDW tot aan de aansluiting op land. In andere deelrapporten van het MER en de IEA en in beide hoofdrapporten is daarnaast onderzocht hoeveel aanvullende ruimte er is voor verbindingen met een maximum van 10,7 GW aan elektrische verbindingen en 36-42 GW voor waterstof (drie verbindingen). Deze aanvullende verbindingen (vanaf andere windparken dan TNW en DDW) zijn niet door TenneT en Gasunie geraamd en dus ook geen onderdeel van dit deelrapport.

2.3 Beoordelingskader

Tabel 2.1 toont het beoordelingskader van deelrapport Kosten. Het beoordelingskader bestaat uit het criterium 'totale verwachte investeringskosten voor verbinding vanaf windpark tot en met aansluiting op het energiesysteem op land' (hierna: totale verwachte investeringskosten). Dit kwantitatieve criterium wordt uitgedrukt in euro's (EUR), afgerond naar veelvouden van EUR 100 miljoen. Daarnaast is voor zowel elektrische als waterstofverbindingen de onzekerheidsmarge opgenomen in de toelichting op de totale verwachte investeringskosten.

Tabel 2.1 Beoordelingskader deelrapport Kosten

Criterium	Elektrische verbinding	Waterstofverbinding
totale verwachte investeringskosten voor verbindingen van windpark tot en met aansluiting op het energiesysteem op land	X	X

2.4 Rekenmethodiek

Voor alle routes die binnen het MER en de IEA van PAWOZ zijn onderzocht, zijn de totale verwachte investeringskosten in beeld gebracht. Zoals is aangegeven in paragraaf 2.1 kijkt dit deelrapport naar de gecombineerde routes (bestaande uit de Noordzeeroutes, Waddenzeeroutes, de landroutes en stations op land en op zee), oftewel de verbindingen, voor de totale verwachte investeringskosten. Dit is anders dan in het MER en andere onderwerpen uit de IEA, waar de effecten van stationslocaties (op land en op zee) en routes (op de Noordzee, door de Waddenzee en op het vasteland) juist separaat in beeld zijn gebracht. Er is voor deze afwijking gekozen om ervoor te zorgen dat de kosten van individuele onderdelen op een route niet te herleiden zijn, omdat dit marktgevoelige informatie betreft (zie onderstaand tekstkader).

De investeringskosten voor de X: Tunnel route zijn in Hoofdstuk 5 separaat geraamd van de elektrische (hoofdstuk 3) en waterstofverbindingen (hoofdstuk 4). Deze route kent namelijk, naast de kosten van die verbindingen, ook investeringskosten voor het aanleggen van de tunnelbuizen, de schachten aan de land- en zeezijde en het intredepunt op de Noordzee. Om de verwachte investeringskosten van een elektrische verbinding en waterstofverbinding via de X: Tunnel route in beeld te brengen, zijn de investeringskosten van het tunnelsysteem weergegeven samen met de verwachte investeringskosten van een verbinding (elektrisch/waterstof) van windparken TNW en DDW tot de aansluiting op het vasteland, inclusief het inbrengen van de kabelsystemen/leidingen in het tunnelsysteem.

Om de investeringskosten per verbinding te bepalen, worden de verschillende onderdelen op een route geraamd en opgeteld. Welke onderdelen zijn geraamd voor het in beeld brengen van de totale verwachte investeringskosten is nader toegelicht in paragraaf 3.2 voor een elektrische verbinding, in paragraaf 4.2 voor een waterstofverbinding en in paragraaf 5.2 voor een verbinding via de X: Tunnel route. De kosten per onderdeel zijn uitgedrukt in EUR/km (voor kabelsystemen of leidingen) of in EUR/stuk (bijvoorbeeld voor stations). De kostengetallen worden vermenigvuldigd met het aantal keer dat een onderdeel op een route voorkomt of met de totale lengte van het onderdeel op de route. Vervolgens worden per verbinding de investeringskosten berekend door de som te nemen van de kosten van alle onderdelen op een route.

Kostenberekening en duiding door TenneT en Gasunie

TenneT en Gasunie hebben respectievelijk de raming voor een elektrische en waterstofverbinding opgesteld. Achterliggende berekeningen en de duiding van de kosten zoals gepresenteerd in dit deelrapport zijn uitgevoerd door TenneT en Gasunie. Met name de kosten van de verschillende onderdelen van de elektrische verbinding betreft marktgevoelige informatie. Daarom zijn de kostenkengetallen van een elektrische verbinding niet met opstellers van dit rapport gedeeld. Ook zijn de kostenramingen van TenneT en Gasunie niet door de opstellers van dit rapport geverifieerd.

2.5 Scope investeringskosten

Voor het bepalen van de investeringskosten per verbinding, wordt onder andere gekeken naar de lengte van een verbinding, de aanlegtechniek voor kabelsystemen en leidingen op een route en de installatie van technische onderdelen, zoals de stations.

Technische installaties zoals stations en platforms

Zoals in paragraaf 1.4 is toegelicht, gebruiken TenneT en Gasunie voor al hun routes hetzelfde concept voor de ontwikkeling van respectievelijk elektrische- en waterstofverbindingen. Het aantal technische installaties zoals stations en platforms per verbinding is vastgelegd in deze concepten. Hierdoor zijn de investeringskosten voor technische installaties per verbinding relatief constant; toch kunnen er verschillen in investeringskosten optreden door de aanlegduur of specifieke aanlegtechnieken.

Lengtes verbindingen vanaf windpark tot aan aansluiting op land

Een belangrijke parameter van de totale verwachte investeringskosten van een verbinding is de lengte van een route. De lengte van een verbinding, en daarmee de lengte van benodigde kabelsystemen of leidingen, verschilt namelijk per route. In bijlage I is een overzicht opgenomen van de afstanden die voor het thema kosten per verbinding zijn gehanteerd, uitgesplitst in lengte per routeonderdeel (Noordzeeroute, Waddenzeeroute en landroute).

Voor de landroutes en Waddenzeeroutes is gewerkt met de lengtes die ook zijn gehanteerd in de andere onderzoeken binnen het MER en de IEA. Voor het bepalen van de investeringskosten van de Noordzeeroutes, is voor een elektrische verbinding de langste variant naar windparken TNW en DDW gehanteerd en voor een waterstofverbinding de langste variant naar TNW. Hiermee wordt afgeweken van de lengtes die in de andere onderzoeken zijn gehanteerd, omdat het MER en de IEA uitgaan van de som van de lengte van alle aftakkingen van een Noordzeeroute. Deze benadering zou voor de investeringskosten echter een onrealistisch beeld opleveren, omdat die resulteert in een lengte die in de praktijk niet zal voorkomen. Om die reden is gekozen voor het uitgangspunt van de langste realistische route per windpark.

Aanlegtechnieken

De aanlegtechniek voor kabelsystemen en leidingen verschilt per route. In de Notitie Routeontwikkeling is voor alle routes (op de Noordzee, in het Waddengebied en op land) een aanlegtechniek gedefinieerd. Met name de variatie in afstand en aanlegtechniek voor kabelsystemen en leidingen kan resulteren in uiteenlopende investeringskosten.

Toelichting verschil in scope en onzekerheid elektrische verbinding en waterstofverbinding

Omdat er verschillen bestaan in de scope tussen de elektrische verbindingen en de waterstofverbindingen die binnen PAWOZ zijn onderzocht, worden voor beide type verbindingen andere onderdelen geraamd. Zo is het platform op zee voor een elektrische verbinding wél onderdeel van de scope voor het MER en de IEA, maar is het platform op zee voor een waterstofverbinding (of andere vorm van elektrolyse/compressie) geen onderdeel van de scope.

Naast het verschil in scope, verschilt de onzekerheidsmarge voor het ramen van de investeringskosten voor een waterstofverbinding ten opzichte van een elektrische verbinding. Om de verwachte totale investeringskosten te bepalen, werkt Gasunie met kostenkengetallen op basis van recente onderzoeken (zie paragraaf 4.3). Gasunie heeft zelf geen ervaring met de ontwikkeling van waterstofverbindingen op zee. Daarentegen heeft TenneT afgelopen jaren al wel ervaring opgedaan met de ontwikkeling van het net op zee. Dit heeft geleid tot twee standaardconcepten voor elektrische verbindingen (700 MW AC-concept en 2 GW DC-concept). Hierdoor kunnen de verschillende (technische) onderdelen van elektrische verbindingen met meer zekerheid worden geraamd dan van een waterstofverbinding.

Los van deze verschillen in scope en detailniveau is het doel van dit deelrapport niet om kosten van elektrische verbindingen en waterstofverbindingen ten opzichte van elkaar te vergelijken, maar om verschillen in kosten tussen routes voor elektrische verbindingen en verschillen in kosten tussen routes voor waterstofverbindingen inzichtelijk te maken. De kosten voor verbindingen van beide energiedragers worden dan ook niet met elkaar vergeleken om die reden.

2.6 Indexatie tot verwachte ingebruikname

TenneT werkt standaard met geïndexeerde kosten voor verkenningen en projecten gericht op het net op zee. Om voor de elektrische verbindingen vanuit DDW te komen tot een geïndexeerde raming, is met het prijspeil van 2024 en met een door TenneT opgegeven jaarlijkse indexatie van 3,44 % gewerkt. TenneT acht op basis van haar ervaring deze indexatie betrouwbaar voor de markt van kabelsystemen. Deze methode met een jaarlijkse indexatie van 3,44 % is op verzoek van KGG ook door Gasunie toegepast om te komen tot totale verwachte investeringskosten voor waterstofverbindingen vanuit TNW. Op basis van deze systematiek worden de kosten weergegeven op het moment van de geplande ingebruikname van de verbinding, dus gerekend naar de toekomst toe.

Deze kostensystematiek op basis van indexatie wordt door TenneT en Gasunie ook toegepast in pVAWOZ hetgeen een kostenvergelijk van kabelsystemen en leidingen tussen de programma's mogelijk maakt.

2.6.1 Verwachte ingebruikname

Een belangrijke parameter in de totstandkoming van de geïndexeerde ramingen is het verwachte jaar van ingebruikname (deterministisch). De verwachte ingebruiknamedatum is per route vastgesteld in het deelrapport Planning waar de ingebruiknamedatum is gegeven in jaartal en kwartaal (bijvoorbeeld Q1 2036). Om tot de totale verwachte investeringskosten per verbinding te komen, is in dit deelrapport Kosten op basis van het deelrapport Planning het geplande jaar van ingebruikname van elke route aangehouden (bijvoorbeeld 2036). Het betreft hier in het geval van het windpark DDW het jaar waarin het eerste kabelsysteem in gebruik genomen kan worden. Uitgangspunt binnen de MER/IEA onderzoeken is dat het tweede kabelsysteem één jaar later in gebruik genomen kan worden. Dit wordt dan ook gebruikt als uitgangspunt in dit rapport. Zoals te zien is in Tabel 2.2 verschilt het verwachte jaar van ingebruikname per route.

De gepresenteerde kostengetallen in dit rapport gelden voor elke route voor het eerste kabelsysteem/de eerste leiding die wordt gerealiseerd. Het uitgangspunt is dat één kabelsysteem/leiding per route per jaar wordt gerealiseerd. De civieltechnische constructie van de tunnel van de X: Tunnel route kan wel in één keer worden aangelegd voor 2 kabelsystemen en 1 leiding, met de mogelijkheid voor uitbreiding in de toekomst. Maar, ook voor deze route is als uitgangspunt gehanteerd dat één kabelsysteem per jaar in de tunnel kan worden ontwikkeld (vanaf het jaar van ingebruikname van het civiele deel van het tunnelsysteem). Voor toekomstige windparken zijn nog geen jaartallen beschikbaar, om die reden is er geen verwacht jaar van ingebruikname te bepalen.

Indien een elektrische of waterstofverbinding eerder of later dan in het hieronder opgenomen jaar wordt gerealiseerd, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van een tweede of derde verbinding op een route, dienen de in dit rapport gepresenteerde totale verwachte investeringskosten te worden gecorrigeerd met een correctie van 3,44 % per jaar.

Tabel 2.2 Verschil in planning per route voor één kabelsysteem en één waterstofleiding.

Routebenaming	Gepland jaar van ingebruikname eerste kabelsysteem	Gepland jaar van ingebruikname eerste leiding
II: Oude Westereems route	2036	2035
V: Boschgat route	2033	n.v.t.
VII: Schiermonnikoog Wantij route	2033	2032
VIII: Ameland Wantij route	n.v.t.	2032
IX: Zoutkamperlaag route	n.v.t.	2032
X: Tunnel route (één kabelsysteem én één leiding)	2036	2036

2.6.2 Investeringskosten tunnelconstructie X: Tunnel route

De totale verwachte investeringskosten van de X: Tunnel route bestaan uit twee onderdelen: de kosten van een verbinding vanaf DDW (elektrisch) of TNW (waterstof) tot aansluiting op land, inclusief het inbrengen van de elektrische-/waterstofverbinding in de tunnel en de investeringskosten voor het aanleggen van het civieltechnische tunnelsysteem.

Kostenraming elektrische verbinding en waterstofverbinding

Voor de kosten van de verbinding (kabels en leidingen) zijn de door TenneT en Gasunie aangeleverde kostenramingen overgenomen. Deze kosten zijn opgebouwd op basis van een kostenraming waarop een enkelvoudige indexatie is toegepast (zie paragraaf 2.6.2). Dit is een voor TenneT gangbare methode om de kosten voor hun kabelsystemen te presenteren.

Kostenraming civieltechnisch tunnelsysteem

De investeringskosten voor het tunnelsysteem zijn geraamd via de Standaard Systematiek voor Kostenramingen (SSK2018) met als prijspeil het jaar 2024. De opstellers van de raming voor de civiele werken van de X: Tunnel route (exclusief een elektrische-/waterstofverbinding) beschikken niet over betrouwbaar te achten indexatiecijfers voor het tunnelsysteem. Om die reden worden normaal gesproken de toekomstige kosten en baten naar 2024 teruggerekend. Deze aanpak, ook wel disconteren genoemd, is een vastgestelde en vaak toegepaste methode van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om overheidsinvesteringen naar een netto contante waarde toe te rekenen op basis van een door deskundigen vastgestelde discontovoet. Omdat de investeringen voor het tunnelsysteem worden gedaan in meerdere jaren wordt de cumulatieve contante waarde gebruikt als totale investeringskosten (gebaseerd op prijspeil 2024). De netto contante waarde van het tunnelsysteem wordt op basis van de vastgestelde discontovoet van 1,6 % per jaar berekend, zie deze [link](#).

Gebleken is dat deze methode voor civieltechnische projecten een betrouwbaardere uitkomst geeft dan toepassing van een enkelvoudige indexatie. Dit vanwege de onvoorspelbaarheid van kostenstijgingen. De hoogte van de toegepaste discontovoet wordt vastgesteld door een landelijke werkgroep. Deze werkgroep discontovoet bestaat uit vertegenwoordigers van het Centraal Planbureau (CPB), het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), De Nederlandsche Bank (DNB) en zes ministeries aangevuld met de expertise van onafhankelijke experts. Daarmee is er brede consensus over hoe de kosten moeten worden ingeschat en doordat zowel de SSK2018 systematiek als discontovoet branche breed worden toegepast kunnen ramingen voor civieltechnische projecten voor alle partijen goed vergelijkbaar gemaakt worden.

Totale verwachte investeringskosten X: Tunnel route inclusief indexatie

De toepassing van twee verschillende kostenramingssystematieken maakt echter dat de twee kostengetallen (voor een elektrische en/of waterstofverbinding en voor het civieltechnisch tunnelsysteem) niet correct op te tellen zijn. Hierdoor zou de totale verwachte investeringskosten van de X: Tunnel route niet uit één getal maar uit twee getallen bestaan: de geraamde (en geïndexeerde) investeringskosten voor de verbinding én de geraamde investeringskosten voor het tunnelsysteem (netto contant gemaakt). Door TenneT en Gasunie is aangegeven dat zij het onwenselijk vinden deze methode toe te passen op hun kostenramingen.

Om de ramingen van het tunnelsysteem en de kabels en leidingen toch bij elkaar te kunnen brengen is om die reden de volgende aanpak afgesproken: TenneT en Gasunie leveren per route óók de investeringskosten zonder indexatie op basis van prijspeil 2024. Daarmee kunnen de geraamde investeringsbedragen van het tunnelsysteem op een gelijkwaardige manier vergeleken worden met de door TenneT en Gasunie geraamde investeringsbedragen voor de elektrische- respectievelijk waterstofverbindingen. Ook kunnen hierdoor deze bedragen bij elkaar worden opgeteld om zo tot een eenduidige raming te komen van de totale investeringskosten voor de X: Tunnel route.

Om tegemoet te komen aan de wens van het ministerie van KGG om ook inzicht te krijgen in de mogelijke kostenstijgingen richting de jaren van verwachte ingebruikname van de routes, hebben de opstellers van de kostenraming van het tunnelsysteem deze kosten vervolgens op verzoek van KGG geïndexeerd met hetzelfde indexatiecijfer als TenneT gebruikt, te weten 3,44 procent per jaar.

Disclaimer toepassing enkelvoudige indexatie tunnelsysteem

Hierbij wordt wel door de opstellers van de kostenraming voor het tunnelsysteem opgemerkt dat zij in beginsel niet achter deze methode kunnen staan omdat zij van mening zijn dat indexatie per definitie een minder betrouwbaar vergelijkend kostenbeeld oplevert dan het netto contant maken van de investeringskosten. Daarnaast is er geen exacte onderbouwing voor het te gebruiken percentage aangeleverd waardoor deze kon niet worden beoordeeld.

3

INVESTERINGSKOSTEN ELEKTRISCHE VERBINDING

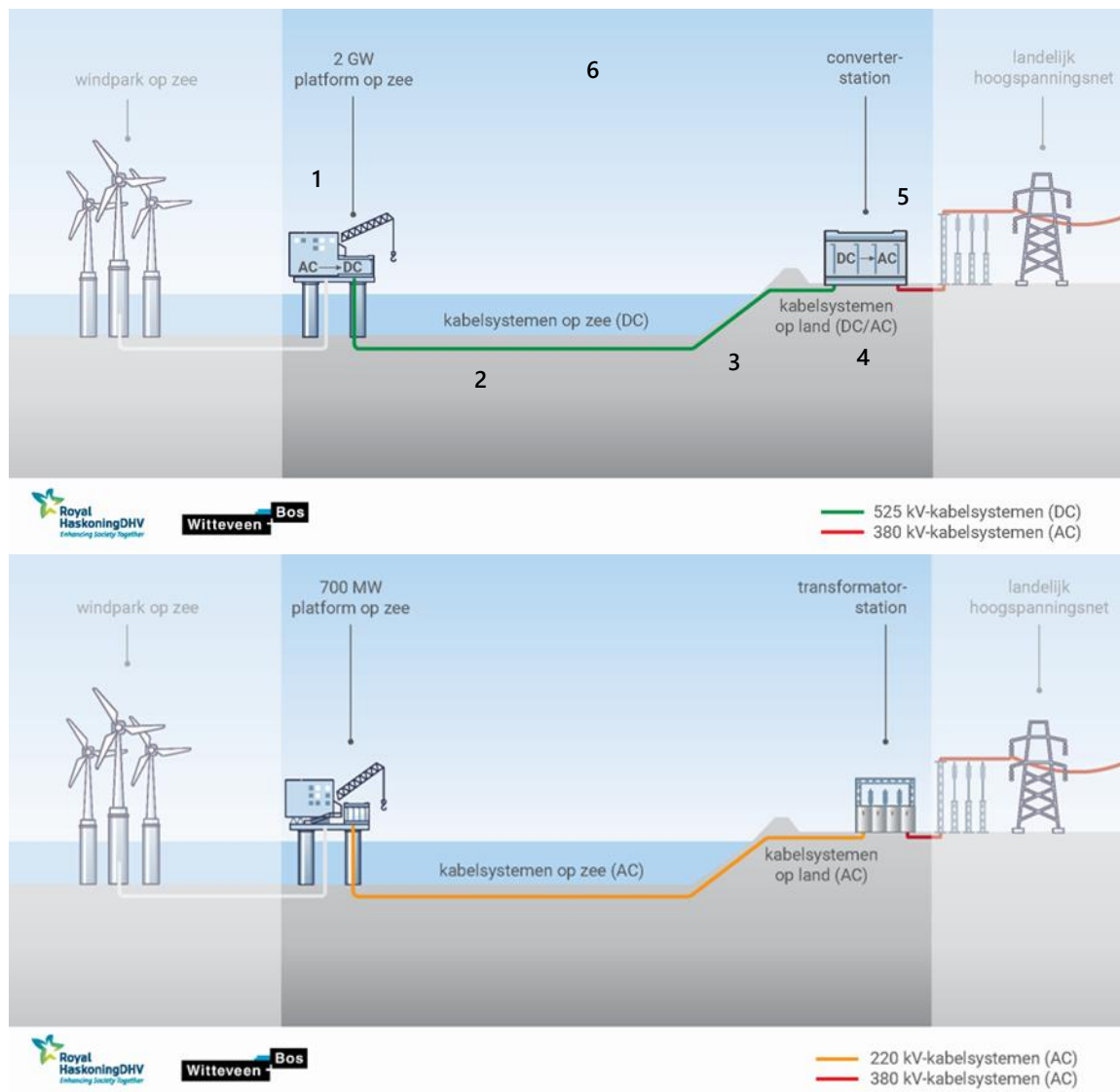
3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgend: de scope van een elektrische verbinding voor het bepalen van de totale verwachte investeringskosten (paragraaf 3.2), de gehanteerde uitgangspunten voor het opstellen van de raming (paragraaf 3.3) en de totale verwachte investeringskosten van een elektrische verbinding (paragraaf 3.4).

3.2 Scope investeringskosten elektrische verbinding

De gehanteerde onderdelen die voor de elektrische verbinding worden geraamd zijn gepresenteerd in Tabel 3.1 en schematisch weergegeven in Afbeelding 3.1. Het 2 GW DC-concept en het 700 MW AC-concept bestaan uit vergelijkbare onderdelen, maar doordat deze onderdelen in ontwerp en installatiewijze van elkaar verschillen worden hiervoor verschillende kostengetallen gebruikt. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor windpark TNW, een waterstofverbinding de voorkeur heeft. Daarmee is een 700 MW AC-kabelsysteem slechts een terugvaloptie.

Afbeelding 3.1 Schematische weergave van een kabelverbinding (boven: gelijkstroom, onder: wisselstroom)



Tabel 3.1 Onderdelen van een kabelverbinding die zijn geraamd

	Kostencomponent	Eenheid
1	platform op zee	EUR/stuk
2	kabelsystemen Noordzee	EUR/km
3	kabelsystemen Waddengebied	EUR/km
4	kabelsystemen vasteland	EUR/km
5	converter-/transformatorstation op land	EUR/stuk
6	algemene kosten en risico's TenneT	EUR/stuk

1. Platform op zee

Op het platform komen alle inter-arraykabels van de windturbines samen. Het platform maakt het opgewekte 66 kV AC-vermogen vanuit de windturbines geschikt voor transport naar land. Voor de kosten van het platform is onderscheidt gemaakt tussen het 2 GW DC-concept en het 700 MW AC-concept. De verwachte investeringskosten van het platform zijn uitgedrukt in EUR/stuk en omvatten zowel de kosten van het civiele werk als de hoogspanningsapparatuur.

2 & 3. Kabelsystemen Noordzee en kabelsystemen Waddengebied

Voor kabelsystemen die in het Waddengebied en in de Noordzee worden aangelegd is een specifieke prijs per kilometer gehanteerd. Deze prijs verschilt per aanlegtechniek en kabeltype (700 MW AC en 2 GW DC). De aanlegtechnieken per route zoals opgenomen in de Notitie Routeontwikkeling zijn hiervoor het uitgangspunt. De kosten van een eventuele 200 MW elektrische verbinding tussen windparken TNW en DDW zijn niet geraamd.

4. Kabelsystemen op land

Voor kabelsystemen die op land worden aangelegd is een specifieke prijs per kilometer gehanteerd. Deze prijs verschilt per aanlegtechniek en kabeltype (700 MW AC en 2 GW DC). Voor de aanlegkosten van kabelsystemen op land wordt onderscheid gemaakt tussen aanleg met open ontgraving en aanleg met gestuurde boringen (HDD).

5. Converter-/transformatorstation op land

In het converter-/transformatorstation op land wordt het transportvermogen van zee geschikt gemaakt voor aansluiting op het landelijke 380 kV-hoogspanningsnet. Er is onderscheid gemaakt in kosten van het 2 GW converterstation voor het DC-concept en het 700 MW transformatorstation voor het AC-concept. De verwachte investeringskosten van een station op land worden uitgedrukt in EUR/stuk en omvatten de kosten van het civiele werk, hoogspanningsapparatuur en de kabelverbinding (van 380 kV) met het landelijke hoogspanningsnet.

6. Algemene kosten en risico's

Naast de fysiek zichtbare onderdelen is in de berekening van de investeringskosten ook een post voor algemene kosten door TenneT opgenomen. Deze kosten zijn routespecifiek en zijn eenmalig voor een verbinding meegerekend. Onder deze kosten vallen onder andere projectmanagement, surveykosten, CAR-verzekeringen en grondaankoop en/of kosten van erfpacht. Daarnaast houdt TenneT in haar raming rekening met risico's en onvoorziene kosten, zoals het identificeren en opruimen van NGE (niet-gesprongen explosieven) of andere objecten, vertraging als gevolg van weersomstandigheden en de hoeveelheid werkuren (seizoensafhankelijk).

3.3 Uitgangspunten kostengetallen elektrische verbinding

In lijn met de scope die hierboven is toegelicht heeft TenneT de investeringskosten van een 2 GW DC-kabelsysteem vanaf windpark DDW en de investeringskosten van een 700 MW AC-kabelsysteem vanaf windpark TNW in beeld gebracht. Een overzicht van de gecombineerde routes waarvoor de totaal verwachte investeringskosten in beeld zijn gebracht is opgenomen in bijlage I.

De investeringskosten voor een 2 GW DC-kabelsysteem zijn in beeld gebracht voor alle routecombinaties vanaf het windpark DDW. De basis van de investeringskosten zijn algemene kengetallen voor het 2 GW DC-concept. De kengetallen zijn gebaseerd op referentieprojecten van TenneT in Nederland (Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma). De referentie- en ervaringscijfers zijn aangevuld met informatie uit marktconsultaties met leveranciers van verschillende onderdelen voor het net op zee.

Voor de investeringskosten voor een AC-kabelsysteem zijn geen recente marktgegevens/kostengetallen beschikbaar bij TenneT. Daarom gebruikt TenneT de raming uit het project-MER voor NOZ TNW voor het bepalen van de totale verwachte investeringskosten van een AC-kabelsysteem.

Deze benadering, waarbij de raming uit het project-MER van TNW wordt geactualiseerd, is enkel geschikt voor het ramen van de route die destijds in het project-MER is geraamd. Zodoende zijn de investeringskosten voor een 700 MW AC-kabelsysteem alleen in beeld gebracht voor de combinatie van Noordzeeroute C, de VII: Schiermonnikoog Wantij route en de VII: Schiermonnikoog Wantij landroute. Deze combinatie van routes is destijds onderzocht in het project-MER voor TNW.

Onzekerheid en indexatie

De totaal verwachte investeringskosten die ten tijde van het project-MER van TNW zijn afgegeven op basis van referentieprojecten uit die tijd kunnen niet één-op-één worden overgenomen. Er is destijds gerekend met een andere ingebruiknamedatum voor een AC-verbinding dan wordt aangenomen in PAWOZ (2027 in plaats van 2033). Daarnaast lag het inflatiecijfer afgelopen jaren hoger dan was voorzien in de raming die destijds is afgegeven. Op deze twee onderdelen zijn de kostengetallen van de toenmalige investeringskosten voor TNW aangepast. Daarnaast werkt TenneT met een aanvullende opslag van 10 % in verband met onzekerheid rondom de kosten van een AC-kabelsysteem.

De verwachte totale investeringskosten die door TenneT zijn aangeleverd voor een 700 MW AC-verbinding vanuit TNW gelden voor ingebruikname in 2032. De geplande ingebruikname voor verbindingen vanuit een platform in windpark DDW verschillen per route en zijn opgenomen in Tabel 2.2 en 3.2. Wanneer een verbinding na deze data wordt opgeleverd zal deze vanwege inflatie hogere totale investeringskosten kennen. Voor de totale verwachte investeringskosten van een verbinding die na gegeven data worden opgeleverd, geldt een opslag van 3,44 % per jaar.

3.4 Investeringskosten elektrische verbindingen

De totale verwachte investeringskosten voor het ontsluiten van windparken DDW (met twee 2GW verbindingen) en TNW (met een 700MW AC-verbinding) zijn hieronder toegelicht. Voor de X: Tunnel route zijn in dit hoofdstuk de kosten exclusief de kosten van het civieltechnische tunnelsysteem opgenomen (in hoofdstuk 5 zijn voor de X: Tunnel route de kosten inclusief tunnelsysteem weergegeven). Verder moet worden opgemerkt dat voor windpark TNW, een waterstofverbinding de voorkeur heeft. Daarmee is een 700 MW AC-kabelsysteem een terugvaloptie.

Ontsluiten van DDW

Tabel 3.1 geeft de totale verwachte investeringskosten weer voor het ontsluiten van windpark DDW. Bij indexatie is uitgegaan van het uitgangspunt dat het tweede kabelsysteem 1 jaar na het eerste kabelsysteem in gebruik genomen kan worden, daardoor wordt deze 1 jaar extra geïndexeerd. Voor de X: Tunnel route zijn de kosten exclusief de kosten van het tunnelsysteem opgenomen (deze zijn gegeven in hoofdstuk 5). Om windpark DDW te ontsluiten, zijn twee 2 GW HVDC verbindingen nodig. De totale verwachte investeringskosten zijn in tabel 3.2 in- en exclusief indexatie van 3,44 % per jaar weergegeven. Beiden kennen een risico-opslag van 15 tot 20 %. Voor het berekenen van deze totale verwachte investeringskosten per verbinding gebruikt TenneT voor de onderdelen in het Waddengebied en op land de langste routevarianten (worst-case).

De verwachte totale investeringskosten van een enkele elektrische verbinding vanuit DDW bedragen EUR 4,3 miljard tot maximaal 4,5 miljard (prijsspeil 2024) en EUR 5,1 miljard tot maximaal EUR 5,9 miljard (geïndexeerd tot jaar van ingebruikname), afgerond op 100 miljoen en exclusief voor de X: Tunnel route de kosten van het tunnelsysteem. Voor het ontsluiten van windpark DDW (twee elektrische 2 GW verbindingen) bedragen de totale verwacht investeringskosten EUR 8,6 miljard tot maximaal EUR 9 miljard (prijsspeil 2024) en EUR 10,4 miljard tot maximaal EUR 12 miljard (geïndexeerd tot jaar van ingebruikname), exclusief voor de X: Tunnel route de kosten van het tunnelsysteem.

Het kostenverschil is 0,4 miljard (prijsspeil 2024) en EUR 1,6 miljard (geïndexeerd) voor het ontsluiten van DDW (afgerond op EUR 100 miljoen). De verwachte totale investeringskosten zijn het laagste voor het ontsluiten van DDW via Noordzeeroute A: Parallel aan Gemini kabels of via Noordzeeroute B: Parallel aan verlaten telecom kabel en de VII: Schiermonnikoog Wantij route.

Twee elektrische verbindingen voor het ontsluiten van DDW via de Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding en de II: Oude Westereems route kent de hoogste totale verwachte investeringskosten. Het verschil in kosten tussen de goedkoopste en de duurste optie wordt met name veroorzaakt door het verschil in de verwachte jaar van ingebruikname en daarmee samenhangend de doorgevoerde indexatie. Voor de V: Boschgat route geldt dat er geen ruimte is om twee elektrische verbindingen via die route aan te leggen, om die reden zijn slechts de investeringskosten van één elektrische verbinding weergegeven.

Tabel 3.2 Verwachte investeringskosten benodigde elektrische verbindingen (2 x 2GW DHVC) voor de ontsluiting van windpark DDW

Route				Kosten in EUR afgerond op 100 miljoen	
Noordzeeroute	Waddenzeeroute	Landroute	Jaar van ingebruikname (IBN) eerste kabelsysteem	Verwachte kosten ontsluiten DDW incl. onzekerheidsmarge prijspeil 2024	Verwachte kosten ontsluiten DDW incl. onzekerheidsmarge en indexatie tot aan IBN
A: Parallel aan Gemini kabels	II: Oude Westereems route A	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 8,8 miljard (EUR 4,4 miljard + EUR 4,4 miljard)	11,7 miljard EUR (EUR 5,7 miljard + EUR 5,9 miljard)
	V: Boschgat route A	V: Boschgat landroute B1	2033	EUR 4,4 miljard	EUR 5,2 miljard
	VII: Schiermonnikoog Wantij route A	VII: Schiermonnikoog Wantij landroute A Oostpolder	2033	EUR 8,8 miljard (EUR 4,4 miljard + EUR 4,4 miljard)	EUR 10,4 miljard (EUR 5,1 miljard + EUR 5,3 miljard)
	X: Tunnel route (excl. kosten civieltechnische tunnelconstructie)	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 8,8 miljard (EUR 4,4 miljard + EUR 4,4 miljard)	EUR 11,5 miljard (EUR 5,7 miljard + EUR 5,9 miljard)
B: Parallel aan verlaten telecom kabel	II: Oude Westereems route	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 8,8 miljard (EUR 4,4 miljard + EUR 4,4 miljard)	EUR 11,7 miljard (EUR 5,7 miljard + EUR 5,9 miljard)
	V: Boschgat route	V: Boschgat landroute B1	2033	EUR 4,4 miljard	EUR 5,2 miljard
	VII: Schiermonnikoog Wantij route	VII: Schiermonnikoog Wantij landroute A Oostpolder	2033	EUR 8,6 miljard (EUR 4,3 miljard + EUR 4,3 miljard)	EUR 10,4 miljard (EUR 5,1 miljard + EUR 5,3 miljard)
	X: Tunnel route (excl. kosten civieltechnische tunnelconstructie)	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 8,6 miljard (EUR 4,3 miljard + EUR 4,3 miljard)	EUR 11,5 miljard (EUR 5,7 miljard + EUR 5,9 miljard)
C: Direct naar TNW	II: Oude Westereems route	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 9 miljard (EUR 4,5 miljard + EUR 4,5 miljard)	EUR 11,9 miljard (EUR 5,8 miljard + EUR 6,0 miljard)
	V: Boschgat route	V: Boschgat landroute B1	2033	EUR 4,5 miljard	EUR 5,3 miljard
	VII: Schiermonnikoog Wantij route	VII: Schiermonnikoog Wantij landroute A Oostpolder	2033	EUR 8,8 miljard (EUR 4,4 miljard + EUR 4,4 miljard)	EUR 10,6 miljard (EUR 5,2 miljard + EUR 5,4 miljard)
	X: Tunnel route (excl. kosten	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 8,8 miljard (EUR 4,4 miljard + EUR 4,4 miljard)	EUR 11,7 miljard (EUR 5,7 miljard + EUR 5,9)

Route				Kosten in EUR afgerond op 100 miljoen	
Noordzeeroute	Waddenzeeroute	Landroute	Jaar van ingebruikname (IBN) eerste kabelsysteem	Verwachte kosten ontsluiten DDW incl. onzekerheidsmarge prijspeil 2024	Verwachte kosten ontsluiten DDW incl. onzekerheidsmarge en indexatie tot aan IBN
	civieltechnische tunnelconstructie)				
D: Parallel aan bestaande gasleiding	II: Oude Westereems route	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 9 miljard (EUR 4,5 miljard + EUR 4,5 miljard)	EUR 12 miljard (EUR 5,9 miljard + EUR 6,1 miljard)
	V: Boschgat route	V: Boschgat landroute B1	2033	EUR 4,5 miljard	EUR 5,3 miljard
	VII: Schiermonnikoog Wantij route	VII: Schiermonnikoog Wantij landroute A Oostpolder	2033	EUR 9 miljard (EUR 4,5 miljard + EUR 4,5 miljard)	EUR 10,7 miljard (EUR 5,3 miljard + EUR 5,4 miljard)
	X: Tunnel route (excl. kosten civieltechnische tunnelconstructie)	II: Oude Westereems landroute A1	2036	EUR 9 miljard (EUR 4,5 miljard + EUR 4,5 miljard)	EUR 11,8 miljard (EUR 5,8 miljard + EUR 6,0 miljard)

Verbinding vanaf TNW

De totale verwachte investeringskosten voor een 700 MW AC-verbinding vanaf windpark TNW zijn alleen in beeld gebracht voor de combinatie van Noordzeeroute C: Direct naar TNW, VII: Schiermonnikoog Wantij route en de VII: Schiermonnikoog Wantij landroute. Hierbij is uitgegaan van de reeds beschikbare raming vanuit het eerdere project Net op zee Ten noorden van de Waddeneilanden (700 MW verbinding). De totale verwachte investeringskosten bedragen 1,6 miljard EUR (afgerond op 100 miljoen) bij een verwachte ingebruikname in 2032. Dit is inclusief indexatie van 3,44 % per jaar, een risico-opslag van 15 tot 20 % en een aanvullende opslag van 10 % vanwege onzekere kostengetallen. Voor deze verbinding zijn de verwachte totale investeringskosten met prijspeil 2024 niet beschikbaar.

4

INVESTERINGSKOSTEN WATERSTOFVERBINDING

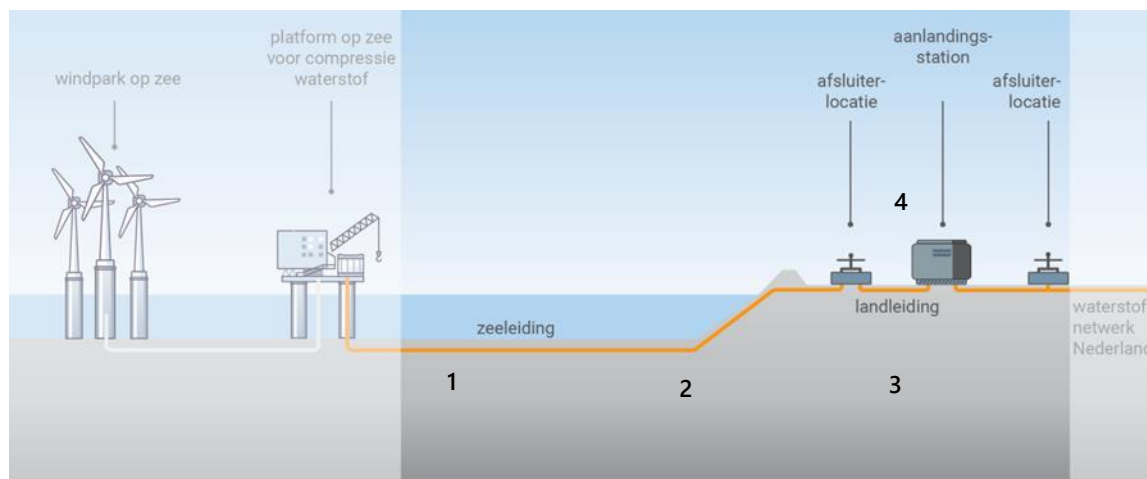
4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgend: de scope van een waterstofverbinding voor het bepalen van de totale verwachte investeringskosten (paragraaf 4.2), de gehanteerde uitgangspunten voor het opstellen van de raming (paragraaf 4.3) en de totale verwachte investeringskosten van een waterstofverbinding (paragraaf 4.4).

4.2 Scope investeringskosten waterstofverbinding

De gehanteerde onderdelen voor de waterstofverbinding zijn gepresenteerd in Tabel 4.1 en schematisch weergegeven in Afbeelding 4.1. De gepresenteerde onderdelen hebben allemaal betrekking op één enkele leiding. Binnen het MER en de IEA wordt rekening gehouden met een langetermijnperspectief waarin maximaal 3 leidingen gerealiseerd kunnen worden. Een aanname in de raming van Gasunie is dat de investeringskosten proportioneel schalen met het aantal leidingen. Dat wil zeggen dat de kosten van twee of drie leidingen, twee of drie keer hoger zijn dan de kosten van een enkele leiding op dezelfde route.

Afbeelding 4.1 Schematische weergave van een waterstofverbinding



Tabel 4.1 Onderdelen van een waterstofverbinding die zijn geraamd

	Kostencomponent	Eenheid
1	leidingen Noordzee	EUR/km
2	leidingen Waddengebied	EUR/km
3	leidingen vasteland	EUR/km
4	aanlandingsstation en afsluiterlocaties	EUR/stuk

1 & 2. Leidingen Noordzee en leidingen Waddengebied

Voor leidingen die in de Noordzee en in het Waddengebied worden aangelegd is een prijs per kilometer gehanteerd. Voor de aanlegkosten is op hoofdlijnen gekeken naar de aanlegtechniek zoals beschreven in de Notitie Routeontwikkeling die mede op basis van documentatie van Gasunie is opgesteld (zie de bijlage van Notitie Routeontwikkeling).

3. Leidingen op land

Voor leidingen die op land worden aangelegd is een specifieke prijs per kilometer gehanteerd. Deze verschilt per aanlegtechniek. Voor de aanlegkosten van leidingen op land is onderscheid gemaakt tussen aanleg met open ontgraving en aanleg met horizontaal gestuurde boringen (HDD).

4. Waterstof aanlandingsstation en afsluiterlocaties

De waterstofverbinding bevat een waterstof aanlandingsstation en twee afsluiterlocaties. Het waterstof aanlandingsstation ontvangt de waterstof van het offshore windpark en verwerkt het voor transport via het Waterstofnetwerk Nederland. De kosten voor het waterstof aanlandingsstation omvatten het civiele werk, grondaankopen en het station inclusief benodigde apparatuur.

De twee afsluiterlocaties regelen de toevoer van waterstof van het offshore windpark naar het Waterstofnetwerk Nederland. Eén afsluiterlocatie bevindt zich nabij de aanlandlocatie van de leidingen en één bevindt zich voor de verbinding met het Waterstofnetwerk Nederland (zie Afbeelding 4.1). De kosten van deze afsluiterlocaties wordt in de vorm van een stuksprijs meegenomen in de investeringskosten.

De verwachte investeringskosten van het waterstof aanlandingsstation en de afsluiterlocaties worden gezamenlijk uitgedrukt in EUR/stuk.

Algemene kosten en risico's Gasunie

Naast de bovenstaande fysieke componenten is in de berekening van de investeringskosten ook rekening gehouden met algemene kosten van Gasunie. Deze kosten zijn specifiek voor de individuele componenten en daarom opgenomen in de kengetallen (per kilometer of per stuk). Onder deze kosten vallen onder andere projectmanagement, veiligheidsmaatregelen en grondaankopen voor de waterstof aanlandingsstations en afsluiterlocaties. Daarnaast houdt Gasunie in zijn raming rekening met onvoorziene kosten (verwacht onvoorzien), vertraging als gevolg van te verwachten weersomstandigheden en het aantal werkbare uren (seizoensafhankelijk).

4.3 Uitgangspunten kostengetallen waterstofverbinding

Voor de investeringskosten van een waterstofverbinding heeft Gasunie kengetallen aangeleverd. Gasunie heeft geen recente ervaring met de bouw van offshore gasleidingen en kan daardoor niet op basis van eigen ervaringen deze kengetallen opstellen. In de afgelopen 15 jaar zijn ook geen grote gasleidingen op het Nederlandse deel van de Noordzee aangelegd door andere partijen. Wel is het mogelijk om via eerder uitgevoerde studies kengetallen te bepalen voor de totale verwachte kosten van een waterstofverbinding.

Waterstofleiding Noordzee

De kosteninschattingen zijn gemaakt met kengetallen uit verschillende studies van de afgelopen jaren. Een [studie](#) uit juli 2023 van DNV in opdracht van het ministerie voor EZK (tegenwoordig KGG) schat de nieuwbouwkosten van offshore leidingen tussen 30 en 157 EUR/inch/m. DNV geeft aan dat deze kosten situatie-afhankelijk zijn. Studies van European Hydrogen Backbone ([EHB](#)) en North Sea Wind Power Hub (onderzoek niet openbaar) geven vergelijkbare bereiken van kengetallen (90-157 EUR/inch/m). Tot slot komt een [studie](#) van Gassco en Dena uit november 2023 op een kengetal van 112 EUR/inch/m.

Op basis van deze studies is door Gasunie gekozen voor een kostenkengetal van 113 EUR/inch/m voor de investeringskosten van een waterstofleiding op de Noordzee.

Waterstofleiding Waddengebied

Voor het aanleggen van een route in het Waddengebied zijn verschillende aanlegtechnieken in beeld. De Notitie Routeontwikkeling licht per route toe welke aanlegtechnieken worden ingezet. Gasunie heeft per aanlegtechniek voor een waterstofleiding in het Waddengebied de kosten in beeld gebracht in de vorm van een opslag op het gekozen kengetal voor het aanleggen van een waterstofleiding in de Noordzee (113 EUR/inch/m):

- Regulier Noordzee: 113 EUR/inch leiding/m;
- pre-lay trench: 136 EUR/inch leiding/m (+20 % ten opzichte van kengetal Noordzee op basis van baggervolume);
- HDD-boring in het Waddengebied: 141 EUR/inch leiding/m (+25 % ten opzichte van kengetal Noordzee);
- Kanaal voor S-lay: 181 EUR/inch leiding/m (circa 3 keer zoveel baggervolume als pre-lay trench nodig, dus +60 % ten opzichte van kengetal Noordzee);
- Microtunnel of segmenttunnel: 791 EUR/inch leiding/m (circa +600 % ten opzichte van kengetal Noordzee). Dit bedrag is inclusief waterstofleiding. Uitgangspunt is een diameter van de micro- of segmenttunnel van circa 3,33 maal de diameter van de waterstofleiding.

Waterstofleiding vasteland en station (aanlandingsstation en afsluitstations)

Op basis van ervaring binnen de Gasunie zijn kostenkengetallen voor het aanleggen van een waterstofleiding op land in beeld gebracht. De kosten van de aanleg van de leiding met een open ontgraving bedragen 79 EUR/inch/m (dit is regulier). De kosten van de aanleg van een leiding met een HDD-boring bedragen 99 EUR/inch/m (+25 % op regulier). Voor de waterstof aanlandingsstation en afsluiterlocaties is een vast bedrag bepaald van 25 miljoen EUR/stuk op basis van ervaring binnen Gasunie met soortgelijke stations.

Waterstofleiding in X: Tunnel route, inclusief werkterrein op land

Eén van de routes waarvoor de totale verwachte investeringskosten in beeld zijn gebracht, is de X: Tunnel route. Zoals in paragraaf 2.3 is toegelicht, zijn de investeringskosten van het aanleggen van het tunnelsysteem (inclusief schachten aan de land- en zeezijde en het intredepunt op de Noordzee) separaat geraamd. Om de verwachte investeringskosten van een elektrische verbinding en waterstofverbinding via de X: Tunnel route in beeld te brengen, zijn de investeringskosten van het tunnelsysteem gecombineerd met de verwachte investeringskosten van een verbinding (elektrisch/waterstof) van windparken TNW en DDW tot aansluiting op land, inclusief het inbrengen van de kabelsystemen/leidingen in het tunnelsysteem.

Gasunie heeft de totale verwachte investeringskosten van het inbrengen van een waterstofverbinding op deze route, inclusief benodigd werkterrein, in beeld gebracht.

Onzekerheid en indexatie

Zoals hierboven toegelicht is het bepalen van de verwachte totale investeringskosten gedaan op basis van kengetallen. Er is geen gebruik gemaakt van actuele prijsinformatie van leveranciers. In plaats daarvan zijn historische kentallen geactualiseerd op basis van prijsstijgingen in de afgelopen jaren. De onzekerheid die deze benadering met zich meebrengt resulteert in een grote onzekerheidsmarge van -30 % tot +50 %. Daarbovenop hanteert de Gasunie een opslag van +50 % op deze historische kentallen vanwege volatiele marktomstandigheden (hoge prijschommelingen). Dit komt neer op een totale onzekerheidsbandbreedte van -30 % tot + 100 %.

De onzekerheidsmarge van -30 % tot +50 % onderbouwd Gasunie met publicaties van Association Advancement of Cost Engineering ([AACE](#)) en Independent Project Analysis ([IPA](#)) en een recente analyse van gerealiseerde projecten uit de sector, eveneens uitgevoerd door IPA (informatie onder geheimhouding). De additionele +50 % onderbouwd Gasunie met prijsindexaties van de periode 2017 - 2022 van [Eurostat](#) en met prijsindexaties van plannen en projecten uit de sector. Tot slot zijn de totale verwachte investeringskosten geïndexeerd tot de verwachte ingebruiknamedata die zijn opgenomen in Tabel 2.2. Hiervoor heeft Gasunie op verzoek van het ministerie van KGG dezelfde indexatie als TenneT toegepast van 3,44 % per jaar (zie Hoofdstuk 2).

4.4 Investeringskosten waterstofverbinding vanuit TNW

Routes voor de waterstofverbinding starten bij windpark TNW en sluiten aan op het Waterstofnetwerk Nederland op land. Voor het ontsluiten van TNW is een enkele waterstofverbinding nodig. De totale verwachte investeringskosten zijn in Tabel 4.2 in- en exclusief indexatie van 3,44 % per jaar weergegeven. Voor de X: Tunnel route zijn in dit hoofdstuk de kosten exclusief de kosten van het tunnelsysteem opgenomen (in hoofdstuk 5 zijn voor de X: Tunnel route de kosten inclusief tunnelsysteem weergegeven).

De totale verwachte investeringskosten voor een waterstofverbinding, vanaf het TNW tot de aansluiting op land, bedragen 0,6 tot 1,0 miljard EUR (prijspeil 2024) en 0,7 tot 1,4 miljard EUR (indexatie tot aan jaar van ingebruikname), afgerond op 100 miljoen. Wanneer wordt gekeken naar de totale verwachte investeringskosten met prijsspeil 2024, dan kennen de volgende verbindingen de laagste kosten:

- Noordzeeroute C: Direct naar TNW, de VII: Schiermonnikoog Wantij route en de VII: Schiermonnikoog Wantij landroutes B, B1, C;
- Noordzeeroute C: Direct naar TNW, de IX: Zoutkamperlaag route en de IX: Zoutkamperlaag landroute;
- Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de VIII: Ameland Wantij route en VIII: Ameland Wantij landroute B, B1;
- Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de IX: Zoutkamperlaag route en de IX: Zoutkamperlaag landroute.

De verwachte totale investeringskosten inclusief indexatie tot jaar van ingebruikname zijn het laagste voor de Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de IX: Zoutkamperlaag route en de IX: Zoutkamperlaag landroute. Een waterstofleiding via Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de II: Oude Westereems route en de II: Oude Westereems landroute kent de hoogste verwachte totale investeringskosten.

Tabel 4.2 Totale verwachte investeringskosten waterstofverbindingen vanuit windpark TNW

Route				Kosten in EUR afgerond op 100 miljoen	
Noordzee route	Waddenzeeroute - aanlegtechniek	Landroute	Jaar van ingebruikname (IBN)	Verwachte kosten exclusief onzekerheidsmarge (-30 % tot + 100 %) prijsspeil 2024	Verwachte kosten exclusief onzekerheidsmarge (-30 % tot + 100 %) en inclusief indexatie tot aan IBN
C: Direct naar TNW	II: Oude Westereems route - microtunnel en legschip	II: Oude Westereems landroute Oostpolder, Roodeschool	2035	EUR 0,9 miljard	EUR 1,3 miljard
	VII: Schiermonnikoog Wantij route - HDD	VII: Schiermonnikoog Wantij landroute A, A1	2032	EUR 0,7 miljard	EUR 0,8 miljard

Route				Kosten in EUR afgerond op 100 miljoen	
Noordzee route	Waddenzeeroute - aanlegtechniek	Landroute	Jaar van ingebruikname (IBN)	Verwachte kosten exclusief onzekerheidsmarge (-30 % tot + 100 %) prijspeil 2024	Verwachte kosten exclusief onzekerheidsmarge (-30 % tot + 100 %) en inclusief indexatie tot aan IBN
		VII: Schiermonnikoog Wantij landroute B, B1, C	2032	EUR 0,6 miljard	EUR 0,8 miljard
	VIII: Ameland Wantij route - HDD	VIII: Ameland Wantij landroute A	2032	EUR 0,7 miljard	EUR 0,9 miljard
		VIII: Ameland Wantij landroute B, B1	2032	EUR 0,7 miljard	EUR 0,8 miljard
	IX: Zoutkamperlaag route - HDD en legschip	IX: Zoutkamperlaag landroute B	2032	EUR 0,6 miljard	EUR 0,7 miljard
	X: Tunnel route (excl. kosten civieltechnische tunnelconstructie)	II: Oude Westereems landroute Oostpolder, Roodeschool	2036	EUR 0,7 miljard	EUR 0,9 miljard
D: Parallel aan bestaande gasleiding	II: Oude Westereems route - microtunnel en legschip	II: Oude Westereems landroute Oostpolder, Roodeschool	2035	EUR 1,0 miljard	EUR 1,4 miljard
	VII: Schiermonnikoog Wantij route - HDD	VII: Schiermonnikoog Wantij landroute A, A1	2032	EUR 0,8 miljard	EUR 1,0 miljard
		VII: Schiermonnikoog Wantij landroute B, B1, C	2032	EUR 0,7 miljard	EUR 0,9 miljard
	VIII: Ameland Wantij route - HDD	VIII: Ameland Wantij landroute A	2032	EUR 0,7 miljard	EUR 0,8 miljard
		VIII: Ameland Wantij landroute B, B1	2032	EUR 0,6 miljard	EUR 0,8 miljard
	IX: Zoutkamperlaag route - HDD en legschip	IX: Zoutkamperlaag landroute B	2032	EUR 0,6 miljard	EUR 0,8 miljard
	X: Tunnel route (excl. kosten civieltechnische tunnelconstructie)	II: Oude Westereems landroute Oostpolder, Roodeschool	2036	EUR 0,8 miljard	EUR 1,1 miljard

INVESTERINGSKOSTEN VERBINDING X: TUNNEL ROUTE

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgend: de scope van een verbinding via de X: Tunnel route voor het bepalen van de totale verwachte investeringskosten (paragraaf 5.2), de gehanteerde uitgangspunten voor het opstellen van de raming (paragraaf 5.3) en de totale verwachte investeringskosten van een verbinding via de X: Tunnel route (paragraaf 5.4).

5.2 Scope investeringskosten X: Tunnel route

Het ontwerpprincipe voor de X: Tunnel route is om via een tunnelsysteem van meerdere tunnelbuizen minimaal de windparken DDW en TNW te ontsluiten, de 'basisscope'. Deze basisscope van betreft twee 2 GW kabelsystemen en een enkele waterstofleiding waarbij voor elk van de verbindingen een individuele tunnelbuis wordt gebruikt. Daarnaast is er gekeken of er meer tunnelbuizen toegevoegd kunnen worden om te komen tot een toekomstvastheidsvariant. Hierbij is gewerkt op basis van het ontwerpuitgangspunt dat het tunnelsysteem 'toekomstvast' is als deze geschikt is voor 5-2 GW kabelsystemen en 2 waterstofleidingen, waarbij een 700 MW kabelsysteem buiten beschouwing zijn gelaten. Voor meer achtergrondinformatie hierover verwijzen wij naar de Notitie Routeontwikkeling.

Net als voor een elektrische verbinding of waterstofverbinding via andere routes, is voor de totale verwachte investeringskosten van een verbinding via de X: Tunnel route gekeken naar gecombineerde routes vanaf het windpark tot aansluiting op land. De scope en uitgangspunten uit Hoofdstukken 2, 3 en 4 vormen de basis voor de totale verwachte investeringskosten van een verbinding via de X: Tunnel route. Aanvullend zijn de volgende kosten in beeld gebracht (die alleen voor een verbinding via deze route gelden):

- investeringskosten voor de realisatie en ontwikkeling van tunnelbuizen, een intredepunt op de Noordzee, schachten voor zowel het intrede- als aanlandingspunt en bijbehorende installaties. Deze kosten zijn door Witteveen+Bos en Royal HaskoningDHV in beeld gebracht;
- investeringskosten voor het inbrengen van een kabelsysteem/waterstofleiding in de tunnelbuizen van de X: Tunnel route. Deze kosten zijn door TenneT en Gasunie in beeld gebracht.

Vanwege het ontwerpprincipe is er voor het tunnelsysteem geen ontwerp gemaakt voor een verbinding met 'slechts' één kabelsysteem of één leiding. Tegelijkertijd is er vanuit dit deelrapport de wens om een uitspraak te kunnen doen over de verwachte totale investeringskosten voor de ontsluiting van de windparken DDW en de verwachte totale investeringskosten voor het ontsluiten van TNW. Om die reden is ervoor gekozen om naast de totale geraamde investeringskosten voor de basisscope en de toekomstvastheidsvariant inzicht te geven in de geraamde investeringskosten voor de 'bouwblokken' van het tunnelsysteem, te weten:

- een enkele tunnelbuis van $\varnothing 5,5$ m interne diameter, lang 26 km;
- een enkele schacht met trench (invoer schacht voor leidingen) en installaties op land voor leidingen;
- een dubbele schacht met installaties op land voor kabelsystemen;
- een enkele schacht op zee voor leidingen (zonder trench);
- een dubbele schacht op zee voor kabelsystemen;
- de realisatie van het intredepunt Noordzee.

Op basis van deze bouwblokken kan inzicht worden gegeven in de totale investeringskosten voor het minimaal benodigde tunnelsysteem voor de ontsluiting windpark van DDW en de totale investeringskosten voor het minimaal benodigde tunnelsysteem voor de ontsluiting van windpark TNW. Waarbij de enige 'overlap' het intredepunt op de Noordzee, die hierdoor is over gedimensioneerd aangezien deze is ontworpen om geschikt te zijn voor de 'toekomstvastheidsvariant' van het tunnelsysteem met in totaal 7 tunnelbuizen.

De kosten voor het tunnelsysteem zijn in dit rapport in vier varianten in beeld gebracht:

- variant voor de ontsluiting van het windpark TNW, op basis van één tunnelbuis voor een waterstofverbinding;
- variant voor de ontsluiting van het windpark DDW, op basis van twee tunnelbuizen voor twee elektrische verbindingen;
- basisscope (ontsluiting DDW en TNW): tunnelsysteem met drie tunnelbuizen voor twee elektrische verbindingen en een waterstofverbinding;
- toekomstvastheidsvariant: tunnelsysteem met zeven tunnelbuizen voor vijf elektrische (DC-)verbindingen en twee waterstofleidingen.

Voor de X: Tunnel route geldt in alle gevallen dat een eventuele 700 MW AC elektrische verbinding buiten de scope is gelaten. Daarnaast is in het huidige tunnelconcept uitgegaan van één energiedrager per tunnelbuis.

Tunnel inclusief schachten en intrede- en aanlandingspunt

De raming van de onderdelen van het tunnelsysteem is opgebouwd uit vier hoofdcomponenten:

- **intredepunt Noordzee** bestaande uit realisatie van een permanente constructie op de Ballonplaat. Het intredepunt heeft plaats voor 4 dubbele schachten en daarmee maximaal 8 tunnelbuizen. Het intredepunt is daarmee toekomstvast voor de maximale scope van 7 tunnelbuizen;
- **3 tunnelbuizen voor ontsluiting van DDW en TNW** (met een inwendige diameter van 5,5 meter), exclusief energiedragers in het tunnelsysteem en schachten, maar inclusief het ophangstelsel voor de DC-kabelsystemen met koelleidingen, benodigde installaties en eigen bedrijfsleiding naar het intredepunt Noordzee;
- **4 schachten voor ontsluiting van DDW en TNW** (2 bij het aanlandingspunt en 2 op het intredepunt bestaande uit één dubbele en één enkele schacht): bij het aanlandingspunt Eemshaven op NAP -17,7 m en bij het intredepunt Noordzee op NAP -19,7 m;
- de investeringskosten zijn inclusief kosten voor organisatie, voorbereiding, engineering en de bouwphase (prijspeil 2024).

5.3 Uitgangspunten kostengetallen X: Tunnel route

De raming voor het tunnelsysteem is opgebouwd volgens de Standaard Systematiek voor Kostenramingen (SSK2018) op basis van de Witteveen+Bos kostendatabase. Deze bevat: tarieven voor arbeid, materieel en materiaal (welke voortdurend wordt geüpdatet met nacalculatie van uitgevoerde projecten, inschrijvingen, prijslijsten en offertes van leveranciers). Dit leidt samen met projectspecifieke productienormen tot de gehanteerde eenheidsprijzen in de raming. De uitkomsten zijn getoetst en op onderdelen vergeleken met referentiewerken (zoals baggerwerkzaamheden, het boren van een tunnelbuis, beton- en metaalwerk).

De gebruikte kostengetallen zijn probabilistische investeringskosten (prijspeil januari 2024) bestaande uit: bouwkosten, engineeringskosten en overige bijkomende kosten. De raming is probabilistisch doorerekend. Dit houdt in dat de impact van risico's en bandbreedten in zowel hoeveelheden als eenheidsprijzen zijn meegenomen in een simulatie. De opbouw van de risico-opslag wordt hieronder toegelicht.

De raming is opgebouwd op basis van de volgende uitgangspunten:

- de investeringskosten zijn inclusief voorbereiding (organisatie), engineering en de bouwphase van 6 jaar;
- de grond uit de boring op zee wordt voor 50 % verwerkt op en gebruikt voor het aanvullen van intredepunt. Het overige deel wordt teruggebracht naar de Eemshaven;

- de raming is opgemaakt op basis van prijspeil januari 2024. Vervolgens is de netto contante waarde berekend;
- de raming is inclusief een onzekerheidsmarge van circa 25 %. Deze onzekerheidsmarge is opgebouwd uit:
 - het risicoregister tunnel d.d. 4 september 2024;
 - object-gebonden risico's: voor de verschillende objecten in de raming is rekening gehouden met een onzekerheidsmarge op zowel hoeveelheid als eenheidsprijs om met name gevolgen van technische risico's op te vangen;
 - projectgebonden risico's: er is rekening gehouden met 15 % risicoreservering voor projectgebonden risico's. Het betreft hier met name overige risico's zoals juridische, organisatorische, maatschappelijke, ruimtelijke en financiële risico's.

Momenteel is niet opgenomen in de raming:

- voor het aanlandingspunt tunnel: planschade, nadeelcompensatie, kosten voor het aankopen van grond en kosten voor landschappelijke inpassing aangezien het aanlandingspunt van het tunnelsysteem nog niet vaststaat.

5.4 Investeringskosten X: Tunnel route

5.4.1 Investeringskosten tunnelsysteem per variant

De reële investeringskosten zijn berekend voor de X: Tunnel route. Deze kosten zijn als volgt opgebouwd (investeringskosten prijspeil 2024):

- EUR 645 miljoen voor een enkele tunnelbuis van $\varnothing 5,5$ m interne diameter, lengte van 26 km;
- EUR 86 miljoen voor een enkele schacht met trench (invoer schacht voor leidingen) en installaties op land voor leidingen;
- EUR 68 voor een dubbele schacht met installaties op land voor kabelsystemen;
- EUR 39 miljoen voor een enkele schacht op zee voor leidingen (zonder trench);
- EUR 58 voor een dubbele schacht op zee voor kabelsystemen;
- EUR 179 miljoen voor de realisatie van het intredepunt Noordzee.

Kosten tunnelsysteem voor de ontsluiting van windpark TNW

In de scope voor de variant voor de ontsluiting van het windpark TNW, bevat de X: Tunnel route één tunnelbuis, een intredepunt op de Noordzee, een enkele schacht op dat intredepunt en een enkele schacht met trench op land. Bij deze scope bedragen de totale verwachte investeringskosten in het tunnelsysteem voor de X: Tunnel route circa EUR 1,0 miljard (SSK-raming met prijspeil 2024). Dit bedrag is inclusief de systemen die nodig zijn voor de bedrijfsvoering van de tunnel zelf, maar exclusief de waterstofverbinding vanaf het windpark TNW tot de aansluiting op land, en het inbrengen van de waterstofleiding in de tunnelbuis. Inclusief indexatie van 3,44 % komt deze variant uit op een geïndexeerde investeringskostenraming van circa EUR 1,2 miljard.

Kosten tunnelsysteem voor de ontsluiting van windpark DDW

In de scope voor de variant voor de ontsluiting van het windpark DDW, bevat de X: Tunnel route twee tunnelbuizen, een intredepunt op de Noordzee, een dubbele schacht met installaties op dat intredepunt en een dubbele schacht met installaties op land. Bij deze scope bedragen de totale verwachte investeringskosten in het tunnelsysteem voor de X: Tunnel route circa EUR 1,6 miljard (SSK-raming met prijspeil 2024). Dit bedrag is inclusief de systemen die nodig zijn voor de bedrijfsvoering van de tunnel zelf, maar exclusief de elektrische verbindingen vanaf windpark DDW tot de aansluiting op land, en het inbrengen van kabelsystemen in de tunnelbuizen. Inclusief indexatie van 3,44 % komt deze variant uit op een geïndexeerde investeringskostenraming van circa EUR 2,1 miljard.

Kosten basisscope voor ontsluiten DDW én TNW

In de basisscope voor de ontsluiting van windparken TNW en DDW samen bestaat de X: Tunnel route uit drie tunnelbuizen van 26 km, vier schachten (een enkele en een dubbele op zowel het land als intredepunt) en het intredepunt Noordzee. Deze scope kan 4 GW elektrische verbindingen (2 keer 2 GW kabelsystemen vanuit DDW) en één waterstofverbinding (vanuit TNW) faciliteren. De totale verwachte investeringskosten (SSK-raming met prijspeil 2024) bedragen circa EUR 2,4 miljard. Dit bedrag is inclusief de systemen die nodig zijn voor de bedrijfsvoering van de tunnel zelf, maar exclusief de elektrische- en waterstofverbindingen vanaf het windpark tot de aansluiting op land, en het inbrengen van kabelsystemen en de waterstofleiding in de tunnelbuizen. Inclusief indexatie van 3,44 % komt deze variant uit op een geïndexeerde investeringskostenraming van circa EUR 3,1 miljard.

Kosten toekomstvastheidsvariant

In de scope voor de toekomstvastheidsvariant, bevat de X: Tunnel route zeven tunnelbuizen. Voor dit toekomstscenario bedragen de totale verwachte investeringskosten (voor twee aanvullende schachten en vier extra tunnelbuizen ten opzichte van de scope voor de ontsluiting van TNW en DDW) voor de X: Tunnel route circa EUR 5,2 miljard (SSK-raming met prijspeil 2024). Dit bedrag is eveneens inclusief de systemen die nodig zijn voor de bedrijfsvoering van de tunnel zelf, maar exclusief de elektrische- en waterstofverbindingen vanaf het windpark tot de aansluiting op land, en het inbrengen van kabelsystemen en de waterstofleiding in de tunnelbuizen. Deze variant kan niet geïndexeerd worden aangezien er geen verwacht jaar van ingebruikname is. Om die reden zijn alleen de investeringskostenraming met prijspeil 2024 opgenomen.

5.4.2 Kosten X: Tunnel route voor het ontsluiten van DDW

TenneT heeft de kosten in beeld gebracht voor het ontsluiten van DDW via de X: Tunnel route. Deze verbinding loopt via de Noordzeeroutes (A, B, C of D), een stukje via II: Oude Westereems route (21 km), via de X: Tunnel route om vervolgens via de II: Oude Westereems landroute aan te sluiten op het landelijk hoogspanningsnet in de Eemshaven. De totale verwachte investeringskosten bedragen EUR 8,6 tot 9 miljard (prijspeil 2024) en EUR 11,5 tot 11,8 miljard (inclusief indexatie tot aan jaar van ingebruikname), exclusief de aanleg van het tunnelsysteem (zie Tabel 3.4).

5.4.3 Kosten X: Tunnel route voor het ontsluiten van TNW

Gasunie heeft de kosten in beeld gebracht van een waterstofverbinding vanaf TNW, via de X: Tunnel route tot aansluiting op land. Deze verbinding loopt via de Noordzeeroutes (C of D), een stukje via de II: Oude Westereems (21 km), via de X: Tunnel route om vervolgens via de II: Oude Westereems landroute aan te sluiten op het Waterstofnetwerk Nederland nabij de Eemshaven. De totale verwachte investeringskosten bedragen EUR 0,7 tot 0,8 miljard (prijspeil 2024) en EUR 0,9 tot 1,1 miljard (inclusief indexatie tot aan jaar van ingebruikname), exclusief de aanleg van het tunnelsysteem (zie Tabel 4.4).

5.4.4 Totale investeringskosten voor de ontsluiting van de windparken DDW en TNW

In tabel 5.1 zijn de totale verwachte investeringskosten voor het ontsluiten van windparken DDW en TNW via de X: Tunnel route opgenomen. Deze kosten bestaan uit de kosten voor het ontwikkelen van het tunnelsysteem en de kosten voor de elektrische- en waterstofverbindingen vanaf windparken DDW en TNW tot aansluiting op land, inclusief het inbrengen van de verbindingen in de tunnelbuizen.

De totale verwachte investeringskosten voor het ontsluiten van windpark TNW via de X: Tunnel route bedragen EUR 1,7 tot 1,8 miljard (prijspeil 2024) en EUR 2,1 tot 2,3 miljard (geïndexeerd). De totale verwachte investeringskosten voor het ontsluiten van windpark DDW via de X: Tunnel route bedragen EUR 10,2 tot 10,6 miljard (prijspeil 2024) en EUR 13,6 tot 13,9 miljard (geïndexeerd). Tot slot zijn de totale verwachte investeringskosten voor het ontsluiten van beide windparken in beeld gebracht.

De totale verwachte investeringskosten voor het ontsluiten van windparken TNW en DDW via de X: Tunnel route bedragen EUR 11,7 tot EUR 12,2 miljard (prijspeil 2024) en EUR 15,5 tot 16 miljard (geïndexeerd). Voor deze laatste variant (de basisscope voor de X: Tunnel route) waarin beide windparken worden ontsloten via de X: Tunnel route, is als uitgangspunt gehanteerd dat de waterstofverbinding vanuit TNW en de eerste elektrische verbinding vanuit DDW in 2036 in gebruik worden genomen en dat de tweede verbinding vanuit DDW in 2037 in gebruik wordt genomen.

Tabel 5.1 Verwachte totale investeringskosten ontsluiten TNW en DDW via X: Tunnel route (inclusief civieltechnische tunnelconstructie)

Variant	Prijspeil 2024 versus indexatie tot IBN	Investeringskosten verbindingen (TNW: 1 keer leiding / DDW: 2 x 2GW HVDC)	Investeringskosten tunnelsysteem (TNW: 1 tunnelbuis/ DDW: 2 tunnelbuizen)	Totale verwachte investeringskosten
Windpark TNW	prijspeil 2024	EUR 0,7 tot 0,8 miljard	EUR 1,0 miljard	EUR 1,7 tot 1,8 miljard
	indexatie tot IBN	EUR 0,9 tot 1,1 miljard	EUR 1,2 miljard	EUR 2,1 tot 2,3 miljard
Windpark DDW	prijspeil 2024	EUR 8,6 tot 9 miljard	EUR 1,6 miljard	EUR 10,2 tot 10,6 miljard
	indexatie tot IBN	EUR 11,5 tot 11,8 miljard	EUR 2,1 miljard	EUR 13,6 tot 13,9 miljard
Windparken TNW en DDW (basisscope)	prijspeil 2024	TNW: EUR 0,7 tot 0,8 miljard DDW: EUR 8,6 tot 9 miljard	EUR 2,4 miljard	EUR 11,7 tot 12,2 miljard
	indexatie tot IBN	TNW: EUR 0,9 tot 1,1 miljard DDW: EUR 11,5 tot 11,8 miljard	EUR 3,1 miljard	EUR 15,5 tot 16 miljard

6

CONCLUSIE

6.1 Inleiding

Dit deelrapport brengt de totale verwachte investeringskosten in beeld voor elektrische verbindingen (TenneT) en waterstofverbindingen (Gasunie) om daarmee de totale verwachte investeringskosten voor de ontsluiting van de windparken TNW en DDW te schetsen. Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste conclusies over deze verwachte totale investeringskosten. Alle genoemde kosten zijn afgerond op EUR 100 miljoen en worden weergegeven als geraamde kosten met prijspeil 2024 en als geïndexeerde kosten tot aan het verwachte moment van ingebruikname van de verbindingen. Vanwege de afronding zit er in een enkel geval geen verschil tussen beide bedragen.

6.2 Investeringskosten

De totale verwachte investeringskosten voor de ontsluiting van de windparken DDW en TNW zijn in kaart gebracht. Door verschillen in scope, rekenmethodiek en onzekerheidsmarge zijn de kosten van de elektrische verbindingen niet met de kosten van waterstofverbindingen te vergelijken. De uitkomsten kunnen dus alleen gebruikt worden om de routeopties voor het ontsluiten van het windpark DDW (elektrische verbindingen) onderling met elkaar te vergelijken en de routeopties voor het ontsluiten van het windpark TNW (waterstofverbindingen) onderling met elkaar te vergelijken. De conclusies zijn om die reden apart uiteengezet.

6.2.1 Kosten ontsluiting windpark TNW

De totale verwachte investeringskosten voor een waterstofverbinding vanaf TNW tot aan een aansluiting op het Waterstofnetwerk Nederland bedragen tussen de EUR 0,6 miljard tot 1,0 miljard (prijspeil 2024) of tussen de EUR 0,7 miljard en 1,4 miljard (geïndexeerd tot verwachte jaar van ingebruikname).

De keuze voor de aanlegtechniek voor de waterstofleidingen in het Waddengebied is het meest bepalend in de variatie van de kosten. Zo zijn de totale kosten voor verbindingen waar in het Waddengebied gebruik wordt gemaakt van HDD's (op sommige routes in combinatie met een legschip) tussen de EUR 0,4 miljard en 0,5 miljard lager dan bij de verbindingen waar in het Waddengebied gebruik wordt gemaakt van een microtunnel en een legschip (II: Oude Westereems route). De gekozen Noordzeeroute en landroute zijn minder bepalend voor de totale kosten, en zorgen elk voor een spreiding van zo'n 0,1 miljard op het totaal. Tot slot varieert het jaar van ingebruikname per route voor waterstofverbindingen. Het verschil in jaar van ingebruikname en daarmee de doorgevoerde indexatie hebben impact op het verschil tussen de totale verwachte investeringskosten maar deze impact is beperkt.

De verwachte totale investeringskosten zijn het laagste voor een waterstofleiding vanaf TNW via Noordzeeroute C: Direct naar TNW, de IX: Zoutkamperlaag route en de IX: Zoutkamperlaag landroute, EUR 0,6 miljard (prijspeil 2024) of EUR 0,7 miljard (geïndexeerd). Een waterstofleiding via Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding, de X: Tunnel route en de II: Oude Westereems landroute heeft de hoogste verwachte totale investeringskosten, EUR 1,8 miljard (prijspeil 2024) of EUR 2,3 miljard (geïndexeerd).

Dit is inclusief de kosten van het civieltechnische tunnelsysteem van EUR 1,0 miljard (prijspeil 2024) of EUR 1,2 miljard (geïndexeerd).

Terugvaloptie elektrische verbinding

TNW wordt bij voorkeur ontsloten met een waterstofverbinding. Als dit niet haalbaar blijkt, is ontsluiting met een 700 MW AC kabelsysteem een terugvaloptie. De totale investeringskosten voor een AC-kabelsysteem vanaf TNW tot aan het landelijk hoogspanningsnetwerk op land zijn door TenneT geraamd op circa EUR 1,6 miljard (geïndexeerd). Door verschillen in scope en rekenmethodiek van TenneT en Gasunie, zijn deze kosten nadrukkelijk niet één-op-één te vergelijken met de kosten voor de ontsluiting van het windpark TNW via een waterstofverbinding.

6.2.2 Kosten ontsluiting windpark DDW

Enkele elektrische verbinding

De verwachte totale investeringskosten voor een enkele elektrische verbinding vanaf DDW tot aan het landelijk hoogspanningsnetwerk bedragen EUR 4,3 miljard tot EUR 4,5 miljard (prijspeil 2024) of EUR 5,1 miljard tot 5,9 miljard (geïndexeerd).

De variatie in de kosten wordt met name veroorzaakt door kostenverschillen tussen de Noordzeeroutes, kostenverschillen tussen de Waddenzeeroutes en kostenverschillen als resultaat van verschillende ingebruikname data (indexatie). Voor de variatie in de kosten van de Noordzeeroutes is de lengte bepalend. De kosten van verbindingen met Noordzeeroutes A en B zijn iets goedkoper dan de kosten van verbindingen met Noordzeeroutes C en D in combinatie met eenzelfde Waddenzeeroute. Het verschil in kosten tussen de Waddenzeeroutes wordt bepaald door de lengte en het verschil in aanlegtechniek tussen de routes. Het verschil in jaar van ingebruikname en daarmee het aantal jaren waarvoor de kosten zijn geïndexeerd, heeft de grootste invloed op het verschil in totale verwachte investeringskosten tussen de routes.

Ontsluiten windpark DDW (twee elektrische verbindingen)

De verwachte totale investeringskosten voor de ontsluiting van windpark DDW zijn het laagste via Noordzeeroute: Parallel aan Gemini kabels of via Noordzeeroute B: Parallel aan verlaten telecom kabel en de VII: Schiermonnikoog Wantij route van EUR 8,6 (prijspeil 2024) of EUR 10,4 miljard (geïndexeerd)). Het ontsluiten van DDW via de Noordzeeroute D: Parallel aan bestaande gasleiding en de X: Tunnel route kent de hoogste totale verwachte investeringskosten van EUR 10,6 miljard (prijspeil 2024) of EUR 13,9 miljard (geïndexeerd)). Dit is inclusief de kosten van het civieltechnische tunnelsysteem van EUR 1,6 miljard (prijspeil 2024) of EUR 2,1 miljard (geïndexeerd).

6.3 Onzekerheid

De onzekerheid in de investeringskosten van een elektrische verbinding en een waterstofverbinding loopt uiteen. Zo is de onzekerheidsmarge in de raming van Gasunie significant groter dan die van TenneT. Er moet rekening gehouden worden dat in het slechtste geval de verwachte kosten van Gasunie met 100 % overschreden kunnen worden, maar ook 30 % lager uit kunnen vallen. Bij TenneT is een risico-opslag van 15 tot 20 % reeds verwerkt in de totale verwachte investeringskosten voor zowel verbindingen vanuit DDW als TNW. Voor een 700 MW AC-verbinding vanuit TNW is aanvullend een opslag van 10 % toegepast vanwege onzekere kostenkengetallen. Ook voor de raming van het tunnelsysteem geldt dat in de geraamde kosten een onzekerheidsmarge is verwerkt.

Deze verschillen in onzekerheid komen door de wijze waarop de raming voor een waterstofverbinding en een elektrische verbinding tot stand zijn gekomen. TenneT maakt gebruik van data uit recente projecten en werkt hierdoor enkel met een risico-opslag. Gasunie heeft geen recente kostendata tot haar beschikking, waarbij het actualiseren van oudere en externe kostenkengetallen leidt tot grotere onzekerheidsmarges.

De onzekerheid in de investeringskosten van het tunnelsysteem is probabilistisch doorgerekend met bandbreedtes voor hoeveelheden en eenheidsprijzen. De spreiding (variatiecoëfficiënt) bedraagt circa 20 %, daarnaast is een risicoreservering van 25 % opgenomen voor object- en projectgebonden risico's.

Indexatie tot verwachte ingebruikname

De totale verwachte investeringskosten die in dit deelrapport zijn gepresenteerd, betreffen in de basis investeringskostenramingen met prijspeil 2024. TenneT werkt echter op verzoek van het ministerie van Financiën standaard met geïndexeerde kosten voor net-op-zee programma's en projecten. Op verzoek van het ministerie van KGG, hebben Gasunie, Witteveen+Bos en Royal HaskoningDHV de ramingen voor respectievelijk de waterstofverbindingen en voor de X: Tunnel route om die reden ook geïndexeerd. Alle geraamde kosten zijn geïndexeerd volgens dezelfde methode (indexatie van 3,44 % vanaf prijspeil 2024).

Voor de verwachte totale investeringskosten van de civiele werken van de X: Tunnel route geven de opstellers aan dat zij bij voorkeur gebruik hadden gemaakt van de netto contant waarde methode omdat deze wat hen betreft een meer betrouwbaar beeld geeft van de kosten van het tunnelsysteem.

AFKORTINGEN- EN BEGRIPPENLIJST

Tabel 7.1 Lijst met begrippen

Term	Toelichting
66kV-kabels (AC)/66kV-wisselstroomkabels	Ten behoeve van het transporteren van elektriciteit (wisselstroom) vanaf de turbines naar het platform op zee.
220kV-kabels (AC)/220kV-wisselstroomkabels	Ten behoeve van het transporteren van elektriciteit (wisselstroom) vanaf het platform op zee naar het transformatorstation op land.
380kV-kabels (AC)/380kV-wisselstroomkabels	Ten behoeve van het transporteren van elektriciteit (wisselstroom) vanaf converterstation of transformatorstation naar het aansluitpunt landelijke 380kV-net op land.
525kV-kabels (DC)/525kV-gelijkstroomkabels	Ten behoeve van het transporteren van elektriciteit (gelijkstroom) vanaf het platform op zee naar het converterstation op land.
Aanlandingszone	Zone waar de kabelsystemen voor elektriciteitstransport en waterstofleidingen voor waterstoftransport op zee aan het vasteland komen en de (primaire) zeewering kruisen.
Aanlandingspunt tunnel	Het punt waar de tunnel begint in of nabij de Eemshaven. Hier komt een schacht waar de kabelsystemen en/of leidingen de tunnel ingaan.
Aanlegtechnieken	Technische methoden waarmee de verschillende onderdelen van het project worden gerealiseerd. Een voorbeeld van een aanlegtechniek is: boren.
Aansluitpunt	Punt van een (bestaand) hoogspanningsstation of het Waterstofnetwerk Nederland waarop respectievelijk kabelsystemen voor elektriciteitstransport of waterstofleidingen worden aangesloten.
ADC-toets	Een streng toetsingskader dat wordt gebruikt wanneer uit een Passende Beoordeling blijkt dat significante effecten op Natura 2000-gebieden vooralsnog niet kunnen worden uitgesloten. Bij een ADC-toets moet een project aan drie voorwaarden voldoen: A: er geen alternatieven zijn; D: sprake is van dwingende redenen van groot openbaar belang; C: de nodige compenserende maatregelen worden getroffen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 bewaard blijft.
Afsluiterlocatie	Omheinde installaties waar bedienbare afsluiters zitten die de gasstroom in de ondergrondse leiding kunnen regelen.
Alternatief	Een andere manier dan het voornemen om (in aanvaardbare mate) tegemoet te komen aan de doelstelling(en). De Wet milieubeheer schrijft voor, dat in een MER alleen alternatieven moeten worden beschouwd, die redelijkerwijs in de besluitvorming een rol kunnen spelen.
Autonome ontwikkeling	Op zichzelf staande ontwikkelingen die een verandering in het plangebied tot gevolg hebben, die onafhankelijk van het voornemen plaatsvinden en waarover al een besluit is genomen. Bijvoorbeeld wanneer deze ontwikkelingen vastgesteld zijn in een ruimtelijk plan of de vergunning ervoor is verleend. Over de uitvoering ervan bestaat voldoende zekerheid.
Autonome processen	Ontwikkelingen in de fysieke omgeving die onafwendbaar zijn en een gegeven zijn voor de toekomstige staat van de kenmerken van de omgeving. Het betreft bijvoorbeeld zeespiegelstijging en andere gevolgen van klimaatverandering. In het algemeen leiden deze processen over een lange periode pas tot relevante veranderingen.
Ballonplaat	Dit is een zandplaat op de Noordzee ongeveer 4 kilometer ten noorden van Rottumerplaat. Hier is de zee redelijk ondiep en de bodem redelijk stabiel. In dit gebied wordt onderzocht waar het intredepunt van de tunnel zou kunnen komen.

Term	Toelichting
Baseline(s)	Het 'bevrozen' van het ontwerp (o.a. uitgangspunten, route), zie 'bevroermoment'. Onderdeel van het iteratieve proces. Baseline 0 = vastgesteld in de NRD; Baseline 1 = nadere uitwerking in de fase routeontwikkeling; Baseline 2 = optimalisatie van baseline 1. Op dit niveau worden de effecten beoordeeld; Baseline 3 = optimalisatie op basis van de effectenbeoordeling.
Belanghebbende	Iemand die bij dit programma een bepaald belang heeft, bijvoorbeeld een overheid, (maatschappelijke) organisatie, grondeigenaar, agrariër of een bewoner.
Beoordelingsaspect (milieuaspect)	Een beoordelingsaspect/milieuaspect is een onderwerp dat binnen een MER wordt onderzocht. Bijvoorbeeld het beoordelingsaspect 'Bodem en Water'. Elk aspect is vertaald naar één of meerdere deelaspecten. Bijvoorbeeld het deelaspect 'Bodem' of 'Grondwater' binnen het beoordelingsaspect 'Bodem en water'.
Beoordelingskader	Lijst met daarin alle criteria die per (milieu)aspect onderzocht worden in het MER.
Beoordelingsschaal	Schaal die aangeeft hoe een criterium beoordeeld wordt in het MER. Deze schaal maakt onderscheid tussen positieve, neutrale en negatieve beoordelingen.
Bevoegd gezag	Overheidsorgaan dat bevoegd is een besluit te nemen over het voornemen van de initiatiefnemer.
Bevroermoment	Momenten in de tijd (binnen het proces) wanneer het ontwerp wordt 'bevroren'.
Centerline	De middellijn van een route voor de kabelsystemen en/of waterstofleidingen. Elke route heeft een effectbeoordeling voor de situatie waarbij 1 kabelsysteem of 1 waterstofleiding op deze middellijn wordt aangelegd.
Commissie voor de milieueffectrapportage (Commissie mer)	Onafhankelijke, bij wet ingestelde, commissie die het bevoegd gezag adviseert over de reikwijdte en detailniveau van het MER en de beoordeling van de kwaliteit van het MER.
Compenserende maatregelen	Wanneer na het toepassen van mitigerende maatregelen restschade overblijft dan kunnen compenserende maatregelen getroffen worden. Bijvoorbeeld; bomen moeten worden gekapt. Het aanplanten van nieuwe bomen op een andere plek is dan een compenserende maatregel.
Configuratie	Manier waarop iets is opgebouwd uit losse componenten. In PAWOZ-Eemshaven betekent dit een specifieke samenstelling van kabelsystemen en/of leidingen in een route. Een configuratie is bijvoorbeeld één DC-kabelsysteem en één waterstofleiding.
Converterstation	Station waar gelijkstroom wordt omgezet in wisselstroom en op het juiste spanningsniveau wordt gebracht.
Corridor	De maximale breedte van een route waarbinnen de kabelsystemen en/of waterstofleidingen kunnen komen te liggen. Deze corridor verschilt per route. Elke route heeft een effectbeoordeling voor de situatie waarbij de maximale configuratie in de corridor van de route wordt aangelegd.
Criterium	Een criterium is een maatstaf die gebruikt wordt om een beoordelingsaspect of deelaspect in het MER te beoordelen. Bijvoorbeeld het criterium 'invloed op zetting' om voor het deelaspect 'Grondwater' te beschrijven wat het effect is van grondwaterverlaging.
Cumulatie	De bij elkaar opgetelde effecten van verschillende ontwikkelingen samen. De verschillende ontwikkelingen kunnen zowel binnen als buiten het voornemen plaatsvinden.
Deelaspect	Een deelaspect is één van de onderdelen van een beoordelingsaspect. Bijvoorbeeld het deelaspect 'Bodem' of 'Grondwater' als onderdeel van het beoordelingsaspect 'Bodem en water'.
Deelrapport	Rapporten ter ondersteuning van het MER of IEA dat concentreert op een bepaald thema, bijvoorbeeld natuur, Landschap, Cultuurhistorie en Archeologie en Bodem en Water.
Demarcatie PAWOZ - pVAWOZ	Tussen de onderzoeken voor PAWOZ en pVAWOZ is gewerkt met zogenaamde demarcatiepunten. Omdat de onderzoeken van deze programma's gelijktijdig plaatsvinden is afgesproken tot waar PAWOZ een route onderzoekt en waar pVAWOZ start. Het demarcatiepunt is dus het punt waar de te onderzoeken routes van PAWOZ en pVAWOZ op elkaar aansluiten. Voor kabelsystemen ligt het demarcatiepunt ten westen van windgebied DDW. Voor leidingen ligt het demarcatiepunt ten westen van windgebied TNW.
Eems-Dollard verdrag	Overeenkomst tussen Nederland en Duitsland waarin afspraken zijn gemaakt over het gemeenschappelijk beheer en gebruik van het Eems-Dollard Verdragsgebied.
Elektriciteitskabel	Kabels met ondergrondse ligging ten behoeve van het transporteren van elektriciteit.

Term	Toelichting
EM-velden	Elektromagnetische velden als gevolg van de elektriciteitstransport door kabels of als gevolg van het transformatorstation en/of converterstation.
eParticipatie	Website die iedereen in staat stelt om online zijn of haar mening te geven of met nieuwe informatie of inzichten te komen.
Flens	Een afsluiter die kan worden toegepast op het uiteinde van een pijpleiding.
Gasunie	Gasunie is een netwerkbedrijf voor energie. Via Hynetwork Services (een 100% dochteronderneming van Gasunie) ontwikkelt Gasunie het waterstofnetwerk op land, Waterstofnetwerk Nederland. En Gasunie maakt zich klaar om ook het waterstofnetwerk op zee te ontwikkelen.
Gebruiksfuncties	De huidige en toekomstige functies in een gebied. Bijvoorbeeld, wonen, natuur of recreatie.
Gevoeligheidsanalyse	Een gevoeligheidsanalyse onderzoekt de invloed van veranderingen in de inputparameters op de uitvoer van een model of systeem.
Hoofdrapport	Dit zelfstandig leesbare document bevat de belangrijkste beslisinformatie uit de deelrapporten. Alleen onderscheidende en (sterk) negatieve effecten zijn in het hoofdrapport weergegeven.
Ingrep	Voor het uitvoeren van het voornemen (bijvoorbeeld: het aanleggen van een kabel) zijn verschillende ingrepen nodig (zoals graven, bemalen, baggeren of heien). Elke ingreep kan met verschillende aanlegtechnieken aangelegd worden. De relatie tussen elke ingreep en het effect op het milieu wordt beschreven onder ingreep-effectrelaties.
Ingreep-effectrelatie	Een ingreep-effectrelatie verwijst naar de relatie tussen het voornemen en het effect dat het voornemen veroorzaakt. Het voornemen bestaat uit verschillende ingrepen (bijvoorbeeld: graven, bemalen, baggeren of heien) welke in locatie, omvang en tijd verschillende effecten kunnen veroorzaken. Het beschrijven van de relatie wordt gebruikt om te begrijpen welke ingrepen welk effect hebben. Hiermee wordt de impact van het voornemen beoordeeld.
Initiatiefnemer	Een natuurlijk persoon, dan wel privaats- of publiekrechtelijk rechtspersoon (een particulier, bedrijf, instelling of overheidsorgaan) die een bepaalde activiteit wil (doen) ondernemen en daarover een besluit vraagt. Bij PAWOZ-Eemshaven is het Ministerie van Klimaat en Groene Groei de initiatiefnemer.
Integrale effectenanalyse (IEA)	Een analyse van de milieueffecten, kosten, omgeving, techniek, landbouw, planning en toekomstvastheid van de routes. Voor PAWOZ-Eemshaven is hiervoor een apart document opgesteld.
Intredepunt op de Noordzee	Het punt waar de tunnel begint bij de Ballonplaat op de Noordzee. Hier komt een schacht waar de kabelsystemen en/of leidingen de tunnel ingaan.
Iteratief proces	Een iteratief proces is een herhaaldelijke manier om een doel te bereiken of een probleem op te lossen. In plaats van alles in één keer te doen, worden kleine stappen gedaan en wordt telkens gekeken hoe het verbeterd kan worden. Een cyclus van acties wordt herhaald, waarbij feedback en nieuwe inzichten worden gebruikt om elke keer beter te worden. In PAWOZ-Eemshaven wordt dit iteratieve proces gebruikt om de routes te verbeteren, dit wordt optimalisatie genoemd. Het doel van het optimaliseren van de routes is om negatieve effecten zoveel mogelijk te verminderen of zelfs helemaal weg te nemen. Het optimaliseren van de routes in een iteratief proces is de routeontwikkeling. Dit vindt plaats aan de hand van baselines.
Kabelcircuit	Set van drie faseadren die samen een volwaardige eenheid vormen waarop driefasen-wisselspanning bedreven kan worden.
Kabelsysteem	Een kabelsysteem is een bundel van elektriciteitskabels dat bestaat uit twee parallelle kabelcircuits bij wisselstroom of één kabelcircuit + een glasvezelverbinding bij gelijkstroom. Het betreft alleen de elektriciteitskabels, niet het platform of transformator/converterstation.
Kilovolt (kV)	Eenheid van elektrische spanning.
Klimaatneutraal	Klimaatneutraal betekent dat we ervoor zorgen dat we geen schadelijke stoffen uitstoten die het klimaat veranderen. We compenseren of verminderen de schadelijke stoffen die we produceren.
Kofferdam	Een kofferdam is een tijdelijke constructie gemaakt van damwanden die wordt ingezet bij het aanleggen van infrastructuur. Het doel van de kofferdam is om aanzanding in een gebaggerde sleuf te voorkomen en de werkzaamheden te beschermen tegen golven en stromingen.
Kwelder	Kwelders zijn begroeide stukken land die direct, zonder duinenrij of dijken, aan zee grenzen. Ze liggen meestal langs ondiepe getijdengebieden zoals de Waddenzee of langs de Noordzeekust.

Term	Toelichting
	Bij storm of extra hoog water komt een kwelder onder water te staan. Kwelders spelen een belangrijke rol in de kustbescherming. Door de aanwezigheid van de begroeiing op de kwelders wordt het opstuiven van zand tegengegaan en wordt de kustlijn verstevigd. Bovendien bieden kwelders een leefgebied voor verschillende soorten vogels, vissen en andere dieren.
Lay-length	Dit is de afstand die nodig is om één omwenteling van de streng rond de diameter van de geleider te voltooien voor een kabelsysteem.
Milieueffectrapportage (mer)	De wettelijk geregelde procedure van milieueffectrapportage; een hulpmiddel bij de besluitvorming, dat bestaat uit het maken, beoordelen en gebruiken van een milieueffectrapport en het evalueren achteraf van de gevolgen voor het milieu van de uitvoering van een activiteit. Onder de Omgevingswet wordt de afkorting mer gebruikt.
mer-plicht	De verplichting tot het opstellen van een milieueffectrapport voor een bepaald besluit over een bepaalde activiteit.
Microreliëf	Onder microreliëf worden hoogteverschillen verstaan van minimaal 10 à 30 cm over afstanden van één tot drie meter.
Microtunnel	Pijpleiding aanlegtechniek waarbij tijdens de voortgang van het boorproces complete tunnelsecties ingeduwd worden om de boorgang te stabiliseren. Deze methode is technisch beperkt in lengte (ongeveer 2 km) en diameter (ongeveer 2 m).
Milieueffectrapport (MER)	Het rapport waarin de resultaten worden neergelegd van het onderzoek naar de milieueffecten van een voornemen en van de redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven daarvoor.
Mitigerende maatregelen	Maatregelen die worden genomen om de nadelige effecten van activiteiten of fysieke ingrepen te verminderen dan wel te voorkomen.
MW	Megawatt = 1.000 kilowatt (kW). kW is een eenheid van elektrisch vermogen.
MWh	Megawattuur = 1.000 kilowattuur (kWh). kWh is een eenheid van energie.
Monitoringsprogramma	Programma dat bijhoudt of de situatie beter of slechter wordt door de realisatie van het voornemen.
Morfodynamiek	De verandering van de zeebodem, het transport van sedimenten en het samenspel hiertussen.
Morfologie	Vorm van de zeebodem.
Natura 2000-gebieden	Ecologisch netwerk van speciale beschermingszones die zijn aangewezen in de Habitatrichtlijn of de Vogelrichtlijn. Volgens deze Europese richtlijnen moeten lidstaten specifieke diersoorten en hun natuurlijke leefomgeving (habitat) beschermen om de biodiversiteit te behouden.
Natuur Netwerk Nederland (NNN)	Het door de overheid nagestreefde en in beleidsnota's vastgelegde landelijke netwerk van natuurgebieden en verbindingzones daartussen.
Nearshore	Het gebied nabij de kust met geringere waterdiepte dan offshore gebieden. In het geval van PAWOZ-Eemshaven wordt hier het Waddengebied bedoeld.
Niet gesprongen explosieven (NGE)	In en op de zeebodem liggende niet gesprongen explosieven, overgebleven van de oorlogshandelingen in beide wereldoorlogen en van militaire activiteiten op zee. Voor de installatie van de kabelsystemen op zee kunnen niet gesprongen explosieven een gevaar opleveren voor de betrokkenen.
Nota van Antwoord	Een document met daarin een reactie op ontvangen vragen en opmerkingen uit de periode van ter inzage legging.
Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)	De NRD geeft aan met wat (reikwijdte) en met welke diepgang (detailniveau) de alternatieven worden onderzocht en beschreven worden in het milieueffectrapport (MER).
NSG-Richtlijn laagfrequent geluid	De NSG-Richtlijn laagfrequent geluid is bedoeld om klachtenbehandelaars, met name akoestische onderzoekers, een handvat te bieden om een klacht over laagfrequent geluid te kunnen objectiveren. De Richtlijn geeft daarom een criterium (referentiecurve) waaraan het resultaat van geluidsmetingen in woningen kan worden getoetst. NSG is de Nederlandse Stichting Geluidshinder.
Offshore	Aanduiding voor op zee en een gebied zeewaarts van de 6-mijlszone. Vaak ook gerefereerd aan waterdieptes van meer dan 10 tot 20 meter.
Omgevingsbesluit	In bijlage V van dit besluit staat een lijst met zowel de mer-plichtige als de mer-beoordelingsplichtige activiteiten opgenomen en de daarvoor benodigde besluiten.

Term	Toelichting
Omgevingsplan	Het omgevingsplan bevat algemene regels van de gemeente voor de fysieke leefomgeving. Iedere gemeente heeft 1 omgevingsplan onder de Omgevingswet. Het omgevingsplan vervangt het geldende bestemmingsplan en de beheersverordening uit de Wet ruimtelijke ordening.
Omgevingswet	Wet in Nederland, die per 1 januari 2024 is ingegaan, waarin alle wetten zijn samengevoegd die met de fysieke leefomgeving, waaronder ook het milieu, te maken hebben.
Onshore	Aanduiding voor 'op land'.
Open planproces	Het proces waarin de provincie Groningen en gemeente Het Hogeland in samenwerking met de omgeving haar plannen voor de Oostpolder uitwerkt.
Optimalisatie	Het aanpassen van het voornemen om negatieve effecten te mitigeren.
Outstanding Universal Value	De Outstanding Universal Value staat voor een culturele en/of natuurlijke betekenis die zo uitzonderlijk groot is dat het de nationale grenzen overschrijdt en van gemeenschappelijk belang is voor huidige en toekomstige generaties van de hele mensheid. Daardoor is de permanente bescherming van dit erfgoed van het grootste belang voor de internationale gemeenschap als geheel.
Overige toekomstige ontwikkelingen	Naast de autonome ontwikkelingen zijn er overige toekomstige ontwikkelingen in hetzelfde (plan- of studie)gebied die zich in een voorfase (toekomstig idee) bevinden en waarover eventuele besluitvorming na de besluitvorming over PAWOZ-Eemshaven plaatsvindt.
Parallele projecten	Andere projecten die gelijktijdig aan PAWOZ-Eemshaven plaatsvinden, zoals VAWOZ 2040.
Participatie	Het betrekken van belanghebbenden (zoals; inwoners, maatschappelijke organisaties, grondeigenaren, agrariërs, regionale en lokale overheden en ondernemers) bij het maken van een programma of plan.
Passende Beoordeling	Een Passende Beoordeling is een beoordeling van de effecten van een activiteit op de natuurdoelstellingen van een Natura 2000-gebied. Wanneer significante effecten op Natura 2000-gebieden niet op voorhand uitgesloten kunnen worden of onzeker zijn, moet een Passende Beoordeling worden uitgevoerd. In de Passende Beoordeling worden de mogelijke effecten van de aanleg, het beheer, het gebruik en de verwijdering van de activiteit, in cumulatie met andere plannen en projecten, beoordeeld in het licht van de instandhoudingsdoelstellingen van de betrokken Natura 2000-gebieden.
Plangebied	Het gebied waarbinnen het voornemen kan worden gerealiseerd.
Plan-MER	Het MER voor een plan of programma. PAWOZ-Eemshaven heeft een plan-MER.
Platform	Locatie waar energie van windparken op zee wordt verzameld en/of omgezet voor transport naar land.
Programma	Een programma is een instrument onder de Omgevingswet. Het vat het nieuwe beleid op hoofdlijnen samen en is kaderstellend (geeft de grenzen aan) voor nieuwe plannen of projecten. PAWOZ-Eemshaven resulteert in een programma. Dit is een notitie waarin beschreven staat welke routes wel/niet kunnen en een prioritering. Dit wordt ook het programma-beleidsdocument genoemd.
Projectbesluit	Het projectbesluit is een instrument voor waterschappen, provincies en het Rijk voor het mogelijk maken van complexe projecten met een publiek belang. Het projectbesluit wijzigt het omgevingsplan met regels die nodig zijn voor het uitvoeren, inwerking hebben of in stand houden van het project. De gewijzigde regels van het omgevingsplan zijn onderdeel van het projectbesluit. Het projectbesluit vervangt het inpassingsplan, tracébesluit, projectplan uit de Waterwet en de coördinatieregelingen uit de Wro, Tracéwet, Waterwet en Ontgrondingenwet.
Project-MER	Het MER voor een projectbesluit dat het vervolg kan zijn op PAWOZ-Eemshaven. Een project-MER kent een groter detailniveau dan een plan-MER.
Referentiesituatie	Bij deze situatie wordt uitgegaan van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling. Deze situatie dient als referentiekader voor de effectbeschrijving van de routes in het MER.
Rijkscoördinatieregeling (RCR)	De procedure als bedoeld in paragraaf 3.6.3 van de Wet op de ruimtelijke ordening. Wanneer een initiatief onder de RCR valt dan moet er een (Rijks)inpassingsplan worden vastgesteld en de voorbereiding en bekendmaking daarvan wordt gecoördineerd door het Rijk.
Risk Based Burial Depth (RBBD)	Het bepalen van een begraafdiepte waarvoor geldt dat de faalkans van een kabelsysteem als gevolg van externe bedreigingen zodanig klein is dat het risico acceptabel is.

Term	Toelichting
Robuust ontwerp	De maximale configuratie van een route. Waarbij de maximale fysieke en/of milieuruimte die mogelijk is binnen een route is ingevuld. Een robuust ontwerp is een technisch uitvoerbaar en vergunbaar alternatief dat een realistische worst-case situatie omvat.
Route	Een mogelijke ligging voor de kabelsystemen en/of waterstofleidingen van het platform in een windenergiegebied naar een aansluitlocatie op het landelijk hoogspannings- en/of waterstofnetwerk.
Routeontwikkeling	De routeontwikkeling tijdens PAWOZ-Eemshaven is een doorlopend proces, waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. Dit betekent dat tijdens het project routes worden geoptimaliseerd om tot een robuust ontwerp te komen. Het beschrijft bijvoorbeeld het ontwerpproces, de uitgangspunten voor het routeontwerp, het routeontwerp per route en de trechtering van routes in aanloop naar de effectbeoordeling.
Segmenttunnel	Pijpleiding aanlegtechniek waarbij tijdens de voortgang van het boorproces de tunnelwand wordt opgebouwd door het plaatsen van segmenten die samen een sectie van de tunnelomtrek vormen. Deze methode kan voor grotere diameters en over meerdere kilometers lengte worden toegepast.
Studiegebied	Het gebied waarbinnen zich milieugevolgen kunnen voordoen als gevolg van het voornemen (of alternatieven) en dat dient te worden beschouwd in het MER. De omvang van het studiegebied kan per beoordelingsaspect verschillen.
Systeemintegratie	Het op een gecoördineerde wijze integreren (koppelen) van ketens van verschillende energiedragers en gebruikssectoren tot één duurzaam, betrouwbaar, betaalbaar en veilig energiesysteem, met een breed maatschappelijk draagvlak.
TenneT	TenneT is in Nederland de beheerder van het elektriciteitsnet vanaf een spanningsniveau van 110 kV. Ook beheert TenneT het Elektriciteitsnet op zee.
Thema	De deelrapporten van het MER gaan over beoordelingsaspecten, de deelrapporten van de IEA gaan over thema's. Bijvoorbeeld techniek, landbouw of kosten. Elk deelrapport behandelt één thema. Een thema bestaat uit (deel)aspecten en criteria.
Ter inzage legging	De periode waarin de NRD, het plan-MER, de IEA en het programma te lezen zijn. Dit is ook de periode waarin iedereen een zienswijze kan indienen en vragen kan stellen over de NRD, het plan-MER, de IEA en het programma.
Toetsingsadvies	Een document met daarin de resultaten van de toetsing van het plan-MER door de Commissie voor de mer. De Commissie mer kan ook om een tussentijds toetsingsadvies gevraagd worden.
Trechtering	Het onderbouwd laten afvallen van bepaalde routes of bepaalde configuraties binnen routes. Elke route is in steeds groter detail onderzocht. Hieruit komt naar voren welke routes wel en niet kansrijk zijn. Dit is onderdeel van het iteratieve proces.
Variant	Een (deel van een) route kan verschillende paden volgen. Dit zijn de varianten van de route. Bijvoorbeeld: de route die ligt in het Schiermonnikoog Wantij in de Waddenzee (de VIII - Schiermonnikoog Wantij route) heeft twee varianten voor de ligging van kabelsystemen (A en A1)
Voornemen	Een omschrijving van de activiteit die de initiatiefnemer wil gaan uitvoeren. Het beschrijft wat er wordt gebouwd en hoe het wordt aangelegd.
Voorzorgbeleid magneetvelden	Maatregelen waarmee netbeheerders de magneetvelden van onderdelen van het elektriciteitsnet structureel verminderen. Dit heeft tot doel om de mogelijke gezondheidsrisico's van magneetvelden te verminderen.
Wantij	Een gebied tussen eilanden en de kust waar wel sprake is van eb en vloed, maar niet van stroming.
Waterstof	Waterstof is een veelvoorkomend chemisch element. Waterstof is een energiedrager, dat betekent dat duurzaam opgewekte elektriciteit wordt omgezet naar waterstof in gasvorm. Dit kan opgeslagen en via leidingen getransporteerd worden, vergelijkbaar met aardgas. Waterstof heeft een belangrijke rol in de energietransitie en kan gebruikt worden voor bijvoorbeeld zware industrie, brandstof voor grote voertuigen of energieopslag.
Waterstof aanlandingsstation	Dit station bevat de noodzakelijke functies voor het aansluiten van waterstof op het Waterstofnetwerk Nederland. Deze functies zijn nog niet vastgesteld. Voorbeelden zijn het meten en eventueel regelen van de druk, meten van de kwaliteit van het waterstofgas en faciliteiten die nodig zijn om de leiding intern te kunnen inspecteren.

Term	Toelichting
Waterstofleiding	Leidingen waarin waterstofgas kan worden getransporteerd. Dit kunnen hergebruikte leidingen zijn of nieuw aan te leggen leidingen.
Waterstofnetwerk Nederland	Het netwerk van waterstofleidingen door Nederland die ontwikkeld en beheerd worden door Gasunie dochter HyNetwork Services (HNS). Dit netwerk is nog in ontwikkeling en zal bestaan uit nieuw aan te leggen leidingen en het (her-)gebruik van bestaande leidingen. De waterstofleidingen van PAWOZ-Eemshaven sluiten aan op het noordelijke deel van dit te ontwikkelen netwerk (Waterstofnetwerk Groningen).
Werkstrook	De werkstrook is het gebied dat tijdens de aanlegfase wordt gebruikt voor het opstellen van machines en voertuigen en voor het opslaan van afgegraven zand.
Werkterrein	Een tijdelijke werkplek rondom het voornemen waar bouwbedrijven werkzaamheden uitvoeren. Hier worden bijvoorbeeld materialen opgeslagen en constructies opgebouwd.
Zeemijl / nautische mijl	Een zeemijl (Engels: Nautical Mile, afgekort NM of nmi) is een lengtemaat die gelijk is aan precies 1.852 meter.
Zienswijze	Iedereen kan een formele reactie geven op het MER, de IEA en het programma. Dit kan tijdens de periode van terinzagelegging.

Tabel 7.2 Lijst met afkortingen

Afkorting	Betekenis
AC	Alternating Current (wisselstroom). Wisselstroom is een elektrische stroom met een periodiek wisselende stroomrichting. Vrijwel het hele elektriciteitsnet in Nederland maakt gebruik van dit type stroom. Dit type wordt ook gebruikt voor het ontsluiten van windpark TNW.
AO	Ambtelijk Overleg
BOP	Bestuurlijk Overleg Programma
BOW	Bestuurlijk Overleg Waddengebied
Cierner	Commissie voor de milieueffectrapportage
CO ₂	Koolstofdioxide
dB	Decibel, eenheid van geluidsniveau
DC	Direct Current (gelijkstroom) is een elektrische stroom waarbij de stroomrichting constant is, in tegenstelling tot wisselstroom. De 525 kV-kabels worden met gelijkstroom bedreven.
DDW	Windenergiegebied Doordewind
EDV	Eems-Dollard Verdragsgebied
EMV	Elektromagnetische Velden
EEZ	Exclusieve Economische Zone
GIS	Geografisch Informatiesysteem
GW	Gigawatt
HDD	Horizontal Directional Drilling. Oftewel: een gestuurde boring
HNS	HyNetwork Services (Gasunie-dochter)
HSOA	Huidige Situatie, Autonome Ontwikkelingen
IEA	Integrale Effectenanalyse
KRW	Kaderrichtlijn Water
kV	Kilovolt
kWh	Kilowattuur
LCA	Landschap, Cultuurhistorie en Archeologie
LTO Noord	Land- en Tuinbouw Organisatie Noord

Afkorting	Betekenis
mer	Milieueffectrapportage (procedure)
MER	Milieueffectrapport (product)
Ministerie van BZK	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Ministerie van KGG	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
MW	Megawatt
MWh	Megawattuur
N2000	Natura 2000-gebied
NGE	Niet Gesprongen Explosieven
NGT	Noord Gas Transport. Dit is een bestaande gasleiding op zee
NNN	Natuurnetwerk Nederland
NM	Nautische Mijl
NOZ TNW	Net op Zee Ten Noorden van de Waddeneilanden
NRD	Notitie Reikwijdte en Detailniveau
NZA	Noordzeeakkoord
PAWOZ	Programma Aansluiting Wind Op Zee
OBW	Omgevingsberaad Waddengebied
OO	Omgevingsoverleg
PB	Passende Beoordeling
PvA	Plan van Aanpak
RBBD	Risk Based Burial Depth Oftewel: risico gestuurde begraafdiepte
RCR	Rijkscoördinatieregeling
RHDHV	Royal HaskoningDHV
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
RWS	Rijkswaterstaat
SO	Schetsontwerp
TEC	Tunnel Engineering Consultants
TNW	Windenergiegebied Ten Noorden van de Waddeneilanden
TWh	Terawattuur
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VAWOZ 2030	Verkenning Aanlanding Wind Op Zee 2030
VAWOZ 2040	Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee 2040
VO	Voorontwerp
WNN	Waterstofnetwerk Nederland
W+B	Witteveen+Bos

Bijlagen

BIJLAGE: OVERZICHT VAN DE COMBINATIES VOOR ROUTES

Tabel I.1 Overzicht route-combinaties

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Totale lengte (km)</i>
Kabelsystemen (TenneT)						
Naar windpark Doordewind (DDW)						
A	94	II A1	44	II A	9	146
				II A1	14	151
		V A1	41	V A	17	152
				V A1	19	154
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	158
				VII A Roodeschool	39	160
B	91	II A1	44	II A	9	144
				II A1	14	148
		V A1	41	V A	17	150
				V A1	19	151
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	156
				VII A Roodeschool	39	157
C	112	II A	50	II A	9	170
				II A1	14	175
		V A	45	V A	17	174
				V A1	19	176
		V A2	36	V B	27	175
				V B1	29	176
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	178
				VII A Roodeschool	39	179
D	125	II A	50	II A	9	183

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Totale lengte (km)</i>
				II A1	14	188
		V A	45	V A	17	187
				V A1	19	189
		V A2	36	V B	27	188
				V B1	29	189
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	191
				VII A Roodeschool	39	192
Naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW)						
A	68	II A1	44	II A	9	121
				II A1	14	126
		V A1	41	V A	17	127
				V A1	19	129
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	133
				VII A Roodeschool	39	135
B	61	II A1	44	II A	9	114
				II A1	14	119
		V A1	41	V A	17	120
				V A1	19	122
		VII A1	27	VII A Oostpolder	37	126
				VII A Roodeschool	39	128
C	61	II A	50	II A	9	119
				II A1	14	124
		V A	45	V A	17	123
				V A1	19	125
		V A2	36	V B	27	124
				V B1	29	125
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	127
				VII A Roodeschool	39	129
D	80	II A	50	II A	9	138
				II A1	14	143
		V A	45	V A	17	142
				V A1	19	144
		V A2	36	V B	27	143

Noordzeeroutes		Waddenzeeroutes		Landroutes		
<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Routedeel</i>	<i>Lengte (km)</i>	<i>Totale lengte (km)</i>
				V B1	29	144
		VII A	29	VII A Oostpolder	37	146
				VII A Roodeschool	39	147
Leidingen naar windpark Ten Noorden van de Wadden (TNW) (Gasunie)						
C	61	II	49	II A	8	118
				II A1	11	121
	61	VII	29	VII A Oostpolder	37	127
				VII A Roodeschool	37	127
				VII B	16	106
				VII B1	17	107
				VII C	20	110
	56	IX A1	22	IX B	23	101
D	79	II	49	II A	8	135
				II A1	11	139
	79	VII	29	VII A Oostpolder	37	144
				VII A Roodeschool	37	145
				VII B	16	124
				VII B1	17	125
				VII C	20	128
	65	VIII	23	VIII A	32	121
				VIII B	29	117
				VIII B1	29	117
	73	IX A1	22	IX B	23	118
	67	IX A2	25	IX B	23	115