



Rapport

# Raakvlakkenstudie Lelylijn en 380 kV Hoogspanningsverbinding Diemen - Ens

Versie: 5.0

Status: Vrijgegeven

Datum: 04-05-2026

Kenmerk: --HS-RAP-25004215



# Autorisatieblad

## Raakvlakkenstudie Lelylijn en 380 kV Hoogspanningsverbinding Diemen - Ens

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	[Redacted]	✓	27-08-2025
Gecontroleerd door	[Redacted]	✓	27-08-2025
Vrijgegeven door	[Redacted]	✓	28-08-2025

### Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
1.0	[Redacted]	21-05-2025	Conceptversie gedeeld met Coördinatiegroep
2.0	Zelfde als 1.0 en [Redacted] (Hoogspanningsstation en samenvatting)	05-06-2025	Conceptversie met feedback van Coördinatiegroep verwerkt
2.1	Zelfde als 2.0	06-06-2025	Conceptversie met feedback van Coördinatiegroep verwerkt – ook op het raakvlak met het hoogspanningsstation
3.0	Zelfde als 2.1 en [Redacted] (samenvatting)	18-06-2025	Feedback op versie 2.1 verwerkt
3.1	Zelfde als 3.1	24-06-2025	Kleine aanpassing in samenvatting
3.2	[Redacted]	03-07-2025	Kleine aanpassing in samenvatting
4.0	Zie Opgesteld door	27-08-2025	Feedback verwerkt van TenneT en ambtelijke groep
5.0	[Redacted]	04-05-2026	Kleine aanpassingen naar aanleiding feedback ambtelijke werkgroep

## Samenvatting

### Doel van de studie

Deze studie onderzoekt de mogelijke raakvlakken tussen twee nationale infrastructuurprojecten: de Lelylijn (de toekomstige spoorverbinding tussen Lelystad en Groningen via Emmeloord) en de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding tussen Diemen en Ens. Beide projecten hebben tracé-alternatieven die grotendeels dezelfde corridor volgen langs de A6. Voor beide projecten is bundeling van infrastructuur een logisch ontwerp-principe. Omdat beide projecten van groot nationaal én regionaal/lokaal belang zijn, is het essentieel dat ze goed op elkaar worden afgestemd. Bestuurders uit de regio hebben daarbij aangegeven dat de aanleg van de hoogspanningsverbinding de komst van de Lelylijn niet in de weg mag staan.

Het doel van dit raakvlakkenonderzoek is om inzicht te verkrijgen in waar en hoe beide projecten elkaar ruimtelijk, technisch en functioneel raken, en te bepalen of, en onder welke voorwaarden, zij zonder wederzijdse belemmeringen gerealiseerd kunnen worden.

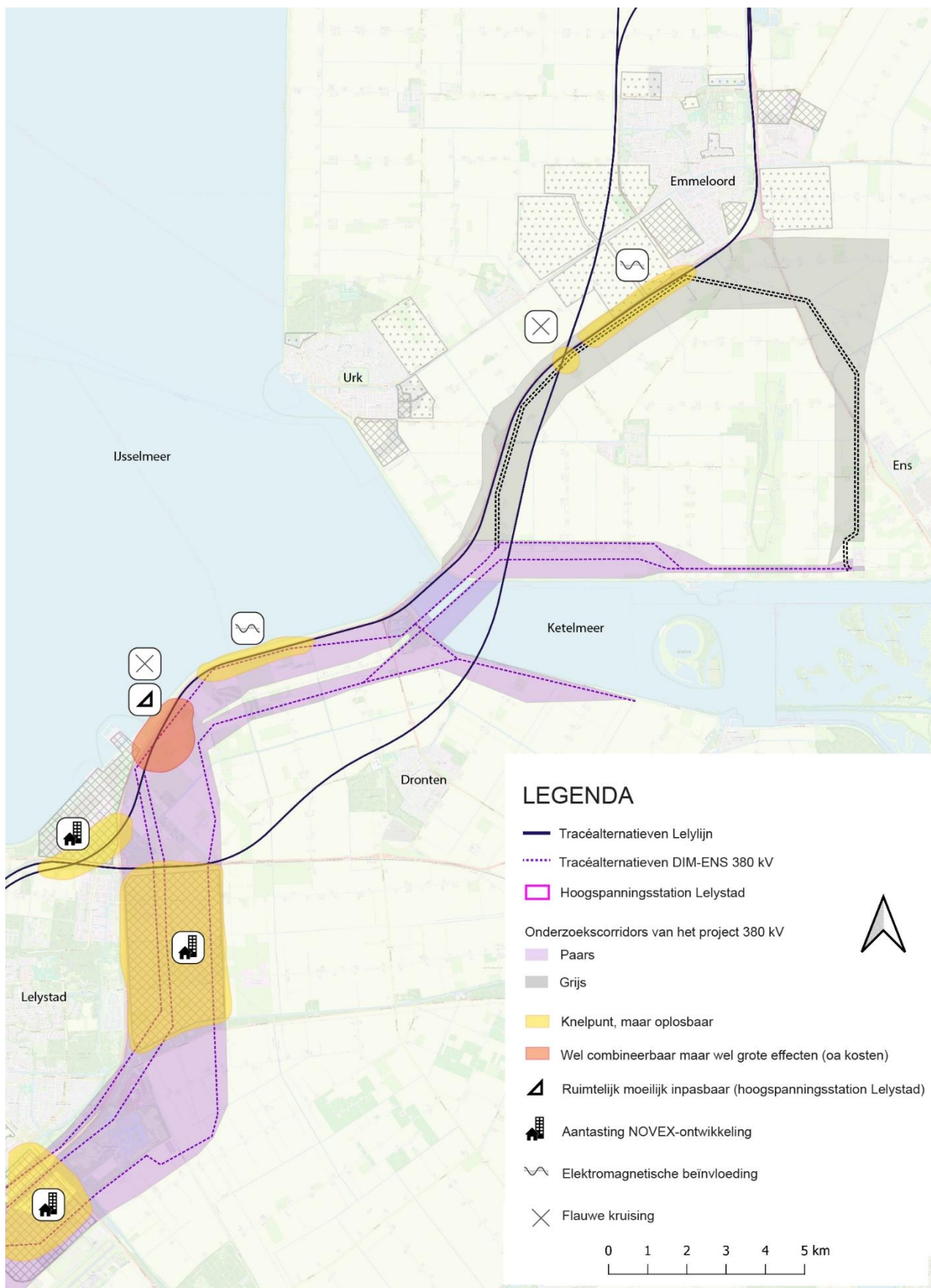
De focus ligt op de tracéalternatieven die langs de A6 lopen, omdat daar de meeste bundelingskansen en raakvlakken zijn (zie Figuur 1). De studie beschouwt de tracéalternatieven van beide projecten en analyseert de technische en ruimtelijke knelpunten. Daarbij wordt gekeken naar elektromagnetische beïnvloeding, fysieke kruisingen, de locatie van het nieuwe hoogspanningsstation bij Lelystad, bouwtechnische aandachtspunten en de invloed op gebiedsontwikkeling. De raakvlakken met de bestaande infrastructuur is geen onderdeel van dit onderzoek.

Voor elk geïdentificeerd knelpunt worden mogelijke mitigerende maatregelen voorgesteld, variërend van technische aanpassingen tot het wijzigen van tracés. Deze maatregelen zijn ook op hoofdlijnen financieel doorgerekend. Elk aandachtspunt wordt ingedeeld in één van vier categorieën: "niet combineerbaar", "combineerbaar maar met grote effecten", "knelpunt, maar oplosbaar" en "geen knelpunt".

De studie beschouwt aan de hand van zes verschillende aspecten de combineerbaarheid van de beide projecten; te weten:

- A. Elektromagnetische beïnvloeding
- B. Fysieke kruisingen
- C. Locatie nieuw hoogspanningsstation
- D. Realisatie en bouwlogistiek
- E. Gebiedsontwikkeling
- F. Kosten voor mitigerende maatregelen

Het doel is om bij de ontwerp-voorkeursbeslissing van de hoogspanningsverbinding in 2025 voldoende informatie beschikbaar te hebben om beide projecten uiteindelijk succesvol te kunnen realiseren en voorwaarden te benoemen waaronder beide projecten zonder wederzijdse belemmering gerealiseerd kunnen worden.



Figuur 1: Overzichtskaart met knelpunten tussen huidige tracéalternatieven

## Belangrijkste raakvlakken en knelpunten

### A. Elektromagnetische beïnvloeding

Wanneer spoorlijnen en hoogspanningslijnen dicht bij elkaar liggen, kunnen ze elkaar elektromagnetisch beïnvloeden. Dit kan storingen veroorzaken in treinbeveiligingssystemen of in de werking van de hoogspanningslijn. De bundeling van de Lelylijn met de variant van het 380 kV-tracé langs de A6 levert het grootste risico op vanwege de lange parallelloop op korte onderlinge afstand.

De voorschriften vanuit ProRail geven een minimale afstand van 700 meter aan. Met deze afstand is geen verder onderzoek noodzakelijk vanuit ProRail, omdat de beïnvloeding hierbij uitgesloten is. Op verschillende locaties is de afstand tussen de Lelylijn en de 380kV minder dan 100 of zelfs 50 meter. Door verschillende gangbare mitigerende maatregelen kan de minimale afstand teruggebracht worden. Een afstand van 100 meter en zelfs een afstand van 50 meter, op korte trajectdelen, is daarmee mogelijk. Maatregelen zijn zowel bij de bron (de hoogspanningsverbinding) als bij het slachtoffer (de Lelylijn) nodig.

#### Toelichting

De Lelylijn en de hoogspanningslijn kunnen elkaar beïnvloeden wanneer ze dicht bij elkaar liggen. Dit kan leiden tot storingen in treinbeveiligingssystemen of in de werking van de hoogspanningsverbinding. Vooral bij de combinatie van de Lelylijn langs de A6 (via de Ketelbrug) en het grijze tracé van de hoogspanningsverbinding is de elektromagnetische beïnvloeding het grootst, vanwege de lange parallelloop op korte onderlinge afstand tussen beide systemen. Zie Figuur 1 voor een overzicht van de locaties waar de onderlinge afstand tussen de hoogspanningsverbinding en de Lelylijn minder dan 100 of 50 meter is. De voorschriften van ProRail geven aan dat de afstand minimaal 700 meter moet zijn om beïnvloeding uit te sluiten. Wanneer de onderlinge afstand kleiner is dan 700 meter dient onderzoek uit te sluiten of er beïnvloeding is tussen het spoor en de hoogspanningsverbinding. In het geval er ontoelaatbare beïnvloeding is tussen beide verbindingen dan zijn er mitigerende maatregelen mogelijk waarmee beide lijnen wel op kortere onderlinge afstand geplaatst kunnen worden. De huidige ontwerpen leveren knelpunten op die met gangbare mitigerende maatregelen zijn op te lossen:

- Aan de kant van de hoogspanningslijn kan deze beïnvloeding worden verminderd door de stroomverdeling te optimaliseren (klokgetal optimalisatie) en door fasen te wisselen (fase-transposities).
- Aan de kant van het spoor kunnen gevoelige systemen worden vervangen door robuustere alternatieven, zoals assentellers in plaats van spoorstroomlopen. Daarbij worden assentellers al standaard toegepast op de Nederlandse spoorwegen.
- Daarnaast kunnen bij het spoor extra onderstations en capacitieve aardingen worden geplaatst. Dit zijn kostbaardere maatregelen.
- Het vergroten van de onderlinge afstand tussen beide verbindingen.
- Een laatste, maar wel ingrijpendere alternatief zou zijn om de Lelylijn met een ander tractiesysteem uit te rusten, een zogenaamde '25kV/50Hz' wisselspanningssysteem in plaats van de gebruikelijke '1500 VDC' gelijkspanningssysteem. Dit zorgt ervoor dat de onderlinge afstand tussen beide infrastructures gereduceerd kan worden tot 11 meter zonder inductieve beïnvloeding. Dit biedt beide verbindingen meer ontwerpruimte, maar vraagt ook een extra inspanning. Er zitten zowel voor- als nadelen aan dit systeem. Voordelen van het systeem zijn onder andere het toelaten van hogere snelheden, minder energieverliezen en een betere aansluiting op internationale hoge snelheidsnetwerken. Het voornaamste nadeel van het systeem is dat het grootste deel van het huidige spoornet van ProRail is uitgevoerd met 1500 Volt gelijkspanning (met uitzondering van de HSL en Betuweroute) en dat de meeste treinen van NS niet compatibel zijn met het 25 kV wisselspanningssysteem.

### B. Fysieke kruisingen

Op meerdere locaties kruisen de hoogspanningslijn en de Lelylijn elkaar. Vooral flauwe kruisingen (onder een kleine hoek) leveren risico's op zoals ijssval of draadbreek. ProRail streeft in haar richtlijn naar kruisingen met een hoek van 80 tot 100 graden als een kruising noodzakelijk is.

Voor het alternatief van de Lelylijn dat het dichtst bij de A6 ligt is te zien dat er twee kruisingen zijn met het noordelijke paarse tracéalternatief ter hoogte van de beoogde locatie van het nieuwe hoogspanningsstation.

Deze 2 kruisingen liggen vrij kort op elkaar (op Figuur 1). Voor de inpassing van het hoogspanningsstation worden de lijnen hoogstwaarschijnlijk anders getraceerd dan nu is ingetekend op deze kaart en zullen deze kruisingen niet meer plaatsvinden.

Het tracéalternatief van de 380kV die de A6 volgt, heeft een flauwe kruising met het Lelylijnalternatief dat op grotere afstand ligt van de A6.

Het grijze tracéalternatief heeft een flauwe kruising met het Lelylijnalternatief dat op grotere afstand ligt van de A6.

De geconstateerde knelpunten zijn oplosbaar. Bij het proces van nadere uitwerking van de tracés moeten de kruisingen in beeld worden gebracht en onderstaande oplossingen worden overwogen.

Oplossingen:

- Aanpassing van tracéalternatieven om kruisingen te vermijden.
- Aanpassing aan het tracéalternatief van de hoogspanningsverbinding om haakse kruisingen i.p.v. flauwe kruisingen te realiseren.
- Hogere masten of kortere veldlengtes zodat de hoogspanningsgeleiders hoger boven het spoor hangen.

### C. Nieuw beoogd hoogspanningsstation

Het geplande nieuwe hoogspanningsstation nabij Lelystad vormt een ruimtelijk knelpunt vanwege de overlap met het beoogde Lelylijntracé.

Belangrijkste bevindingen:

- In de huidige opstelling overlapt het nieuwe 380 kV-hoogspanningsstation bij Lelystad met een van de beoogde tracés van de Lelylijn.
- Er is ruimtelijk onvoldoende marge tussen de A6 en het station om beide projecten zonder afstemming in te passen.
- Door de positie van het station en de bijbehorende eindmasten te veranderen en te verplaatsen binnen het zoekgebied, ontstaat er voldoende afstand. Zonder nader onderzoek is echter niet definitief aan te geven of beide projecten op deze locatie te combineren zijn.

Er dient ook rekening te worden gehouden met de impact op het aardnet van het nieuw beoogde hoogspanningsstation.



Figuur 2: Situatietekening beoogd nieuw hoogspanningsstation

Benodigde cruciale ingrepen:

1. Lichte aanpassing van het Lelylijntacé dichter naar de A6. De aanpassing van de boogstralen kan tot gevolg hebben dat de treinen een langzamere snelheid kunnen rijden dan beoogd is. Dit vraagt nadere studie.
2. Indien bovenstaande niet volstaat, zijn zwaardere alternatieven nodig:
  - a. Uitbreiding zoekgebied hoogspanningsstation richting zuidoosten dichter naar Swifterbant toe, waarmee bundeling met de snelweg (deels) wordt losgelaten en onderzocht moet worden welke andere maatschappelijke belangen daarmee geraakt worden. Dit is beperkt tot een afstand van circa 300m i.v.m. de uitkomsten uit de nettechnische berekeningen en het handhaven van de bestaande koppeling richting de Maxima Centrale.
  - b. Grotere aanpassing aan het spoortracé. De bundeling met de snelweg wordt dan losgelaten en een meer oostelijke route wordt gevolgd. Dit vraagt nadere studie welke andere maatschappelijke belangen daarmee geraakt worden.

Zonder diepgaander onderzoek kan er geen definitief antwoord gegeven worden of de beide projecten op deze locatie te realiseren zijn.

#### D. Realisatie en bouwlogistiek

De hoogspanningslijn wordt eerder gebouwd dan de Lelylijn. De realisatie van de Lelylijn moet dus plaatsvinden nabij de dan bestaande 380 kV infrastructuur.

Aandachtspunten:

- Veilige aanleg van bovenleidingen.
- Werkzaamheden onder of nabij hoogspanningslijnen vereisen strikte veiligheidsmaatregelen.
- ProRail-protocollen en afstemming met TenneT zijn noodzakelijk.
- Aanpassing van de manier van realiseren van de Lelylijn.

De bouw is uitvoerbaar mits goed gepland.

### E. Gebiedsontwikkeling

De Lelylijn is niet alleen een spoorlijn, maar ook een aanjager van ruimtelijke ontwikkeling. Volgens het NOVEX Ontwikkelperspectief kan de lijn leiden tot de bouw van 66.000 tot 140.000 woningen en de creatie van 80.000 tot 120.000 banen. Deze ontwikkelingen zijn vooral voorzien rond toekomstige stationslocaties, zoals bij Lelystad en Emmeloord. Tegelijkertijd doorkruist de 380 kV-hoogspanningsverbinding enkele van deze gebieden, wat tot spanningen kan leiden tussen infrastructuur en ruimtelijke ambities.

In alle drie de gebieden is sprake van een zekere overlap met de ZRO-strook. De ZRO-strook is een strook rondom hoogspanningsverbindingen waar belemmeringen gelden voor ontwikkelingen en werkzaamheden. Deze belemmeringen zijn in een zakelijk rechtsovereenkomst (ZRO) met de grondeigenaar vastgelegd. In het geval van Proeftuin WUR en Airport Businesspark gaat het om meer dan 10 hectare, wat als "sterk negatief" wordt beoordeeld. Het overlappende gebied is in verhouding tot de totale gebiedsontwikkeling beperkt van omvang (maximaal 3,4% van de gebiedsontwikkeling).

In alle drie de gebieden is sprake van een zekere overlap met de ZRO-strook (Bij elke hoogspanningsverbinding is een strook aanwezig waar belemmeringen gelden voor ontwikkelingen en werkzaamheden. Deze belemmeringen zijn in een zakelijk rechtsovereenkomst (ZRO) met de grondeigenaar vastgelegd). In het geval van Proeftuin WUR en Airport Businesspark gaat het om meer dan 10 hectare, wat als "sterk negatief" wordt beoordeeld. Het overlappende gebied is beperkt van omvang (maximaal 3,4% van de gebiedsontwikkeling).

### F. Kosten van mitigerende maatregelen

Afhankelijk van de gehanteerde tracéalternatieven zijn er kosten in te schatten voor de toe te passen mitigerende maatregelen. De onderstaande tabel geeft drie scenario's weer van de toename in aanlegkosten voor beide verbindingen afhankelijk van de combinatie van tracéalternatieven en gekozen maatregelen. Voor de Lelylijn zijn vooral de toename van de lengte van spoor en het aantal onderstations van invloed op de aanlegkosten. Voor de hoogspanningsverbinding is het toename in lengte van het tracéalternatief en het toepassen van hoekmasten.

Tabel 1-1: Overzicht van extra aanlegkosten door mitigerende maatregelen om bundeling tussen tracéalternatieven van de hoogspanningsverbinding en Lelylijn mogelijk te maken.

	Nauwe bundeling Laag scenario	Nauwe bundeling Hoog scenario	Scenario met Lelylijn alternatief
Geschatte toename aanlegkosten Lelylijn (in mln €)	-1,9	+25	Geen verandering
Geschatte toename aanlegkosten 380 kV-verbinding (in mln €)	Geen verandering	+2	+6

### Eindoordeel

Bij confrontatie van de tracéalternatieven van beide projecten komen er duidelijk knelpunten naar boven en overlappen de huidige ontwerpen op verschillende vlakken of liggen de beoordeelde tracéalternatieven te dicht bij elkaar. Dit geldt het zwaarst bij de inpassing van het beoogde nieuwe hoogspanningsstation.

Voor verschillende onderdelen kunnen mitigerende maatregelen soelaas bieden. Echter, bij het nieuwe hoogspanningsstation is er een duidelijk ruimtelijk vraagstuk op basis van de beschikbare ruimte. Zonder verdiepend onderzoek kan er geen definitief antwoord gegeven worden of de beide projecten combineerbaar zijn. Het vraagt in ieder geval aanpassingen aan de tracéalternatieven van beide projecten met mogelijk impact op benodigde fysieke ruimte en aanvullende investeringen.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Elektromagnetische beïnvloeding</b>	<b>19</b>
2.1	Inleiding	19
2.2	Aanpak	19
2.2.1	Uitgangspunten	20
2.3	Mitigerende maatregelen	20
2.3.1	Maatregelen bij de bron	21
2.3.2	Maatregelen in de koppelweg	22
2.3.3	Maatregelen bij het slachtoffer	22
2.3.4	Samenvatting mitigerende maatregelen	25
2.4	Resultaten	26
2.4.1	Magneetvelden en gezondheid	26
2.4.2	RLN00398	28
2.4.3	Nieuw 380 kV hoogspanningsstation bij Lelystad	32
2.5	Conclusie	32
2.6	Literatuur	33
<b>3</b>	<b>Kruisingen</b>	<b>35</b>
3.1	Inleiding	35
3.2	Aanpak	35
3.3	Resultaten	35
3.4	Mitigerende maatregelen	37
3.5	Conclusie	37
<b>4</b>	<b>Verdieping beoogd nieuw hoogspanningsstation Lelystad</b>	<b>39</b>
4.1	Inleiding	39
4.2	Aanpak	39
4.3	Resultaten	43
4.4	Mitigerende maatregelen	48
4.5	Conclusie	50
<b>5</b>	<b>Aandachtspunten realisatie</b>	<b>51</b>
5.1	Inleiding	51
5.2	Aanpak	51
5.3	Resultaten	51
5.3.1	Werkzaamheden aan de bovenleiding	51
5.3.2	Inductieve beïnvloeding tijdens de bouw	52
5.4	Conclusie	52
<b>6</b>	<b>Raakvlakken met gebiedsontwikkeling</b>	<b>54</b>
6.1	Inleiding	54
6.2	Aanpak	54

6.2.1	Beoordelingsmethodiek	57
6.2.2	Beoordelingscriteria	58
6.3	Resultaten	60
6.3.1	NOVEX-ontwikkelingen Emmeloord	60
6.3.2	NOVEX-ontwikkelingen Lelystad	61
6.4	Mitigerende maatregelen	74
6.5	Conclusie	74
6.5.1	Resumé	75
<b>7</b>	<b>Kosten van maatregelen</b>	<b>77</b>
7.1	Inleiding	77
7.2	Aanpak	77
7.3	Resultaten	79
7.4	Conclusie	79
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>80</b>
8.1	Overzicht van knelpunten	82
8.2	Elektromagnetische beïnvloeding	83
8.3	Kruisingen	84
8.4	Verdieping beoogd nieuw hoogspanningsstation Lelystad	84
8.5	Aandachtspunten realisatie	84
8.6	Raakvlakken met gebiedsontwikkeling	84
8.7	Meerkosten van maatregelen	85
<b>Colofon</b>		<b>86</b>

# 1 Inleiding

De verkenning 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen - Ens (hierna: project 380 kV) en het MIRT onderzoek Lelylijn in samenhang met het NOVEX Ontwikkelperspectief Lelylijn (hierna: project Lelylijn) zijn zogeheten raakvlakprojecten van elkaar vanwege de mogelijke samenloop van beide projecten. Voor beide projecten zijn nog verschillende alternatieve tracés in beeld. Het project 380 kV bevindt zich in de verkenningfase die onderdeel uitmaakt van de projectprocedure. Het project Lelylijn bevindt zich in een fase eerder, in de MIRT-onderzoeksfase. (bron: Een MIRT-onderzoek is de eerste fase waarin de opgave wordt geanalyseerd en mogelijke oplossingsrichtingen worden verkend. Vervolgens gaat het project door naar de MIRT-verkenning, waarin de gekozen oplossingsrichtingen verder worden uitgewerkt en geëvalueerd. ([Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport \(MIRT\) | Ruimtelijke ordening en gebiedsontwikkeling | Rijksoverheid.nl](#)))

Het project 380 kV heeft als uitgangspunt dat het de komst van de Lelylijn niet onmogelijk mag maken. Het project Lelylijn en de hieraan gerelateerde ontwikkelingen zijn namelijk, net als het project 380 kV, projecten van nationaal belang. De tracéalternatieven van zowel de 380 kV-hoogspanningsverbinding als de Lelylijn die worden gebundeld langs de A6 staan in dit onderzoek centraal.

Voor het project 380 kV is het noodzakelijk om voldoende inzicht te hebben in de raakvlakken tussen het project 380 kV en de Lelylijn. Bij mogelijke knelpunten moet zicht zijn op oplossingen zodat beide projecten doorgang kunnen vinden. Bij de ontwerp-voorkeursbeslissing in 2025 dient deze beslisinformatie beschikbaar te zijn. Ruimtelijke ontwikkelingen zijn onlosmakelijk verbonden met de Lelylijn. Deze ruimtelijke ontwikkelingen moeten ook niet onmogelijk gemaakt worden door de komst van de 380kV en zijn daarom ook onderdeel van dit raakvlakken onderzoek.

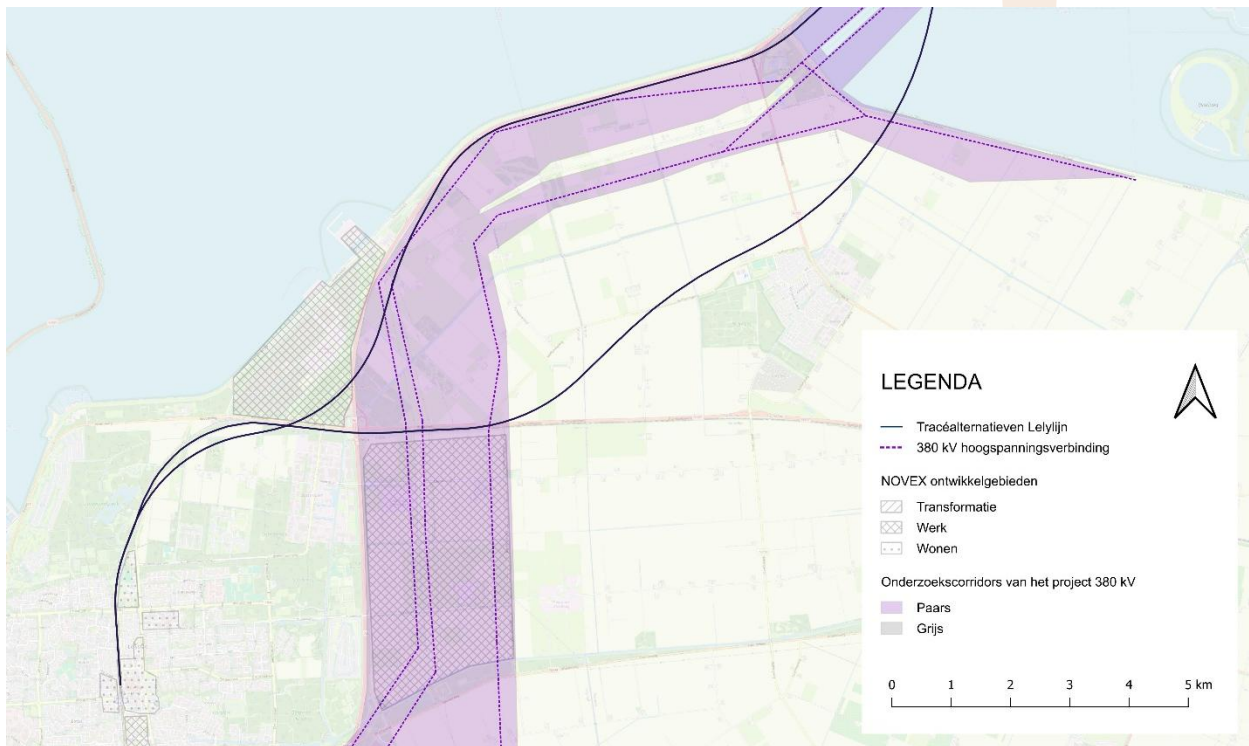
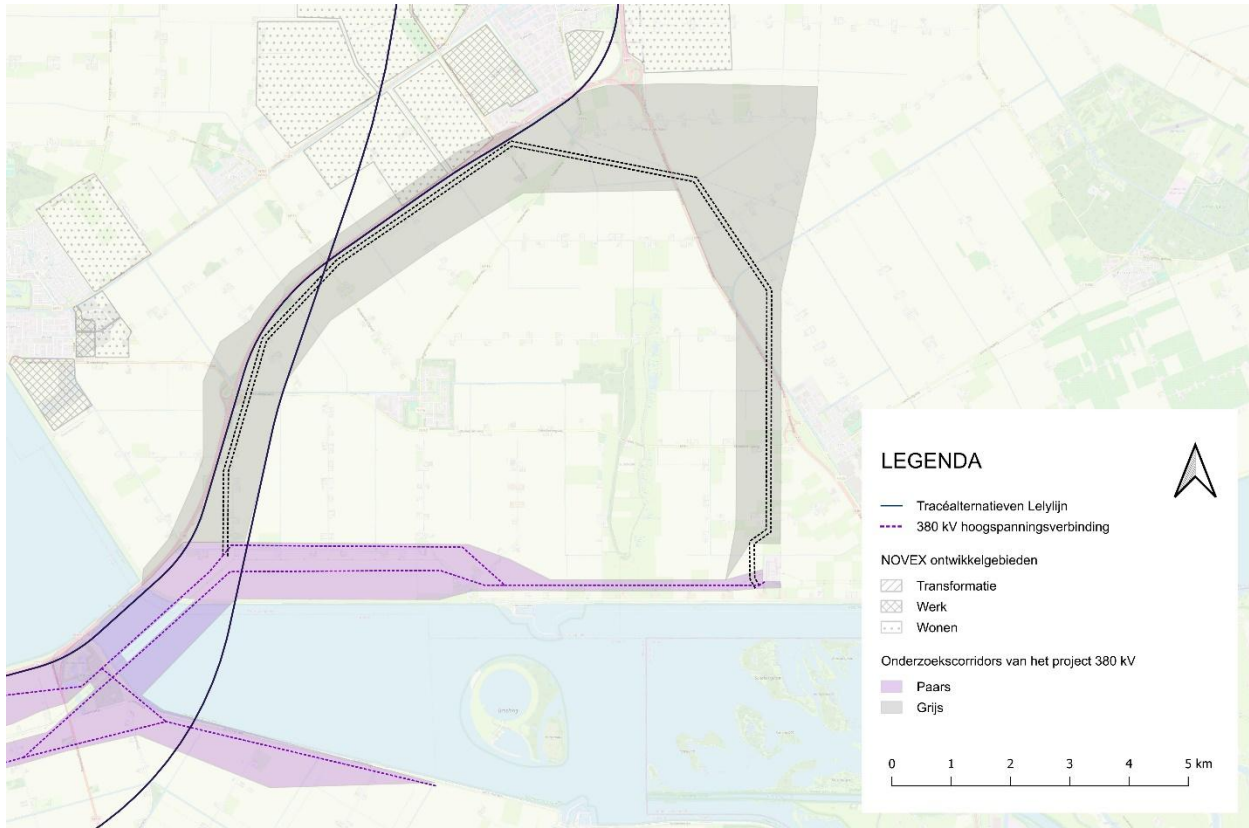
Deze raakvlakkenstudie is een aanvulling op de door Movares opgestelde 'QuickScan: Kansen en bedreigingen voor Lelylijn en nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbindingen' uit oktober 2023.

De tracéalternatieven van zowel de Lelylijn als de 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Diemen en Ens zijn naast elkaar gelegd en onderzocht op raakvlakken en aandachtspunten. Hierbij wordt zowel gekeken naar de elektromagnetische beïnvloeding tussen beide systemen en de fysieke ruimtelijke aandachtspunten. Wanneer blijkt dat de bundeling door een aandachtspunt niet technisch haalbaar of wenselijk is dan worden er mitigerende maatregelen genoemd. Ook de raakvlakken en de mogelijkheden en onmogelijkheden die ontstaan bij de ruimtelijke ontwikkelingen in relatie tot de 380 kV zijn onderzocht.

## Tracéalternatieven

Het tracéalternatief van de Lelylijn komt voort uit het MIRT-onderzoek. Het doel van het MIRT-onderzoek van de Lelylijn was om de reikwijdte van de oplossingen helder te krijgen: welke oplossingen zijn er voor het sneller verbinden van Noordelijk Nederland met de Randstad en het verbeteren van de regionale bereikbaarheid? Verschillende alternatieven zijn onderzocht zodat een goed beeld ontstaat van wat een Lelylijn kan opleveren, qua vervoerwaarde, qua bijdrage aan brede welvaart, en hoeveel zou een Lelylijn gaan kosten. Er zijn in deze fase drie basisalternatieven op hoofdlijnen uitgewerkt, waaronder het Bundelingsalternatief langs de A6/A7/A32.

Het doel van de 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen – Ens is het vergroten van de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk van Nederland. Dit omdat onder andere vanuit Eemshaven steeds meer (duurzame) elektriciteit Nederland binnenkomt. In de verkenning 380 kV-hoogspanningsverbinding Diemen - Ens zijn er aan de hand van werksessies en verdiepende gesprekken met de omgevingspartijen 6 tracéalternatieven naar voren gekomen. Tracéalternatieven **paars** en **grijs** liggen (gedeeltelijk) gebundeld met de A6. Deze alternatieven worden daarom nader onderzocht in deze raakvlakkenstudie.



Figuur 3: Overzicht van alternatieven van zowel de Lelylijn als project 380 kV. Boven Noordoostpolder, onder Flevopolder

In de raakvlakkenstudie is uitgegaan van de tracéalternatieven uit mei 2025. Dezelfde alternatieven die zijn getoetst in het MER. Voor beide lijnen is vooral gekeken naar de alternatieven die veel samenloop hebben. In het geval van de Lelylijn gaat het om het tracéalternatief langs de A6 en voor de hoogspanningsverbinding betreft het de tracéalternatieven **paars** en **grijs**. De tracéalternatieven zijn afkomstig uit de volgende onderzoeken:

- Hoogspanningsverbinding: 002.902.20 1299351
- Lelylijn: Onderzoek Lelylijn-alternatieven (vastgesteld in Stuurgroep Lelylijn, d.d. 13/09/2024)

De studie onderzoekt geen aandachtspunten van de Lelylijn met bestaande hoogspanningsverbindingen.

### Tracéalternatieven 380 kV-verbinding Diemen – Ens

In de verkenning zijn verschillende onderzoeksalternatieven voor het nieuwe hoogspanningstracé onderzocht. Deze onderzoeksalternatieven zijn globale alternatieve routes tussen de hoogspanningsstations Diemen en Lelystad (deelgebied zuid) en tussen Lelystad en Ens (deelgebied noord). De onderzoeksalternatieven bestaan uit een **corridor** en een **referentielijn**. Corridors geven de fysieke ruimte in het zoekgebied aan waarbinnen we onderzoeken wat mogelijk is voor een tracé van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding. Referentielijnen zijn representatieve routes voor de nieuwe hoogspanningsverbinding binnen de corridor, maar ze vormen nog niet per definitie de definitieve route. De referentielijnen dienen als uitgangspunt voor het onderzoeken van de effecten (bijvoorbeeld in deze raakvlakkenstudie).

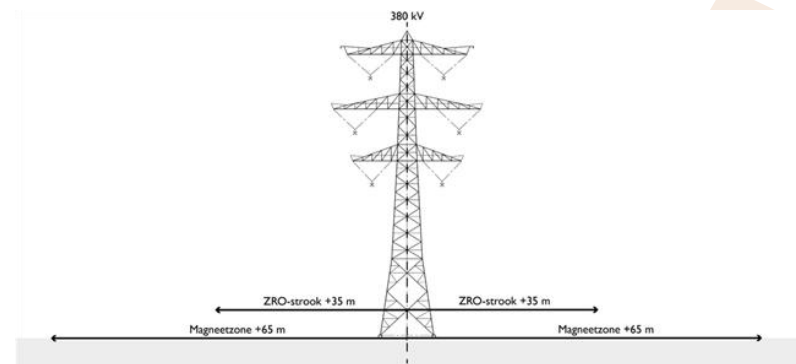
De referentielijnen zijn opgebouwd uit deeltracés die aangeduid worden met kleur en nummer, bijvoorbeeld GS2 voor het tweede grijze deeltracé. Een referentielijn bestaat uit een complete route van hoogspanningsstation tot hoogspanningsstation, via verschillende deeltracés. De naam van een referentielijn is opgebouwd uit drie onderdelen:

- het deelgebied: dit kan deelgebied zuid zijn (tussen hoogspanningsstation Diemen en hoogspanningsstation Lelystad) of deelgebied noord (tussen hoogspanningsstation Lelystad en hoogspanningsstation Ens);
- de kleur van het onderzoeksalternatief: één van de zes kleuren; blauw, paars, groen, geel, of oranje of grijs;
- nummering van varianten: soms onderzoeken we meerdere varianten van dezelfde basisroute, bijvoorbeeld omdat er twee referentielijnen binnen een corridor liggen. Daarnaast maken we onderscheid in stationslocaties en varianten op deeltracé-niveau. Hiervoor gebruiken we in de naam een toevoeging met nummer (-1, -2) of letter (a/b/c).

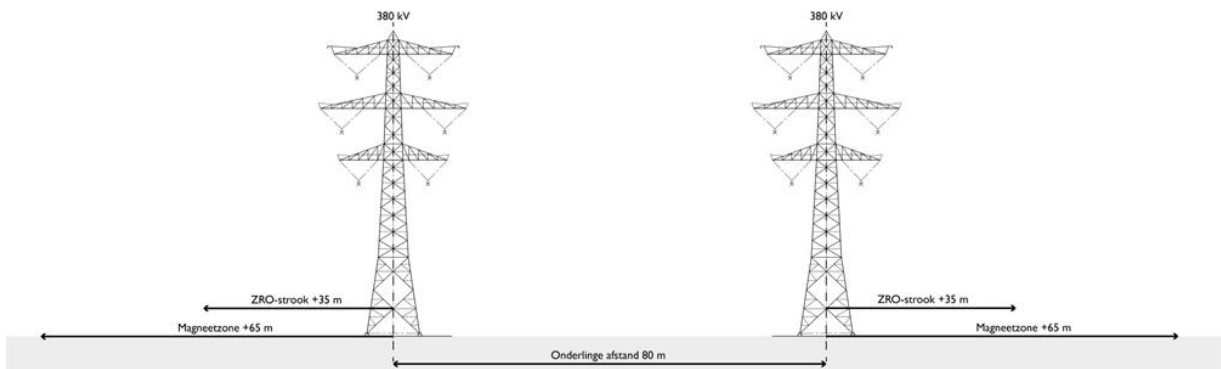
Figuur 6 toont de losse onderzochte deeltracés op de kaart voor het deelgebied tussen Lelystad en Emmeloord.

#### Varianten voor onderzoeksalternatief grijs

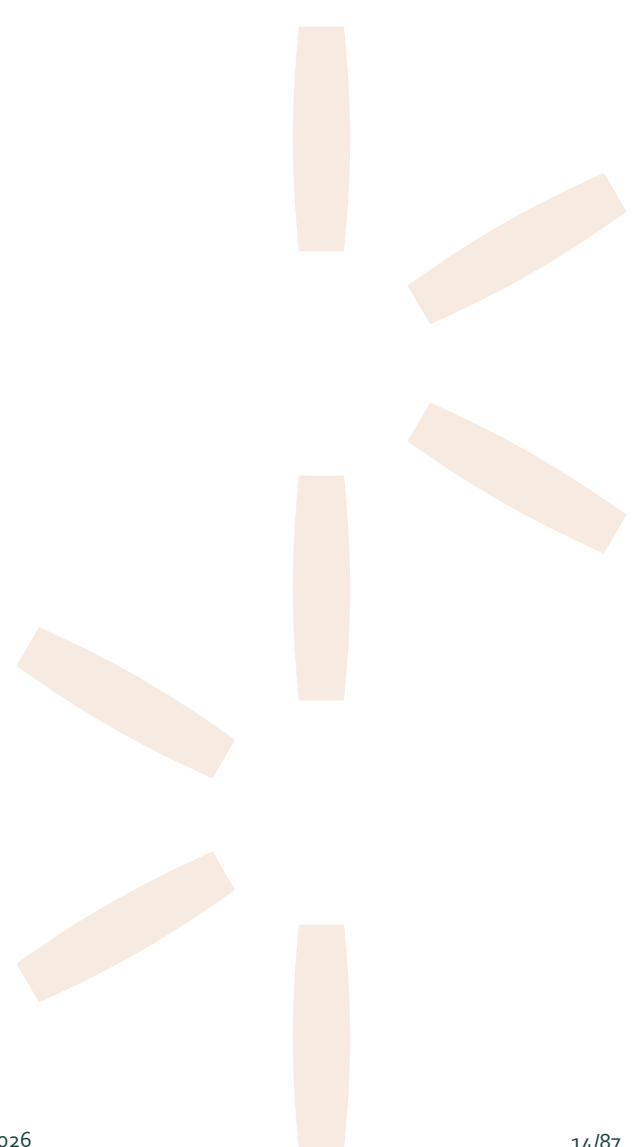
Voor de referentielijn voor onderzoeksalternatief Grijs is voor deeltracé GS2 niet alleen gekeken naar het inpassen van één verbinding (op de referentielijn, zie figuur 4), maar ook naar het inpassen van twee verbindingen (aan weerszijden van de referentielijn, zie figuur 5). Bij het inpassen van twee verbindingen moet rekening worden gehouden met voldoende afstand tussen beide verbindingen (de 'valafstand' van ca. 80 meter). Beide varianten gebruiken dezelfde referentielijn en zijn integraal in het plan-MER en de IEA onderzocht.



*Figuur 4 Ruimtebeslag één 380 kV-verbinding*



*Figuur 5 Ruimtebeslag twee 380 kV-verbindingen*





Figuur 6 Overzicht tracés van de nieuwe hoogspanningsverbinding en de alternatieven van de Lelylijn met de A6/A7

### Locatiealternatieven hoogspanningsstations

Voor de verkenning worden locaties gezocht voor twee hoogspanningsstation: eentje in de omgeving van Lelystad en eentje in de regio Almere-Zeewolde. Omdat de Lelylijn niet verder dan Lelystad loopt is alleen het hoogspanningsstation in de omgeving van Lelystad van belang voor deze studie. We hebben verschillende stationslocaties voor station Lelystad onderzocht. Voor de nieuwbouwopties was het uitgangspunt voor elke locatie een **zoekgebied** met daarin een **referentievlak** van vijftien hectare. Het referentievlak gebruiken we als uitgangspunt voor de effectbeschrijving en -beoordeling. Het referentievlak voor een nieuw hoogspanningsstation ligt nog niet vast en heeft schuifruimte binnen het zoekgebied. De uitkomsten van de effectenstudies kunnen aanleiding zijn om in de volgende fase binnen het zoekgebied een andere locatie voor het hoogspanningsstation te onderzoeken.

#### Deelnetten om drukte op het hoogspanningsnet op te lossen

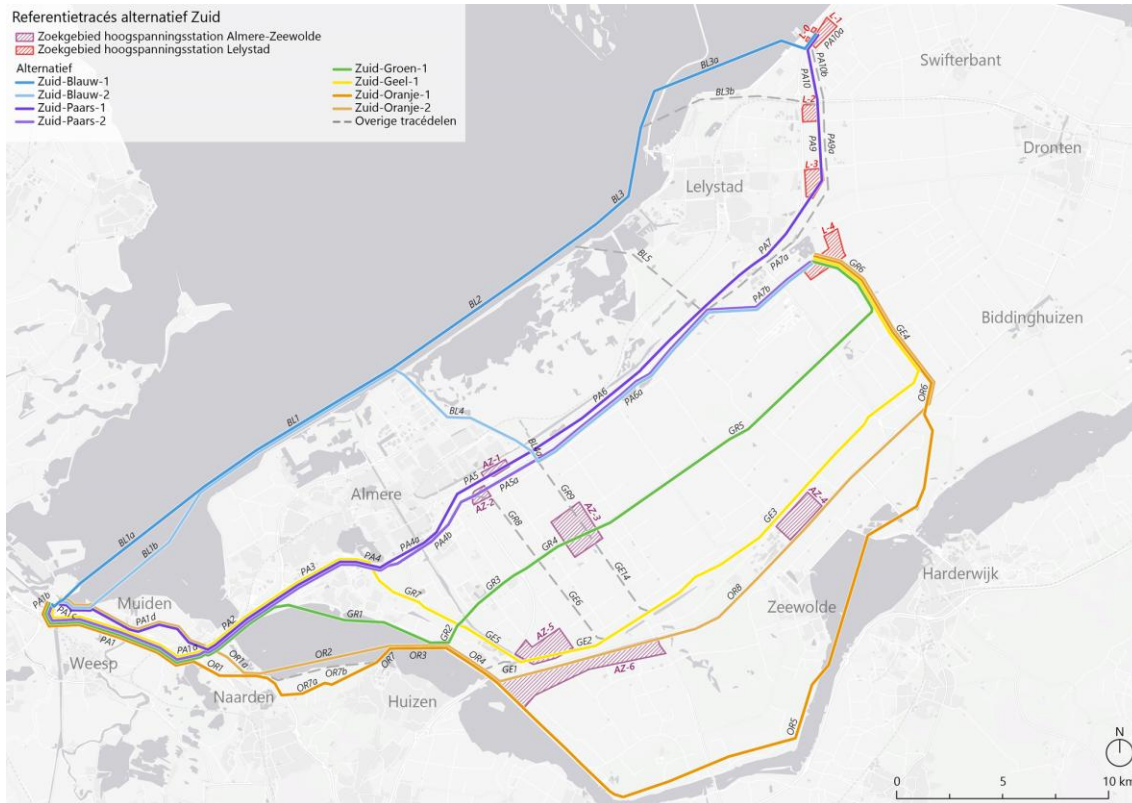
Het hoogspanningsnet in Nederland bestaat uit een aantal regionale hoogspanningsnetwerken (110 kV- (Noordoostpolder) en 150 kV- (Flevopolder) verbindingen). Deze netten zijn door een soort 'elektriciteitsnelwegen' met elkaar verbonden; het landelijke hoogspanningsnet met de zogenaamde 380 kV- en 220 kV-verbindingen. De nieuwe 380 kV-verbinding tussen Diemen, Lelystad en Ens is één van die 'elektriciteitsnelwegen'.

Door de toenemende lokale vraag naar en aanbod van elektriciteit ontstaan capaciteitsknelpunten op de op- en afritten van deze elektriciteitsnelwegen: de hoogspanningsstations, waar het regionale hoogspanningsnet aansluit op het landelijke hoogspanningsnet (het 380 kV-net). Momenteel is het hele regionale hoogspanningsnet in de Flevopolder via één voedingspunt, het 380 kV-station bij Lelystad, gekoppeld aan het landelijke 380 kV-transportnet. Eén van de projectdoelstellingen is om met deze nieuwe 380 kV-verbinding de beoogde capaciteitsuitbreiding van het onderliggende hoogspanningsnetwerk te faciliteren. Dit kan door dit 150 kV-net op te knippen in deelnetten, die elk hun eigen voedingspunt, aansluiting op- en afrit, op het landelijk transportnet krijgen.

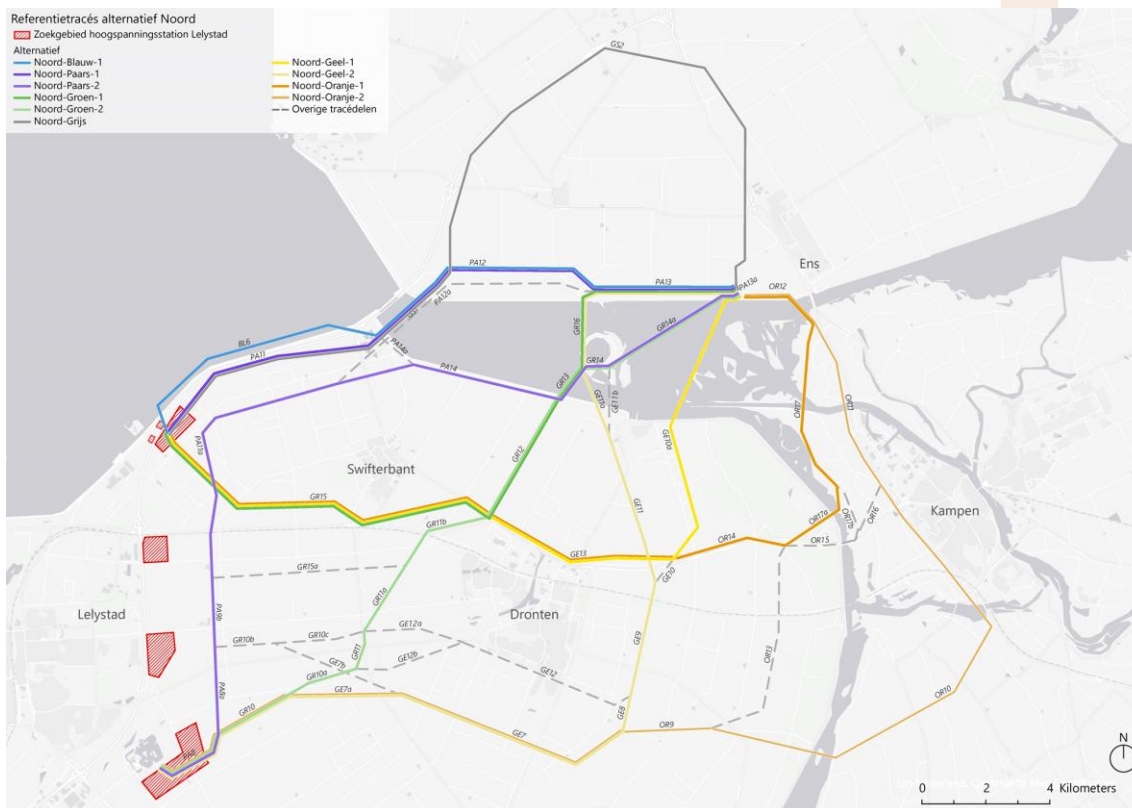
#### *Hoeveel deelnetten zijn er nodig?*

Het oorspronkelijke plan was om het regionale hoogspanningsnet in de Flevopolder op te knippen in twee deelnetten: een deelnet rondom Lelystad, die via het huidige station Lelystad op het landelijke transportnet is aangesloten, en een deelnet rondom Almere-Zeewolde, die via een nieuw hoogspanningsstation op het landelijke transportnet wordt aangesloten. In de loop van de verkenning zijn nieuwe inzichten opgedaan, door de sterke toename in capaciteitsvraag op het elektriciteitsnet. Het blijkt dat het noodzakelijk is om het 150 kV hoogspanningsnet in de Flevopolder op te delen in drie deelnetten. Dit kan door op het nieuwe hoogspanningsstation in Lelystad twee deelnetten aan te sluiten. Dit betekent wel dat het nieuwe hoogspanningsstation in Lelystad ruim twee keer zo groot wordt dan oorspronkelijk voorzien (oorspronkelijk ca. 15 ha), omdat dit station bestaat uit 2 voedingspunten.

Figuren 7 en 8 (op de volgende pagina's) tonen de volledige onderzochte tracés (de samengestelde referentielijnen) en de onderzochte stationslocaties op de kaart voor deelgebied zuid en deelgebied noord. Figuren 7 en 8 laten de tracés schematisch zien, zoals bijvoorbeeld in een metrokaart. De exacte ligging van de lijnen heeft in deze figuur geen betekenis.



Figuur 7 Overzichtskaart tracés en stations deelgebied zuid



Figuur 8 Overzichtskaart tracés en stations deelgebied Noord

### Onderzoeksaspecten

De raakvlakken tussen beide verbindingen worden op de volgende thema's getoetst:

- Elektromagnetische beïnvloeding tussen beide verbindingen.
- Kruisingen tussen beide infrastructuren
- Raakvlak beoogd nieuw hoogspanningsstation
- Aandachtspunten bij realisatie (bouw)
- Raakvlakken met gebiedsontwikkeling

Voor alle aandachtspunten zijn mitigerende maatregelen voorgesteld die uiteenlopen van kleinere technische maatregelen tot voorstellen van aanpassingen aan de tracéalternatieven. Deze mitigerende maatregelen zijn gekwantificeerd in kostenkengetallen die vervolgens in verschillende combinaties van maatregelen zijn doorgerekend.

Elk gevonden knelpunt wordt vervolgens gecategoriseerd volgens 4 categorieën die zijn aangegeven in de volgende tabel. In de conclusie van elk subonderzoek keert deze tabel terug en wordt het knelpunt toegelicht en waar nodig een mitigerende maatregel voorgesteld.

Tabel 1-1: Voorbeeldconclusietabel met knelpuntcategorieën

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
[Knelpunt 1]	Niet combineerbaar		
[Knelpunt 2]	wel combineerbaar maar wel grote effecten (oa kosten)		
[Knelpunt 3]	knelpunt maar oplosbaar		
[Knelpunt 4]	geen knelpunt.		Niet van toepassing

### Leeswijzer

Dit raakvlakkenonderzoek is opgedeeld in de volgende 7 hoofdstukken:

2. Elektromagnetische compatibiliteit: Hier is de elektromagnetische beïnvloeding toegelicht.
3. Kruisingen: In dit hoofdstuk worden de verschillende kruisingen beschreven tussen de 380 kV-tracéalternatieven en de Lelylijn.
4. Raakvlak beoogd nieuw hoogspanningsstation Lelystad: Hier staat de impact van het beoogde nieuwe hoogspanningsstation op de Lelylijn.
5. Aandachtspunten realisatie (bouw): Dit hoofdstuk geeft aan wat de aandachtspunten zijn bij realisatie van de Lelylijn in nabijheid van de hoogspanningsverbinding.
6. Raakvlakken met gebiedsontwikkeling:
7. Kosten van maatregelen: Hierin wordt beschreven wat de invloed van de bundeling is op de kosten van de 380 kV verbinding en de Lelylijn
8. Conclusie: De conclusies van de technische haalbaarheid van de bundeling zijn in dit hoofdstuk gepresenteerd

Per hoofdstuk wordt toegelicht hoe het raakvlakkenonderzoek op dat aspect is uitgevoerd.

## 2 Elektromagnetische beïnvloeding

### 2.1 Inleiding

Bij de tracering van de Lelylijn is het uitgangspunt om zoveel als mogelijk te bundelen met andere bestaande en nieuwe infrastructuur. Hierbij valt te denken aan het bundelen met wegen en met hoogspannings-verbindingen, om de doorsnijding van het landschap zoveel als mogelijk op 1 plek te laten plaatsvinden, en niet op meerdere plaatsen doorsnijdingen van het landschap te creëren. Ook voor de 380 kV hoogspanningsverbinding is bundelen één van de hoofdprincipes voortkomend uit het Programma Energiehoofdstructuur (PEH).

Bij de bundeling van de Lelylijn met hoogspanningsverbindingen gaat het met name om de (gedeeltelijke) bundeling met de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding Diemen – Lelystad – Ens en de (gedeeltelijke) bundeling met nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens.

Dit document behandelt verder de (gedeeltelijke) bundeling van de Lelylijn met nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding Diemen – Lelystad – Ens.

Voor de bundeling van de Lelylijn met nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens is een aparte rapportage opgesteld [berekeningen VVL-ENS].

Wanneer elektrische systemen in elkaars nabijheid komen, kunnen deze elektrische systemen een elektromagnetische (EM) invloed op elkaar uitoefenen. De mate van elektromagnetische invloed die een elektrisch systeem op een ander elektrisch systeem uitoefent (emissie) dient binnen de grenzen van het toelaatbare te blijven, dat wil zeggen het mag de werking van het andere elektrische systeem niet verstoren. Tevens dient het elektrische systeem zelf een bepaalde bestendigheid te hebben (immunititeit) tegen verstoring door elektromagnetische velden van andere elektrische systemen.

De elektrische systemen dienen onderling elektromagnetisch compatibel (EMC) te zijn. EMC is daarmee een toestand: "Elektromagnetische Compatibiliteit is het vermogen van een (elektrotechnisch) systeem om in zijn elektromagnetisch milieu correct te functioneren, zonder zelf ontoelaatbare verstoringen aan dat milieu toe te voegen." *{Vrij citaat naar IEC (=International Electrotechnical Committee)}*.

Bij het bundelen van spoorlijnen met een 1500 Vdc tractie-energievoorziening en hoogspanningsverbindingen wordt het aspect elektromagnetische compatibiliteit (EMC) erg belangrijk. De bundeling mag er niet toe leiden dat de elektrotechnische systemen elkaar ontoelaatbaar elektromagnetisch (EM) beïnvloeden, en/of dat er onacceptabele of onevenredig hoge kosten aan mitigerende maatregelen nodig zijn om een geconstateerde ontoelaatbare EM-beïnvloeding te reduceren tot toelaatbare waarden.

### 2.2 Aanpak

Vanuit het zichtpunt van elektromagnetische invloed geeft de combinatie van de Lelylijn variant bundeling A6 langs de Ketelbrug en het DIM-LLS-ENS onderzoeksalternatief grijs de meeste elektromagnetische beïnvloeding op de Lelylijn. Dit vanwege de lange parallelloop tussen de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding DIM-LLS-ENS en de Lelylijn. Bij onderzoeksalternatief grijs wordt mogelijk de huidige 380 kV hoogspanningslijn LLS-ENS (2 circuits) deels verplaatst. Hierdoor zal mogelijk de verplaatste 380 kV hoogspanningslijn LLS-ENS ook meer bijdragen aan de elektromagnetische beïnvloeding op de Lelylijn omdat door de verplaatsing meer parallelloop met de Lelylijn ontstaat.

Het onderzoeksalternatief paars van DIM-LLS-ENS heeft minder parallelloop omdat bij dit onderzoeksalternatief de 380 kV hoogspanningslijn ten noorden van het Ketelmeer naar het oosten afbuigt, en geen parallelloop met de Lelylijn meer heeft.

De variant van de Lelylijn met de meer oostelijk gelegen kruising van het Ketelmeer heeft minder parallelloop, op grotere afstand met de 380 kV hoogspanningslijn.

In dit hoofdstuk wordt uitgegaan van de worst case varianten voor de Lelylijn en de onderzoeksalternatieven voor de 380 kV hoogspanningslijn DIM-LLS-ENS, dat wil zeggen: variant Lelylijn bundeling A6 langs de Ketelbrug en DIM-LLS-ENS onderzoeksalternatief grijs met twee mastrijen (nieuwe en bestaande 380 kV hoogspanningslijn).

Als dit elektromagnetisch compatibel gemaakt kan worden, dan kunnen andere, minder worst-case varianten/onderzoeksalternatieven, ook elektromagnetisch compatibel gemaakt worden.

### 2.2.1 Uitgangspunten

Bij het onderzoek naar of een bundeling van de Lelylijn en de nieuwe 380 kV Diemen – Lelystad – Ens mogelijk is, worden uitgangspunten gebruikt. Deze uitgangspunten zijn hieronder weergegeven.

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd voor de Lelylijn:

- Het betreft een 2-sporig baanvak, m.u.v. enkele lokale (stations)emplacementen;
- De tractie energievoorziening is 1500 Vdc;
- De gemiddelde onderstation afstand is 6 kilometer, er worden geen gekoppelde snelschakelaars toegepast;
- De treindetectie zal door middel van assentellers plaatsvinden;
- Ter plaatse van de aansluiting op het bestaande spoor kunnen nog DB-GRS en/of EB-GRS spoorstroomlopen aanwezig zijn;
- De trein beïnvloeding zal door middel van ERTMS plaatsvinden;
- Modelleren en beoordeling conform [RLN00398] v003;
- Bundeling met de 380 kV hoogspanningsverbinding met een onderlinge afstand van 100 meter, en bij reizigersstationslocaties met een onderlinge afstand van 50 meter over 1,5 kilometer.

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd voor de 380 kV hoogspanningslijn:

- Mastbeeld is Moldau mast S+0;
- Veldlengte 400 meter;
- Maximale doorhang 14,0 meter;
- 2 circuits 380 kV;
- Maximale spanning 420 kV;
- Ontwerpstroom 4000 A voor een circuit;
- Kortsluitstroom op hoogspanningsstations niveau is 50 kA (1-fase kortsluiting) en 63 kA (3-fasen kortsluiting);  
N.B. Een toename van de 3-fasen kortsluitstroom, op hoogspanningsstations niveau, van 63 kA naar 80 kA heeft geen invloed op de mate van elektromagnetische beïnvloeding omdat de 1-fase kortsluitstroom dominant is ten opzichte van de 3-fasen kortsluitstroom in de mate van elektromagnetische beïnvloeding. De waarde van 50 kA is de maximale kortsluitstroom die door 1 fase van de hoogspanningsverbinding mag lopen;
- Uitschakeltijd van een kortsluiting is maximaal 100 ms (uitgaande dat de 1<sup>e</sup> trap niet faalt);
- Klokgetal optimalisatie toegepast;
- Fase transposities ten minste op 1/3<sup>e</sup> en 2/3<sup>e</sup> van de lengte van de verbinding;
- Geen combinatie van 380 kV met 110 kV of 150 kV in dezelfde hoogspanningsmast, er worden geen combi-lijnen toegepast. Eventuele 110 kV of 150 kV hoogspanningsverbindingen die plaats moeten maken zullen worden verkabeld.
- Te hanteren homopolaire stroom bij het vaststellen van de inductieve beïnvloeding op het 1500 Vdc spoor is 0% en 5%.

### 2.3 Mitigerende maatregelen

Bij de beschrijving van mitigerende maatregelen is het van belang om onderscheid te maken in de verschillende locaties waar een EM-beïnvloeding ontstaat: bij de hoogspanningsverbinding (de bron), de koppelweg en de systemen die mogelijk beïnvloed kunnen worden (het slachtoffer). De mitigerende maatregelen, om een ontoelaatbare EM-beïnvloeding te voorkomen, kunnen dus getroffen worden op de 3 verschillende locaties:

1. Maatregelen bij de bron;
2. Maatregelen in de koppelweg;
3. Maatregelen bij het slachtoffer.

Hierbij geldt de voorkeur om de mitigerende maatregelen eerst te nemen bij de bron (reduceren EM emissie), daarna in de koppelweg en vervolgens bij het slachtoffer (verhogen EM immuniteit).

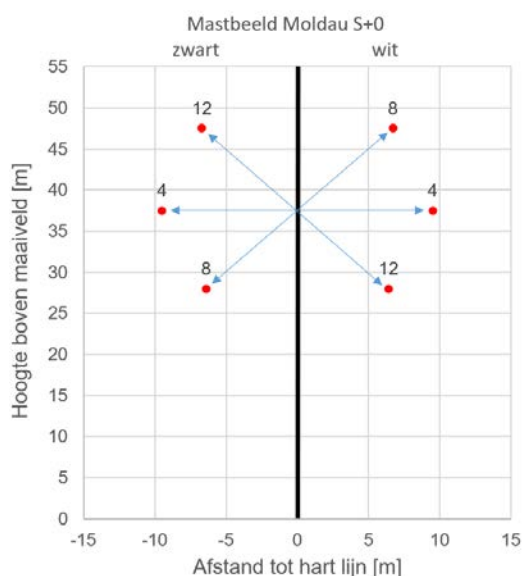
### 2.3.1 Maatregelen bij de bron

De bron is hier de hoogspanningsverbinding die een emissie van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden naar de omgeving veroorzaakt. Maatregelen zijn erop gericht om de emissie van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden van de bron naar de omgeving zo veel als mogelijk te beperken. Het 50 Hz magnetisch veld is de bron van de inductieve beïnvloeding. De inductieve beïnvloeding speelt de grootste rol in het al dan niet bereiken van EMC. Daarom dient de emissie van met name het 50 Hz magnetisch veld naar de omgeving zo laag als mogelijk gehouden te worden.

#### 2.3.1.1 Klokgetal optimalisatie

Door het optimaliseren van de klokgetallen in de beide circuits van de hoogspanningsverbinding, zullen, bij het in bedrijf zijn van de beide circuits van de hoogspanningsverbinding, de magnetische velden van de beide circuits elkaar zoveel als mogelijk opheffen (elkaar uitdoven). Dit resulteert in een lagere emissie van het magnetisch veld naar de omgeving. Hierdoor zal de inductieve beïnvloeding van de omgeving beperkt worden waardoor EMC sneller wordt bereikt.

Voor een Moldau mastbeeld is de optimale klokgetal combinatie zodanig dat de klokgetallen van beide circuits gespiegeld zijn ten opzichte van het centrum van de mast zoals is weergegeven in Figuur 2.3.1.1.



Figuur 2.3.1.1: Klokgetal optimalisatie Moldau mastbeeld.

Indien één van de beide circuits uit bedrijf is voor onderhoud, en het resterende circuit alleen nog stroom voert, vervalt het effect van klokgetal optimalisatie omdat er geen uitdovend effect van het ene circuit op het andere circuit meer kan optreden. Dit betekent daarmee dat de onderhoudssituatie bepalend is voor de mate van elektromagnetische beïnvloeding.

#### 2.3.1.2 Fase transposities

Door het toepassen van fase transposities in de circuits van de hoogspanningsverbinding tussen twee hoogspanningsstations op ten minste  $\frac{1}{3}$ <sup>e</sup> en  $\frac{2}{3}$ <sup>e</sup> deel van de lengte van de hoogspanningsverbinding wordt de hoogspanningsverbinding meer symmetrisch gemaakt. Hierdoor zal het aandeel van de stroom dat door aarde loopt beperkt worden, de stromen in elk van de drie fasen zullen in amplitude meer gelijk aan elkaar worden, en de onderlinge fasehoeken zullen de  $120^\circ$  meer benaderen. Hierdoor zal de emissie van het 50 Hz magnetisch veld naar de omgeving gereduceerd worden.

Bij het toepassen van de fase transposities dient bij het roteren van de klokgetallen de klokgetal optimalisatie (zie paragraaf 2.3.1.1) in stand gehouden te worden.

#### 2.3.1.3 Homopolaire stroom laag houden

Een belangrijke factor in de inductieve beïnvloeding op spoorlijnen is de homopolaire stroom. De RLNo0398 eist dat er gerekend wordt met een vast percentage voor de homopolaire stroom. Dit is 0%, 5% en 10% van de nominale stroom. Er hoeft alleen met 10% homopolaire stroom gerekend te worden voor niet getransponeerde combi-lijnen. Voor alle andere soorten hoogspannings-verbindingen hoeft alleen met 0% en 5% homopolaire stroom gerekend te worden. Door het niet toepassen van combi-lijnen, hoeft er conform de RLNo0398 niet gerekend te worden met 10% homopolaire stroom. Hierdoor zal de berekende inductieve beïnvloeding op de spoorlijn duidelijk lager uitvallen.

Bij het traceren van de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn dient deze niet gecombineerd te worden met eventueel aanwezige bestaande 110 kV of 150 kV hoogspanningslijnen. Bestaande 110 kV of 150 kV hoogspanningslijnen die geamoveerd dienen te worden omdat deze voor het tracé van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de weg staan, dienen verkabeld te worden. Bij het wel toepassen van combi-lijnen zal de inductieve beïnvloeding op de Lelylijn groter worden, en zullen er meer mitigerende maatregelen nodig zijn.

#### 2.3.2 Maatregelen in de koppelweg

Door maatregelen in de koppelweg te nemen, wordt de koppeling tussen de bron en het slachtoffer minder sterk. De overdracht van de bron naar het slachtoffer neemt dan af waardoor de EM-beïnvloeding op het slachtoffer afneemt. Omdat het 50 Hz magnetisch veld, de bron van de inductieve beïnvloeding, slecht te dempen is, is de enige geschikte maatregel in de koppelweg het vergroten van de onderlinge afstand tussen de bron en het slachtoffer, dus tussen de hoogspanningsverbinding en de spoorlijn. Echter met het vergroten van de onderlinge afstand wordt het streven naar bundeling minder.

Uit de uitgevoerde EMC studie voor de parallelloop tussen de Lelylijn en de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn Vierverlaten – Ens [berekening VVL-ENS] volgt dat het mogelijk is om de Lelylijn met een 1500 Vdc tractie-energievoorzieningssysteem, en de 380 kV hoogspanningslijn met Moldau mastbeeld te bundelen op een onderlinge afstand van 100 meter, met bij reizigersstations locaties op een onderlinge afstand van 50 meter over een lengte van 1500 meter.

#### 2.3.3 Maatregelen bij het slachtoffer

Het slachtoffer is hier de spoorlijn die wordt blootgesteld aan de emissie van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden door de hoogspanningsverbinding (de bron). Maatregelen bij het slachtoffer zijn erop gericht om de immuniteit van het slachtoffer te vergroten, zodat het slachtoffer (de spoorlijn) beter bestand is tegen de optredende elektrische, magnetische en elektromagnetische velden.

##### 2.3.3.1 Toepassen van een voor EM-beïnvloeding ongevoelig tractie energievoorzieningssysteem, 1500 Vdc versus 25 kV / 50 Hz

De wens van de aanleg van de nieuwe Lelylijn spoorlijn en de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn Diemen – Lelystad – Ens is het bundelen met bestaande infrastructuur en de onderlinge bundeling.

In Nederland wordt voor de elektrische tractie-energievoorziening (TEV) van treinen voor het grootste deel gebruik gemaakt van een bovenleidingspanning van 1500 Vdc (gelijkspanning). Op de HSL-Zuid en de Betuweroute goederenspoorlijn (inclusief Havenspoorlijn) wordt gebruik gemaakt van 25 kV / 50 Hz (wisselspanning). Het 25 kV / 50 Hz wisselspanningssysteem is een geaard systeem, terwijl het 1500 Vdc gelijkspanningssysteem een zwevend systeem is.

Bij de bundeling van de hoogspanningsverbinding met de spoorverbinding over grote afstanden is de onderlinge elektromagnetische beïnvloeding een belangrijk aspect. De hoogspanningsverbinding en de spoorverbinding moeten elektromagnetisch compatibel (EMC) met elkaar zijn.

ProRail heeft de richtlijn RLN00398 opgesteld om ervoor zorg te dragen dat er geen ontoelaatbare elektromagnetische (EM) beïnvloeding op het spoorwegsysteem ontstaat.

In de RLN00398 quick-scan wordt het verschil tussen het 25 kV / 50 Hz en het 1500 Vdc TEV-systeem, ten aanzien van de kans op EM-beïnvloeding, duidelijk. Bij een 1500 Vdc systeem is een ontoelaatbare EM-beïnvloeding niet uit te sluiten indien de onderlinge afstand tussen het 1500 Vdc spoorwegsysteem en een hoogspanningsverbinding < 700 meter is. Bij een 25 kV / 50 Hz systeem is een ontoelaatbare EM-beïnvloeding niet uit te sluiten indien de onderlinge afstand tussen het 25 kV / 50 Hz spoorwegsysteem en een hoogspanningsverbinding < 11 meter is. Met een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem is dichte bundeling met een hoogspanningsverbinding op het gebied van EMC veel eenvoudiger dan met een 1500 Vdc TEV-systeem. Dit is eenvoudig te verklaren omdat het 25 kV / 50 Hz systeem zelf met 50 Hz wisselspanning werkt, en dus vrijwel immuun is voor de 50 Hz van de hoogspanningsverbinding. Tevens is het 25 kV / 50 Hz TEV-systeem een geaard systeem waardoor geïnduceerde spanningen lager blijven dan in het zwevende (niet-geaarde) 1500 Vdc TEV-systeem.

Als voor de Lelylijn gekozen wordt voor een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem, dan is bundeling met de hoogspanningsverbinding eenvoudiger (11 meter versus 700 meter zonder noodzaak tot mitigerende maatregelen), en kunnen er kleinere onderlinge afstanden aangehouden worden dan met een 1500 Vdc TEV-systeem.

Bij een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem is het wel noodzakelijk om spanningsluizen toe te passen om de aansluiting op het bestaande 1500 Vdc TEV-systeem bij Groningen, Lelystad en Heerenveen mogelijk te maken. Een spanningslus is een inrichting om het voor treinmaterieel mogelijk te maken om van het 25 kV / 50 Hz TEV-systeem over te gaan naar het 1500 Vdc TEV-systeem en omgekeerd. Spanningsluizen worden in Nederland al toegepast op de HSL-Zuid en op de Betuweroute.

Tevens dient het toe te passen trein materieel minimaal bi-courant te zijn. Het trein materieel moet kunnen rijden op 25 kV / 50 Hz als op 1500 Vdc. De materieel planning vergt bij toepassing van een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem daardoor meer inspanning omdat er minder bi-courant materieel is, dan alleen 1500 Vdc materieel. Al hoeft dit in de toekomst minder inspanning te vergen als er meer bi-courant materieel instroomt. Bijvoorbeeld ICNG, Traxx locomotieven van de Intercity Direct, de Vectron locomotieven voor de internationale trein naar Berlijn en de Nightjet zijn al geschikt voor meerdere TEV-systemen. De beschikbaarheid van multi-courant materieel hoeft in de toekomst daarmee geen probleem te zijn, als hier op tijd op wordt geanticipeerd.

Met een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem is het eenvoudiger om op hoge snelheid (200 km/u) te kunnen rijden. Met een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem kan een trein van meer energie voorzien worden dan met een 1500 Vdc TEV-systeem. De rijdraad is de beperkende factor in hoeveel stroom kan worden getransporteerd. Door de hogere bovenleidingspanning is er bij gelijke stroom meer vermogen overgebracht worden naar het materieel.

Bij een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem zijn er minder onderstations voor de TEV nodig, naar verwachting 2 onderstations. Tevens zijn er een aantal AT-stations nodig. Bij een 1500 Vdc TEV-systeem is er om de orde 6 kilometer een onderstation nodig. Dit om op hoge snelheid te kunnen rijden, maar ook als EMC maatregel.

Bij een 25 kV / 50 Hz TEV-systeem zijn er geen EMC maatregelen nodig om bundeling op korte onderlinge afstand mogelijk te maken. Bij toepassing van een 1500 Vdc TEV-systeem zijn er wel diverse EMC maatregelen noodzakelijk om bundeling op korte onderlinge afstand mogelijk te maken.

Vooralsnog zal er voor de Lelylijn gekozen worden voor een 1500 Vdc TEV-systeem. In dit document is daarom verder uitgegaan van een 1500 Vdc TEV-systeem, en mitigerende maatregelen aan de spoorweginfrastructuur zijde zijn gebaseerd op een 1500 Vdc TEV-systeem.

#### 2.3.3.2 Toepassen elektrische apparatuur met hoge immuniteit

Elektrische apparatuur kan gevoelig zijn voor beïnvloeding door een 50 Hz magnetisch veld. ProRail hanteert met het criterium B7 een immuniteitswaarde van 10 A/m voor oudere / niet geteste elektrische apparatuur. Voor

elektrische apparatuur dat voldoet aan de [NEN-EN 50121-4], [NEN-EN 50121-5] en/of [RLN00007] geldt een immuniteitswaarde van 50 A/m.

Er dient elektrische apparatuur met een hoge immuniteit toegepast te worden in de gebieden waar de elektrische apparatuur dicht bij de hoogspanningsverbinding (waar hogere waarden van het 50 Hz magnetisch veld voorkomen) toegepast wordt.

Voor de treindetectie dient gekozen te worden voor een treindetectie systeem dat ongevoelig is voor het 50 Hz magnetisch veld (B7) en voor de spanning tussen de spoorstaven en aarde (B1 en B2).

Het, voor 50 Hz EM-beïnvloeding, meest gevoelige systeem in een 1500 Vdc omgeving zijn treindetectiesystemen van het type enkelbenige spoorstroomlopen (EB-GRS). Deze dienen dan ook niet toegepast te worden op de Lelylijn. Er dient gekozen te worden voor bijvoorbeeld DB-GRS of assentellers.

Tegen de tijd dat de Lelylijn gebouwd wordt (schatting over 10 à 20 jaar) zal het treindetectie- en treinbeïnvloedings-systeem echter duidelijk anders zijn dan nu. In plaats van de conventionele treindetectie (EB-GRS en DB-GRS) en ATB zal er naar verwachting gebruik gemaakt gaan worden van ERTMS met (of zonder) baangebonden treindetectie. De baangebonden treindetectie zal dan vrijwel zeker uit assentellers bestaan. Assentellers zijn ongevoelig voor 50 Hz EM-beïnvloeding omdat assentellers ook toegepast kunnen worden onder een 25 kV /50 Hz TEV-systeem.

Dit betekent dat gekozen dient te worden voor een treindetectiesysteem zoals bijvoorbeeld assentellers in plaats van GRS spoorstroomlopen als treindetectiesysteem.

Wel dient rekening gehouden te worden met het feit dat waar de nieuwe Lelylijn aansluit op bestaande sporen, nog wel EB-GRS of DB-GRS spoorstroomlopen aanwezig kunnen zijn. Een mogelijke ontoelaatbare beïnvloeding van die EB-GRS en DB-GRS spoorstroomlopen dient onderzocht te worden aan de hand van de RLN00398. En EB-GRS spoorstroomlopen dienen, indien nodig, omgebouwd worden naar DB-GRS spoorstroomlopen. DB-GRS spoorstroomlopen hebben een hogere immuniteit dan EB-GRS spoorstroomlopen, maar zijn ook duurder omdat er meer componenten nodig zijn. Er kan ook voor gekozen worden om de assentellers wat verder door te trekken het aansluitende spoor op.

#### 2.3.3.3 *Beperken van de afstand tussen 1500 Vdc onderstations*

De onderstation afstand in een 1500 Vdc tractie energievoorzieningssysteem is orde 5 – 7 kilometer. Bij het ontwerpen van een 1500 Vdc tractie energievoorzieningssysteem kan ook gekozen worden voor het toepassen van gekoppelde snelschakelaars. De onderstation afstand kan dan toenemen tot orde 12 kilometer.

In de RLN00398 is het criterium B5 vastgelegd. Dit criterium stelt een limiet aan de maximaal toelaatbare 50 Hz spanning tussen de bovenleiding en de spoorstaven.

De spanning tussen de bovenleiding en de spoorstaven ontstaat als gevolg van het 50 Hz magnetisch veld dat inkoppelt in de lus die gevormd wordt door de afstand tussen de bovenleiding en spoorstaven en de afstand tussen 2 voedende onderstations. Hierbij stelt de RLN00398 dat rekening gehouden moet worden met het sperren van een onderstation (P7).

Door het sperren van een onderstation, verdubbelt de afstand tussen de 2 voedende onderstations naar 10 – 12 kilometer, of naar 24 kilometer bij gekoppelde snelschakelaars.

De 50 Hz spanning tussen de bovenleiding en de spoorstaven kan laag gehouden worden door het oppervlak van de lus, waar het 50 Hz magnetisch veld inkoppelt, klein te houden. Omdat de hoogte van de bovenleiding boven het spoor niet verlaagd kan worden, is het beperkt houden van de afstand tussen 1500 Vdc onderstations de mogelijkheid om de 50 Hz spanning tussen de bovenleiding en de spoorstaven beperkt te houden. Het toepassen van 1500 Vdc onderstations om de 5 – 7 km heeft de voorkeur boven het toepassen 1500 Vdc onderstations met gekoppelde snelschakelaars om de 12 kilometer.

#### 2.3.3.4 *Toepassen van capacitieve aarding*

Als gevolg van de inductieve beïnvloeding van een hoogspanningsverbinding op een spoorlijn ontstaan er geïnduceerde 50 Hz spanningen tussen de spoorstaven en aarde, en tussen aders van bekabeling en aarde. Dit wordt de common mode spanning genoemd. De RLN00398 stelt met criterium B6 en B3 een limiet aan de geïnduceerde common mode spanning op spoorstaven en op de bekabeling.

De spanning tussen de spoorstaven en aarde kan gereduceerd worden door het spoor te aarden. Het aarden van het spoor heeft tevens een reducerend effect op de spanning tussen aders van de bekabeling en aarde.

Omdat het spoor met een 1500 Vdc tractie energievoorzieningssysteem zal worden uitgevoerd, is het aspect van het voorkomen van een DC zwerfstromen in de bodem ook erg belangrijk. Een DC zwerfstromen kan erg corrosief werken op bijvoorbeeld metalen buisleidingen of de wapening van betonconstructies.

Voor DC (0 Hz) mag het spoor daardoor niet geaard worden, maar dient zwevend te blijven. Voor 50 Hz dient het spoor wel geaard te worden om de 50 Hz spanning tussen de spoorstaven en aarde te beperken.

Het toepassen van capacitieve aarding aard het spoor voor 50 Hz, en laat het spoor zwevend voor 0 Hz. Een capacitieve aarding is feitelijk een condensator tussen de spoorstaven en aarde. Door het toepassen van capacitieve aarding van het spoor wordt de 50 Hz spoorstaaf aarde spanning (B6) beperkt, en wordt tevens de 50 Hz spanning tussen aders van de bekabeling en aarde (B6 en B3) gereduceerd.

Door het toepassen van assentellers als treindetectie geldt er geen minimale afstand tussen capacitieve aarding, zoals er bij de toepassing van GRS spoorstroomlopen wel geldt in de vorm van een minimale afstand tussen dwarsverbindingen tussen de sporen. Bij het toepassen van assentellers kunnen daardoor meer capacitieve aarding geplaatst worden (indien nodig) dan bij de toepassing van GRS spoorstroomlopen.

#### 2.3.3.5 Toepassen van maximale kabellengte bekabeling

Indien het toepassen van capacitieve aarding een onvoldoende effect heeft in het reduceren van de 50 Hz spanning tussen aders van de bekabeling en aarde, kan ervoor gekozen worden om een maximale kabellengte vast te leggen. Dit betekent wel het toepassen van meer relaiskasten en herhaalrelais.

#### 2.3.3.6 Toepassen 2-zijdig geaarde bekabeling

In de 1500 Vdc spoorwegomgeving wordt veel gebruik gemaakt van onafgeschermd bekabeling, of van 1-zijdig geaarde afgeschermd bekabeling. Bij onafgeschermd bekabeling, of bij 1-zijdig geaarde afgeschermd bekabeling is de geïnduceerde spanning tussen aders in de bekabeling hoger dan wanneer er 2-zijdig geaarde afgeschermd bekabeling wordt toegepast.

Heden ten dage wordt er nog geen 2-zijdig geaarde afgeschermd bekabeling toegepast in verband met zorgen over het lopen van te grote DC zwerfstromen over 2-zijdig geaarde afscherming van de kabel, waardoor deze thermisch overbelast zou kunnen worden, en DC zwerfstromencorrosie van de aardelektrodes.

Tevens wordt voor beveiligingsfuncties nog veelal onafgeschermd bekabeling toegepast om het overbruggen van veiligheidsvoorwaarde als gevolg van een 2-voudige ader-aardscherm fout te voorkomen. Het dubbelpolig inlezen voorkomt ook het overbruggen van veiligheidsvoorwaarde als gevolg van een 2-voudige aardfout in de bekabeling.

Tegen de tijd dat de Lelylijn wordt aangelegd verdient het toepassen van 2-zijdig geaarde afgeschermd bekabeling de voorkeur. Nieuwe elektr(on)ische systemen zouden dit mogelijk moeten kunnen maken. Wel dient dan beoordeeld te zijn dat het toepassen van 2-zijdig geaarde bekabeling geen ontoelaatbaar effect heeft op de levensduur van de aardelektrodes.

### 2.3.4 Samenvatting mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen dienen als eerste bij de bron genomen te worden om de emissie laag te houden. Vervolgens dienen mitigerende maatregelen in de koppelweg (de overdracht van bron naar slachtoffer) genomen te worden. Als laatste dienen mitigerende maatregelen bij het slachtoffer genomen te worden om de immuniteit hoog te maken.

#### 2.3.4.1 Bron (hoogspanningsverbinding)

De volgende mitigerende maatregelen zijn mogelijk:

- Pas klokgetal optimalisatie toe;
- Pas fase transposities toe;
- Pas geen combi-lijnen toe om de homopolaire stroom laag te houden.

#### 2.3.4.2 Koppelweg

De volgende mitigerende maatregelen zijn mogelijk:

- Houdt de onderlinge afstand tussen de hoogspanningsverbinding en de spoorweginfrastructuur zo groot mogelijk (dit is tegenstrijdig met de wens om zoveel mogelijk te bundelen).

#### 2.3.4.3 Slachtoffer (spoorweginfrastructuur)

De volgende mitigerende maatregelen zijn mogelijk:

- Pas een voor EM-beïnvloeding ongevoelig TEV-systeem toe (d.w.z. 25 kV / 50 Hz, echter naar verwachting zal er een 1500 Vdc TEV-systeem voor de Lelylijn toegepast worden);
- Pas elektrische apparatuur met hoge immuniteit toe;
- Pas een voor 50 Hz ongevoelig treindetectiesysteem en treinbeveiligingssysteem toe (zoals assentellers en ERTMS);
- Beperk de afstand tussen de 1500 Vdc onderstations;
- Pas capacitieve aarding toe;
- Beperk de lengte van bekabeling (indien nodig);
- Pas 2-zijdig geaarde kabelmantels toe.

## 2.4 Resultaten

In deze paragraaf zijn resultaten vastgelegd van verkennende onderzoeken en berekeningen. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van de [berekeningen VVL-ENS] die voor de parallelloop tussen de Lelylijn en de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn Vierverlaten – Ens zijn uitgevoerd.

### 2.4.1 Magneetvelden en gezondheid

Om de effecten van magneetvelden van hoogspanningsverbindingen op de gezondheid van de mens in kaart te brengen, zijn meerdere aanbevelingen en het beleid van openbare instanties geraadpleegd. Hieruit volgen meerdere aspecten waarmee rekening gehouden dient te worden. Deze aspecten worden in de voorliggende paragraaf een voor een toegelicht.

#### **Blootstelling algemene bevolking aan 50 Hz elektromagnetische velden bij hoogspanningsverbindingen**

De Europese unie heeft de aanbeveling [1999/519/EG] uitgebracht ten aanzien van de blootstelling van de algemene bevolking aan elektromagnetische velden.

In deze Europese aanbeveling is de maximale blootstelling van de algemene bevolking aan een 50 Hz magneetveld gelimiteerd op 100  $\mu$ T. TenneT heeft in zijn beleidsdocument aangegeven dat deze waarde van 100  $\mu$ T voor hoogspanningslijnen geldt voor een hoogte op 2 meter boven maaiveld, en dat deze waarde van 100  $\mu$ T voor hoogspanningskabels geldt op maaiveld niveau. Het voldoen aan de eis van 100  $\mu$ T is voor nieuwe hoogspanningsverbindingen een ontwerpeis.

In de Europese aanbeveling is de maximale blootstelling van de algemene bevolking aan een 50 Hz elektrisch veld gelimiteerd op 5 kV/m. TenneT heeft in zijn beleidsdocument aangegeven dat deze waarde van 5 kV/m voor hoogspanningslijnen geldt op 1 meter boven maaiveld. Bij hoogspanningskabels is er buiten het geaarde aardscherm van de kabel geen elektrisch veld aanwezig. Het voldoen aan de eis van 5 kV/m is voor nieuwe hoogspanningslijnen een ontwerpeis.

Voor hoogspanningsstations geldt dat buiten het hekwerk van het hoogspanningsstation het 50 Hz elektromagnetische kleiner dan 100  $\mu$ T (op maaiveld en op 2 meter boven maaiveld) dient te zijn en dat het 50 Hz elektrisch veld kleiner dan 5 kV/m (op 1 meter boven maaiveld) dient te zijn. Voor nieuwe hoogspanningsstations is dit een ontwerpeis.

#### **Voorzorgsbeleid overheid**

In 2005 is door het voormalig ministerie van volkshuisvesting ruimtelijke ordening en milieubeheer (VROM) het voorzorgsbeleid ten aanzien van de blootstelling aan een 50 Hz magneetveld opgesteld. Ondertussen is er sinds 2023 een herijkte versie van dit voorzorgsbeleid gepubliceerd en van toepassing verklaard.

De volgende verblijfsfuncties gelden daarmee als gevoelige bestemming:

- Woningen;
- Scholen;
- Kinderdagverblijven;
- Crèches;
- **Verpleegtehuizen;**
- **Instellingen voor mensen met een beperking.**

N.B. De gevoelige bestemmingen worden verder toegelicht in het planMER van het IEA (Integrale effecten analyse) voor project Diemen-Lelystad-Ens.

In het voorzorgbeleid uit 2005 werd ook de buitenruimte (b.v. tuin of erf) behorende bij het gebouw tot de gevoelige bestemming gerekend. In de buitenruimte verblijven mensen in de regel echter niet langdurig. Met het oog daarop behoort de buitenruimte in het herijkte [voorzorgbeleid] niet meer tot de gevoelige bestemming. Voor het bepalen van het aantal gevoelige bestemmingen in een magneetveldzone van een hoogspanningslijn wordt uitgegaan van de bestaande bebouwing (van gebouwen waarin langdurig verbleven kan worden), gelegen binnen een bouwvlak dat in het bestemmingsplan is weergegeven. Niet-bebouwde (delen van) bouwvlakken worden niet aangemerkt als gevoelige bestemming.

Het herijkte [voorzorgsbeleid] uit 2023 bevat 2 mitigerende onderdelen om de blootstelling van mensen aan magneetvelden zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden:

- Bronmaatregelen, die netbeheerders bij alle netcomponenten kunnen treffen;
- Afstandsmaatregelen bij bovengrondse hoogspanningslijnen, die het bevoegd gezag voor de ruimtelijke ordening op basis van de berekening van de magneetveldzone kan treffen.

De bronmaatregelen gelden voor alle soorten netcomponenten (hoogspanningslijn, hoogspanningsstation, hoogspanningskabel, opstijgpunt). De afstandsmaatregelen gelden alleen voor hoogspanningslijnen.

#### ***(Proportionele) Bronmaatregelen***

Met de proportionele bronmaatregelen dient het magneetveld zo laag als redelijkerwijs mogelijk is gehouden te worden / verminderd te worden. In bijlage 2 van het herijkte [voorzorgsbeleid] zijn de mogelijke bronmaatregelen beschreven.

Voor nieuwe 220/380 kV hoogspanningslijnen zijn de bronmaatregelen (deze zijn ook gunstig t.b.v. het bereiken van EMC):

- Fasen optimalisatie (= klokgetal optimalisatie);
- Het verkleinen van de afstand tussen geleiders.

Voor nieuwe 220/380 kV hoogspanningskabels zijn de bronmaatregelen (deze zijn ook gunstig t.b.v. het bereiken van EMC):

- Fasen optimalisatie (= klokgetal optimalisatie).

Het nemen van de bronmaatregelen dient proportioneel te zijn, dat wil zeggen dat het geen verplichting is. Het dient te passen binnen de kaders van omgevingsplannen, ruimtelijke plannen, technische eisen, kosten, ruimtelijke ligging, e.d..

#### ***Afstandsmaatregelen***

Ongewijzigd in het herijkte voorzorgsbeleid is dat ruimtelijke maatregelen (d.w.z. afstand) nog steeds alleen geldig zijn voor nieuwe situaties bij bovengrondse hoogspanningslijnen  $\geq 50$  kV (d.w.z. nieuwe of aangepaste bovengrondse hoogspanningslijnen). Dit betekent dat alleen voor bovengrondse hoogspanningslijnen de magneetveldzone (de  $0,4 \mu\text{T}$  contour) bepaald dient te worden bij nieuwe of gewijzigde situaties. Het berekenen van een magneetveldzone heeft tot doel om het aantal gevoelige bestemmingen in de magneetveldzone in beeld te brengen en te onderzoeken of het mogelijk is om dat aantal te beperken.

Het is belangrijk om te realiseren dat het [voorzorgsbeleid] het niet verbiedt om nieuwe gevoelige bestemmingen te laten ontstaan. Het ontstaan van nieuwe gevoelige bestemmingen dient zoveel als redelijkerwijs mogelijk voorkomen te worden.

Bij het bepalen van het tracé van de nieuwe hoogspanningsverbinding kan gebruik gemaakt worden van een indicatieve magneetveldzone van de beoogde geometrie van de nieuwe hoogspanningslijn om daarmee het ontstaan van nieuwe gevoelige bestemmingen zoveel als redelijkerwijs mogelijk te voorkomen.

Voor de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn Diemen – Lelystad – Ens wordt uitgegaan van een 2-circuit hoogspanningslijn met een Moldau mastbeeld en een ontwerpstroom van 4.000 A. Uitgaande van een  $S_0$  mastbeeld, een veldlengte van 400 meter, een doorhang van 14 meter en klokgetal optimalisatie, volgt op basis van deze uitgangspunten een magneetveldzone van 65 meter links en 65 meter rechts van de hartlijn van de hoogspanningslijn. Deze 65 meter wordt in dit document verder aangehouden als de magneetveldzone.

#### 2.4.2 RLN00398

Om een ontoelaatbare EM-beïnvloeding van de spoorweg infrastructuur te voorkomen heeft ProRail de richtlijn [RLN00398] opgesteld. De richtlijn RLN00398 is van toepassing op hoogspanningslijnen en hoogspanningskabels – niet zijnde ProRail lijnen en kabels – met een nominale spanning van  $> 1$  kV en een nominale bedrijfsfrequentie van  $\leq 1$  kHz op, onder of boven de hoofdspoorweginfrastructuur. Tevens is de richtlijn van toepassing op hoogspanningslijnen en hoogspanningskabels – niet zijnde ProRail lijnen en kabels – in de zone buiten het terrein behorende tot de hoofdspoorweginfrastructuur, voor zover het betreft:

1. Het gebied als beschreven in artikel 19 van de Spoorwegwet;
2. Het gebied daarbuiten, voor zover genoemde lijnen en kabels elektromagnetische invloed hebben op de spoorweginfrastructuur.

De RLN00398 beschouwt een aantal verschillende EM-beïnvloedings-mechanismen, en stelt criteria vast waaronder de optredende EM-beïnvloeding dient te blijven.

De EM-beïnvloedingsmechanismen en bijbehorende criteria (B) zijn:

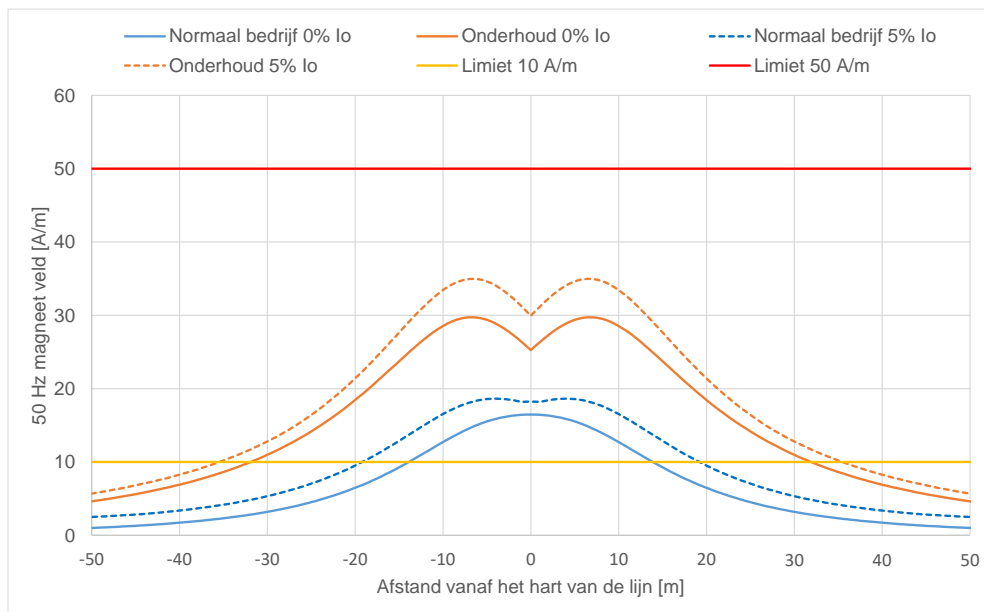
- Inductieve beïnvloeding (B1 t/m B6);
- Magnetische velden (B7 en B9);
- Elektrische velden (B8);
- Weerstandsbeïnvloeding (quick-scan eis 7).

Op het moment van schrijven is versie 003 van de RLN00398 de vigerende versie. ProRail werkt aan een update van de RLN00398. In de concept versie van de update van de RLN00398 komen de criteria B8 en B9 te vervallen. Ten tijde van het ontwerp van de nieuwe hoogspanningsverbindingen en / of de Lelylijn is het mogelijk dat er een nieuwe versie van de RLN00398 vigerend is.

##### 2.4.2.1 B7 Magnetisch veld

Voor de waarde van het B7 criterium wordt verwezen naar de [RLN00398]. Deze bedraagt 10 A/m voor oudere / niet geteste elektrische apparatuur. Voor elektrische apparatuur dat voldoet aan de NEN-EN 50121-4, NEN-EN 50121-5 en/of RLN00007 geldt een immuniteitswaarde van 50 A/m.

In Figuur is het berekende 50 Hz magnetisch veld op 2,0 meter hoogte, zijnde de bovenkant van een relaiskast, weergegeven. Het 50 Hz magnetisch veld is berekend met de uitgangspunten in paragraaf 2.2.1.



Figuur 2.4.2.1: 50 Hz magnetisch veld op 2,0 meter hoogte voor veldlengte 4,00 meter met S+o mastbeeld.

Uit Figuur volgt dat het 50 Hz magnetisch veld onder de grens van 10 A/m ligt op een afstand vanaf het hart van de hoogspanningslijn van ten minste 32,0 meter bij 0% homopolaire stroom, en een afstand van ten minste 35,5 meter bij 5% homopolaire stroom. Een bundeling van de hoogspanningslijn met de Lelylijn met een onderlinge afstand van 100 meter of 50 meter levert ten aanzien van het 50 Hz magnetisch veld geen belemmering op.

Onder de hoogspanningslijn op minder dan 35,5 meter vanaf het hart van de hoogspanningslijn wordt het 50 Hz magnetisch veld wel groter dan 10 A/m. Bij het kruisen van de hoogspanningslijn over het spoor dienen de geleiders hoger te hangen dan de uitgangspunten in paragraaf 2.2.1 indien het 50 Hz magneetveld onder de 10 A/m dient te blijven.

Er dient bij het kruisen van een hoogspanningslijn over het spoor ook voldaan te worden aan de NEN-EN 50431 normserie, welke eisen stelt aan de minimale hoogte van hoogspanningsgeleiders boven het spoor.

De hoogspanningsverbinding dient bij voorkeur zodanig ontworpen te worden dat in het kruisende veld het 50 Hz magnetisch veld niet groter wordt dan 10 A/m om een ontoelaatbare EM-beïnvloeding van oudere / niet geteste elektrische apparatuur te voorkomen.

Evenzo dient de spoorlijn bij voorkeur zodanig ontworpen te worden dat bij het kruisen onder de hoogspanningslijn door, er geen oudere / niet geteste elektrische apparatuur wordt geplaatst in het gebied waar het 50 Hz magnetisch veld groter kan worden dan 10 A/m. Op basis van Figuur betekent dit dat er (worst case) geen oudere / niet geteste elektrische apparatuur geplaatst dient te worden op minder dan 35,5 meter vanaf de hartlijn van de 380 kV hoogspanningslijn die over het spoor kruist.

Uit Figuur 2.4.2.1 volgt dat het 50 Hz magnetisch veld nergens de grens van 50 A/m overschrijdt. Het toepassen van elektrische apparatuur dat voldoet aan de NEN-EN 50121-4, NEN-EN 50121-5 en/of RLN00007 levert geen belemmering op ten aanzien van het 50 Hz magnetisch veld, en verdient daarmee de voorkeur.

Bij het aanleggen van een nieuwe spoorlijn met assentellers en ERTMS dient ernaar gestreefd te worden om elektrische apparatuur toe te passen dat voldoet aan de NEN-EN 50121-4, NEN-EN 50121-5 en/of RLN00007.

#### 2.4.2.2 Weerstandsbeïnvloeding

Voor de weerstandsbeïnvloeding is geen Bx-criterium in de RLN00398 vastgelegd. Bij de quick-scan eis 7 in paragraaf 5.1 (t.b.v. hoogspanningslijn) of paragraaf 5.2 (t.b.v. van hoogspanningskabel) van de RLN00398 wordt gesteld dat, indien een hoogspanningsmast, of aardpunt van een hoogspanningskabelmantel of mof, meer dan 31

meter van het hart van het dichtstbijzijnde spoor is verwijderd, er geen risico op ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding is.

Bij het traceren van de hoogspanningsverbinding, danwel het traceren van de spoorlijn dient een hoogspanningsmast of een aardpunt van een hoogspanningskabelmantel of mof op ten minste 31 meter vanaf het hart van het dichtstbijzijnde spoor te worden geprojecteerd.

Indien de afstand tussen een hoogspanningsmast of aardpunt van een hoogspanningskabel en het dichtstbijzijnde spoor minder dan 31 meter wordt, kan een detailberekening van de werkelijke grootte van de potentiaaltrechter worden gemaakt. Indien er een detail berekening van de grootte van de potentiaaltrechters nabij het spoor wordt uitgevoerd, zijn de van toepassing zijnde criteria voor weerstandsbeïnvloeding weergegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Criteria voor weerstandsbeïnvloeding.

Beïnvloed object	Criterium	Tijdsduur	Norm / richtlijn	Omschrijving
Mens	785 V	100 ms	[NEN-EN 50122-1]	Aanraakspanning op spoorstaven en bekabeling.
Bekabeling isolatie	$1200 + U_0$ V	< 5 s	[NEN 1010]	De spanning over de isolatie van bekabeling mag tijdens een kortsluiting ( $\leq 5$ sec) niet meer bedragen dan $1200 + U_0$ V, waarbij $U_0$ de werkspanning in de bekabeling is. $U_0$ wordt worst case als 0 V beschouwd.

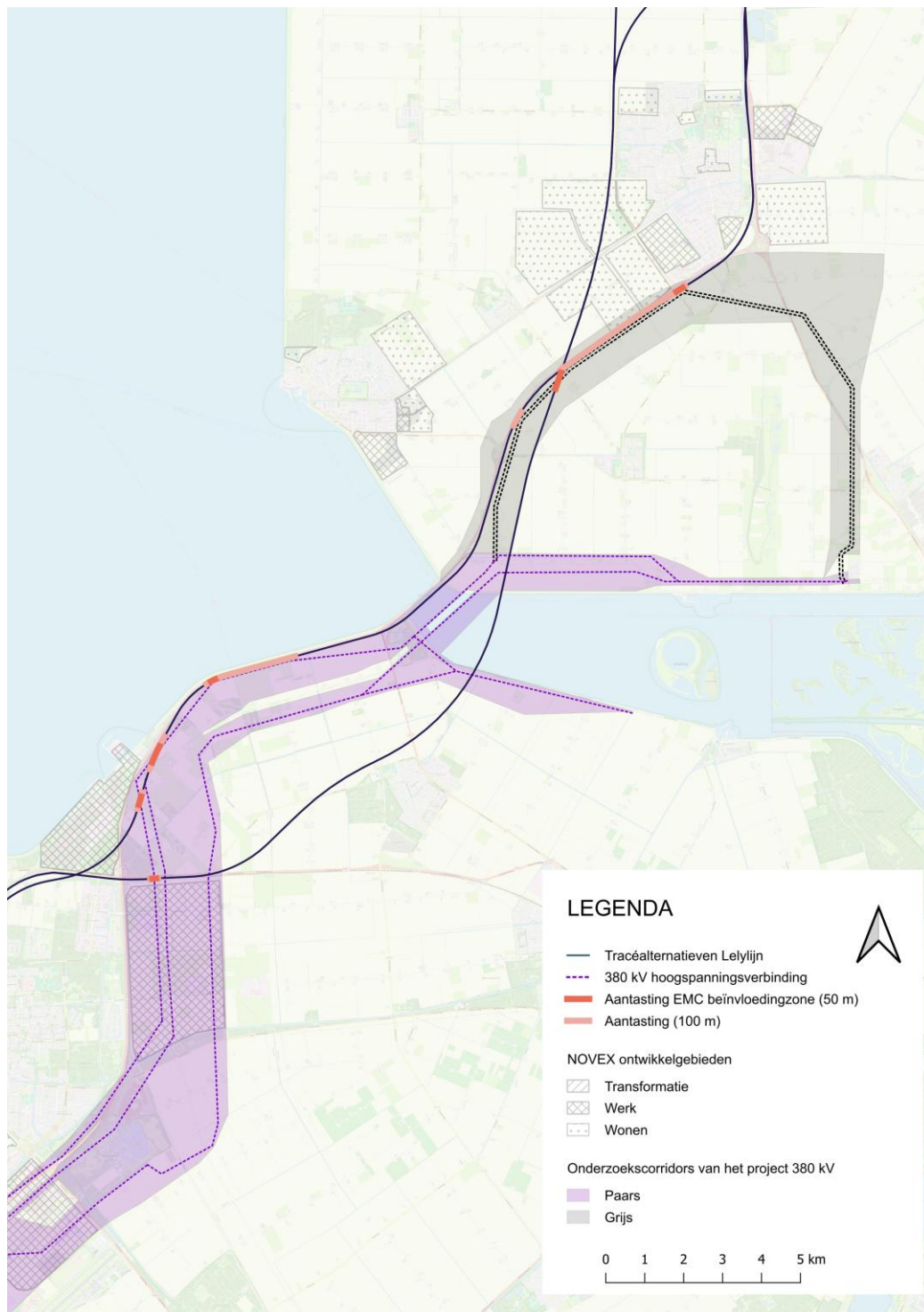
#### 2.4.2.3 B1 t/m B6 Inductieve beïnvloeding

Ten behoeve van het opstellen van dit document was er geen tijd beschikbaar om inductieve beïnvloedingsberekeningen uit te voeren ten behoeve van de criteria B1 t/m B6.

Voor de parallelloop van de Lelylijn met de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn Vierverlaten – Ens zijn wel inductieve beïnvloedingsberekeningen uitgevoerd. Deze zijn vastgelegd in [berekeningen VVL-ENS].

Uit [berekeningen VVL-ENS] volgt dat, met de uitgangspunten in paragraaf 2.2.1, het mogelijk is om te bundelen op een onderlinge afstand van 100 meter, met bij reizigersstations locaties op een onderlinge afstand van 50 meter over een lengte van 1500 meter. Er zijn dan wel capacatieve aarding nodig bij elk 1500 Vdc onderstation in het parallelloop gebied. Ook kan het eventueel nodig zijn om lange koper kabels te sectioneren. Wat de maximaal toegelaten kabellengte is, volgt pas uit een gedetailleerde EMC studie. Ook kan het nodig zijn om sommige 3kV-kasten een eigen aarding te geven conform [OVS00017] (eis 186 en bijlage 3.3). Een gedetailleerde EMC studie, om de exacte mitigerende maatregelen vast te stellen, kan pas plaats vinden op het moment dat er zekerheid is over het tracé van de Lelylijn en het tracé van de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn Diemen – Lelystad – Ens.

In Figuur is aangegeven in welke gebieden de onderlinge afstand tussen de Lelylijn en de 380 kV hoogspanningsverbinding kleiner is dan 100 meter of 50 meter. Te zien is dat de oostelijke variant van de Lelylijn nauwelijks raakvlakken heeft met de 380 kV hoogspanningslijn, het betreft voornamelijk kruisingen. EMC is makkelijk te bereiken. De ketelbrug A6 variant van de Lelylijn heeft meer raakvlakken met de 380 kV hoogspanningslijn, hier is nabije parallelloop op < 100 meter aanwezig. Op basis van de [berekeningen VVL-ENS] kan gesteld worden dat EMC tussen de Lelylijn en de hoogspanningslijn DIM-LLS-ENS ook te bereiken is met de mitigerende maatregelen die in dit hoofdstuk zijn beschreven, ondanks dat over een parallelloop lengte van een aantal kilometer de onderlinge afstand tussen de Lelylijn en de hoogspanningslijn kleiner dan 100 meter is.



Figuur 2.4.2.3: Aanduiding van onderlinge afstand tussen hoogspanningsverbinding en Lelylijn < 100 meter en < 50 meter.

#### 2.4.3 Nieuw 380 kV hoogspanningsstation bij Lelystad

Er wordt bij Lelystad een nieuw 380 kV hoogspanningsstation gepland als vervanging van het bestaande 380 kV hoogspanningsstation Lelystad. Dit nieuwe 380 kV hoogspanningsstation zal nabij het tracé van de Lelylijn worden gebouwd is de verwachting.

Vanwege de beperkte omvang van een hoogspanningsstation in vergelijking tot een hoogspanningslijn (de parallelloop van de hoofdrails van een hoogspanningsstation zal beperkt zijn tot enkele honderden meters) is de inductieve beïnvloeding op het spoor als gevolg van een hoogspanningsstation veel lager dan de inductieve beïnvloeding als gevolg van een (op korte afstand) parallel lopende hoogspanningslijn. Als ontwerpeis geldt dat het 50 Hz elektrisch veld buiten het hekwerk  $\leq 5$  kV/m dient te zijn en dat de 50 Hz magnetische fluxdichtheid  $\leq 100$   $\mu$ T dient te zijn. De 1200 V potentiaaltrechter van het hoogspanningsstation dient niet over bekabeling te vallen en de 785 V potentiaaltrechter (zie Tabel ) dient niet over het spoor (de spoorstaven) en aanraakbare elektrische apparatuur te vallen.

In de toekomstvisies van TenneT is al bekend dat er een tweede loadpocket dient te komen. De locatie van het bestaande 380 kV hoogspanningsstation zal hierbij mogelijk gebruikt gaan worden voor een tweede 150 kV hoogspanningsstation. Het gevolg hiervan is dat het tracé van de Lelylijn hier niet alleen de A6 volgt, maar ook door een concentratie van hoogspanningsstations loopt. Het tracé van de Lelylijn heeft daardoor impact op de hoogspanningsstations van TenneT.

#### 2.5 Conclusie

Vanuit het zichtpunt van elektromagnetische invloed geeft de combinatie van de Lelylijn variant bundeling A6 langs de Ketelbrug en het DIM-LLS-ENS onderzoeksalternatief grijs de meeste elektromagnetische beïnvloeding op de Lelylijn. Andere onderzoeksalternatieven zullen minder elektromagnetische beïnvloeding op de Lelylijn geven vanwege kortere parallelloop en/of op grotere onderlinge afstand.

Een verkennende EM-beïnvloedingsstudie voor de bundeling van de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn VVL-ENS laat zien dat bundeling met een onderlinge afstand van 100 over lange parallelloop lengte mogelijk is, indien mitigerende maatregelen genomen worden.

Dit maakt dat het mogelijk is om de Lelylijn te bundelen met de nieuwe hoogspanningsverbinding DIM-LLS-ENS. Wel zijn er een aantal mitigerende maatregelen nodig, welke zijn beschreven in dit hoofdstuk.

Tabel 2.5: Conclusie knelpunt EMC

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
Magneetveldzone	knelpunt maar oplosbaar	Het 50 Hz magneetveld op 2 meter boven het spoor kan groter worden dan 10 A/m bij kruisingen van de 380 kV hoogspanningslijn over het spoor.	<p>Mogelijke mitigerende maatregelen: Hang de geleiders bij de kruising hoger zodat de waarde van 10 A/m niet wordt overschreden.</p> <p>Of</p> <p>Plaats geen apparatuur met een lage immuniteit (10 A/m) binnen 35,5 meter vanaf het hart van de hoogspanningslijn.</p> <p>Of</p> <p>Pas apparatuur met een hoge immuniteit toe (50 A/m).</p>
Inductieve beïnvloeding	knelpunt maar oplosbaar	Bundeling op een onderlinge afstand van 100 meter vereist mitigerende maatregelen.	<p>1500 Vdc onderstation om de 6 km. Toepassen van capacitieve aardingen bij 1500 Vdc onderstations. Sectioneren van lange koper kabels. Toepassen van assentellers en ERTMS. Aarden van 3 kV kasten.</p>

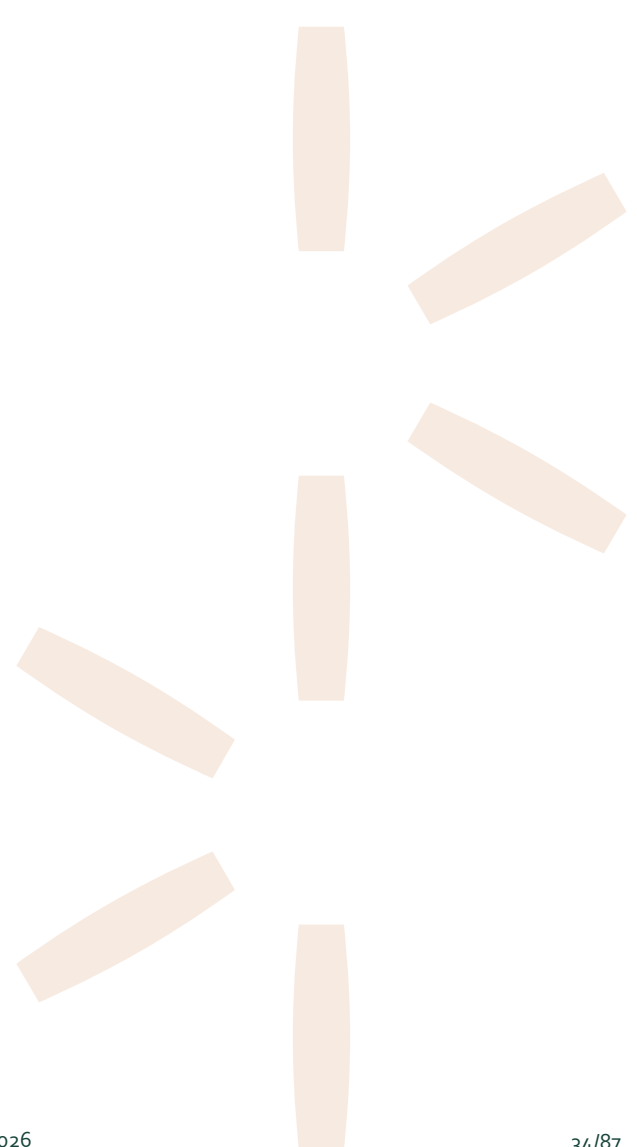
## 2.6 Literatuur

Geraadpleegde literatuur.

Tabel 2-6: Overzicht literatuur

Referentie	Bron
[1999/519/EG]	Aanbeveling van de Raad betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz, 12-07-1999.
[berekeningen VVL-ENS]	Verkenning EMC van bundeling Lelylijn met 380 kV, kenmerk C24-HPR-HS-RAP-24010296, versie 1.0, d.d. 14-01-2025.
[NEN 1010]	Elektrische installaties voor laagspanning, Nederlandse implementatie van de HD-IEC 60364-reeks, 2020.
[NEN-EN 50121-4]	Spoorwegen en soortgelijk geleid vervoer - Elektromagnetische compatibiliteit - Deel 4: Emissie en immuniteit van sein- en telecommunicatie-apparatuur. 2016.
[NEN-EN 50121-5]	Spoorwegen en soortgelijk geleid vervoer - Elektromagnetische compatibiliteit - Deel 5: Emissie en immuniteit van vastopgestelde voedingsinstallaties en apparatuur, 2015.
[NEN-EN 50122-1]	NEN-EN 50122-1, Spoorwegen en soortgelijk geleid vervoer – Vaste installaties - Elektrische veiligheid, aarding en retourstromen - Deel 1: Eisen in verband met bescherming tegen elektrische schok, d.d. september 2022.
[NEN-EN 50341]	NEN-EN 50341 serie, Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV.
[OVS00017]	Ontwerpvoorschrift Railinfravoedingen (RIV), versie 005, d.d. 01-03-2023.

Referentie	Bron
[PU-AMN 20-187]	Uitgangspunten voor berekening maximale magneetveldsterkte en toetsing aan de 100 microtesla blootstellingslimiet, kenmerk PU-AMN 20-187, versie 2.2, d.d. 28-09-2020.
[PU-AMN 18-103]	AMT guideline Netherlands electromagnetic fields policy, kenmerk PU-AMN 18-103, versie 3.0, d.d. 10-12-2020.
[RLN00007]	EMC-eisen aan apparatuur nabij alle geëlektrificeerde en niet-geëlektrificeerde baanvakken in beheer bij ProRail, versie 007, d.d. 01-08-2020.
[RLN00398]	Richtlijn, Beleid elektromagnetische beïnvloeding van hoogspanningsverbindingen op de hoofdspoorweg-infrastructuur, versie 003, d.d. 01-11-2021.
[voorzorgsbeleid]	Voorzorgbeleid voor magneetvelden bij elektriciteitsvoorzieningen, ministerie EZK, kenmerk DGKE-DRE / 26746813, d.d. 21-04-2023.



## 3 Kruisingen

### 3.1 Inleiding

Kruisingen van de 380 kV-hoogspanningsverbinding met het spoor vormen een aandachtspunt wanneer deze een flauwe hoek hebben. In dat geval bevinden zich hoogspanningsgeleiders voor een grotere lengte boven het spoor. Aanwezigheid van hoogspanningslijnen boven het spoor brengt risico's met zich mee en bemoeilijkt het beheer en onderhoud van beide lijnen. Hierbij kan gedacht worden aan een onveilige werkplek, ijs vallend van de geleiders op railvoertuigen en risico op breken van draden en daarmee mogelijke schade aan de bovenleiding en elektrische systemen van de Lelylijn. ProRail vindt daardoor kruisingen bij voorbaat ongewenst. Mocht het toch voorkomen dan adviseert ProRail een hoek aan te houden van 80 tot 100 graden. Met een dergelijke haakse hoek is de kruising het kortst en worden risico's kleiner. Er zijn voorbeelden waar de hoek minder haaks is. Tussen Amsterdam en Utrecht ter hoogte van Baambrugge is een kruising tussen spoor en hoogspanningsverbinding te vinden van minder dan 20 graden. Dit laat zien dat er mogelijkheden zijn om met ProRail het gesprek aan te gaan over het flauwer kruisen. Het EMC-aspect van kruisingen is in het hoofdstuk over elektromagnetische beïnvloeding behandeld.

### 3.2 Aanpak

Kruisingen zijn door middel van een GIS-analyse onderzocht door de verschillende tracéalternatieven op elkaar te leggen. Daarbij wordt gekeken naar de volgende aspecten:

- Het aantal kruisingen
- De hoek van de kruising
- De afstand tussen twee kruisingen
- Eventuele hogere ligging van de Lelylijn

Met deze informatie wordt vervolgens kwalitatief beschouwd hoe groot de knelpunten zijn en of er mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn.

### 3.3 Resultaten

Afhankelijk van de tracéalternatieven van beide lijnen zijn er 0-3 kruisingen tussen de huidige tracéalternatieven. In de onderstaande tabel is aangegeven hoeveel kruisingen er zijn per combinatie. Kruisingen zijn daarnaast in kaart gebracht op de volgende pagina (Figuur -1).

Tabel 3-1: Hoeveelheid kruisingen per combinatie tracéalternatieven Lelylijn en project 380 kV

Hoogspanningsalternatief	Lelylijn A6/A7	Lelylijn alternatief
Paars	0-2 kruisingen	2 kruisingen
Grijs	0 kruisingen	1 kruising



Figuur 3.3-1: Kaart met kruisingen tussen hoogspanningsverbinding en de Lelylijn

Voor het alternatief van de Lelylijn dat het dichtst bij de A6 ligt is in Figuur te zien dat er twee kruisingen zijn met het noordelijke parse tracéalternatief. Dit is ter hoogte van de beoogde locatie van het nieuwe hoogspanningsstation. Deze 2 kruisingen liggen vrij kort op elkaar (op Figuur aangeduid met een rode cirkel). Bovendien zijn de kruisingen flauw. De zuidelijke kruising heeft een hoek van 15 graden en de noordelijke een hoek van 27 graden. Enerzijds vormt dit een knelpunt vanwege de flauwe hoek, maar ook vanwege de relatief korte afstand van 1,25 km tussen beide kruisingen. Dit vraagt namelijk extra aandacht bij het uitwerken van de Lelylijn voor het realiseren van de bovenleiding die onder de hoogspanningsverbinding getrokken wordt (zie ook 5.3.1). Of dit daadwerkelijk een knelpunt is kan nu nog niet gezegd worden vanwege de inpassing van het hoogspanningsstation op deze locatie. Voor de inpassing van het hoogspanningsstation worden de lijnen anders getraceerd dan nu is ingetekend op deze kaart op grotere schaal en zullen de kruisingen waarschijnlijk worden voorkomen. Zie daarvoor ook H4.3. De middelste en zuidelijke parse tracéalternatieven hebben geen kruisingen met dit alternatief van de Lelylijn.

Het parse alternatief heeft daarnaast twee kruisingen met het alternatief van de Lelylijn die op grotere afstand van de A6 ligt. Hier gaat het om een haakse kruising ten noordoosten van Lelystad en een kruising van ca. 80 graden nabij het Ketelmeer. Omdat hier veel ruimte tussen de kruisingen zit en de kruisingen haaks zijn vormen deze kruisingen geen knelpunt.

Het grijze tracéalternatief heeft een flauwe kruising met het Lelylijnalternatief dat op grotere afstand ligt van de A6. Dat de kruising flauw is kan een probleem vormen voor een goede inpassing en het realiseren van de kruising.

### 3.4 Mitigerende maatregelen

De effecten van ongewenste (flauwe) kruisingen zijn te mitigeren met de volgende maatregelen:

- Tracéalternatieven aanpassen zodat kruisingen worden vermeden. Op een aantal locaties waar gekruist wordt zijn er tracéaanpassingen aan één van de twee of beide lijnen denkbaar waardoor het aantal kruisingen reduceert. Bij het uitwijken van tracéalternatieven dient er wel onderzocht te worden of het daadwerkelijk mogelijk is. Daarbij dient rekening gehouden te worden met de projectuitgangspunten en traceringsprincipes.
- Op locaties waar gekruist moet worden kan ervoor gekozen worden een haakse hoek op te nemen met de 380 kV-hoogspanningsverbinding. Dit heeft echter twee nadelen. Er zijn meer hoekmasten nodig, waardoor de kosten omhoog gaan. Daarnaast gaat deze mogelijkheid in tegen het principe van zoveel mogelijk rechtstand. Het maakt daarmee de landschappelijke inrichting rommeliger doordat er meer onderbrekingen zijn in de rechte structuren. TenneT streeft ernaar zoveel mogelijk in rechte lijnen te werken en afwijkingen te voorkomen. Dit geldt voor de richting, veldlengte, masttype en masthoogte.
- Bij de kruisingen kan een hogere mast geplaatst worden zodat de geleiders hoger boven het spoor passeren. Dit zorgt elektromagnetische beïnvloeding kleiner is tussen beide verbindingen. Dit heeft een negatief effect op de landschappelijke inpassing door het contrast met de andere masten. Ook zorgt een hogere mast ervoor dat deze op grotere afstand dient te staan van de snelweg en andere assets.
- Er kan ook gekozen worden voor een kleinere veldlengte tussen masten aan weerszijden van het spoor waardoor de doorhang van geleiders boven het spoor kleiner is. Ook hier geldt dat TenneT streeft naar het voorkomen van afwijkingen. De hoogte van de geleiders boven het spoor dient wel dusdanig te zijn dat voldaan wordt aan de eisen in de van toepassing zijnde normen en de ProRail richtlijn RLN00398.

### 3.5 Conclusie

Er zijn 3 typen knelpunten geconstateerd in het onderzoek naar kruisingen. Alle knelpunten zijn oplosbaar. In de onderstaande tabel zijn de knelpunten weergegeven met toelichting en een voorgestelde maatregel.

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
Kruisingen ter hoogte van het beoogde hoogspanningsstation	knelpunt, maar oplosbaar	Twee flauwe kruisingen kort op elkaar.	Tracéalternatieven van Lelylijn en 380 kV en inpassing van het hoogspanningsstation op elkaar afstemmen.
Kruisingen tussen paarse 380 kV tracéalternatief en Lelylijn alternatief	geen knelpunt	Twee kruisingen die allen haaks zijn en daardoor goed zijn in te passen.	Geen maatregel vereist, eventueel hogere masten om inpassing gemakkelijker te maken.
Kruising tussen grijze 380 kV tracéalternatief en Lelylijn alternatief	knelpunt maar oplosbaar	Een flauwe kruising ten zuiden van Emmeloord	Wanneer inpassing van masten t.o.v. het spoor last is kunnen hoekmasten een oplossing bieden.



## 4 Verdieping beoogd nieuw hoogspanningsstation Lelystad

### 4.1 Inleiding

De locatie van een nieuw 380kV hoogspanningsstation Lelystad en de daarbij benodigde 'eindmasten' kunnen een obstakel vormen voor de Lelylijn. Dit kan in een fysieke vorm een blokkade opleveren, waardoor er onvoldoende ruimte is voor het realiseren van zowel de Lelylijn als het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad. Ook kan een plaatsing van een nieuw 380kV hoogspanningsstation een negatieve elektromagnetische beïnvloeding veroorzaken op de componenten in het spoor van de Lelylijn. Daarnaast zijn bij de inlusing van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation in de 380kV lijnverbindingen zogenaamde 'eindmasten' nodig. Dit zijn de laatste masten die de 380kV lijnverbindingen aansluiten op het 380kV hoogspanningsstation. Dit zijn 'extra' masten in de 380kV lijnverbinding en zijn daardoor vaak afwijkend van de rest. Deze masten kunnen indien deze te dichtbij een spoorverbinding staan negatieve invloed hebben op het risicoprofiel van de spoorlijn (omval criterium) en de potentiaal trechter (binnen een straal van 31 meter van de voet van de mast). In deze studie is er slechts één beoogde locatie voor het nieuwe 380kV hoogspanningsstation die een direct fysiek raakvlak kent met de Lelylijn. Andere locaties hebben geen direct fysiek raakvlak met de Lelylijn en worden in dit hoofdstuk niet beschouwd. Daarnaast blijkt uit de uitgevoerde netberekeningen van TenneT dat de locatie van het hoogspanningsstation op deze locatie moet komen en dat enkel (lichte) verschuiving mogelijk is.

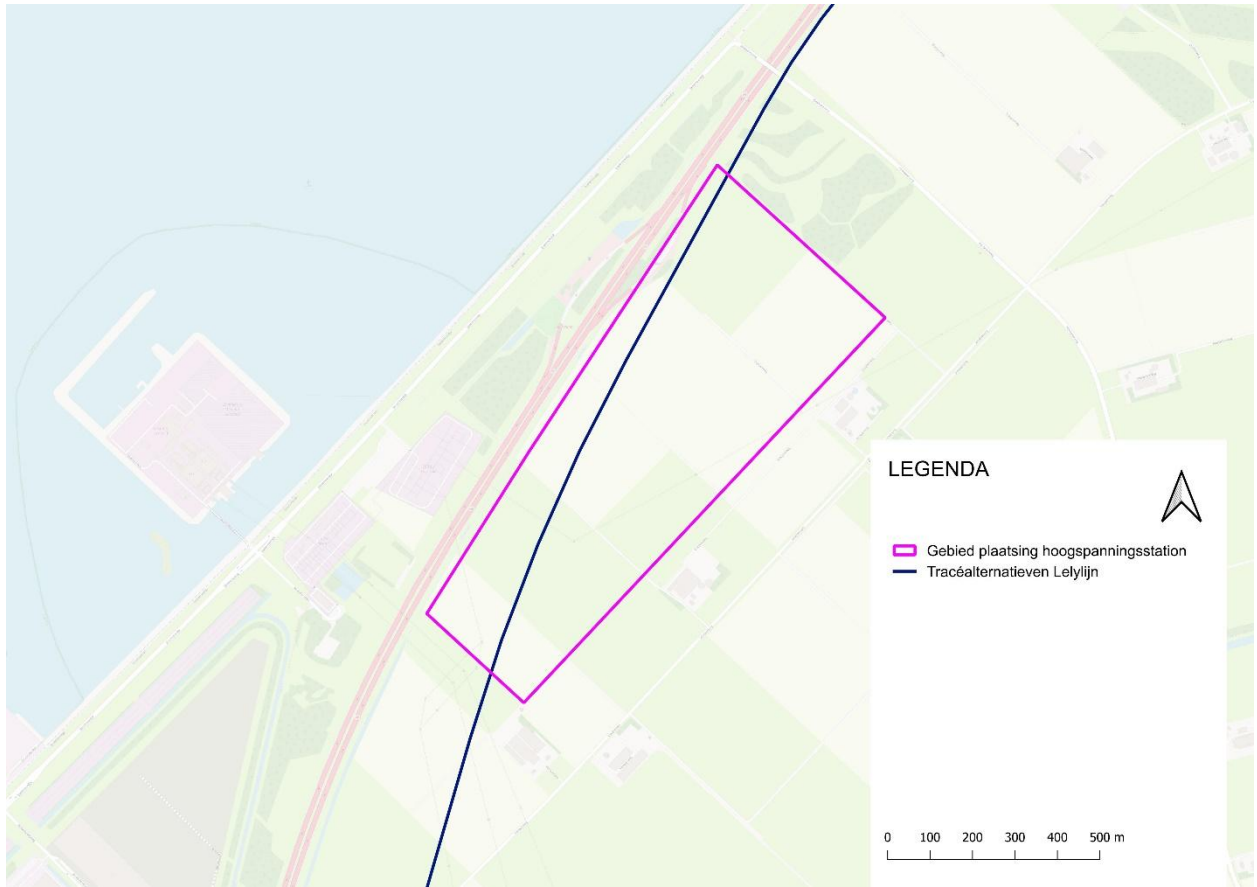
De beoogde positie van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad bevindt zich dichtbij de Lelylijn, bestaande 150kV en 380kV hoogspanningsstations. De Lelylijn ligt weer dicht tegen de snelweg A6 aan. De korte afstand tussen het 380kV hoogspanningsstation, eindmasten en de Lelylijn is niet gunstig, maar er zijn situaties waar dit ook gebeurt (zoals bij 380kV hoogspanningsstation Breukelen-Kortrijk) waarbij de spoorverbinding tussen Breukelen en Woerden dicht langs het 380kV hoogspanningsstation gaat. Dit geeft aan dat een plaatsing van een 380kV hoogspanningsstation dichtbij een spoorlijn niet onmogelijk is en dat er mogelijkheden zijn om dit met ProRail te bespreken.

Als laatste is er ook een raakvlak met de 150kV verbindingen. Vanaf het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad zullen een 8-tal 150kV verbindingen aangelegd worden naar het bestaande- en een nieuw 150kV hoogspanningsstation bij Lelystad. Een mogelijk uitvoeringsvorm voor deze verbinding is als kabels en liggen dus in de grond. Het verwachte tracé van de 150kV kabels betreft met deze uitvoeringsvorm een kruising van de Lelylijn ondergronds. Aangezien de 150kV verbindingen ook onder de snelweg A6 moet, is de verwachting dat dit met door middel van een gestuurde boring wordt uitgevoerd. Een doorkruising van een 150kV kabel onder het spoor is iets dat vaak gebeurt en hier niet anders is. Echter, gezien de hoek van de doorkruising en de krappe ruimtes kan het zijn dat voor de beheerbaarheid en mate van onderhoud van de kabel deze situatie problemen oplevert. De punten waar de kabel de grond in gaat zullen zich allen binnen het hekwerk van een hoogspanningsstation bevinden. Dit betekent dat de kaders van het hoogspanningsstation Lelystad maatgevend zijn voor het ruimtebeslag en de kabels geen additioneel probleem opleveren hierin.

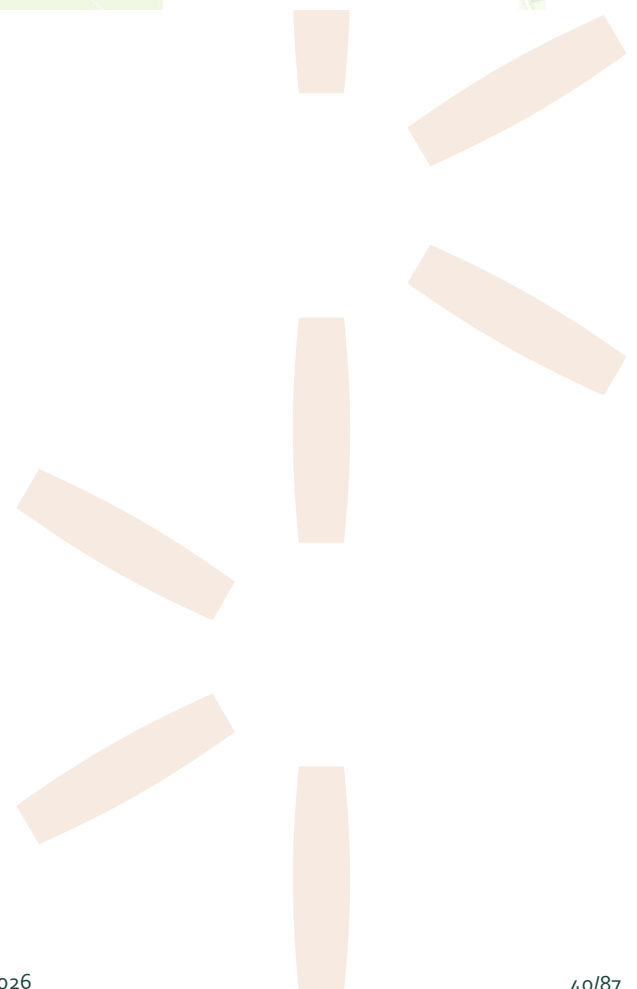
### 4.2 Aanpak

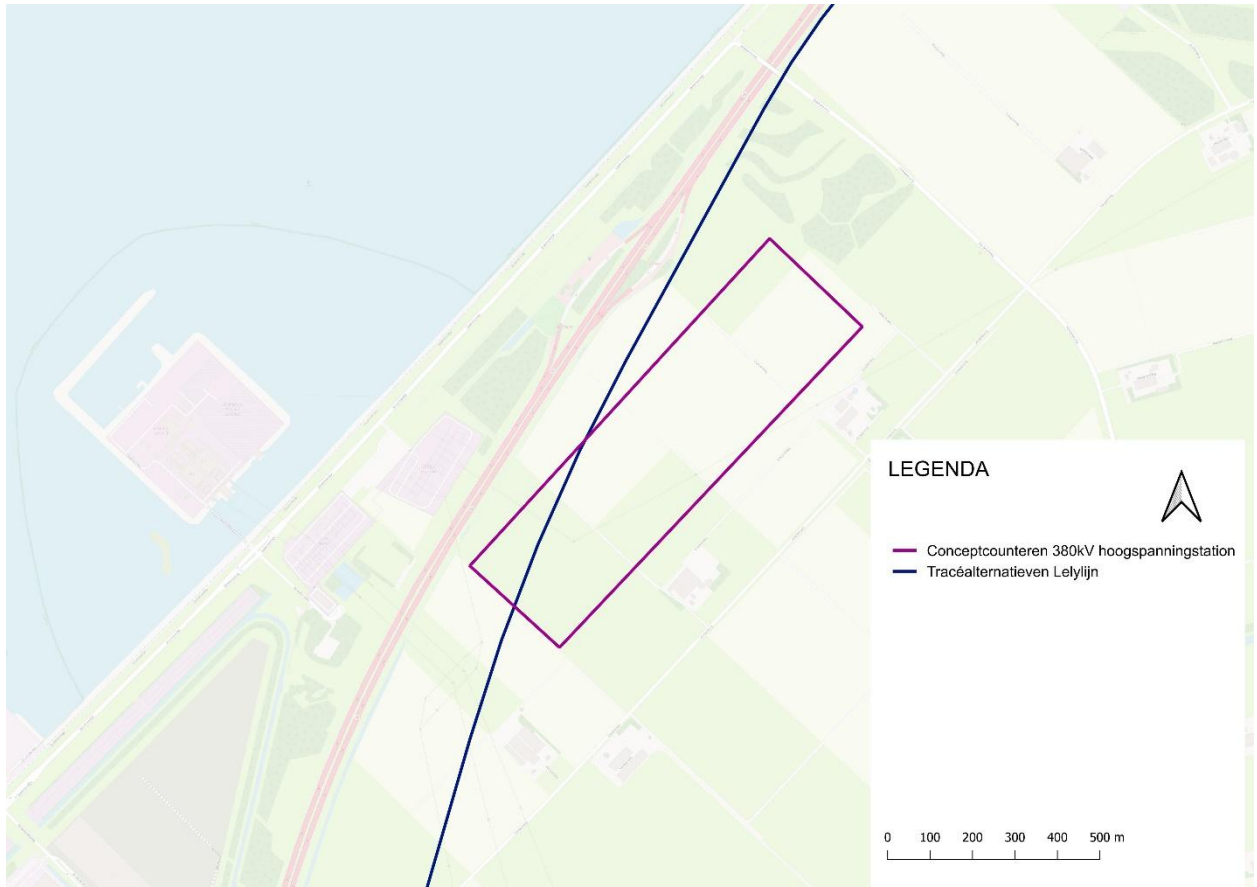
De exacte positie van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad en de daarbij behorende eindmasten is nog niet bekend, maar de ruimte waarin deze assets geplaatst dienen te worden (het zoekgebied) is wel al bekend. Hierbij wordt er een analyse uitgevoerd voor het verschuiven van de beoogde positie van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad binnen het zoekgebied.

In deze paragraaf wordt er gekeken naar de positionering van het hoogspanningsstation ten opzichte van de Lelylijn binnen het zoekgebied. Het zoekgebied is aangegeven in Figuur 4.2-1, de contouren van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad is weergegeven in Figuur 4.2-2, de beoogde strook aan 150kV hoogspanningskabels is weergegeven in Figuur 4.2-3 en de volledige situatie in Figuur 4.2-4.

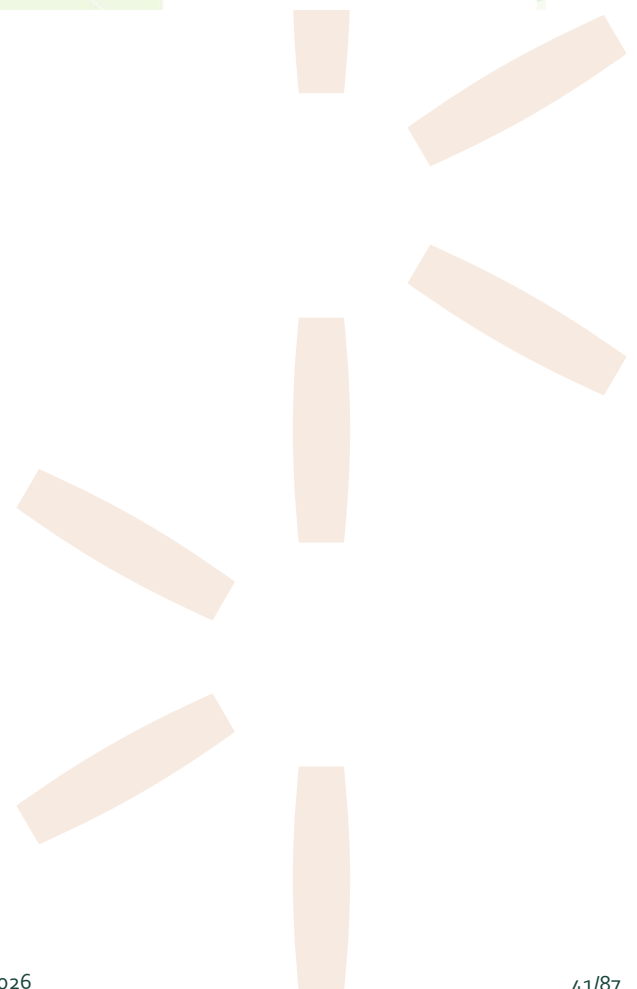


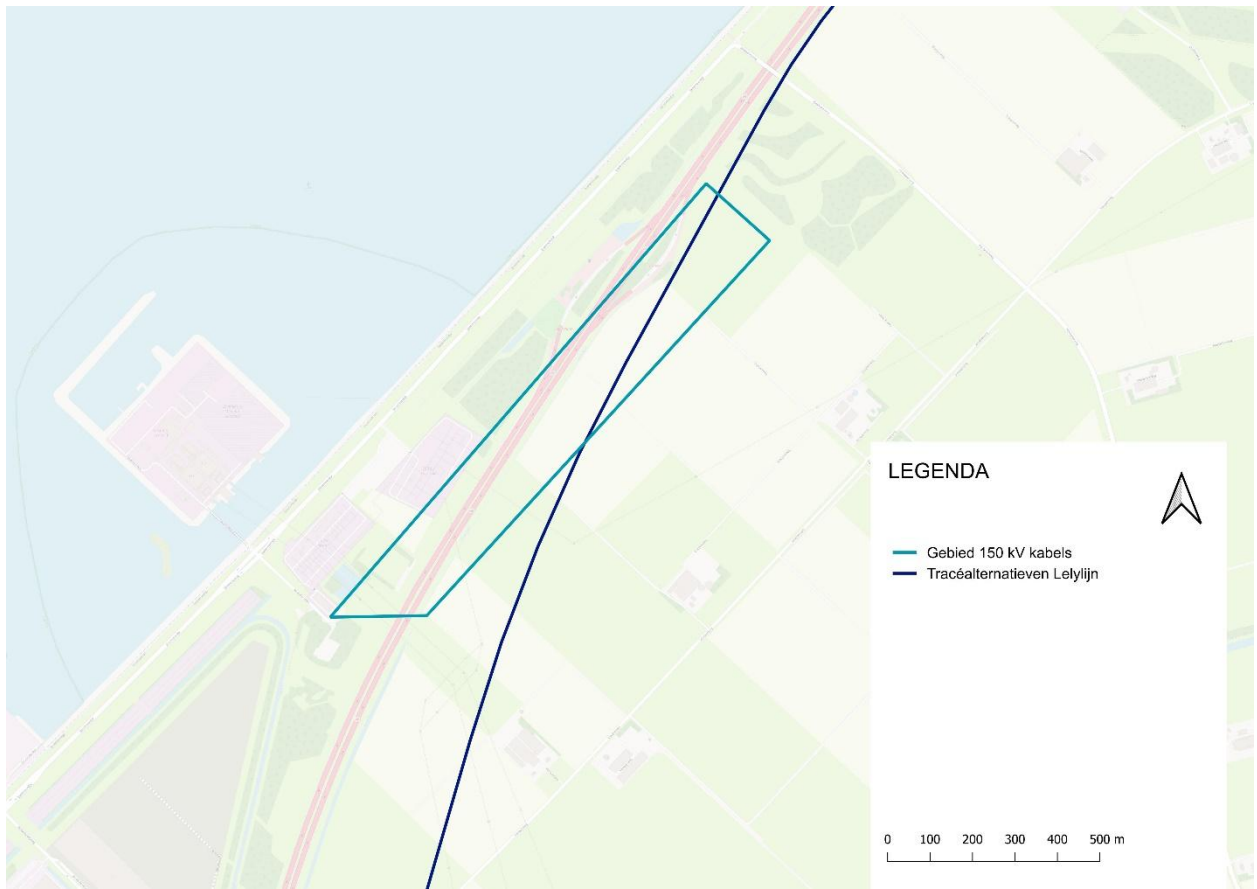
Figuur 4.2-1: zoekgebied voor het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad





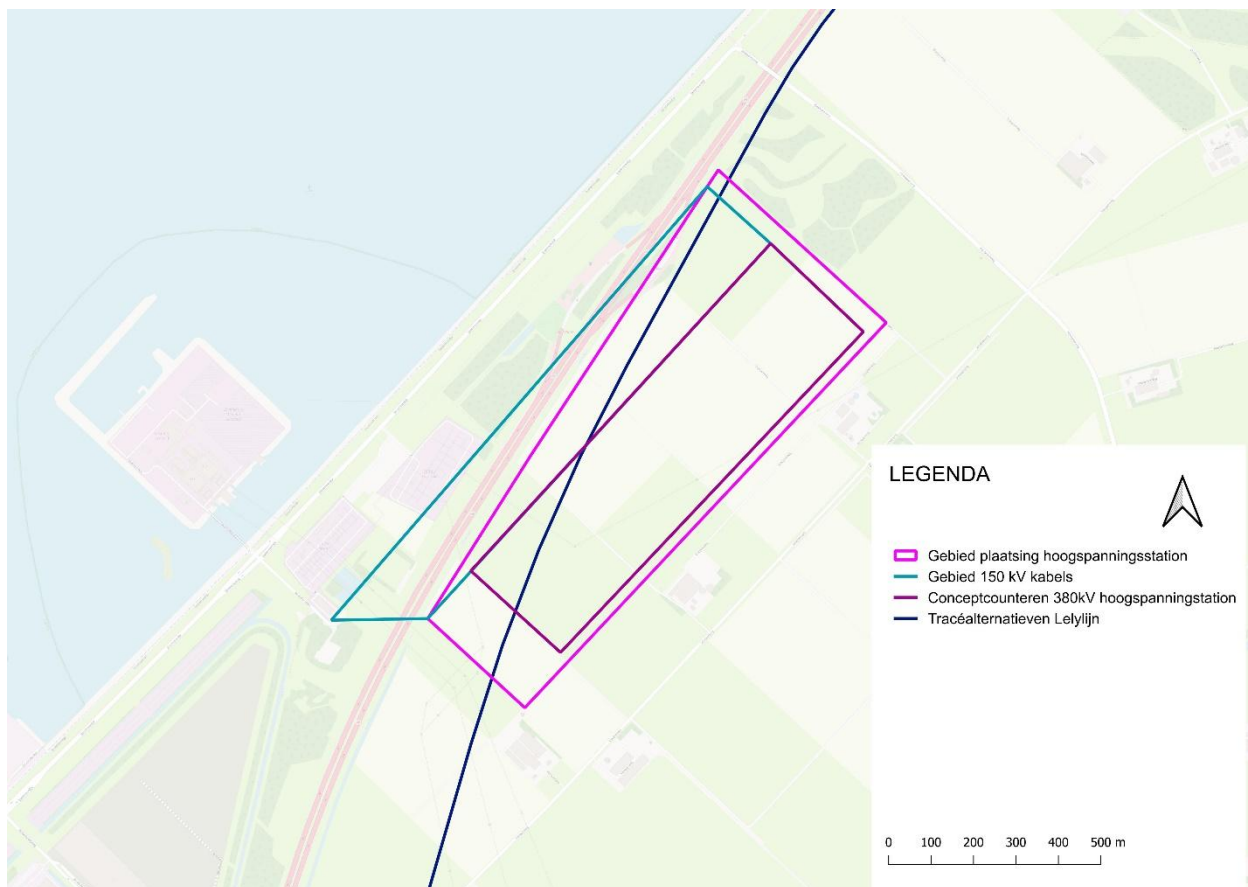
Figuur 4.2-2: de concept contouren van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad





Figuur 4.2-3: gebied waar de 150kV kabels in de grond kunnen komen te liggen





Figuur 4.2-4: volledig gebied voor het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad

Aan de hand van deze plaatjes in combinatie met de vigerende eisen en vuistregels wordt er gekeken of een plaatsing van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad mogelijk is binnen het zoekgebied.

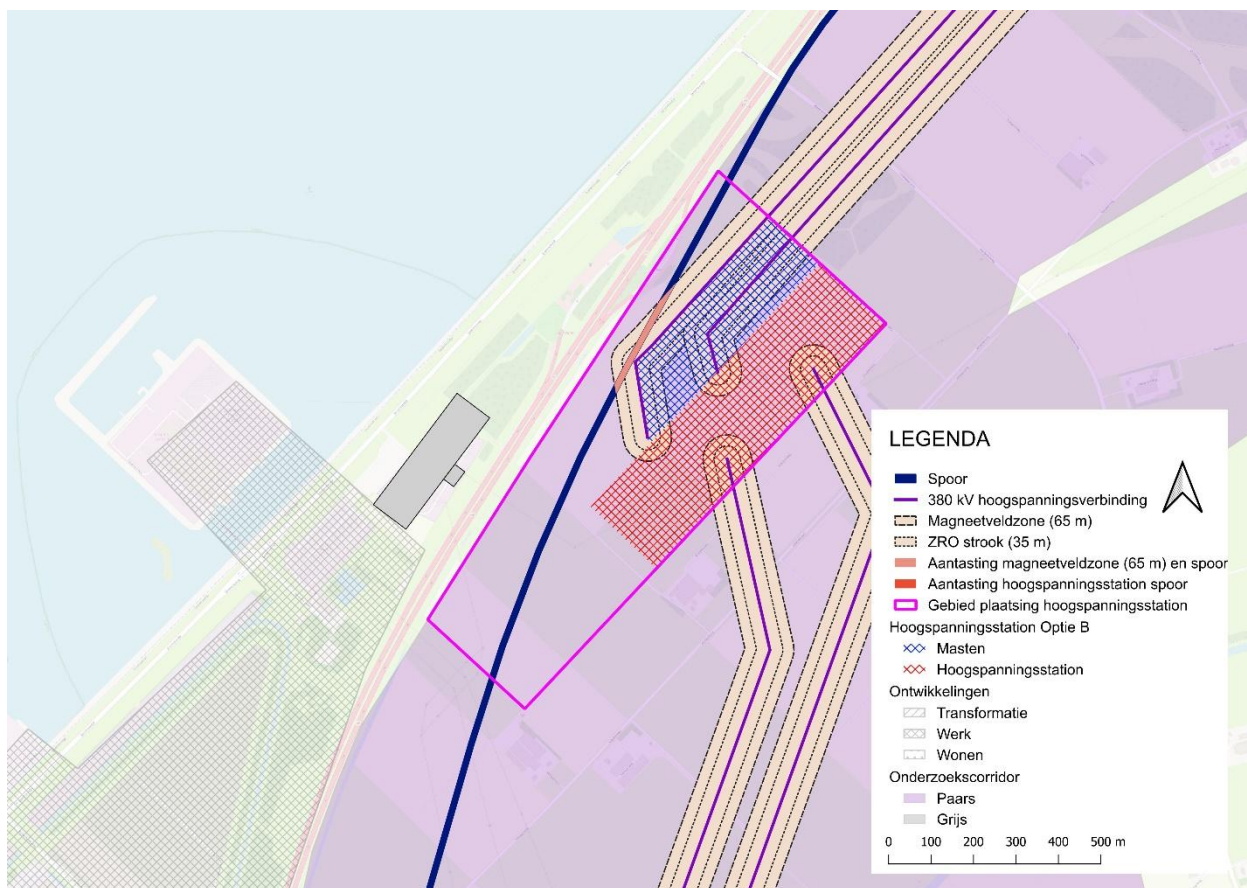
### 4.3 Resultaten

In de gepresenteerde resultaten wordt de situatie weergegeven waarin het station is gepositioneerd zonder dat daarbij rekening is gehouden met de aanwezigheid of positie van de Lelylijn. De plaatsing is weergegeven in Figuur 4.3-1.



Figuur 4.3-1: initiële positie van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad in relatie tot de Lelylijn

Hieruit blijkt dat de beoogde positie en grootte van het hoogspanningsstation Lelystad voor een groot gedeelte gepositioneerd zou zijn op de Lelylijn en daarmee de Lelylijn zou blokkeren. Vanwege deze reden is er gekeken naar het verplaatsen van het hoogspanningsstation naar de uiterste hoek van het zoekgebied. Dit is weergegeven in Figuur 4.3-2.



Figuur 4.3-2: positie van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad na het verschuiven binnen het zoekgebied.

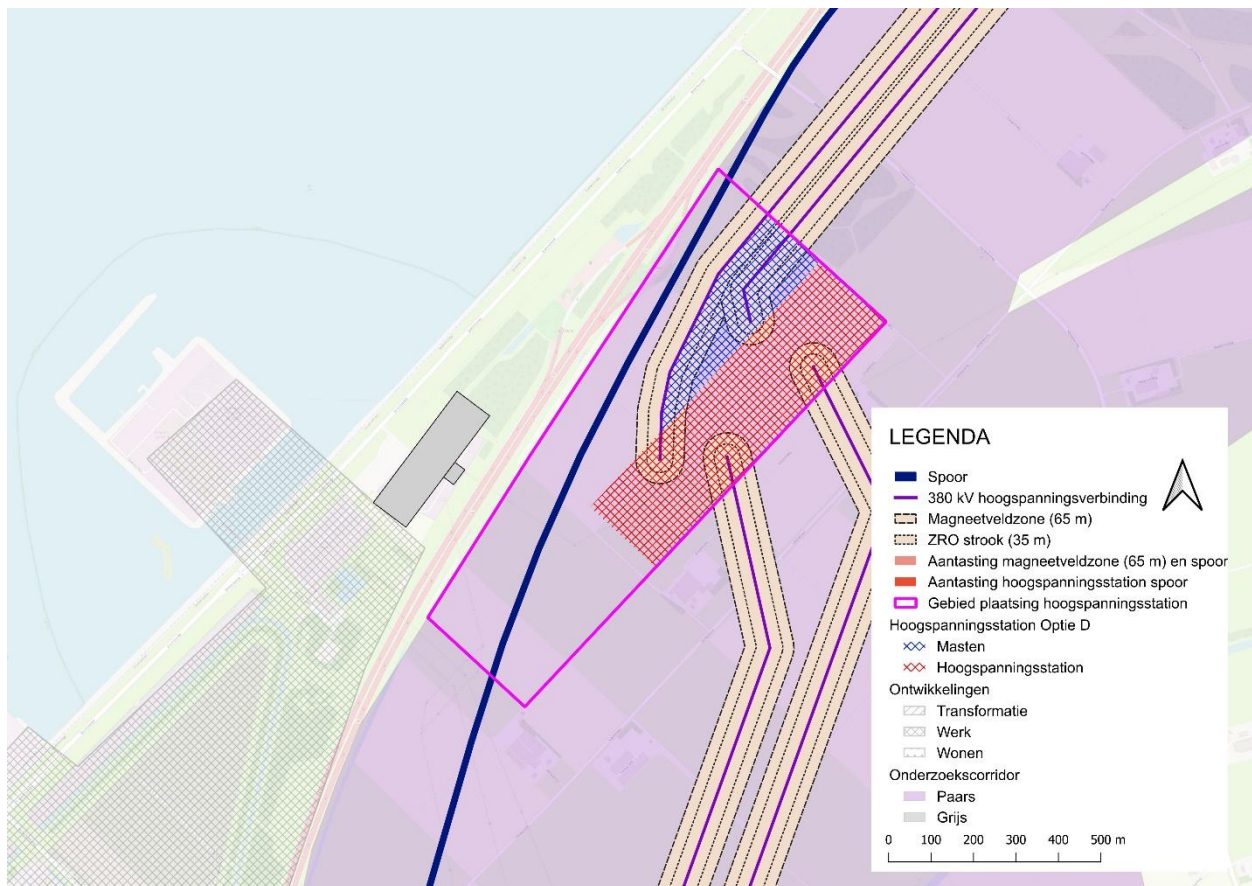
Hieruit blijkt dat een verschuiving van het hoogspanningsstation naar de uiterste hoek van het zoekgebied nog steeds een raakvlak kent met de Lelylijn en dat hiermee onvoldoende ruimte beschikbaar is om een veilige situatie te garanderen.

Vervolgens is onderzoek gedaan naar een optimalisatie van de posities van de eindmasten in relatie tot het hoogspanningsstation en wat hierin optioneel mogelijk zou zijn. Dit resulteert in een kleinere oppervlakte voor de positie van de eindmasten, maar de grootte van het hoogspanningsstation blijft daarin hetzelfde. Dit is weergegeven in Figuur 4.2-3. Hierbij wordt de initiële positie van het hoogspanningsstation aangehouden.



Figuur 4.2-3: positie van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad na optimalisatie van de eindmasten.

In deze situatie is de overlap met de Lelylijn een stuk minder, maar er is nog steeds onvoldoende ruimte voor het realiseren van zowel de Lelylijn als het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad. Daarom is er als laatste mogelijkheid gekeken naar een geoptimaliseerde versie van de eindmasten én het verschuiven van het hoogspanningsstation naar de uiterste hoek binnen het zoekgebied. Dit is weergegeven in Figuur 4.2-4.

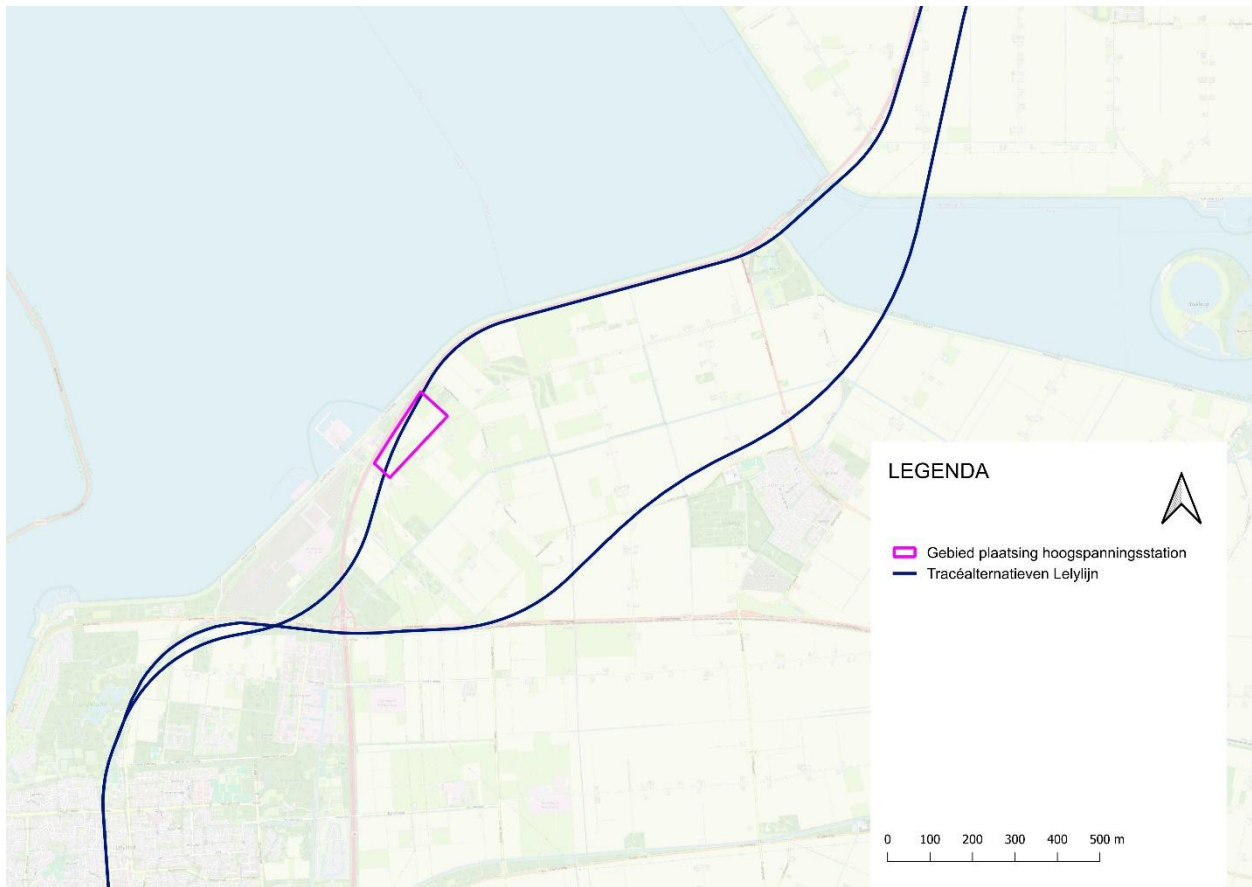


Figuur 4.2-4: positie van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad na optimalisatie van de eindmasten en het verschuiven binnen het zoekgebied.

In deze situatie kent het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad geen overlap meer met de Lelylijn. Ook de eindmasten aan de noordwestelijke kant van het hoogspanningsstation komen niet in de buurt van de Lelylijn. ProRail hanteert een afstand van minimaal 31 meter tussen voet van de mast en hartlijn van het spoor. De mastvoeten staan in een vierkant van 15 bij 15 meter, de afstand tussen het midden van de mast en de voet komt dat uit op 10,6 meter. Dit zou dan neerkomen op een afstand van iets meer dan 40 meter en valt binnen de magneetveldzone van 65 meter en is daarmee dit probleem ook afgedekt. Zoals te zien in Figuur is er voldoende ruimte tussen de (eind)masten en de Lelylijn. Wel dient er nog rekening gehouden te worden met het omvalcriterium, maar daarvoor dient een nadere studie de exact benodigde afstand te bepalen. Dit is afhankelijk van de hoogte van de masten, maar de verwachting is dat dit neer komt neer ongeveer 60 meter vanuit het midden van de masten. Dit valt binnen de grenzen van de magneetveldzone (65 meter) en wordt er daarmee standaard rekening gehouden dit is ook visueel zichtbaar in de figuren. De Lelylijn heeft een 'corridor' van ongeveer 250 meter in het meest smalle stuk tussen het hoogspanningsstation en de snelweg.

Bovenstaande situaties betreffen een conceptuele opzet van het hoogspanningsstation, de eindmasten en de referentielijn van de Lelylijn. Hiermee wordt aangetoond dat een oplossing mogelijk is, maar betreft dit niet de definitieve en ideale situatie voor het hoogspanningsstation Lelystad. Of dit mogelijk is dient in een gedetailleerde studie uitgezocht te worden, maar is met de huidige informatie en ontwerpen mogelijk. Het optimaliseren van de Lelylijn ten opzichte van het hoogspanningsstation dient hierin ook meegenomen te worden.

Het alternatieve tracé van de Lelylijn komt niet in de buurt van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation Lelystad en kent daarom geen raakvlak én geen problemen. Zie figuur 4.2-5.



Figuur 4.2-5: positie van het gebied voor het plaatsen van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad ten opzichte van de tracéalternatieven Lelylijn.

De 150kV-connectie naar het 150kV hoogspanningsstation zal doormiddel van 150kV kabels uitgevoerd worden. Deze gaan binnen het hekwerk van het nieuwe 380kV hoogspanningsstation de grond in en zullen daar met alle waarschijnlijkheid via een gestuurde boring naar de andere kant van de snelweg gebracht worden. Een 150 kV kabel onder een spoor is een veel voorkomende constructie in Nederland en dient zo haaks mogelijk uitgevoerd te worden. Dat laatste wordt lastig in deze situatie, maar vormt daarmee geen knelpunt. De effecten van een 150kV hoogspanningskabel op het spoor zijn vrij nihil bij een situatie anders dan een lange parallelloop, dat hier niet gebeurt. Het grootste knelpunt zit in het aantal kabels en daarmee een grotere strook waar kabels in de grond liggen. Het gaat vooral om goede afstemming over de diepte en de onderhoudbaarheid van beide assets, maar dat is geen ongebruikelijke en onmogelijke situatie.

Mocht blijken dat de beschreven optimalisaties niet mogelijk zijn of ongewenst zijn vanuit TenneT dan zijn mitigerende maatregelen nodig. Deze staan beschreven in het opvolgende hoofdstuk.

#### 4.4 Mitigerende maatregelen

In de onderstaande paragraaf worden verschillende mitigerende maatregelen genoemd die ervoor zorgen dat de Lelylijn en het plaatsen van een het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad beide kunnen plaatsvinden.

##### Verbreding van het zoekgebied

Een van de mitigerende maatregelen betreft het verbreden van het zoekgebied, waarmee meer ruimte ontstaat voor de positionering van het hoogspanningsstation. Met name een uitbreiding in zuidoostelijke richting wordt

als het meest kansrijk beschouwd. In eerdere onderzoeken is bewust gekozen voor de huidige omvang van het zoekgebied, gebaseerd op een aantal specifieke overwegingen. Voornamelijk ondergrondse objecten en perceelgrenzen, maar ook de woningen tussen de weg zijn hiervoor maatgevend geweest.

Echter, voortschrijdend inzicht heeft geleid tot heroverweging van de toenmalige uitgangspunten. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid dat een verbreding van het zoekgebied alsnog noodzakelijk is. Een dergelijke uitbreiding zou immers extra ruimte bieden om beide projecten op een ruimtelijk verantwoorde wijze te realiseren.

Het advies naar TenneT hierin is om in een vroege fase deze opties te verkennen en gesprekken met grondeigenaren op te starten om afstemming hierin te vinden.

### **Andere locatie onderzoeken**

Mocht verbreding van het zoekgebied geen optie zijn dan is het zoeken naar een andere locatie een optie. Het gaat hier dan om andere locaties binnen maximaal een straal van één kilometer.

In eerdere onderzoeken is gekeken naar meerdere locaties voor een nieuw hoogspanningsstation. Deze zijn op destijds geldende uitgangspunten gebaseerd. Uit onderzoek en berekeningen is gebleken dat het hoogspanningsstation op deze locatie geplaatst dient te worden. Het gaat hierbij om resultaten uit berekeningen van het elektriciteitsnet en de grootte van het hoogspanningsstation. Hierdoor werden de andere locaties als ontoereikend bestempeld.

Met de nieuwe inzichten en het daarbij voortkomende raakvlak met de Lelylijn kan er met nieuwe uitgangspunten onderzoek gedaan worden naar andere locaties voor het hoogspanningsstation. Echter, gezien de voorgaande onderzoeken en de ontwikkelingen in de omgeving is de verwachting dat deze maatregel beperkt oplossing zal bieden om het probleem op te lossen. Dit heeft te maken met geringe speelruimte om een andere locatie te kunnen kiezen.

### **Lelylijn aanpassen**

Mochten de voorgaande mitigerende maatregelen geen uitkomst bieden kan het aanpassen van de Lelylijn ook tot de mitigerende maatregelen kunnen behoren. Hierin dient eerst gekeken te worden naar optimalisatie van de Lelylijn met een kleinere afstand naar de snelweg A6.

Mocht dat te weinig oplossing bieden dan zou de Lelylijn richting de onderzijde van het hoogspanningsstation verplaatst moeten worden. Deze oplossing komt dan erg dicht bij de andere variant van de Lelylijn en daarmee is het aannemelijker dat er gekozen wordt om de andere variant te hanteren als route richting Lelystad in plaats van de variant langs de snelweg.

## 4.5 Conclusie

Tabel 4.5-1: Concluderend overzicht knelpunt en mitigerende maatregelen.

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
Raakvlak Lelylijn met hoogspanningsstation Lelystad	Waarschijnlijk combineerbaar, maar met gevolgen en nader onderzoek.	Er is een groot ruimtelijk vraagstuk op basis van de beschikbare ruimte, zonder dieper onderzoek kan er geen definitief antwoord gegeven worden of de beide projecten combineerbaar zijn.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aanpassing aan de positionering van de eindmasten en het hoogspanningsstation in combinatie met een optimalisatie van de Lelylijn</li> <li>2. Uitbreiding van het zoekgebied voor de plaatsing van het hoogspanningsstation</li> <li>3. Nieuw zoekgebied onderzoeken</li> <li>4. Aanpassing aan de Lelylijn</li> </ol>

Uit de analyse blijkt dat het raakvlak tussen de Lelylijn en het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad dusdanig is dat dit niet oplosbaar is zonder aanpassing bij de Lelylijn of bij het 380kV-station.

De meest voor de hand liggende oplossing binnen dit project betreft een aanpassing met betrekking tot de positionering van het nieuwe hoogspanningsstation. Hierbij kan worden gekeken naar een optimalisatie van de eindmasten, in combinatie met het verplaatsen van het hoogspanningsstation naar een hoekligging binnen het huidige zoekgebied. Er kan daarbij ook gesteld worden dat het hoogspanningsstation op deze locatie de ontwerpruimte van de Lelylijn beperkt.

Daarnaast is ook een optimalisatie van de Lelylijn noodzakelijk, aangezien deze momenteel op een ongunstig vroege locatie afbuigt van de snelweg. Door deze afbuiging te verleggen, kan de beschikbare ruimte voor zowel de Lelylijn als het hoogspanningsstation worden vergroot.

Indien bovenstaande optimalisaties niet realiseerbaar blijken, lijkt een uitbreiding van het zoekgebied voor de plaatsing van het hoogspanningsstation een eerste haalbare mitigerende maatregel. Het wordt geadviseerd om in een vroeg stadium de grondeigenaren te betrekken bij de gesprekken over deze mogelijke uitbreiding, om gezamenlijk de beschikbare opties te verkennen.

Mocht ook deze maatregel geen uitkomst bieden, dan zou het opstarten van een nieuw onderzoek naar een alternatieve locatie voor het hoogspanningsstation, op basis van aangepaste uitgangspunten, overwogen kunnen worden. Dit onderzoeksgebied zou dan binnen een straal van ongeveer 1 km ten opzichte van het huidige hoogspanningsstation betreffen. Gezien de reeds uitgevoerde onderzoeken is de verwachting echter dat deze optie slechts beperkte mogelijkheden zal bieden.

Tot slot is een aanpassing van de Lelylijn te beschouwen als een alternatieve mitigerende maatregel. Dit kan worden gerealiseerd door de Lelylijn eerder van de snelweg te laten afbuigen en deze het hoogspanningsstation te laten passeren aan de zuidoostkant. Deze oplossing is echter ingrijpend en benadert sterk het zuidelijke alternatief voor de Lelylijn. Het is dan ook aannemelijk dat het daadwerkelijk kiezen voor dit zuidelijke alternatief de voorkeur verdient boven een verlegging van het huidige tracé.

## 5 Aandachtspunten realisatie

### 5.1 Inleiding

De realisatie van beide projecten vindt niet gelijktijdig plaats. In de projectplanning van beide projecten wordt het project 380 kV meerdere jaren eerder gebouwd dan de Lelylijn. Er kunnen op verschillende aspecten zoals de kruisingen en elektromagnetische beïnvloeding aandachtspunten ontstaan. Deze aandachtspunten worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

### 5.2 Aanpak

Het onderzoek naar de aandachtspunten bij de realisatie is verricht op kwalitatieve wijze door het ondervragen van verschillende specialisten op het gebied van aanleg van beide typen infrastructuur. Onder deze specialisten zijn ook ervaringsdeskundigen omtrent het realiseren van kruisingen tussen hoogspanningsverbindingen en spoorlijnen. Daarnaast is ook beschreven welke aandachtspunten er tijdens de realisatie zijn omtrent elektromagnetische beïnvloeding. In de resultaten zijn verschillende maatregelen voorgesteld die standaard worden genomen bij projecten waar hoogspanningsverbinding en spoorlijn nabij elkaar liggen.

### 5.3 Resultaten

De belangrijkste aspecten om rekening mee te houden liggen bij kruisen van de lijnen. Het gaat daarbij om de volgende werkzaamheden:

- Werkzaamheden aan bovenleidingportalen en bovenleidingen: Het installeren van hoge componenten zoals portalen en bovenleidingen kan de veilige afstand tot de hoogspanningslijnen verkleinen, wat risico's op elektrische overslag met zich meebrengt. Dit wordt als het voornaamste aspect gezien en zal als enige nader worden toegelicht.
- Grondwerk nabij masten: Graafwerkzaamheden voor de aanleg van spoorfunderingen kunnen de stabiliteit van hoogspanningsmasten beïnvloeden.
- Gebruik van zware machines nabij masten en hoogspanningslijnen: Hierbij kan aanrijdschade aan de hoogspanningslijnen of masten optreden.
- Onderhoudswerkzaamheden: Onderhoud aan zowel de spoorlijn als de hoogspanningsverbinding kan complex zijn, vooral als er beperkte toegang is tot de infrastructuur

#### 5.3.1 Werkzaamheden aan de bovenleiding

Het trekken van de bovenleiding is een van de meest tijdrovende werkzaamheden. ProRail geeft de voorkeur aan lange stukken bovenleiding, wat het trekken ervan tot een meerdaagse taak maakt. Afhankelijk van de beschikbare afstand tussen het spoor en de hoogspanningslijnen is het mogelijk om met het spoorse materieel te werken onder een hoogspanningsverbinding. Het is voornamelijk belangrijk om een veilige werkomgeving te waarborgen. Als dit niet is gegarandeerd dan kan in het ergste geval een tijdelijke uitschakeling van de 380 kV hoogspanningsverbinding een oplossing bieden. In dit geval is het aan te raden om te werken met kortere stukken bovenleiding (bijvoorbeeld 50 meter voor en na de kruising). Dit maakt het mogelijk om de bovenleiding binnen een paar uur te trekken.

Bij trajecten met meerdere kruisingen kan het noodzakelijk zijn om de bovenleiding in meerdere stukken op te knippen. Hoewel dit mogelijk is, is het niet wenselijk. Voor onderhoud en operationele efficiëntie is het beter om voldoende ruimte tussen de kruisingen te houden, zodat er vrij gewerkt kan worden. Dit betekent dat drie afzonderlijke kruisingen te verkiezen zijn boven één lange kruising met meerdere overgangen.

Bij de planning van het tracéalternatief van de Lelylijn moet rekening worden gehouden met voldoende ruimte tussen de kruisingen. Dit vergemakkelijkt zowel de bouw als het onderhoud, en voorkomt de noodzaak van lange, complexe kruisingen.

Tussen huidige tracéalternatieven zijn er nul tot twee kruisingen (afhankelijk van tracéalternatieven). Deze kruisingen zijn op voldoende afstand van elkaar om goed een bovenleiding te trekken. Het is echter nog niet

duidelijk te zeggen waar de masten komen te staan en daarmee ook te zeggen waar de hoogspanningslijnen het laagst hangen. De verwachting is echter dat de kruisingen die er zijn tussen beide verbindingen geen probleem opleveren voor het realiseren van de bundeling van project 380 kV en de Lelylijn.

### 5.3.2 Inductieve beïnvloeding tijdens de bouw

#### 5.3.2.1 *Bouwen bij een hoogspanningsverbinding*

Bij het bouwen nabij of onder een hoogspanningslijn dient rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van spanning voerende geleiders. Er dient een minimale afstand tot de spanningvoerende geleiders (gevaarzone) aangehouden te worden om overslag van de spanningvoerende geleiders naar werktuigen te voorkomen. Hoog reikende werktuigen dienen indien nodig in hoogte beperkt te worden om de minimale afstand tot de spanningvoerende geleiders te borgen. Bij kranen dient ook rekening gehouden te worden met het risico op omvallen, en het daarbij binnen de gevaarzone komen. Ook bij het kruisen van werkwegen onder hoogspanningslijnen door dient op de hoogte van de gebruikte transport middelen en de hoogte van de lading gelet te worden. Het toepassen van een fysieke afscherming in de vorm van een hoogte beperkende doorrijdconstructie met hoogte aanduiding en waarschuwingsborden kan noodzakelijk zijn.

Grondwerkzaamheden mogen de stabiliteit van de fundatie van hoogspanningsmasten niet aantasten, en mogen de stabiliteit van ondergrondse hoogspanningskabeltracés niet aantasten.

Bij werkzaamheden dichtbij of onder een hoogspanningslijn dient rekening gehouden te worden met de effecten van capacatieve oplading. Het toepassen van een sleepketting aan materieel (dat geen metalen rupsbanden heeft) kan nodig zijn. Bij werkzaamheden nabij (parallelloop) een hoogspanningslijn of een hoogspanningskabel dient rekening gehouden te worden met de effecten van inductieve inkoppeling. Het VWS-HS van Stichting Railalert dient bij werkzaamheden aan het spoor gevolgd te worden om onveilige situaties te voorkomen. Tevens dient bij TenneT toestemming gevraagd te worden voor het uitvoeren van de werkzaamheden nabij hoogspanningsverbindingen. TenneT kan in de toestemming aanvullende voorwaarden vastleggen om een veilige uitvoering van de werkzaamheden te borgen.

#### 5.3.2.2 *Bouwen bij een spoorlijn*

Bij het bouwen nabij of boven een spoorlijn dient rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van spanning voerende geleiders van de bovenleiding, en met treinverkeer op het spoor. Bij het trekken van geleiders over het spoor dient voorkomen te worden dat deze op het spoor vallen en in contact komen met de spanningvoerende bovenleiding en/of gevaar voor het treinverkeer opleveren. Het plaatsen van een jukken constructie aan weerszijden van het spoor, of een rollengordijn over het spoor kan hierbij nodig zijn. Bij het toepassen van materieel dient voorkomen te worden dat deze op het spoor kunnen vallen. Bij het toepassen van kranen die een bereik hebben die over de spanningvoerende bovenleiding ligt, dient een verbinding tussen de kraan en het spoor gemaakt te worden in de vorm van een paal-spoorstaaf verbinding met doorslagveiligheid. Deze zorgt voor een afschakeling van de bovenleidingspanning mocht de kraan onverhoopt in contact komen met de spanningvoerende bovenleiding.

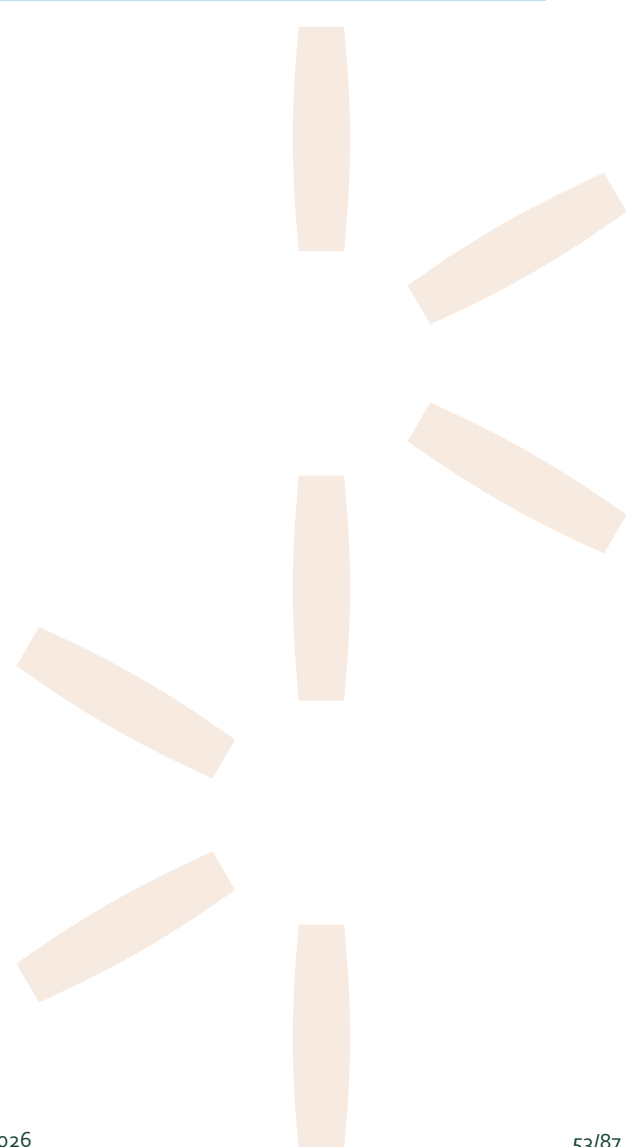
Grondwerkzaamheden bij het spoor mogen de stabiliteit van het baanlichaam niet aantasten. Bij het maken van spoorkruisingen met hoogspanningskabels dient o.a. de RLN00427-2 gevolgd te worden.

## 5.4 Conclusie

Bij de realisatie dient vooral gelet te worden op kruisingen en de inductieve beïnvloeding van de hoogspanningsverbinding. Er is echter veel ervaring met werken bij hoogspanningsverbindingen waardoor er veel werkprotocollen zijn om dit veilig te laten gebeuren. In de onderstaande tabel worden de gevonden knelpunten beschreven met daarbij eventueel een mitigerende maatregel.

Tabel 5.4: Concluderend overzicht van de knelpunten

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
Realiseren van kruisingen	Knelpunt, maar oplosbaar	Er zijn 0 tot 2 kruisingen tussen de Lelylijn en 380 kV tracéalternatieven. De meeste kruisingen zijn haaks en er worden mitigerende maatregelen voorgesteld om het effect van de kruising te beperken.	Ten eerste de voorgestelde maatregelen bij het onderdeel kruisingen. Bij zeer moeilijke inpassing kan in het ergste geval gekozen kan een tijdelijke uitschakeling van de hoogspanningsverbinding nodig zijn om de kruising te realiseren.
Inductieve Beïnvloeding tijdens de bouw	Geen knelpunt	Werken nabij een hoogspanningsverbinding vraagt extra aandacht voor spanning en capacatieve lading. Hiervoor zijn standaardwerkprotocollen en methodes om te zorgen dat dit veilig gebeurt.	Niet van toepassing



## 6 Raakvlakken met gebiedsontwikkeling

### 6.1 Inleiding

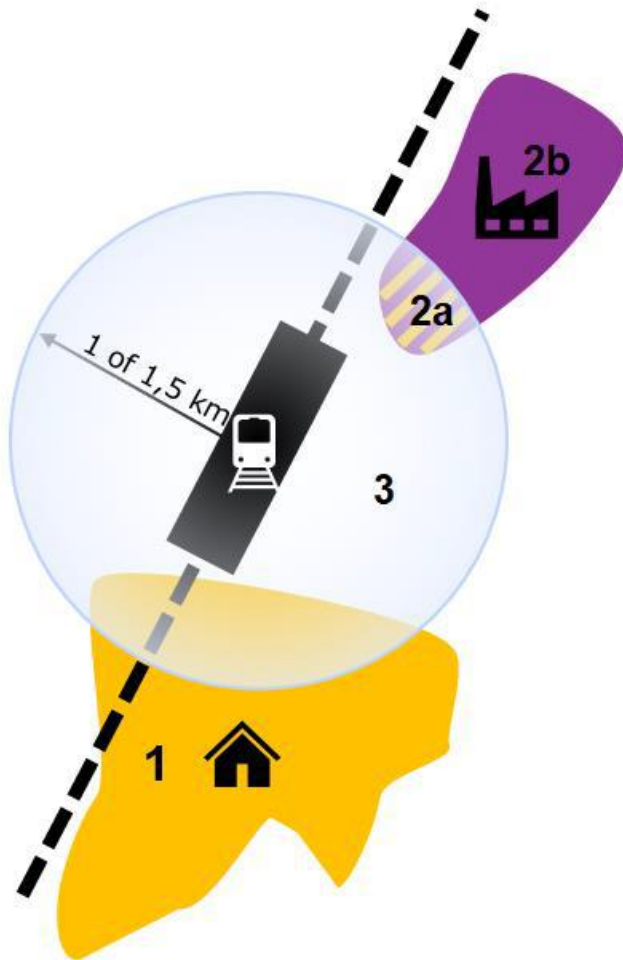
Dit hoofdstuk biedt inzicht in de impact van de 380 kV-hoogspanningsverbinding op de beoogde ruimtelijke ontwikkelingen die verbonden zijn aan de Lelylijn. Hoofdstuk 6.2 gaat in op de aanpak van deze analyse. Hoofdstuk 6.3 gaat vervolgens per relevante NOVEX-ontwikkeling in op de raakvlakken met de nieuwe hoogspanningsverbinding. In dit hoofdstuk sluiten we aan bij de aanpak van het vergelijkbare project van de aanleg van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding Vierverlaten - Ens. Dit houdt in dat dezelfde aanpak, opbouw, benaderingen en typen ontwikkelingen gehanteerd worden om de impact en ontwikkelingen in kaart te brengen.

### 6.2 Aanpak

In dit hoofdstuk wordt de impact van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding op gebiedsontwikkelingen die samenhangen met de Lelylijn beschreven. Deze ontwikkelingen komen uit het NOVEX Ontwikkelperspectief Lelylijn. In dit rapport worden onder meer direct oppervlakteverlies, versnippering en inpassingsmogelijkheden beoordeeld.

Het betreft zachte ontwikkelingen: een mogelijke toekomstige ontwikkeling waar nog geen (ontwerp) planologisch besluit voor de realisatie (zoals een vergunning of wijziging omgevingsplan) voor bestaat. In dit rapport wordt naar de zachte ontwikkelingen verder verwezen als 'ontwikkeling' of 'NOVEX-ontwikkeling'. In het deelrapport Omgeving van de Integrale Effecten Analyse (hierna: IEA), wordt de impact van de 380 kV-hoogspanningsverbinding op de andere zachte ruimtelijke ontwikkelingen in het projectgebied beschreven. Dat zijn ontwikkelingen die geen relatie hebben met de Lelylijn.

Het uitgangspunt voor dit hoofdstuk zijn de ontwikkelingen die in kaart zijn gebracht voor het 'Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn' (bron: Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn 2050: <https://delelylijn.nl/wp-content/uploads/2024/09/1.-NOVEX-Lelylijn-Ontwikkelperspectief.pdf>) en het daarbij behorende achtergrondrapport (bron: Achtergrondrapport Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn: [delelylijn.nl/wp-content/uploads/2024/09/2.-NOVEX-Lelylijn-Ontwikkelperspectief-Onderbouwing-1.pdf](https://delelylijn.nl/wp-content/uploads/2024/09/2.-NOVEX-Lelylijn-Ontwikkelperspectief-Onderbouwing-1.pdf)). Er bestaan echter nog onzekerheden met betrekking tot de exacte omvang en planologische invulling van de ontwikkelingen. Het zijn ontwikkelingen die alleen doorgang vinden op de beoogde wijze als de Lelylijn wordt gerealiseerd. De planhorizon ligt dan ook verder in de toekomst (2050) en de planvorming voor de uitwerking van de gebiedsontwikkelingen is nog niet gestart. Daarom wordt uitgegaan van de best beschikbare informatie die momenteel voorhanden is. Figuur 6.1 toont de typen gebiedsontwikkelingen die in deze notitie worden beschouwd in relatie tot de potentiële 380 kV-hoogspanningsverbinding.



Figuur 6.1 Typen gebiedsontwikkelingen rondom Lelylijn (de Lelylijn is hierbij aangegeven met de stippellijn, een station (met bijbehorende voorzieningen) als zwart blokje)

Op basis van het Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende typen ontwikkelingen:

- Locatie 1: wonen/gemengd stedelijk gebied
- Locatie 2A: een mix van wonen met bedrijven/industrie
- Locatie 2B: bedrijven/industrie

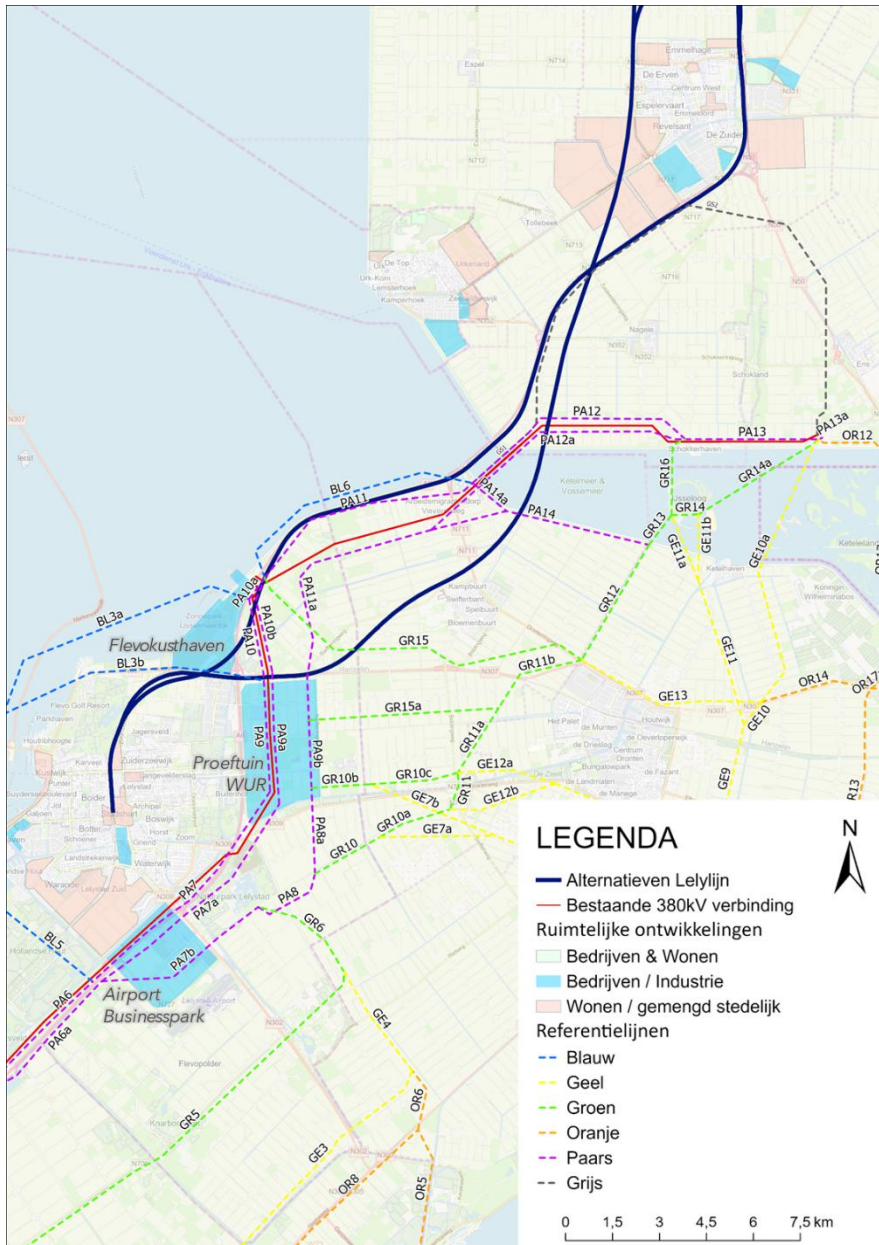
Locatie 3: stationsomgeving

Figuur 6.2 laat de onderzoeksalternatieven voor het de nieuwe hoogspanningsverbinding zien in relatie tot de NOVEX-ontwikkelgebieden. De drie doorsneden ontwikkelgebieden zijn toegelicht in hoofdstuk 6.3

#### Ruimtelijke ontwikkelingen NOVEX Lelylijn

In enkele gevallen overlappen de ontwikkelingen ook met gebieden waar nu nog andere functies in ontwikkeling zijn, beoogd zijn of recent zijn ontwikkeld. Het kan bijvoorbeeld gaan om een zonnepark of een bedrijventerrein in aanbouw. Deze autonome en zachte ontwikkelingen vinden plaats onafhankelijk van de komst van de Lelylijn en worden meegenomen in de reguliere effectenbeoordelingen die in het kader van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding worden opgesteld. Als een dergelijk gebied ook in het ontwikkelperspectief is opgenomen, komt het gebied ook in deze rapportage terug. Het idee daarachter is dat de huidige (beoogde) invulling met de komst van de Lelylijn kan veranderen. Zo kan een zonnepark dat nu wordt aangelegd in 2050 worden vervangen door een andere woon- of werkfunctie. En een bedrijventerrein dat nu wordt ontwikkeld kan met de komst van de Lelylijn intensiever of voor een ander type bedrijvigheid gebruikt gaan worden dan zonder Lelylijn het geval is.

Het Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn gaat uit van de bundeling van de Lelylijn met de Rijkswegen A6/A7/A32 (het Bundelingsalternatief) en de daarbij passende gebiedsontwikkeling. Hiervoor is in beeld gebracht wat de (ruimtelijke) opgaven zijn voor noordelijk Nederland, welke vervolgens zijn voorzien van mogelijke oplossingsrichtingen wat heeft geresulteerd in denkrichtingen. Op basis hiervan is het Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn 2050 uiteindelijk opgesteld. Vooralsnog zijn de NOVEX-ontwikkelingen uit het NOVEX Ontwikkelperspectief momenteel slechts vlekken op de kaart en nog niet gebaseerd op stedenbouwkundige plannen. In deze notitie wordt uitgegaan van het bundelingsalternatief met de A6/A7 van de Lelylijn, zie onderstaand figuur.



Figuur 6.2 Overzicht tracés van de nieuwe hoogspanningsverbinding en de alternatieven van de Lelylijn met de A6/A7

### 6.2.1 Beoordelingsmethodiek

In dit hoofdstuk sluiten we aan bij de methodiek van het vergelijkbare project Vierverlaten - Ens. Dit houdt in dat we dezelfde criteria en beoordelingsschalen hanteren om in zicht te krijgen in de impact van het 380 kV-project op de ontwikkelingen gekoppeld aan de Lelylijn. Dit betreft:

1. Het ruimtebeslag van de ZRO-strook op de ontwikkeling;
2. Het ruimtebeslag van de magneetveldzone op de ontwikkeling;
3. De inpassingsmogelijkheden. De inpassingsmogelijkheden worden bekeken aan de hand van vier subcriteria:
  - a. De ligging van de 380 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van de gebiedsontwikkeling.
  - b. In hoeverre wordt de ontwikkeling ruimtelijk beïnvloed door het project 380 kV? Hierbij wordt bekeken hoeveel % van de ontwikkeling binnen de ZRO-strook van de 380 kV ligt en hoeveel binnen de magneetveldzone.
  - c. Hoe ver is het planvormingsproces van de ontwikkeling gevorderd?
  - d. In hoeverre is sprake van een gemengd programma waarbinnen ook functies beoogd zijn die binnen een ZRO-strook en/of een magneetveldzone inpasbaar zijn (denk aan groen, water, infrastructuur en niet gevoelige functies)?

**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** laat per criterium van de beoordeling zien of er gebruik is gemaakt van een kwalitatieve of een kwantitatieve analyse voor de beoordeling. Hoofdstuk 6.2.2. licht per criterium toe hoe de beoordeling in elkaar zit. *Figuur 6.1*

Tabel 6-1: Beoordelingswijze per type gebiedsontwikkelingen rondom Lelylijn

Criterium	Beoordelingswijze
Impact ZRO-strook op ontwikkeling (ruimtebeslag)	Kwantitatief
Impact magneetveldzone op ontwikkeling (ruimtebeslag) NB: alleen van toepassingen bij woonontwikkelingen	Kwantitatief
<b>Inpassingsmogelijkheden:</b>	
Ligging 380 kV t.o.v. ontwikkeling	Kwalitatief
Beïnvloeding ontwikkeling door % ZRO-strook	Kwantitatief
Beïnvloeding ontwikkeling door % magneetveldzone NB: alleen van toepassingen bij woonontwikkelingen	Kwantitatief
Realisatietermijn van de ontwikkeling	Kwalitatief
Gemengd programma van de ontwikkeling	Kwalitatief

Er is voor de beoordeling gebruik gemaakt van een vierpuntsschaal, waarbij de beoordelingen uiteenlopen van neutraal (0) tot sterk negatief (- -). Bij elk raakvlak heeft de 380 kV-hoogspanningsverbinding enige impact op de ontwikkeling. Een positieve score met een 0/+, + of ++ komt daarom in deze beoordeling niet voor. De resultaten van de analyse zijn opgenomen in H6.3. Daarbij zijn de resultaten per NOVEX-ontwikkeling als volgt gerapporteerd:

- Voor de deeltracés die onderdeel zijn van een onderzoeksalternatief zijn de resultaten van de losse deeltracés opgeteld en is een totaalbeoordeling van het gehele onderzoeksalternatief gegeven;
- Voor de losse deeltracés binnen het onderzoeksalternatief zijn wel de kwantitatieve resultaten gerapporteerd maar is daar geen beoordeling aan gekoppeld;

Voor de losse deeltracés die géén onderdeel zijn van een onderzoeksalternatief en voor de stationslocaties zijn zowel de kwalitatieve als de kwantitatieve resultaten gerapporteerd en beoordeeld voor ieder deeltracé / stationslocatie.

### 6.2.2 Beoordelingscriteria

Hieronder zijn per criterium onderzoeksaanpak en beoordelingschaal toegelicht.

#### 1. Ruimtebeslag ZRO-strook op de NOVEX-ontwikkeling

Bij elke hoogspanningsverbinding is een strook aanwezig waar belemmeringen gelden voor ontwikkelingen en werkzaamheden. Deze belemmeringen zijn in een zakelijk rechtsovereenkomst (ZRO) met de grondeigenaar vastgelegd. De ZRO-strook heeft bij het inpassen van één verbinding een breedte van 70 meter (35 meter aan weerszijden van het hart van de hoogspanningsverbinding, zie H1, figuur 4). Er worden geen NOVEX-ontwikkelingen doorsneden door tracédeel GS2, waar ook onderzoek wordt gedaan naar het inpassen van twee nieuwe verbindingen. De impact van de ZRO-strook op de ontwikkeling wordt via een GIS-analyse bepaald door het aantal hectare van de ontwikkeling dat wordt geraakt door de ZRO-strook. Deze impact is relevant aangezien binnen de ZRO-strook in principe geen gebouwen gerealiseerd mogen worden en ook beperkingen gelden aan ander ruimtegebruik, zoals de hoogte van beplanting. Daarnaast kunnen beperkingen optreden voor de uitvoering van andere ontwikkelingen in de omgeving, bijvoorbeeld door hoogtebeperkingen voor kranen.

Tabel 6-2 Overzicht van het oordeel impact ruimtebeslag ZRO-strook op de ontwikkeling en de daarbij behorende klassegrenzen

Score	Oordeel ruimtebeslag ZRO-strook op de NOVEX-ontwikkeling
o	< 0,1 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook
o/-	0,1 - 3 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook
-	3 - 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook
--	> 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook

#### 2. Ruimtebeslag magneetveldzone op de NOVEX-ontwikkeling

De impact van magneetveldzones op de ontwikkeling is relevant aangezien (nieuwe) gevoelige bestemmingen binnen deze zones niet wenselijk zijn. De indicatieve magneetveldzone is 130 meter breed (65 meter aan weerszijden van het hart van de hoogspanningsverbinding, zie H1, figuur 4). Er worden geen NOVEX-ontwikkelingen doorsneden door tracédeel GS2, waar ook onderzoek wordt gedaan naar het inpassen van twee nieuwe verbindingen. Aangezien een deel van de ontwikkelingen mogelijk gevoelige bestemmingen bevat (bijvoorbeeld woningen), is voor die ontwikkelingen gekeken naar de oppervlakte die de magneetveldzone van 130 meter breed inneemt binnen de ontwikkeling (in hectare). Dit is het fysieke ruimtebeslag dat als gevolg van de magneetveldzone optreedt binnen de ontwikkeling.

Tabel 6-3 Overzicht van het oordeel impact ruimtebeslag magneetveldzone op de ontwikkeling en de daarbij behorende klassegrenzen

Score	Oordeel ruimtebeslag magneetveldzone op de NOVEX-ontwikkeling
o	< 0,1 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone
o/-	0,1 - 3 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone
-	3 - 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone
--	> 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone

#### 3. Inpassingsmogelijkheden

Bij dit criterium wordt gekeken in hoeverre de nieuwe hoogspanningsverbinding ingepast kan worden binnen de ontwikkeling. Dit is bepaald aan de hand van een aantal subcriteria:

##### a. De ligging van de 380 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van de gebiedsontwikkeling

Voor elke ontwikkeling is gekeken in hoeverre de hoogspanningsverbinding de ontwikkeling doorkruist. Een doorkruising kan de ontwikkelruimte beperken, met name wanneer het gebied waarbinnen een ontwikkeling gewenst is hierdoor gefragmenteerd wordt. De inpassingsmogelijkheden zijn groter als het

tracé aan de rand ligt. Daarnaast is de impact op de ruimtelijke kwaliteit kleiner dan bij een volledige doorkruising. Naast het bepalen van de ligging van de hoogspanningsverbinding ten opzichte van de ontwikkeling is bij de beoordeling bekeken hoeveel ruimte als gevolg van een doorsnijding als aaneengesloten ontwikkelruimte beschikbaar blijft. De ene volledige doorsnijding heeft namelijk mogelijk een hele andere impact dan een andere volledige doorsnijding. Daarnaast is bekeken in hoeverre de nieuwe hoogspanningsverbinding de aansluiting op het bestaande stedelijke gebied beïnvloedt.

Tabel 6-4 Overzicht van het oordeel impact van de ligging van de hoogspanningsverbinding t.o.v. de ontwikkeling en de daarbij behorende klassegrenzen

Score	Oordeel ligging hoogspanningsverbinding t.o.v. de NOVEX-ontwikkeling
o	Verbinding ligt buiten de NOVEX-ontwikkeling
o/-	De ligging van de hoogspanningsverbinding heeft slechts een beperkte impact op de invullingsmogelijkheden van de NOVEX-ontwikkeling
-	De ligging van de hoogspanningsverbinding beperkt de invullingsmogelijkheden van de NOVEX-ontwikkeling
--	De ligging van de hoogspanningsverbinding heeft aanzienlijke impact op de invullingsmogelijkheden van de NOVEX-ontwikkeling

b. In hoeverre wordt de ontwikkeling ruimtelijke beïnvloed door het project 380 kV?

De inpassingsmogelijkheden van de ontwikkeling hangen grotendeels samen met de grootte van het ruimtebeslag van de ZRO-strook en de magneetveldzone ten opzichte van de totale oppervlakte van de ontwikkeling. De ZRO-strook en magneetveldzone beslaan een deel van de totale ontwikkeling, wat kan worden uitgedrukt in percentages. Deze percentages geven een weergave van de beschikbare ruimte die binnen de ontwikkeling overblijft.

Tabel 6-5 Overzicht percentage oordeel impact ZRO-strook op de NOVEX-ontwikkeling en de daarbij behorende klassegrenzen

Score	Oordeel impact ZRO-strook op de NOVEX-ontwikkeling - percentueel
o	0% van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook
o/-	0 - 2,5% van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook
-	2,5 - 7,5% van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook
--	> 7,5% van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook

Tabel 6-6 Overzicht percentage oordeel impact magneetveldzone op de NOVEX-ontwikkeling en de daarbij behorende klassegrenzen

Score	Oordeel impact magneetveldzone op de NOVEX-ontwikkeling (bij gevoelige bestemmingen) - percentueel
o	0% van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone
o/-	0 - 5% hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone
-	5 - 15% hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone
--	> 15% hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de magneetveldzone

c. Hoe ver is het planvormingsproces van de ontwikkeling gevorderd?

Afhankelijk van het processtadium waarin de ontwikkeling zich bevindt, kan met de inpassing van de 380 kV-hoogspanningsverbinding rekening worden gehouden. Voor de ontwikkelingen die samenhangen met de Lelylijn is ten tijde van schrijven van deze notitie (voorjaar 2025) nog geen beleid vastgelegd in een visie of MER en er is nog geen (ontwerp)besluit genomen of een stedenbouwkundige opzet uitgewerkt. Daarom kan gesteld worden dat realisatietermijn van de ontwikkelingen zich nog in de fase van het voornemen tot beleid bevindt (score: o). Er zijn hierdoor nog voldoende mogelijkheden om de 380 kV-hoogspanningsverbinding in te passen bij de uitwerking en verdere vormgeving van de plannen van de gebiedsontwikkelingen.

Tabel 6-7 Overzicht van het oordeel impact realisatietermijn

Score	Oordeel impact realisatietermijn
o	Voornemen tot beleid: de fase voordat de ontwikkeling in beleidsstukken is vastgelegd
o/-	In beleidsstukken vastgelegd, bijvoorbeeld in een visie (al dan niet met een milieueffectrapportage)
-	Haalbaarheidsfase: ontwerpen en onderzoeken richting een vergunning/ruimtelijk besluit
--	Ruimtelijk besluit is genomen: autonome ontwikkeling. (Dit is in het rapport niet van toepassing, omdat het om zachte (nog niet autonome) ontwikkelingen gaat).

- d. In hoeverre is sprake van een gemengd programma waarbinnen ook functies beoogd zijn die binnen een ZRO-strook en/of een magneetveldzone inpasbaar zijn (denk aan groen, water, infrastructuur en niet gevoelige functies)?

Voor de ontwikkelingen geldt dat altijd sprake is van een gemengd programma. Ook in een woongebied zijn immers wegen, groenvoorzieningen en water voorzien die ook nabij de hoogspanningsverbinding inpasbaar zijn. Naarmate sprake is van een meer gemengd programma, waarbij naast wonen ook bijvoorbeeld werkfuncties of recreatieve functies zijn voorzien, nemen de inpassingsmogelijkheden verder toe.

Tabel 6-8 Overzicht van het oordeel impact locatie hoogspanningsverbinding t.o.v. programma van de NOVEX-ontwikkeling

Score	Oordeel impact locatie hoogspanningsverbinding t.o.v. programma van de NOVEX-ontwikkeling
o	Verbinding ligt buiten de NOVEX-ontwikkeling
o/-	Ontwikkelprogramma bevat ruim voldoende functies die inpasbaar zijn binnen de ZRO-strook en/of de magneetveldzone
-	Ontwikkelprogramma bevat beperkt functies die inpasbaar zijn binnen de ZRO-strook en/of de magneetveldzone
--	Ontwikkelprogramma bevat onvoldoende functies die inpasbaar zijn binnen de ZRO-strook en/of magneetveldzone

Tot slot wordt per ontwikkeling een totaaloverzicht gegeven van de verschillende scores die aan de ontwikkeling zijn toegekend om de impact van de hoogspanningsverbinding op de ontwikkeling in beeld te krijgen. Daarnaast wordt inzicht gegeven in de ruimtelijke impact ten opzichte van de nulsituatie, realisatie van de ontwikkeling zonder realisatie van een hoogspanningsverbinding. Deze ruimtelijke impact is in tabelvorm weergegeven. Aan het einde van elk hoofdstuk zijn de conclusies van de totale stationsomgeving samengevat weergegeven.

## 6.3 Resultaten

### 6.3.1 NOVEX-ontwikkelingen Emmeloord

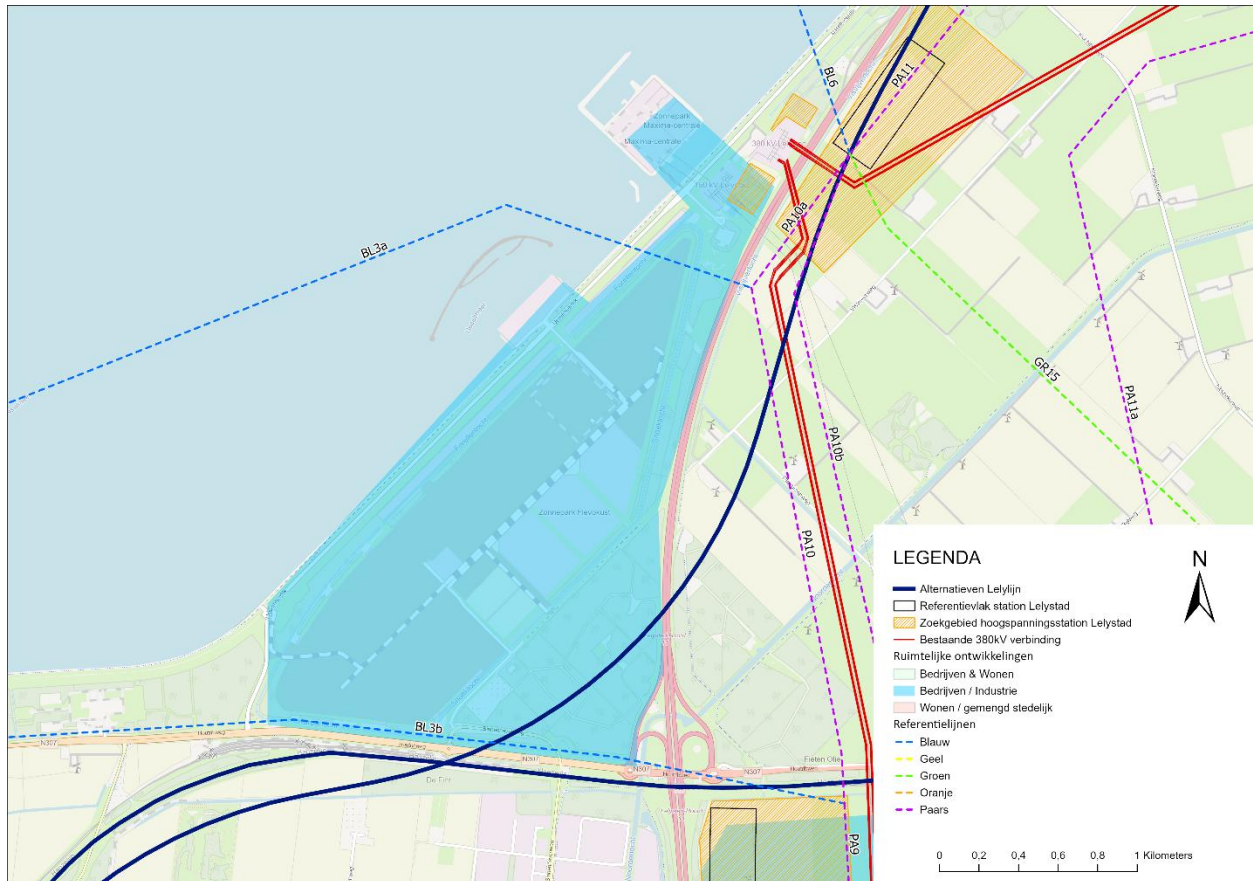
Rond Emmeloord doorsnijdt geen van de tracés de NOVEX-ontwikkelingen. De onderzoekscorridor overlapt deels met de NOVEX-ontwikkeling aan de zuidkant van Emmeloord. De referentielijn doorkruist de ontwikkeling echter niet. Deze ligt minimaal 150 meter van de ontwikkeling af en ligt bovendien aan de andere kant van de snelweg A6. De criteria zoals besproken in paragraaf 5.3 zijn daarom niet nader beoordeeld.

6.3.2 NOVEX-ontwikkelingen Lelystad

Rond Lelystad zijn drie ontwikkelingen die verbonden zijn aan de Lelylijn waar de 380 kV-hoogspanningsverbinding raakvlakken mee heeft. Deze ontwikkelingen worden in de volgende paragrafen beschreven, in de volgorde van noord naar zuid.

6.3.2.1 Flevokusthaven

De ontwikkeling Flevokusthaven heeft de functie 'bedrijven / industrie'. De voorziene ontwikkeling heeft een oppervlakte van 401 hectare. Zie Figuur 6.3 voor de locatie van deze ontwikkeling.



Figuur 6.3 Overzicht NOVEX-ontwikkeling Flevokusthaven

Er zijn in deelgebied zuid twee tracés die deze ontwikkeling doorsnijden, Zuid-Blauw-1 (BL3a) en het overige deeltracé BL3b. De lengte van de doorsnijding is weergegeven in Tabel 6-9. Een deel van de ontwikkeling is al bestemd als bedrijventerrein. Onderzoeksalternatief Zuid-Blauw-1 loopt door dit deel. In het kader van de Lelylijn zou deze ruimtelijke ontwikkeling op termijn kunnen doorgroeien of van karakter kunnen veranderen. Daarom is deze ontwikkeling in dit rapport meegenomen.

Tabel 6-9 Overzicht van de lengte doorsnijding van een tracéalternatief door de ontwikkeling

Alternatief / deeltracé	Lengte doorsnijding [in km]
Zuid-Blauw-1	0,5
BL3a	0,5
Zuid Overig	
BL3b	1,9

6.3.2.1.1 Criterium 1 & 2: Ruimtebeslag ZRO-strook en magneetveldzone op de NOVEX-ontwikkeling  
Tabel 6-10 geeft weer hoeveel hectare van de ontwikkeling binnen de ZRO-strook van de hoogspanningsverbinding ligt. De tabel geeft ook de bijbehorende beoordeling weer.

Tabel 6-10 Overzicht van oppervlaktes van de ZRO-strook en magneetveldzone

Alternatief / deeltracé	Oppervlakte ZRO-strook [in hectare]	Oppervlakte magneetveldzone [in hectare]
Zuid-Blauw-1	3,3	-
BL3a	3,3	n.v.t. o
Zuid Overig		
BL3b	13,1	- -

Zuid-Blauw-1 (deeltracé BL3a) en het overige deeltracé BL3b lopen voor verschillende lengte door het gebied Flevokusthaven en kennen daarom verschillende oppervlaktes van de ZRO-strook. Conform het beoordelingskader uit paragraaf 5.3 is Zuid-Blauw-1 beoordeeld als negatief (beoordeling: -), omdat tussen de 3 en 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook. Deeltracé Zuid Overig is echter beoordeeld als zeer negatief (beoordeling: - -), omdat meer dan 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook.

De ontwikkeling omvat zoals eerder aangegeven de functie 'bedrijven / industrie'. De realisatie van gevoelige bestemmingen maakt geen onderdeel uit van dergelijke ontwikkelingen. Aangezien binnen Flevokusthaven naar verwachting geen gevoelige bestemmingen gerealiseerd worden, is criterium 2, de impact van de magneetveldzone, hier niet relevant. Dit criterium is daarom neutraal beoordeeld (beoordeling: o).

#### 6.3.2.1.2 Criterium 3: Inpassingsmogelijkheden

In hoeverre de hoogspanningsverbinding ingepast kan worden binnen de ontwikkeling is bepaald aan de hand van een aantal subcriteria.

##### a. De ligging van de 380 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van de gebiedsontwikkeling

Zuid-Blauw-1 en het overige deeltracé BL3b doorsnijden ontwikkeling Flevokusthaven op verschillende locaties. Zuid-Blauw-1 (deeltracé BL3a) doorsnijdt de ontwikkeling aan de noordkant over een relatief korte lengte. Aan de zuidzijde blijft voldoende ruimte beschikbaar voor grootschalige ontwikkelingen. Omwille hiervan is dit deeltracé BL3a licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-). Deeltracé BL3b doorsnijdt de ontwikkeling Flevokusthaven over een relatief lange lengte aan de zuidkant. Daar staat tegenover dat het tracé aan de rand van de ontwikkeling loopt. Hierdoor zijn de inpassingsmogelijkheden groter en is de impact op de ruimtelijke kwaliteit kleiner in vergelijking met een situatie waarbij de het tracé de ontwikkeling volledig doorkruist. Daarnaast loopt het tracé parallel aan de N307/Houtribweg, waardoor het niet zorgt voor fragmentatie van het gebied. De impact van deeltracé BL3b is daarom licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).



Figuur 6.6 Overzicht onderzoeksgebied Flevokust Haven Zuid (Bron: [Planviewer](#))

Bij besluit van 17 oktober 2023 heeft de raad van de gemeente Lelystad het bestemmingsplan "Uitbreiding Flevokust Haven Zuid" vastgesteld. Het bestemmingsplan maakt een uitbreiding van bedrijventerrein Flevokust Haven, ten noorden van Lelystad, mogelijk. Het kent aan gronden met een oppervlakte van ongeveer 26 ha de bestemming "Bedrijventerrein" toe. De gronden met deze bestemming zijn bestemd voor havengebonden bedrijven tot en met de milieucategorie 3.2. Daarnaast voorziet het plan in de realisatie van wegen, openbaar groen en nieuwe natuur. Het proces van de ontwikkeling is redelijk ver gevorderd. Er zijn mogelijkheden om een mogelijke 380 kV-hoogspanningsverbinding te combineren met het nieuw te ontwikkelen bos/groenstructuur aan de zijde van de Houtribweg.

b. In hoeverre wordt de ontwikkeling ruimtelijke beïnvloed door het project 380 kV?

Tabel 6-11 toont hoeveel procent van het ontwikkelgebied voor de ontwikkeling ingenomen wordt door de ZRO-strook. De magneetveldzone is bij deze ontwikkeling niet relevant aangezien naar verwachting geen gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd. Dit onderdeel is daarom buiten beschouwing gelaten en neutraal beoordeeld (beoordeling: 0).

Uit onderstaande tabel valt op te maken dat het percentage van de ontwikkeling dat geraakt wordt door deeltracé BL3b groter is dan deeltracé BL3a, wat resulteert in een licht negatieve beoordeling (beoordeling: 0/-) voor Zuid-Blauw-1 en een negatieve beoordeling (beoordeling: -) voor het overige deeltracé BL3b.

Tabel 6-11 Overzicht van oppervlaktes en percentages van de ZRO-strook en magneetveldzone

Alternatief / deeltracé	Oppervlakte ZRO-strook [in hectare]	% NOVEX-ontwikkeling geraakt door de ZRO-strook	Oppervlakte magneetveldzone [in hectare]	% NOVEX-ontwikkeling geraakt door magneetveldzone
Zuid-Blauw-1	3,3	0,8%	0/-	n.v.t.
BL3a	3,3	0,8%		
Zuid Overig				
BL3b	13,1	3,3%	-	n.v.t.

c. Hoe ver is het planvormingsproces van de ontwikkeling gevorderd?

De ruimtelijke ontwikkeling behorend bij de komst van de Lelylijn en beoogde stations is al in een bestemmingsplan vastgesteld. Voor het grootste gedeelte krijgt deze de functie 'bedrijven / industrie'. Deze autonome ontwikkelingen, ofwel harde ontwikkelingen, zijn beoordeeld in het planMER. In deze paragraaf worden de overige (zachte) ontwikkelingen beoordeeld. De verandering van invulling is momenteel nog niet duidelijk. Hierdoor zijn de effecten op zachte ontwikkelingen dus gering. Omwille hiervan is dit criterium beperkt negatief beoordeeld (beoordeling: 0/-).

d. In hoeverre is sprake van een gemengd programma waarbinnen ook functies beoogd zijn die binnen een ZRO-strook en/of een magneetveldzone inpasbaar zijn (denk aan groen, water, infrastructuur en niet gevoelige functies)?

De ontwikkeling voorziet in de komst van bedrijventerrein/industrie. In dit gebied, waar werk en mogelijk ook recreatieve functies zijn voorzien, zijn veel mogelijkheden om aanvullende functies gunstig in te passen. De overlap van de ZRO-strook van de hoogspanningsverbinding met de ontwikkeling is bovendien zeer beperkt. Het inpassen van functies zoals water, infrastructuur of groen binnen deze ZRO-strook wordt goed mogelijk geacht. Omwille hiervan is dit criterium beperkt negatief beoordeeld (beoordeling: 0/-).

### 6.3.2.1.3 Conclusie

In onderstaande tabel is voor alle onderzoeksalternatieven de beoordeling per criterium weergegeven. De hartlijn van de hoogspanningsverbinding zorgt bij het overige deeltracé BL3b voor meer oppervlakteverlies. Wel moet worden opgemerkt dat de ontwikkeling Flevokusthaven geen gevoelige bestemmingen mogelijk maakt, maar bedrijfsfuncties of industrie. Een magneetveldzone speelt hier daarom geen rol.

Tabel 6-12 Totaalbeoordeling beïnvloeding NOVEX-ontwikkeling Flevokusthaven

	Zuid-Blauw-1	Zuid Overig
	BL3a	BL3b
Ruimtebeslag ZRO-strook	-	--
Ruimtebeslag magneetveldzone	o	o
Inpassing: ligging	o/-	o/-
Inpassing: ZRO-strook	o/-	-
Inpassing: magneetveldzone	o	o
Inpassing: realisatietermijn	o/-	o/-
Inpassing: gemengd programma	o/-	o/-

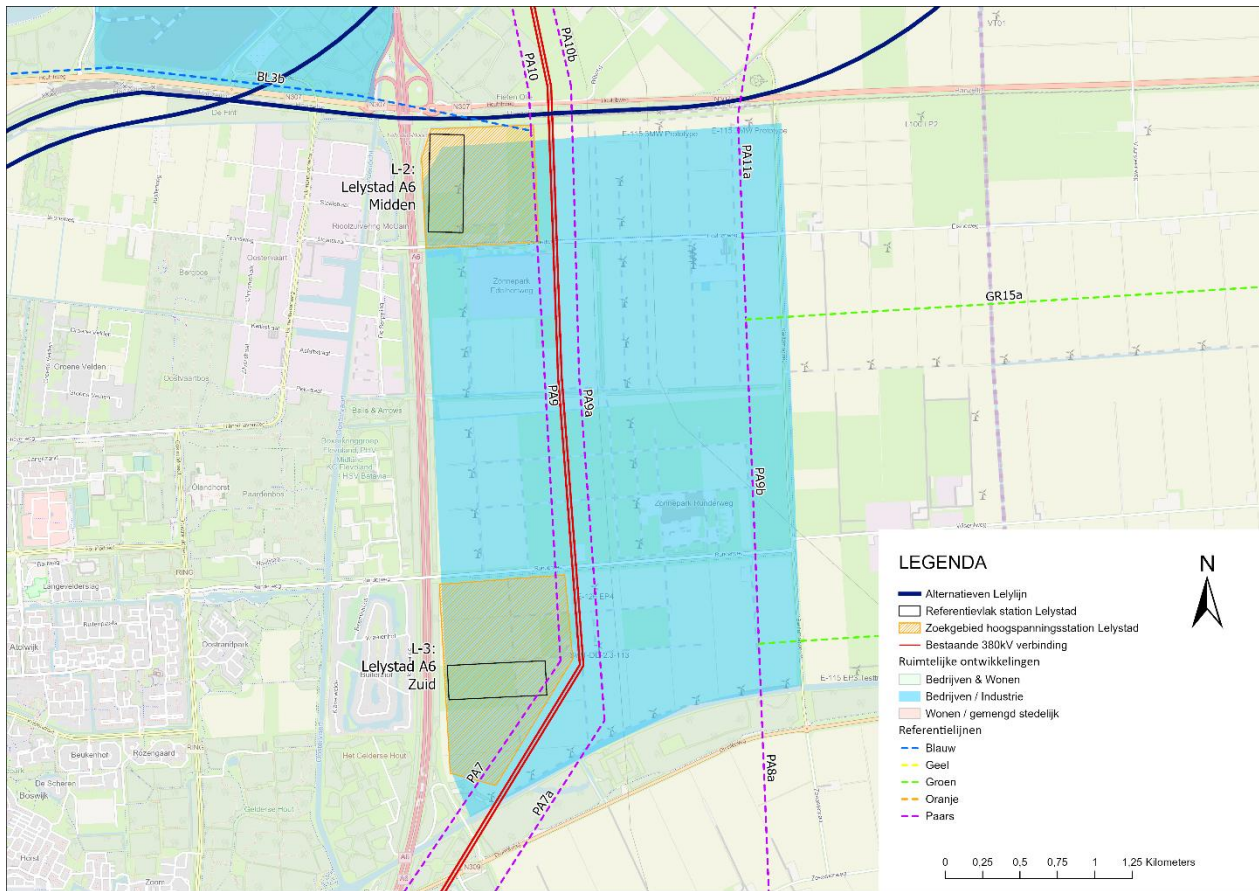
Zoals in Tabel 6-13 is weergegeven varieert de beschikbaar blijvende ontwikkelruimte als gevolg van de overlapping van de onderzoeksalternatieven met de ontwikkeling Flevokusthaven van 96,7% tot 99,2%.

Tabel 6-13 Oppervlakte ontwikkeling zonder en met belemmeringen 380 kV-hoogspanningsverbinding

	Zuid-Blauw-1	Zuid Overig
Nulsituatie	BL3a	BL3b
401 ha	3,3	13,1
100%	99,2%	96,7%

### 6.3.2.2 Proeftuin WUR

De ontwikkeling proeftuin WUR heeft de functie 'bedrijven / industrie'. De voorziene ontwikkeling heeft een oppervlakte van 971 hectare. Zie Figuur 6.4 voor de locatie van deze ontwikkeling.



Figuur 6.4. Overzicht NOVEX-ontwikkeling Proeftuin WUR

In de NOVEX-ontwikkeling Proeftuin WUR liggen twee zoekgebieden voor een nieuw hoogspanningsstation en meerdere mogelijke tracés voor de nieuwe 380 kV-verbinding (zowel tracés voor deelgebied Noord (hoogspanningsstation Lelystad-Ens) als Zuid (hoogspanningsstation Diemen-Lelystad), zie bovenstaand figuur. De lengte van de doorsnijding is weergegeven in Tabel 6-14, dit wordt enkel in beeld gebracht voor de onderzoeksalternatieven voor de tracés, niet voor de locatiealternatieven voor de hoogspanningsstations. Een deel van de ontwikkeling is al bestemd als bedrijventerrein. De functie 'bedrijven / industrie' is in de context van deze ontwikkeling breder dan alleen bedrijventerrein. Een groot deel van deze gronden is momenteel al in gebruik als proefgronden voor de WUR. De bedrijven in dit gebied hebben de bestemming 'Agrarisch – science' en hebben de omliggende gronden daarvoor nodig. De verwachting is dat op deze gronden niet ineens bedrijven worden gebouwd als onderdeel van deze ontwikkeling. In het kader van de Lelylijn zou deze ruimtelijke ontwikkeling op termijn kunnen doorgroeien of van karakter kunnen veranderen. Daarom is deze ontwikkeling in dit rapport meegenomen.

Tabel 6-14 Overzicht van de lengte doorsnijding van een tracéalternatief door de ontwikkeling

Alternatief / deeltracé	Lengte doorsnijding [in km]
<b>Noord-Paars-2</b>	<b>3,8</b>
PA11a	1,3
PA8a	0,3
PA9b	2,2
<b>Noord Overig</b>	
GR10b	0,3
GR15a	0,3
<b>Zuid-Paars-1</b>	<b>4,6</b>
PA7	1,1
PA9	3,5
<b>Zuid Overig</b>	
PA7a	0,3
PA9a	3,9

6.3.2.2.1 Criterium 1 & 2: Ruimtebeslag ZRO-strook en magneetveldzone op de NOVEX-ontwikkeling  
 Tabel 6-15 geeft weer hoeveel hectare van de ontwikkeling binnen de ZRO-strook van de hoogspanningsverbinding ligt. De tabel geeft ook de bijbehorende beoordeling weer.

Tabel 6-15 Overzicht van oppervlaktes van de ZRO-strook en magneetveldzone

Alternatief / deeltracé	Oppervlakte ZRO-strook [in hectare]		Oppervlakte magneetveldzone [in hectare]	
<b>Noord-Paars-2</b>	<b>27,4</b>	--	n.v.t.	0
PA11a	9,3			
PA8a	2,5			
PA9b	15,6			
<b>Noord Overig</b>				
GR10b	2,1	o/-	n.v.t.	0
GR15a	2,2	o/-	n.v.t.	0
<b>Zuid-Paars-1</b>	<b>32,8</b>	--	n.v.t.	0
PA7	8,2			
PA9	24,6			
<b>Zuid Overig</b>				
PA7a	2,3	o/-	n.v.t.	0
PA9a	27,6	--	n.v.t.	0
<b>Hoogspanningsstations</b>				
L-2: Lelystad A6 Midden	30,0	--	n.v.t.	0
L-3: Lelystad A6 Zuid	30,0	--	n.v.t.	0

Onderzoeksalternatief Zuid-Paars-1 en de overige deeltracés in deelgebied zuid lopen parallel aan de bestaande verbinding. De bestaande verbinding heeft al een ZRO-strook van 35 m aan weerszijden in de huidige situatie. Het oppervlakte van dit tracé toont het oppervlakte wat door de nieuwe verbinding aanvullende wordt belemmerd. De impact van de ZRO-strook is conform het beoordelingskader uit paragraaf 5.3 zijn Noord-Paars-2, Zuid-Paars-1 en het overige deeltracé PA9a beoordeeld als zeer negatief (beoordeling: --), omdat meer dan 10 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook. De overige deeltracés in deelgebied noord en zuid zijn licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-), omdat tussen de 0,1 en 3 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook. Het ruimtebeslag van een hoogspanningsstation is 15 ha. Daarom zijn beide zoekgebieden voor een nieuw hoogspanningsstation beoordeeld als zeer negatief (beoordeling: --). Dit is een maximaal (worst case) ruimtebeslag, dat bij nadere uitwerking mogelijk kan worden verkleind.

De ontwikkeling omvat zoals eerder aangegeven de functie 'bedrijven / industrie'. De realisatie van gevoelige bestemmingen maakt geen onderdeel uit van dergelijke ontwikkelingen. Aangezien binnen Proeftuin WUR naar verwachting geen gevoelige bestemmingen gerealiseerd worden, is criterium 2, de impact van de magneetveldzone, hier niet relevant. Dit criterium is daarom neutraal beoordeeld (beoordeling: o).

#### 6.3.2.2.2 Criterium 3: Inpassingsmogelijkheden

In hoeverre de hoogspanningsverbinding ingepast kan worden binnen de ontwikkeling is bepaald aan de hand van een aantal subcriteria.

##### a. De ligging van de 380 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van de gebiedsontwikkeling

De tracés zijn opgedeeld in deeltracés en daarom doorsnijden de deeltracés ontwikkeling Proeftuin WUR over verschillende lengtes. Zuid-Paars-1 en de overige deeltracés in deelgebied zuid doorsnijden de ontwikkeling in het midden. Daar staat tegenover dat het tracé parallel aan de bestaande verbinding loopt. Hierdoor is de impact op de ruimtelijke kwaliteit kleiner in vergelijking met Noord-Paars-2. De impact van Zuid-Paars-1 en de overige deeltracés in deelgebied zuid is daarom licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-). Noord-Paars-2 doorsnijdt de ontwikkeling aan de oostkant. Rekening houdend met de bestaande verbinding wordt de ontwikkeling hierdoor grofweg in drie gebieden opgedeeld. Aan de westzijde blijft voldoende ruimte beschikbaar, maar aan de oostzijde van Noord-Paars-2 zijn de mogelijkheden wat beperkter. Omwille hiervan is dit tracéalternatief negatief beoordeeld (beoordeling: -). Tot slot sluiten de overige deeltracés in deelgebied noord (GR15a en GR10b) aan op Noord-Paars-2 en is daarom eveneens negatief beoordeeld (beoordeling: -). Beide zoekgebieden voor een nieuw hoogspanningsstation overlappen met de ontwikkeling, waardoor gebruik van deze gronden voor proeven niet meer mogelijk is. Daarentegen liggen beide hoogspanningsstations aan de rand, waardoor het niet zorgt voor fragmentatie van het gebied. De impact van de twee hoogspanningsstations is daarom licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).

Het is nog niet duidelijk in hoeverre de toekomstige invulling van deze ontwikkeling gaat verschillen van de huidige invulling. Hierdoor zijn er mogelijkheden om een mogelijke 380 kV-hoogspanningsverbinding zo goed mogelijk in te passen. In de Omgevingsvisie Lelystad 2024 staat dat bedrijven en kennisinstellingen gestimuleerd worden om in de praktijk nieuwe energievormen, circulaire economie, logistiek, duurzame luchtvaart, groene technologie en agribusiness te testen, om Lelystad als proeftuin op de kaart te zetten. De samenwerking met de WUR (Wageningen University & Research) wordt versterkt.

##### b. In hoeverre wordt de ontwikkeling ruimtelijke beïnvloed door het project 380 kV?

Tabel 6-16 toont hoeveel procent van het ontwikkelgebied voor de ontwikkeling ingenomen wordt door de ZRO-strook. De magneetveldzone is bij deze ontwikkeling niet relevant aangezien naar verwachting geen gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd. Dit onderdeel is daarom buiten beschouwing gelaten en neutraal beoordeeld (beoordeling: o).

Uit onderstaande tabel valt op te maken dat het percentage van de ontwikkeling dat geraakt wordt door de ZRO-strook van Noord-Paars-2, Zuid-Paars-1 en het overige deeltracé PA9a in deelgebied zuid het grootste is, wat resulteert in een negatieve beoordeling (beoordeling: -). De overige deeltracés en de twee zoekgebieden voor een nieuw hoogspanningsstation zijn licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).

Tabel 6-16 Overzicht van oppervlaktes en percentages van de ZRO-strook en magneetveldzone

Alternatief / deeltracé	Oppervlakte ZRO-strook [in hectare]	% NOVEX-ontwikkeling geraakt door de ZRO-strook	Oppervlakte magneetveldzone [in hectare]	% NOVEX-ontwikkeling geraakt door magneetveldzone
<b>Noord-Paars-2</b>	<b>27,4</b>	<b>2,8%</b>	-	n.v.t.
PA11a	9,3	1,0%		
PA8a	2,5	0,3%		
PA9b	15,6	1,6%		
<b>Noord Overig</b>				
GR10b	2,1	0,2%	o/-	n.v.t.
GR15a	2,2	0,2%	o/-	n.v.t.
<b>Zuid-Paars-1</b>	<b>32,8</b>	<b>3,4%</b>	-	n.v.t.
PA7	8,2	0,9%		
PA9	24,6	2,5%		
<b>Zuid Overig</b>				
PA7a	2,3	0,2%	o/-	n.v.t.
PA9a	27,6	2,8%	-	n.v.t.
<b>Hoogspanningsstations</b>				
L-2: Lelystad A6 Midden	30,0	1,5%	o/-	n.v.t.
L-3: Lelystad A6 Zuid	30,0	1,5%	o/-	n.v.t.

c. Hoe ver is het planvormingsproces van de ontwikkeling gevorderd?

De ruimtelijke ontwikkeling behorend bij de komst van de Lelylijn en beoogde stations is opgenomen in de Omgevingsvisie Lelystad 2024. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de toekomstige invulling van deze ontwikkeling gaat verschillen van de huidige invulling. Hierdoor zijn de effecten op zachte ontwikkelingen dus gering. Omwille hiervan is dit criterium beperkt negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).

d. In hoeverre is sprake van een gemengd programma waarbinnen ook functies beoogd zijn die binnen een ZRO-strook en/of een magneetveldzone inpasbaar zijn (denk aan groen, water, infrastructuur en niet gevoelige functies)?

De ontwikkeling voorziet in de komst van bedrijventerrein/industrie. Het gaat hier echter om agrarische bedrijven waarbij een groot deel van de bedrijfspercelen in gebruik is voor akkerbouw. Voor de proeftuin gelden geen extra nadelige effecten ten opzichte van reguliere landbouw. Dit betekent dat de proeftuinstatus ongewijzigd kan blijven en de impact minimaal is (beperkt tot de mastvoeten en eventuele bouwwegen en werkterreinen). De overlap van de ZRO-strook van de hoogspanningsverbinding met de ontwikkeling is bovendien zeer beperkt. Omwille hiervan is dit criterium beperkt negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).

### 6.3.2.2.3 Conclusie

In onderstaande tabel is voor alle onderzoeks- en locatiealternatieven de beoordeling per criterium weergegeven. De hartlijn van de hoogspanningsverbinding zorgt bij deeltracé PA11a, PA9b, PA8a zorgt voor een fragmentatie van het gebied en de impact op ruimtelijke kwaliteit is groter in vergelijking met de andere twee tracés die parallel aan de bestaande verbindingen lopen. Wel moet worden opgemerkt dat de ontwikkeling Proeftuin WUR geen gevoelige bestemmingen mogelijk maakt, maar bedrijfsfuncties of industrie. Een magneetveldzone speelt hier daarom geen rol.

Tabel 6-17 Totaalbeoordeling beïnvloeding NOVEX-ontwikkeling Proeftuin WUR

	Noord-Paars-2	Noord Overig			Zuid Overig		Hoogspanningsstation	
		GR10b	GR15a	Zuid-Paars-1	PA7a	PA9a	L-2	L-3
Ruimtebeslag ZRO-strook	--	o/-	o/-	--	o/-	--	--	--
Ruimtebeslag magneetveldzone	o	o	o	o	o	o	o	o
Inpassing: ligging	-	-	-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-
Inpassing: ZRO-strook	-	o/-	o/-	-	o/-	-	o/-	o/-
Inpassing: magneetveldzone	o	o	o	o	o	o	o	o
Inpassing: realisatietermijn	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-
Inpassing: gemengd programma	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-

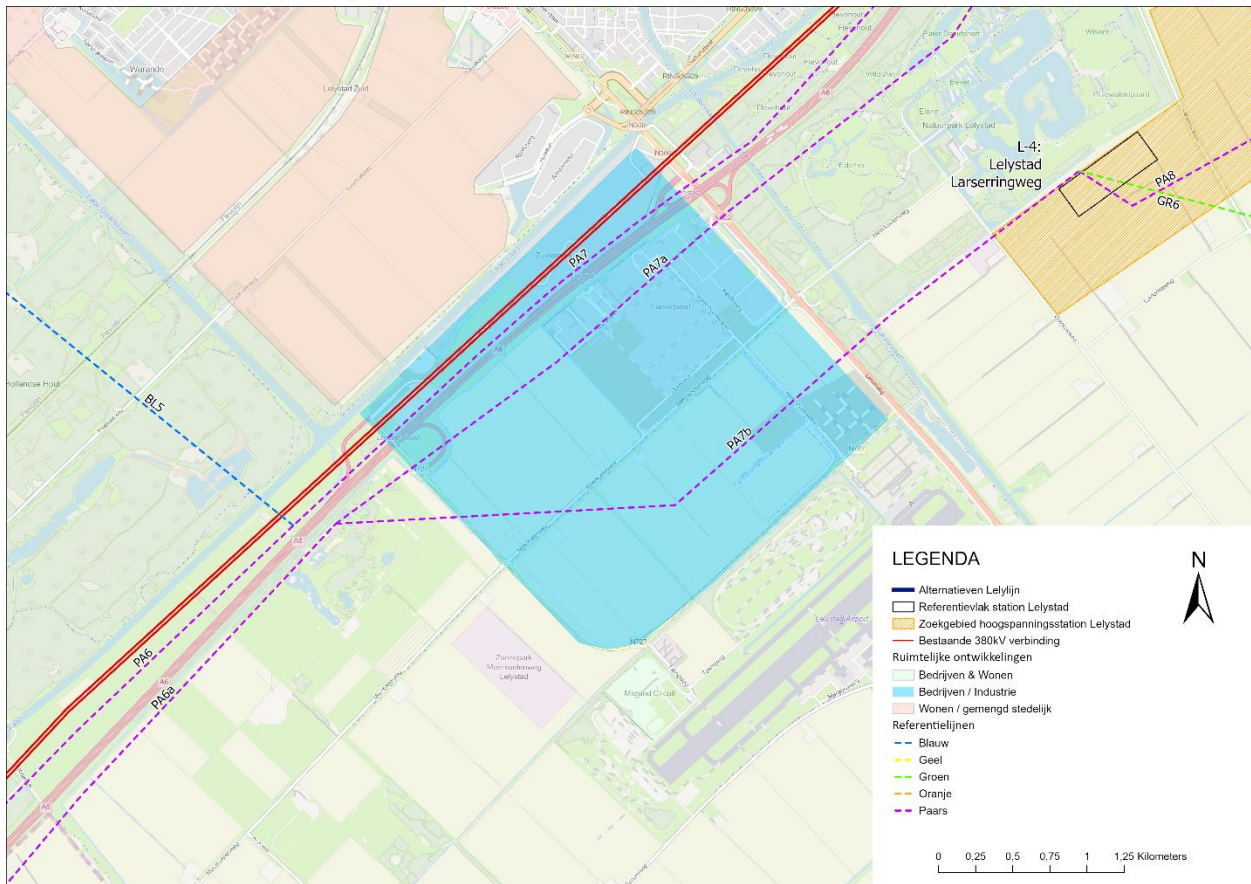
Zoals in Tabel 6-18 is weergegeven varieert de beschikbaar blijvende ontwikkelruimte als gevolg van de overlapping van de onderzoeksalternatieven en de locatiealternatieven met de ontwikkeling Proeftuin WUR van 97,2% tot 99,8%.

Tabel 6-18 Oppervlakte ontwikkeling zonder en met belemmeringen 380 kV-hoogspanningsverbinding

Nulsituatie	Noord-Paars-2	Noord Overig			Zuid Overig		Hoogspanningsstation	
		GR10b	GR15a	Zuid-Paars-1	PA7a	PA9a	L-2	L-3
971 ha	27,4	2,1	2,2	32,8	2,3	27,6	30,0	30,0
100%	97,2%	99,8%	99,8%	96,6%	99,8%	97,2%	98,5%	98,5%

### 6.3.2.3 Airport Businesspark

De ontwikkeling Airport Businesspark heeft de functie 'bedrijven / industrie'. De voorziene ontwikkeling heeft een oppervlakte van 632 hectare. Zie Figuur 6.5 voor de locatie van deze ontwikkeling.



Figuur 6.5 Overzicht NOVELX-ontwikkeling Airport Businesspark

Er zijn in deelgebied zuid drie tracés die deze ontwikkeling doorsnijden, Zuid-Paars-1, Zuid-Paars-2 en het overige deeltracé PA7a. De lengte van de doorsnijding is weergegeven in Tabel 6-19. Een deel van de ontwikkeling is al bestemd als bedrijventerrein. Alle deeltracés lopen door dit deel. In het kader van de Lelylijn zou deze ruimtelijke ontwikkeling op termijn kunnen doorgroeien of van karakter kunnen veranderen. Daarom is deze ontwikkeling in dit rapport meegenomen.

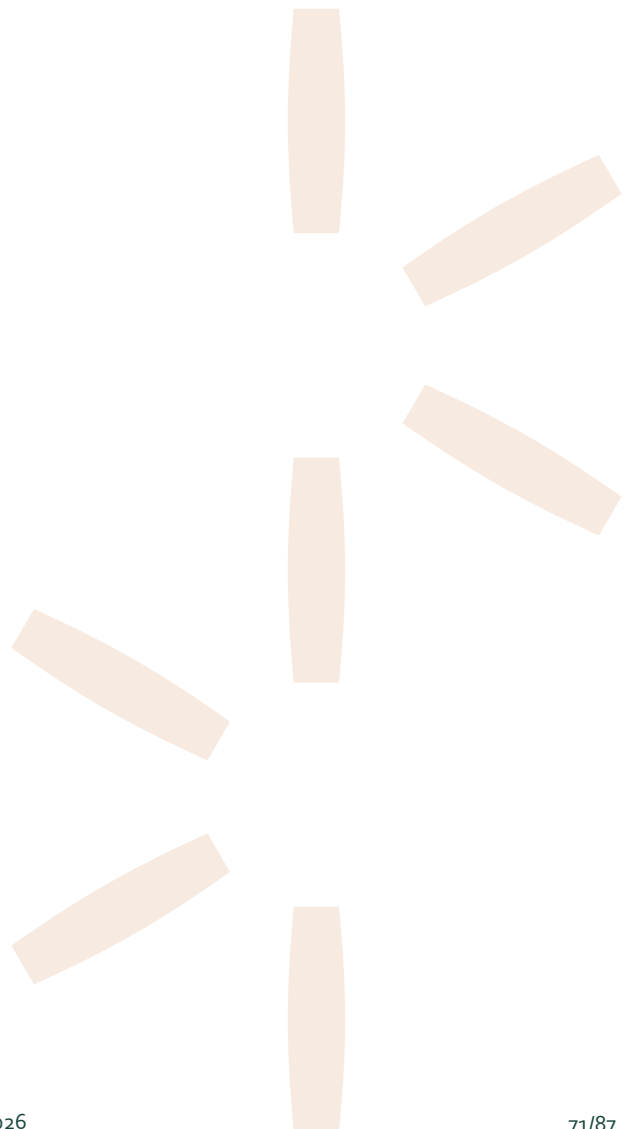
Tabel 6-19 Overzicht van de lengte doorsnijding van een tracéalternatief door de ontwikkeling

Alternatief / deeltracé	Lengte doorsnijding [in km]
Zuid-Paars-1	2,6
PA7	2,6
Zuid-Paars-2	2,9
PA7b	2,9
Zuid Overig	
PA7a	2,6

Zuid-Blauw-2 loopt via hetzelfde tracédeel als bij Zuid-Paars-2.

### 6.3.2.3.1 Criterium 1 & 2: Ruimtebeslag ZRO-strook en magneetveldzone op de NOVELX-ontwikkeling

Tabel 6-20 geeft weer hoeveel hectare van de ontwikkeling binnen de ZRO-strook van de hoogspanningsverbinding ligt. De tabel geeft ook de bijbehorende beoordeling weer.



Tabel 6-20 Overzicht van oppervlaktes van de ZRO-strook en magneetveldzone

Alternatief / deeltracé	Oppervlakte ZRO-strook [in hectare]		Oppervlakte magneetveldzone [in hectare]	
Zuid-Paars-1	18,1	--	n.v.t.	0
PA7	18,1			
Zuid-Paars-2	20,4	--	n.v.t.	0
PA7b	20,4			
Zuid Overig				
PA7a	18,1	--	n.v.t.	0

Zuid-Paars-1 en het overige deeltracé in deelgebied zuid (PA7a) doorkruisen de ontwikkeling beide met 2,6 kilometer, daarom zijn de oppervlaktes hetzelfde. Daarentegen doorkruist Zuid-Paars-2 de ontwikkeling over een grotere lengte. De impact van de ZRO-strook is conform het beoordelingskader uit paragraaf 5.3 voor alle tracés beoordeeld als licht negatief (beoordeling: o/-), omdat 1,8 hectare van de ontwikkeling wordt geraakt door de ZRO-strook van zowel Zuid-Paars-1 als deeltracé PA7a. Door de ZRO-strook van Zuid-Paars-2 wordt 2,0 hectare van de ontwikkeling geraakt.

De ontwikkeling omvat zoals eerder aangegeven de functie 'bedrijven / industrie'. De realisatie van gevoelige bestemmingen maakt geen onderdeel uit van dergelijke ontwikkelingen. Aangezien binnen Airport Businesspark naar verwachting geen gevoelige bestemmingen gerealiseerd worden, is criterium 2, de impact van de magneetveldzone, hier niet relevant. Dit criterium is daarom neutraal beoordeeld (beoordeling: o).

#### 6.3.2.3.2 Criterium 3: Inpassingsmogelijkheden

In hoeverre de hoogspanningsverbinding ingepast kan worden binnen de ontwikkeling is bepaald aan de hand van een aantal subcriteria.

##### a. De ligging van de 380 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van de gebiedsontwikkeling

Zuid-Paars-1 en het overige deeltracé in deelgebied zuid (PA7a) doorsnijden ontwikkeling Airport Businesspark parallel aan de A6. Zuid-Paars-1 doorsnijdt de ontwikkeling aan de westkant van de A6 en deeltracé PA7a aan de oostkant van de A6. Daarbij loopt Zuid-Paars-1 parallel aan de bestaande verbinding. Hierdoor is de impact op de ruimtelijke kwaliteit kleiner en wordt de ontwikkeling minder gefragmenteerd. Aan de oostzijde van de A6 blijft voldoende ruimte beschikbaar voor grootschalige ontwikkelingen. De impact van deeltracé Zuid-Paars-1 is daarom licht negatief beoordeeld (beoordeling: o/-). Tussen de A6 en het deeltracé PA7a zijn de mogelijkheden wat beperkter. Omwille hiervan is dit tracéalternatief negatief beoordeeld (beoordeling: -). Zuid-Paars-2 doorsnijdt de ontwikkeling Airport Businesshaven over een relatief lange lengte, doordat de nieuwe verbinding voor een deel schuin door het gebied loopt. Bovendien doorsnijdt de ontwikkeling nagenoeg in het midden, waardoor het gebied in twee delen wordt gedeeld. Hierdoor zijn de inpassingsmogelijkheden kleiner en is de impact op de ruimtelijke kwaliteit groter in vergelijking met de tracés die langs de A6 lopen. De impact van Zuid-Paars-2 is daarom negatief beoordeeld (beoordeling: -).

Er is nog geen informatie beschikbaar over hoe deze ontwikkeling precies ingericht wordt. In de Omgevingsvisie Lelystad 2040 wordt benoemd dat Airport Businesspark wordt ontwikkeld als centrum voor handel, logistiek en innovatieve maakindustrie. Dit wordt gedaan door ruimte te geven aan productiebedrijven, logistiek en aan de luchthaven gerelateerde commerciële functies zoals kantoren, ontmoetingsplekken en hotels. Het proces van de ontwikkeling is nog niet vergevorderd. Hierdoor zijn er mogelijkheden om een mogelijke 380 kV-hoogspanningsverbinding zo goed mogelijk in te passen.

##### b. In hoeverre wordt de ontwikkeling ruimtelijke beïnvloed door het project 380 kV?

Tabel 6-21 toont hoeveel procent van het ontwikkelgebied voor de ontwikkeling ingenomen wordt door de ZRO-strook. De magneetveldzone is bij deze ontwikkeling niet relevant aangezien naar verwachting geen gevoelige bestemmingen worden gerealiseerd. Dit onderdeel is daarom buiten beschouwing gelaten en neutraal beoordeeld (beoordeling: o).

Uit onderstaande tabel valt op te maken dat het percentage van de ontwikkeling dat geraakt wordt door de ZRO-strook 2,9% voor Zuid-Paars-1 en deeltracé PA7a. Voor Zuid-Paars-2 wordt 3,2% geraakt door de ZRO-strook en is daarmee het hoogst. Dit resulteert in alle gevallen in een negatieve beoordeling (beoordeling: -).

Tabel 6-21 Overzicht van oppervlaktes en percentages van de ZRO-strook en magneetveldzone

Alternatief / deeltracé	Oppervlakte ZRO-strook [in hectare]	% NOVEX-ontwikkeling geraakt door de ZRO-strook	Oppervlakte magneetveldzone [in hectare]	% NOVEX-ontwikkeling geraakt door magneetveldzone
Zuid-Paars-1	18,1	2,9%	-	0
PA7	18,1	2,9%		
Zuid-Paars-2	20,4	3,2%	-	0
PA7b	20,4	3,2%		
Zuid Overig				
PA7a	18,1	2,9%	-	0

c. Hoe ver is het planvormingsproces van de ontwikkeling gevorderd?

De ruimtelijke ontwikkeling behorend bij de komst van de Lelylijn en beoogde stations is opgenomen in de Omgevingsvisie Lelystad 2024. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de toekomstige invulling van deze ontwikkeling gaat verschillen van de huidige invulling. Hierdoor zijn de effecten op zachte ontwikkelingen dus gering. Omwille hiervan is dit criterium beperkt negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).

d. In hoeverre is sprake van een gemengd programma waarbinnen ook functies beoogd zijn die binnen een ZRO-strook en/of een magneetveldzone inpasbaar zijn (denk aan groen, water, infrastructuur en niet gevoelige functies)?

De ontwikkeling voorziet in de komst van bedrijventerrein/industrie. In dit gebied, waar werk en mogelijk ook recreatieve functies zijn voorzien, zijn veel mogelijkheden om aanvullende functies gunstig in te passen. De overlap van de ZRO-strook van de hoogspanningsverbinding met de ontwikkeling is bovendien zeer beperkt. Het inpassen van functies zoals water, infrastructuur of groen binnen deze ZRO-strook wordt goed mogelijk geacht. Omwille hiervan is dit criterium beperkt negatief beoordeeld (beoordeling: o/-).

### 6.3.2.3.3 Conclusie

In onderstaande tabel is voor alle onderzoeksalternatieven de beoordeling per criterium weergegeven. De hartlijn van de hoogspanningsverbinding zorgt bij Zuid-Paars-2 voor meer oppervlakteverlies. Wel moet worden opgemerkt dat de ontwikkeling Airport Businesspark geen gevoelige bestemmingen mogelijk maakt, maar bedrijfsfuncties of industrie. Een magneetveldzone speelt hier daarom geen rol.

Tabel 6-22 Totaalbeoordeling beïnvloeding NOVEX-ontwikkeling Airport Businesspark

	Zuid-Paars-1	Zuid-Paars-2	Zuid Overig PA7a
Ruimtebeslag ZRO-strook	--	--	--
Ruimtebeslag magneetveldzone	o	o	o
Inpassing: ligging	o/-	-	-
Inpassing: ZRO-strook	-	-	-
Inpassing: magneetveldzone	o	o	o
Inpassing: realisatietermijn	o/-	o/-	o/-
Inpassing: gemengd programma	o/-	o/-	o/-

Zoals in Tabel 6-13 is weergegeven varieert de beschikbaar blijvende ontwikkelruimte als gevolg van de overlapping van de onderzoeksalternatieven met de ontwikkeling Airport Businesspark van 96,8% tot 97,1%.

Tabel 6-23 Oppervlakte ontwikkeling zonder en met belemmeringen 380 kV-hoogspanningsverbinding

Nulsituatie	Zuid-Paars-1		Zuid Overig
	Zuid-Paars-1	Zuid-Paars-2	PA7a
632 ha	18,1	20,4	18,1
100%	97,1%	96,8%	97,1%

#### 6.4 Mitigerende maatregelen

Er zijn meerdere soorten mitigerende maatregelen denkbaar om effecten van een nieuwe hoogspanningsverbinding op een gebiedsontwikkeling te voorkomen of beperken. Als de planvorming van een gebiedsontwikkeling zich in een vroeg stadium bevindt kan er bijvoorbeeld in de uitwerking van een gebiedsontwikkeling rekening worden gehouden met de hoogspanningsverbinding. Dit is in deze rapportage al beoordeeld onder criterium 3: inpassingsmogelijkheden.

Daarnaast kan worden gekeken of de referentielijn van een hoogspanningsverbinding iets kan worden verlegd waardoor deze niet of minder de gebiedsontwikkeling doorsnijdt. De tracés en referentielijnen voor de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding lopen, waar deze de zachte ontwikkelingen kruisen, voor relatief grote lengtes door de gebiedsontwikkeling. Het is daarbij niet goed mogelijk om de tracés en referentielijnen zo te verschuiven dat deze net buiten de gebiedsontwikkeling vallen. Om de gebiedsontwikkelingen te ontzien kan wel gekozen worden voor een voorkeursalternatief wat bestaat uit tracés / tracédelen die niet of slechts zeer beperkt door de gebiedsontwikkelingen lopen.

#### 6.5 Conclusie

Er ligt geen NOVEX-ontwikkeling binnen de ZRO-strook of magneetveldzone van de hoogspanningsverbinding bij Emmeloord. Rond Lelystad zijn drie ontwikkelingen die verbonden zijn aan de Lelylijn waar de 380 kV-hoogspanningsverbinding raakvlakken mee heeft. Wel moet worden opgemerkt dat de ontwikkeling geen gevoelige bestemmingen mogelijk maakt, maar bedrijfsfuncties of industrie. Een magneetveldzone speelt hier daarom geen rol.

#### Flevokusthaven

In onderstaande tabel is voor alle onderzoeksalternatieven die de ontwikkeling Flevokusthaven doorsnijden, de beoordeling per criterium weergegeven. De hartlijn van de hoogspanningsverbinding zorgt bij het overige deeltracé in deelgebied zuid (BL3b) voor meer oppervlakteverlies en doorsnijdt de uitbreiding van bedrijventerrein Flevokust Haven, ten zuiden van het plangebied. De ontwikkeling is al in een bestemmingsplan vastgesteld. Voor het grootste gedeelte krijgt deze de functie 'bedrijven / industrie'. Deze autonome ontwikkelingen, ookwel harde ontwikkelingen, zijn beoordeeld in het planMER. In dit rapport zijn de overige (zachte) ontwikkelingen beoordeeld. De verandering van invulling is momenteel nog niet duidelijk. Hierdoor zijn er mogelijkheden om een 380 kV-hoogspanningsverbinding te combineren met deze ontwikkeling.

Tabel 6-24 Totaalbeoordeling beïnvloeding NOVEX-ontwikkeling Flevokusthaven

	Zuid-Blauw-1	Zuid Overig
	BL3a	BL3b
Ruimtebeslag ZRO-strook	-	- -
Ruimtebeslag magneetveldzone	o	o
Inpassing: ligging	o/-	o/-
Inpassing: ZRO-strook	o/-	-
Inpassing: magneetveldzone	o	o
Inpassing: realisatietermijn	o/-	o/-
Inpassing: gemengd programma	o/-	o/-

### Proeftuin WUR

In onderstaande tabel is voor alle onderzoeks- en locatiealternatieven die de ontwikkeling Proeftuin WUR doorsnijden, de beoordeling per criterium weergegeven. De hartlijn van de hoogspanningsverbinding zorgt bij Noord-Paars-2 zorgt voor een fragmentatie van het gebied en de impact op ruimtelijke kwaliteit is groter in vergelijking met de andere twee tracés die parallel aan de bestaande verbindingen lopen. Dit betekent dat de proeftuinstatus ongewijzigd kan blijven en de impact minimaal is (beperkt tot de mastvoeten en eventuele bouwwegen en werkterreinen).

Tabel 6-25 Totaalbeoordeling beïnvloeding NOVEX-ontwikkeling Proeftuin WUR

	Noord Overig			Zuid Overig		Hoogspanningsstations		
	Noord-Paars-2	GR10b	GR15a	Zuid-Paars-1	PA7a	PA9a	L-2	L-3
Ruimtebeslag ZRO-strook	--	o/-	o/-	--	o/-	--	--	--
Ruimtebeslag magneetveldzone	o	o	o	o	o	o	o	o
Inpassing: ligging	-	-	-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-
Inpassing: ZRO-strook	-	o/-	o/-	-	o/-	-	o/-	o/-
Inpassing: magneetveldzone	o	o	o	o	o	o	o	o
Inpassing: realisatietermijn	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-
Inpassing: gemengd programma	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-	o/-

### Airport Businesspark

In onderstaande tabel is voor alle onderzoeksalternatieven die de ontwikkeling Airport Businesspark doorsnijden, de beoordeling per criterium weergegeven. De hartlijn van de hoogspanningsverbinding zorgt bij Zuid-Paars-2 voor meer oppervlakteverlies. Wat betreft ligging scoort Zuid-Paars-1 beter, omdat deze parallel aan de bestaande verbinding en de A6 loopt. Hierdoor is de impact op de ruimtelijke kwaliteit kleiner en wordt de ontwikkeling minder gefragmenteerd.

Tabel 6-26 Totaalbeoordeling beïnvloeding NOVEX-ontwikkeling Airport Businesspark

	Zuid Overig		
	Zuid-Paars-1	Zuid-Paars-2	PA7a
Ruimtebeslag ZRO-strook	--	--	--
Ruimtebeslag magneetveldzone	o	o	o
Inpassing: ligging	o/-	-	-
Inpassing: ZRO-strook	-	-	-
Inpassing: magneetveldzone	o	o	o
Inpassing: realisatietermijn	o/-	o/-	o/-
Inpassing: gemengd programma	o/-	o/-	o/-

#### 6.5.1 Resumé

Er zijn drie NOVEX-ontwikkelingen die samenhangen met de Lelylijn die worden geraakt door tracés of locaties voor een hoogspanningsstation die in beeld zijn voor het project Diemen-Ens. Voor alle gebieden geldt dat het gaat om ontwikkelingen in de categorie 'Bedrijven/industrie' waarvan de uitwerking zich nog in een vroeg stadium

bevindt; hierdoor zijn meer mogelijkheden om de 380 kV-verbinding in te passen. Desondanks kan een hoogspanningsverbinding of -station wel aanzienlijk impact hebben op de gebiedsontwikkeling vanwege het ruimtebeslag in de gebiedsontwikkeling. Voor alle gebiedsontwikkelingen zijn er tracés en/of stationslocaties met een aanzienlijk ruimtebeslag (>10ha). Omdat het om vrij grote gebiedsontwikkelingen gaat is de impact als percentage van de totale gebiedsontwikkeling iets geringer (variërend van 0,2 - 3,2%). De effecten van de onderzochte tracés, tracédelen en locaties voor een nieuw hoogspanningsstation zijn Alleen gedeeltelijk te mitigeren door bovengenoemde inpassing.

Voor de drie onderzochte NOVEX-gebieden geldt tevens dat deze al in meer of mindere mate in gebruik zijn voor bedrijven / industrie of hier al bestemmingsplannen gelden voor bedrijven / industrie. De impact op de bestaande inrichting en vastgestelde plannen van de gebieden zijn niet meegenomen in deze raakvlakkenstudie; dit maakt onderdeel uit van de referentiesituatie en autonome ontwikkelingen in de milieuonderzoeken in het plan-MER.

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
NOVEX-ontwikkeling Flevokusthaven	knelpunt maar oplosbaar	Mogelijk aanzienlijk ruimtebeslag voor tracés. Echter geen impact op woningen en gebiedsontwikkeling in vroeg stadium.	Deels door inpassing bij uitwerking gebiedsontwikkeling
NOVEX-ontwikkeling Proeftuin WUR	knelpunt maar oplosbaar	Mogelijk aanzienlijk ruimtebeslag voor tracés en stations. Echter geen impact op woningen en gebiedsontwikkeling in vroeg stadium.	Deels door inpassing bij uitwerking gebiedsontwikkeling
NOVEX-ontwikkeling Airport Businesspark	knelpunt maar oplosbaar	Mogelijk aanzienlijk ruimtebeslag voor tracés. Echter geen impact op woningen en gebiedsontwikkeling in vroeg stadium.	Deels door inpassing bij uitwerking gebiedsontwikkeling

## 7 Kosten van maatregelen

### 7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een schatting gegeven van de kosten van de belangrijkste maatregelen die zijn voorgesteld in de voorgaande hoofdstukken.

### 7.2 Aanpak

De waarden zijn schattingen van kengetallen van aanlegkosten door verschillende kostendeskundigen van Movares. Er geldt een hoge onzekerheid bij de inschattingen aangezien de bouwactiviteiten in de toekomst pas plaatsvinden. De benoemde kentallen en ramingen zijn een ruwe schatting en de kostenkengetallen zijn niet geverifieerd met de Lelylijn en TenneT.

De onderstaande Tabel 7-1 geeft voor elke maatregel weer wat het kostenkengetal is met daarbij een toelichting wat het uitgangspunt is voor het kostenkengetal.

Tabel 7-1: Kostenkengetallen van maatregelen

Maatregel	Kostenkengetal	Eenheid	Toelichting
<b>EMC</b>			
<b>Onderstation aan de spoorweg (Lelylijn)</b>	€6.500.000	Per onderstation	Betreft de kosten van een onderstation met twee tractiegroepen en twee 10kV kabelverbindingen. Naar verwachting is er een onderstation nodig om de 6 km in verband met aanraakspanningen als gevolg van inductieve beïnvloeding. Uit het onderzoek naar inductieve beïnvloeding moet nog blijken hoeveel extra onderstations geplaatst dienen te worden om de nauwe parallelloop technische mogelijk te maken.
<b>Capacitieve aardingen aan de spoorweg (Lelylijn)</b>	€100.000	Per capacitieve aarding	De capacitieve aarding is een condensatorbank met 2 gekoppelde aardelektrodes. Bij elk onderstation dient een capacitieve aarding geplaatst te worden in verband met aanraakspanningen als gevolg van inductieve beïnvloeding.

<b>Kruisingen</b>			
<b>Hogere hoogspanningsmasten</b>	€150.000	Meerkosten per mast	Dit zijn de meerkosten van een hogere S+3 mast ten opzichte van de standaard S+0 mast. Voor een kruising dient aan beide zijden van het spoor een hogere mast geplaatst te worden in verband met de eisen voor clearance danwel voor de eis van een 50 Hz magneetveld $\leq 10$ A/m ter plaatse van het spoor. Als alternatief kan gekozen worden om geen spoorweg apparatuur onder een kruising te plaatsen of nieuwe apparatuur te gebruiken met een immuniteit van 50 A/m.
<b>Extra hoogspanningsmasten voor kortere veldlengtes</b>	€1.000.000	Per hoogspanningsmast	Betreft een schatting van de stichtingskosten van een extra mast in dezelfde lijn.
<b>Hoogspanningshoekmast voor haakse kruisingen</b>	€2.000.000	Per hoekmast	Bij elke kruising kan het verschillen hoeveel extra masten nodig zijn. Dit is afhankelijk van de hoek ten opzichte van het spoor en de afstand die de masten hebben tot het spoor. De hoeveelheid extra masten kan uiteenlopen van 1 tot 3 extra (hoek)masten. Een hoekmast kan maximaal een hoek van 120 graden maken. Een hoekmast kost ongeveer 2 keer zoveel als een normale hoogspanningsmast.
<b>Omleiding 380 kV-hoogspanningsverbinding</b>	€7.000.000	Per km	Betreft het verlengen van de hoogspanningsverbinding. Per voorgestelde aandachtslocatie kan het verschillen van 50 m tot 500 m extra hoogspanningsverbinding.
<b>Verdieping beoogd nieuw Hoogspanningsstation Lelystad</b>			
<b>Omleiding 380 kV-hoogspanningsverbinding</b>	€7.000.000	Per km	Zie bovenstaande toelichting.
<b>Omleiding spoor</b>	€5.000.000 - €56.000.000	Per km	Afkomstig uit het Onderzoek Lelylijn alternatieven (bron: <a href="#">Onderzoek-Lelylijn-alternatieven-Eindrapport-consortium_DEF-MedRes-2.pdf</a> ). De lage bandbreedte is een spoor waar geen grondverbetering nodig is, terwijl de hoge bandbreedte een hoge mate aan grondverbetering vereist.

### 7.3 Resultaten

Er zijn drie bundelingsscenario's doorgerekend waarin de meerkosten voor zowel de Lelylijn als de 380 kV verbinding geschat worden. In de scenario's zijn combinaties gemaakt van maatregelen. Het lage scenario gaat uit van wenselijkere uitgangspunten zoals het minimaliseren van kruisingen en kleine tracéaanpassingen aan de hoogspanningstracéalternatieven. Ook wordt er in het lage scenario uitgegaan van een Lelylijn met een ontwerpsnelheid van 200 km/u. In die situatie is het aannemelijk dat er ook elke 6 km een onderstation nodig is en deze voor de bundeling geen meerkosten zijn. De meerkosten van de bundelingsscenario's zijn te zien in Tabel 7-2.

Voor de Lelylijn bedragen de extra kosten tussen de €0 en €25.000.000. De voornaamste veroorzaker van deze toename in het worstcase scenario is het plaatsen van twee extra onderstations voor het spoor om de inductieve beïnvloeding te verlagen. Daarbij dient wel gezegd te worden dat de Lelylijn deze extra onderstations al nodig heeft zodat er treinen met een hogere snelheid kunnen rijden. Daarnaast is in dit scenario ook rekening gehouden met een tracéaanpassing van de Lelylijn van 500 meter (in de berekening is €23 miljoen per km gerekend waarin 3 meter grondverbetering wordt toegepast). Voor de hoogspanningsverbinding zijn de extra kosten, vooral als er extra masten, hogere masten of omleidingen nodig zijn. De kosten voor de hoogspanningsverbinding lopen uiteen tussen €0 en €6.000.000 in het worstcase scenario. In gunstige scenario's zijn de meerkosten zelfs verwaarloosbaar.

Tabel 7-2: Schattingen van meerkosten voor beide verbindingen bij verschillende bundelingsscenario's.

	Nauwe bundeling Laag scenario	Nauwe bundeling Hoog scenario	Scenario met Lelylijn alternatief
Geschatte toename aanlegkosten Lelylijn (in mln €)	-1,9	+25	Geen verandering
Geschatte toename aanlegkosten 380 kV-verbinding (in mln €)	Geen verandering	+2	+6

### 7.4 Conclusie

De maatregelen die nodig zijn om een bundeling van de Lelylijn en de 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Lelystad en Emmeloord mogelijk maken zorgen voor een kleine toename voor één of beide projecten. In alle onderzochte scenario's is de toename beperkt.

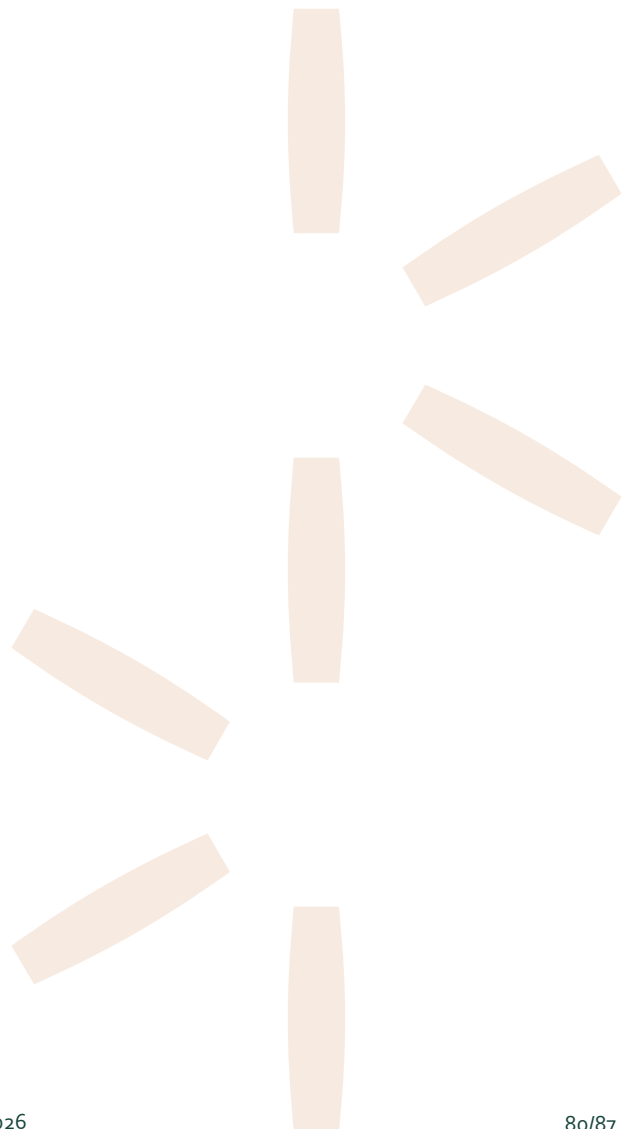
## 8 Conclusie

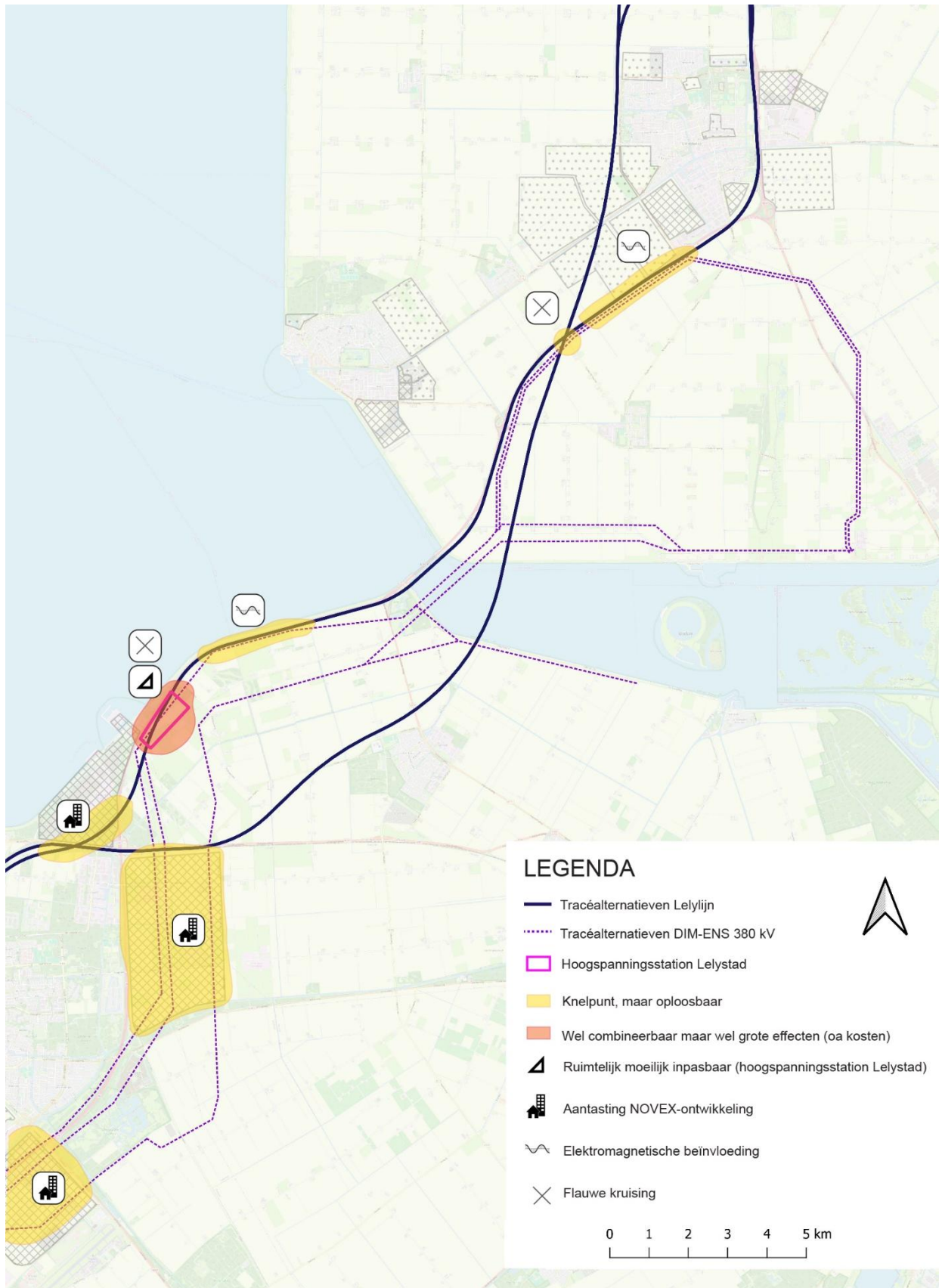
Middels dit raakvlakkenonderzoek is onderzocht wat de raakvlakken en aandachtspunten zijn tussen de projecten Lelylijn en de hoogspanningsverbinding tussen Ens en Diemen.

Naar voren is gekomen dat er duidelijke aandachtspunten zijn, waarbij is gekeken naar de volgende onderwerpen:

- Elektromagnetische beïnvloeding
- Kruisingen
- Verdieping beoogd nieuw hoogspanningsstation Lelystad
- Aandachtspunten bij realisatie (bouw)
- Raakvlakken met NOVEX-gebiedsontwikkeling

Voor alle onderdelen zijn aandachtspunten gevonden die mitigerende maatregelen of keuzes vereisen. Deze studie laat zien dat een deel van de belemmeringen weggenomen kunnen worden door het nemen van mitigerende maatregelen en/of het op elkaar afstemmen van de tracéalternatieven en varianten. De overzichtskaart (Figuur ) op de volgende pagina laat zien waar de verschillende knelpunten gelegen zijn. Het hoogspanningsstation vormt het grootste knelpunt. Er is een groot ruimtelijk vraagstuk op basis van de beschikbare ruimte, zonder diepgaander onderzoek kan er geen definitief antwoord gegeven worden of de beide projecten combineerbaar zijn rond de beoogde locatie van het hoogspanningsstation.





Figuur 8-1: Overzichtskaat met knelpunten bij bundeling van tracéalternatieven van de Lelylijn en 380 kV

## 8.1 Overzicht van knelpunten

In de volgende tabel worden de gevonden knelpunten van alle onderwerpen benoemd met eventueel een mitigerende maatregel:

Tabel 8.1: overzicht van de knelpunten met toelichting en mitigerende maatregel.

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
Magneetveldzone	knelpunt maar oplosbaar	Het 50 Hz magneetveld op 2 meter boven het spoor kan groter worden dan 10 A/m bij kruisingen van de 380 kV hoogspanningslijn over het spoor.	<p>Hang de geleiders bij de kruising hoger zodat de waarde van 10 A/m niet wordt overschreden.</p> <p>Of</p> <p>Plaats geen apparatuur met een lage immuniteit (10 A/m) binnen 35,5 meter vanaf het hart van de hoogspanningslijn.</p> <p>Of</p> <p>Pas apparatuur met een hoge immuniteit toe (50 A/m).</p>
Inductieve beïnvloeding	knelpunt maar oplosbaar	Bundeling op een onderlinge afstand van 100 meter vereist mitigerende maatregelen.	1500 Vdc onderstation om de 6 km. Toepassen van capacitieve aardingen bij 1500 Vdc onderstations. Sectioneren van lange koper kabels. Toepassen van assentellers en ERTMS. Aarden van 3 kV kasten.
Kruisingen ter hoogte van het beoogde hoogspanningsstation	knelpunt, maar oplosbaar	Twee flauwe kruisingen kort op elkaar.	Tracéalternatieven van Lelylijn en 380 kV en inpassing van het hoogspanningsstation op elkaar afstemmen.
Kruisingen tussen paarse 380 kV tracéalternatief en Lelylijn alternatief	geen knelpunt	Twee kruisingen die allen haaks zijn en daardoor goed zijn in te passen.	Geen maatregel vereist, eventueel hogere masten om inpassing gemakkelijker te maken.
Kruising tussen grijze 380 kV tracéalternatief en Lelylijn alternatief	knelpunt maar oplosbaar	Een flauwe kruising ten zuiden van Emmeloord	Wanneer inpassing van masten t.o.v. het spoor last is kunnen hoekmasten een oplossing bieden.
Raakvlak Lelylijn met hoogspanningsstation Lelystad	Waarschijnlijk combineerbaar, maar met gevolgen en nader onderzoek.	Er is een groot ruimtelijk vraagstuk op basis van de beschikbare ruimte, zonder dieper onderzoek kan er geen definitief antwoord gegeven worden of de beide projecten combineerbaar zijn.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aanpassing aan de positionering van de eindmasten en het hoogspanningsstation in combinatie met een optimalisatie van de Lelylijn</li> <li>2. Uitbreiding van het zoekgebied voor de plaatsing van het hoogspanningsstation</li> <li>3. Nieuw zoekgebied onderzoeken</li> <li>4. Aanpassing aan de Lelylijn</li> </ol>

Knelpunt	Categorie	Toelichting	Mitigerende maatregel
Realiseren van kruisingen	Knelpunt, maar oplosbaar	Er zijn 0 tot 2 kruisingen tussen de Lelylijn en 380 kV tracéalternatieven. De meeste kruisingen zijn haaks en er worden mitigerende maatregelen voortgesteld om het effect van de kruising te beperken.	Ten eerste de voorgestelde maatregelen bij het onderdeel kruisingen Bij zeer moeilijke inpassing kan in het ergste geval gekozen kan een tijdelijke uitschakeling van de hoogspanningsverbinding nodig zijn om de kruising te realiseren.
Inductieve Beïnvloeding tijdens de bouw	Geen knelpunt	Werken nabij een hoogspanningsverbinding vraagt extra aandacht voor spanning en capacatieve lading. Hiervoor zijn standaardwerkprotocollen en methodes om te zorgen dat dit veilig gebeurt.	Niet van toepassing
NOVEX-ontwikkeling Flevokusthaven	knelpunt maar oplosbaar	Mogelijk aanzienlijk ruimtebeslag voor tracés. Echter geen impact op woningen en gebiedsontwikkeling in vroeg stadium.	Deels door inpassing bij uitwerking gebiedsontwikkeling
NOVEX-ontwikkeling Proeftuin WUR	knelpunt maar oplosbaar	Mogelijk aanzienlijk ruimtebeslag voor tracés en stations. Echter geen impact op woningen en gebiedsontwikkeling in vroeg stadium.	Deels door inpassing bij uitwerking gebiedsontwikkeling
NOVEX-ontwikkeling Airport Businesspark	knelpunt maar oplosbaar	Mogelijk aanzienlijk ruimtebeslag voor tracés. Echter geen impact op woningen en gebiedsontwikkeling in vroeg stadium.	Deels door inpassing bij uitwerking gebiedsontwikkeling

## 8.2 Elektromagnetische beïnvloeding

Vanuit het zichtpunt van elektromagnetische invloed geeft de combinatie van de Lelylijn variant bundeling A6 langs de Ketelbrug en de DIM-LLS-ENS variant "grijs" de meeste elektromagnetische beïnvloeding op de Lelylijn. Andere varianten zullen minder elektromagnetische beïnvloeding op de Lelylijn geven vanwege kortere parallelloop en/of op grotere onderlinge afstand.

Een verkennende EM-beïnvloedingsstudie voor de bundeling van de nieuwe 380 kV hoogspanningslijn VVL-ENS laat zien dat bundeling met een onderlinge afstand van 100 meter over lange parallelloop lengte mogelijk is, indien mitigerende maatregelen genomen worden.

Dit maakt dat het mogelijk is om de Lelylijn te bundelen met de nieuwe hoogspanningsverbinding DIM-LLS-ENS. Wel zijn er een aantal mitigerende maatregelen nodig, welke zijn beschreven in dit rapport.

### 8.3 Kruisingen

Als een beide verbindingen elkaar kruisen met flauwe hoeken dan is dat die zowel vanuit elektromagnetische beïnvloeding en onderhoudbaarheid niet wenselijk. De keuze van tracéalternatieven en varianten zijn leidend in de hoeveelheid kruisingen. Daarnaast zijn er kleine tracéaanpassingen denkbaar waardoor het aantal kruisingen verminderen. Bij het uitwijken van tracéalternatief dient er onderzocht te worden of het daadwerkelijk mogelijk is. Daarbij dient rekening gehouden te worden met de projectuitgangspunten en traceringsprincipes. Afhankelijk van de combinatie van tracéalternatieven zijn er 0-2 kruisingen tussen project 380 kV en de Lelylijn. In de meeste gevallen zijn dit haakse kruisingen. Voor een enkele kruising is het een flauwe kruising waarvoor wordt geadviseerd de alternatieven op elkaar af te stemmen als beide als voorkeursalternatief gekozen wordt. Met simpele maatregelen is de kruising goed in te passen, bijvoorbeeld met extra hoekmasten voor een haakse hoek.

### 8.4 Verdieping beoogd nieuw hoogspanningsstation Lelystad

Als de variant bundeling met A6 voor de Lelylijn gekozen wordt heeft dit gevolgen voor de positionering van het nieuwe hoogspanningsstation Lelystad. Zonder optimalisatie van de verbindingen en positionering van het hoogspanningsstation heeft de initiële plek van het nieuwe hoogspanningsstation, de eindmasten die daarbij geplaatst dienen te worden én de 150kV kabels die gelegd moeten worden hebben overlap met dit alternatief van de Lelylijn.

De speelruimte voor een nieuwe plek van het hoogspanningsstation is zeer beperkt, maar de positionering ten opzichte van de Lelylijn kan nog geoptimaliseerd worden. Dit betekent dat het hoogspanningsstation meer gepositioneerd dient te worden richting het zuidoosten van het onderzoeksgebied en dat daarmee de positie van de eindmasten ook veranderd. Dit gebied wordt dan erg krap en bied dan onvoldoende speelruimte voor het definitief positioneren van het hoogspanningsstation. Daarvoor zou een uitbreiding van het zoekgebied een goede oplossing zijn. Er kan aan de zuidoostelijke kant van het zoekgebied ongeveer 100-150 meter extra ruimte verkregen worden. Dit betekent geen onoplosbaar knelpunt, maar betreft vooral economische gevolgen voor plaatsing van het station (waaronder dus eventueel additionele grondaankoop).

De 150kV kabels liggen in de grond onder het spoor en kennen geen onoplosbare knelpunten, wel wordt goede afstemming tussen beide partijen geadviseerd.

De alternatieve variant van de Lelylijn kent geen raakvlakken met het nieuwe hoogspanningsstation en kent daarom ook geen knelpunten of problemen. Er is een groot ruimtelijk vraagstuk rond de overlap tussen de Lelylijn en het hoogspanningsstation op basis van de beschikbare ruimte, zonder diepgaander onderzoek kan er geen antwoord gegeven worden of de beide projecten combineerbaar zijn.

### 8.5 Aandachtspunten realisatie

De realisatie van de Lelylijn in de situatie dat de 380kV hoogspanningsverbinding aanwezig is, is mogelijk. Wel zijn er aandachtspunten in de realisatiefase. Bij het realiseren van de spoorverbinding in nabijheid van de hoogspanningsverbinding zijn vooral de kruisingen een aandachtspunt. Met name het aanleggen van de bovenleiding van het spoor onder de hoogspanningsverbinding wordt vermoeilijkt. Met het juiste materieel en voldoende hoogte tussen het spoor en de hoogspanningslijnen is het met nodige veiligheidsmaatregelen te realiseren. Wel is het aan te raden om niet meerdere kruisingen kort achter elkaar te plaatsen.

### 8.6 Raakvlakken met gebiedsontwikkeling

Er zijn drie NOVEX-ontwikkelingen die samenhangen met de Lelylijn die worden geraakt door tracés of locaties voor een hoogspanningsstation die in beeld zijn voor het project Diemen-Ens (Flevokusthaven, Proeftuin WUR en Airport Businesspark). Voor alle gebieden geldt dat het gaat om ontwikkelingen in de categorie 'Bedrijven/industrie' waarvan de uitwerking zich nog in een vroeg stadium bevindt; hierdoor zijn meer mogelijkheden om de 380 kV-verbinding in te passen. Desondanks kan een hoogspanningsverbinding of -station wel aanzienlijk impact hebben op de gebiedsontwikkeling vanwege het ruimtebeslag in de gebiedsontwikkeling.

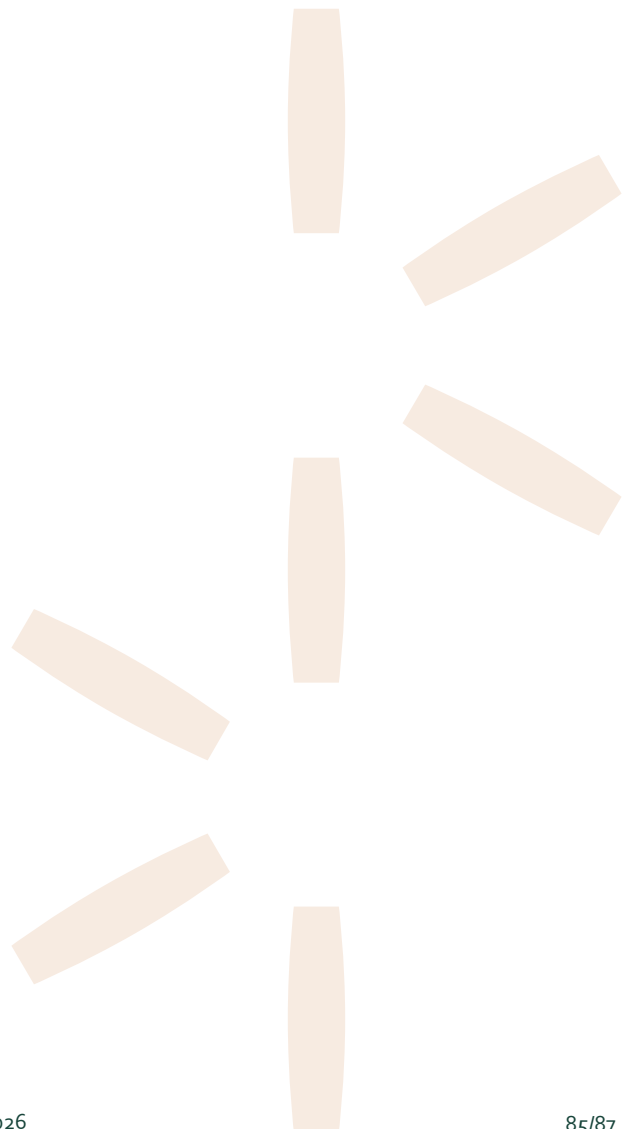
Voor alle gebiedsontwikkelingen zijn er tracés en/of stationslocaties met een aanzienlijk ruimtebeslag (>10ha). Voor de stationslocaties (L-2 en L-3) gaat dat zelfs om ca. 30 ha. Omdat het om vrij grote gebiedsontwikkelingen gaat is de impact als percentage van de totale gebiedsontwikkeling iets geringer (variërend van 0,2 - 3,2%). De

effecten van de onderzochte tracés, tracédelen en locaties voor een nieuw hoogspanningsstation zijn alleen gedeeltelijk te mitigeren door bovengenoemde inpassing.

Voor de drie onderzochte NOVEX-gebieden geldt ook dat deze al in meer of mindere mate in gebruik zijn voor bedrijven / industrie of hier al bestemmingsplannen gelden voor bedrijven / industrie. De impact op de bestaande inrichting en vastgestelde plannen van de gebieden zijn niet meegenomen in deze raakvlakkenstudie; dit maakt onderdeel uit van de referentiesituatie en autonome ontwikkelingen in de milieuonderzoeken in het plan-MER.

### 8.7 Meerkosten van maatregelen

De maatregelen die nodig zijn om de Lelylijn en de 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen Lelystad en Emmeloord te bundelen, leiden tot een lichte kostenstijging voor een of beide projecten. Voor de Lelylijn bedragen de extra kosten tussen de €0 en €25.000.000. De voornaamste veroorzaker van deze toename is het plaatsen van twee extra onderstations voor het spoor om de inductieve beïnvloeding te verlagen. Daarbij dient wel gezegd te worden dat de Lelylijn deze extra onderstations al nodig heeft zodat er treinen met een hogere snelheid kunnen rijden. Daarnaast is in dit scenario ook rekening gehouden met een tracéaanpassing van de Lelylijn van 500 meter. Voor de hoogspanningsverbinding zijn de extra kosten, vooral als er extra masten, hogere masten of omleidingen nodig zijn. De kosten voor de hoogspanningsverbinding lopen uiteen tussen €0 en €6.000.000 in het worstcase scenario. In gunstige scenario's zijn de meerkosten zelfs verwaarloosbaar.



## Colofon

<b>Opdrachtgever</b>	TenneT TSO & projectorganisatie Lelylijn
<b>Uitgave</b>	Movares Nederland B.V. Jaarbeursboulevard 280
<b>Telefoon</b>	+31 (0)30 - 265 55 55
<b>Ondertekenaar</b>	Boer JG de (Jan Gerck) jangerk.deboer@movares.nl
<b>Projectnummer</b>	M0004913
<b>Kenmerk</b>	--HS-RAP-25004215

© 2026, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

movares  smart  
urban  
engineering