



# 380 kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord

Deelproduct effecten nieuwe ondergrondse 150 kV-verbinding

TenneT TSO B.V.

3 oktober 2025

Project 380 kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord  
Opdrachtgever TenneT TSO B.V.

Document Deelproduct effecten nieuwe ondergrondse 150 kV-verbinding  
Status Concept  
Datum 3 oktober 2025  
Referentie 142997/25-014.537

Projectcode 142997  
Meridian kenmerk TenneT 003.017.20 159220

Dit document is geautoriseerd en intern aantoonbaar vrijgegeven conform het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

Adres E-MERGE  
Hoogoorddreef 15  
Postbus 12205  
1100 AE Amsterdam  
+31 (0)20 312 55 55  
[www.witteveenbos.com](http://www.witteveenbos.com)  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Geen aansprakelijkheid wordt aanvaard voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

|       |                                                           |           |
|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 1     | <b>INLEIDING</b>                                          | <b>6</b>  |
| 2     | <b>DOELSTELLING</b>                                       | <b>7</b>  |
| 3     | <b>PROBLEEMSTELLING</b>                                   | <b>8</b>  |
| 4     | <b>TECHNISCHE UITGANGSPUNTEN 150 KV ONDERGRONDS TRACÉ</b> | <b>9</b>  |
| 4.1   | Uitgangspunten voor de benodigde verbinding               | 9         |
| 4.1.1 | Elektrisch vermogen                                       | 9         |
| 4.1.2 | Configuratie                                              | 9         |
| 4.1.3 | Te installeren assets                                     | 10        |
| 4.2   | Uitvoeringsmethode                                        | 11        |
| 4.2.1 | Open ontgraving                                           | 11        |
| 4.2.2 | Gestuurde boring                                          | 11        |
| 5     | <b>TRACÉ AANDACHTSPUNTEN</b>                              | <b>13</b> |
| 5.1   | Ondergrondse obstakels                                    | 13        |
| 5.1.1 | Kruising van bestaande kabels en leidingen                | 13        |
| 5.1.2 | Parallel ligging van bestaande kabels en leidingen        | 14        |
| 5.1.3 | Overige ondergrondse obstakels                            | 14        |
| 5.2   | Bovengrondse obstakels                                    | 14        |
| 5.2.1 | Kruising wegen                                            | 15        |
| 5.2.2 | Kruising watergang/waterwegen                             | 15        |
| 5.2.3 | Spoorwegen                                                | 15        |
| 5.2.4 | Kruising waterkering                                      | 16        |
| 5.2.5 | Overige bovengrondse obstakels                            | 16        |
| 5.3   | Beïnvloeding op derden                                    | 16        |
| 6     | <b>ANALYSE KNELPUNTEN</b>                                 | <b>17</b> |
| 6.1   | Noord-west 1 (NW1)                                        | 17        |
| 6.1.1 | Tracé NW1a (donkerpaars)                                  | 18        |
| 6.1.2 | Tracé NW1b (lichtpaars)                                   | 19        |
| 6.2   | Noord-west 2 (NW2)                                        | 19        |

|        |                                                                             |                        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 6.2.1  | Tracé NW2a (zwart)                                                          | 20                     |
| 6.2.2  | Tracé NW2b (grijs)                                                          | 20                     |
| 6.3    | Noord-midden 1 (NM1)                                                        | 21                     |
| 6.3.1  | Tracé NM1 (lichtgroen)                                                      | 21                     |
| 6.4    | Noord-midden 2 (NM2)                                                        | 22                     |
| 6.4.1  | Tracé NM2a (donkerblauw)                                                    | 23                     |
| 6.4.2  | Tracé NM2b (lichtblauw)                                                     | 23                     |
| 6.5    | Noord-oost 1 (NO1)                                                          | 24                     |
| 6.5.1  | Tracé NO1 (rood)                                                            | 24                     |
| 6.6    | Noord-oost 2 (NO2)                                                          | 25                     |
| 6.6.1  | Tracé NO2 (groen)                                                           | 25                     |
| 6.7    | Noord-oost 3 (NO3)                                                          | 26                     |
| 6.7.1  | Tracé NO3 (roze)                                                            | 26                     |
| 6.8    | Noord-oost 4 (NO4)                                                          | 27                     |
| 6.8.1  | Tracé NO4 (lichtroze)                                                       | 27                     |
| 6.9    | Noord-oost 5 (NO5)                                                          | 28                     |
| 6.9.1  | Tracé NO5 (bruin)                                                           | 28                     |
| 6.10   | Noord-oost 6 (NO6)                                                          | 29                     |
| 6.10.1 | Tracé NO6a (lichtroze)                                                      | 29                     |
| 6.10.2 | Tracé NO6b (donkerblauw)                                                    | 30                     |
| 6.11   | Noord-oost 7 (NO7)                                                          | 31                     |
| 6.12   | Noord-oost 8 (NO8)                                                          | 31                     |
| 6.12.1 | Tracé NO8a (lichtgroen)                                                     | 32                     |
| 6.12.2 | Tracé NO8b (donkergroen)                                                    | 33                     |
| 7      | <b>CONCLUSIE</b>                                                            | <b>34</b>              |
|        | Laatste pagina                                                              | 34                     |
|        | <b>Bijlage(n)</b>                                                           | <b>Aantal pagina's</b> |
| I      | Inventarisatie knelpunten op verschillende ondergrondse 150 kV-verbindingen | 1                      |
| II     | Factsheets                                                                  | -                      |

## Afkortingenlijst

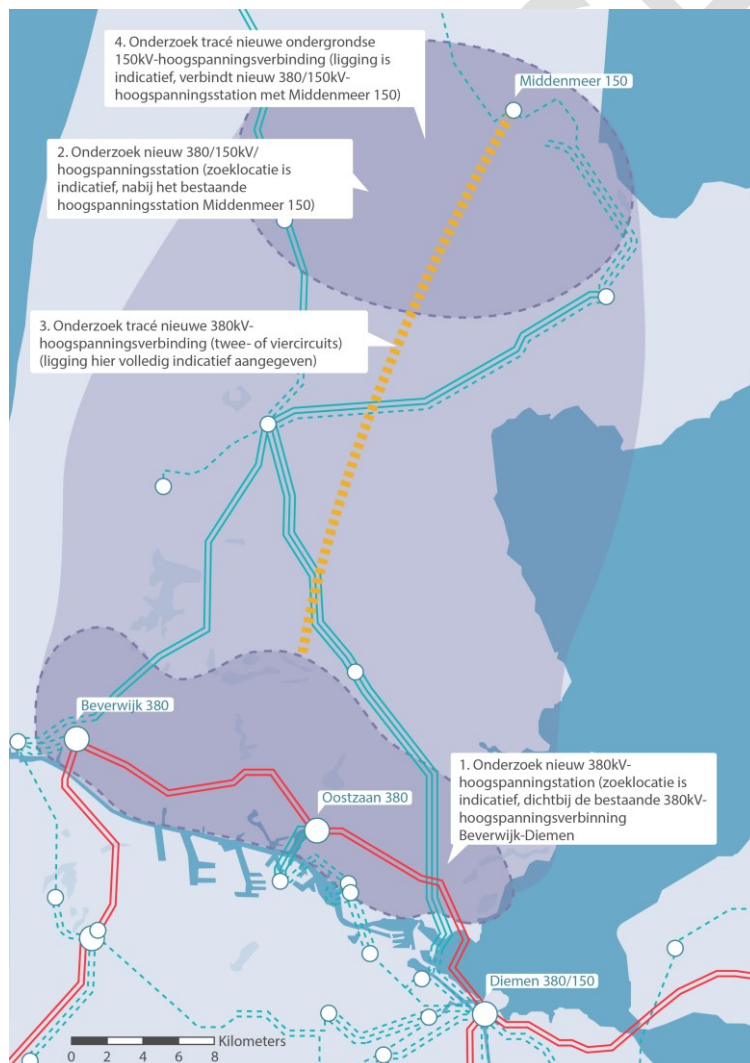
Tabel 1 Afkortingenlijst

| Afkorting | Betekenis                     | Afkorting | Betekenis                                     |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------------------------------|
| μT        | MicroTesla                    | MER       | Milieueffectrapportage                        |
| AIS       | Air Insulated Switchgear      | MVA       | Mega Volt Ampère                              |
| ACM       | Autoriteit Consument en Markt | MW        | Mega Watt                                     |
| AMN       | Asset Management Nederland    | NAP       | Normaal Amsterdams Peil                       |
| BO        | Basisontwerp                  | NNN       | Natuurnetwerk Nederland                       |
| Cu        | Koper (Cuprum)                | NRD       | Notitie Reikwijdte en Detailniveau            |
| KGG       | Klimaat en Groene Groei       | ONB       | Onvoorzien Niet                               |
| EMC       | Electro Magnetische           | PEH       | Programma                                     |
| XXX380    | 380 kV-                       | PVE       | Programma van Eisen                           |
| HS        | Hoogspanning                  | PP        | Project Procedure                             |
| IBN       | Inbedrijfname                 | RES       | Regionale Energie Strategie                   |
| IEA       | Integrale effectenanalyse     | RIVM      | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu |
| KES       | Kabeleindsluiting             | RLN       | Richtlijn                                     |
| kV        | Kilo Volt                     | sPVE      | Specifiek Programma van                       |
| kA        | Kilo Ampère                   | m.v.      | maaveld                                       |
| LBC       | Landelijk Bedrijfsvoering     | VGM       | Veiligheid, Gezondheid en                     |
| LHB       | Luchthaven besluit            | VNB       | Voorziene Niet Beschikbaarheid                |
|           |                               | ZRO       | Zakelijk recht overeenkomst                   |

## INLEIDING

De energietransitie en de groeiende vraag naar elektriciteit stellen ons voor nieuwe uitdagingen. Uit analyses van TenneT blijkt dat de huidige en toekomstige transportcapaciteit van het hoogspanningsnet in Noord-Holland onvoldoende is om aan de groeiende vraag te kunnen voldoen. Daarom is een nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding nodig die het 150 kV-station Middenmeer verbindt met de bestaande 380 kV-verbinding tussen Beverwijk en Diemen. Het project dat TenneT hiervoor is gestart, is de 380 kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord. Voor de inwoners van Noord-Holland betekent dit niet alleen een stabielere energievoorziening, maar ook een vermindering van de kans op stroomuitval. In dit deelproduct zal dieper worden ingegaan op de effecten van de nieuwe ondergrondse 150 kV-verbinding die noodzakelijk is om het noordelijk station te verbinden met Middenmeer 150 kV.

Afbeelding 1.1 Projectonderdelen en zoekgebied 380 kV-Netuitbreiding Noord-Holland Noord



## DOELSTELLING

Dit document biedt een technische weergave van de benodigde ondergrondse verbinding. Het doel is om een helder en gestructureerd overzicht te bieden van alle mogelijke 150 kV-verbindingen vanuit de verschillende noordelijke stationslocatie naar het bestaande station Middenmeer, waarbij elke locatie wordt beoordeeld op basis van een aantal factoren.

In tegenstelling tot de overige deelrapporten is deze rapportage op een hoger abstractieniveau geschreven. De keuze van de 380 kV-lijnverbinding en stationslocaties zal de keuze van de ondergrondse 150 kV-verbinding dicteren. Daarom is er op dit moment in het project minder diep ingegaan op de 150 kV-verbinding, omdat de 150 kV-verbinding relatief minder knelpunten zal hebben ten opzichte van de 380 kV-lijnverbinding en de stationslocaties. Hierdoor heeft de 150 kV-verbinding geen invloed op de risicoprofielen.

De belangrijkste redenen voor het opstellen van dit document zijn:

- **transparantie en inzicht:** het bieden van transparantie in het selectieproces, om inzichtelijk te maken wat de gevolgen zijn van de keuze van de noordelijke stationslocatie op de benodigde ondergrondse 150 kV-verbinding. Door alle mogelijke locaties en de beoordelingscriteria duidelijk te beschrijven, kunnen belanghebbenden inzicht krijgen in de gemaakte keuzes;
- **technische evaluatie:** het uitvoeren van een high-level technische evaluatie van de benodigde verbindingen tussen de voorgestelde stationslocaties en station Middenmeer. Dit omvat factoren zoals uitvoerbaarheid en haalbaarheid, de aansluitbaarheid met het bestaande net en de nieuw te realiseren verbinding.

Door deze factoren te evalueren, biedt dit document een solide basis om inzicht te krijgen in wat de 150 kV-verbinding op technisch vlak voor impact zal hebben op de omgeving en welke uitdagingen er in de volgende fases van het engineeringsproces beschouwd moeten worden. Tevens is het bedoeld om alle betrokken partijen, van technische experts tot lokale gemeenschappen, te informeren en te betrekken bij het besluitvormingsproces.

# 3

## PROBLEEMSTELLING

In het noorden van Noord-Holland moet een nieuw 380/150 kV-hoogspanningsstation gerealiseerd worden. Dit station moet verbonden worden met het bestaande 150 kV-station nabij Middenmeer. Deze verbinding zal plaatsvinden door een ondergrondse kabelverbinding van 150 kV te realiseren.

In het projectgebied liggen verschillende ondergrondse obstakels, denk hierbij aan gasleidingen, waterleidingen, fundering van infrastructuur. Tevens zijn er ook bovengrondse obstakels, denk hierbij aan wegen, spoorwegen, waterwegen, dijken. Elk van deze obstakels hebben invloed op de locatie en uitvoeringsmethode voor de aanleg van de 150 kV-verbinding. Dit onderzoek richt zich op de ondergrondse tracéalternatieven om de 150 kV-verbinding tussen de stationslocaties en Middenmeer te realiseren, waarbij mogelijke obstakels in kaart worden gebracht.

# 4

## TECHNISCHE UITGANGSPUNTEN 150 KV ONDERGRONDS TRACÉ

Uit het document met technische uitgangspunten zijn de volgende aspecten opgenomen voor de ondergrondse 150 kV-kabelverbinding.

### 4.1 Uitgangspunten voor de benodigde verbinding

De verbinding tussen het noordelijke station en station Middenmeer heeft de volgende parameters.

#### 4.1.1 Elektrisch vermogen

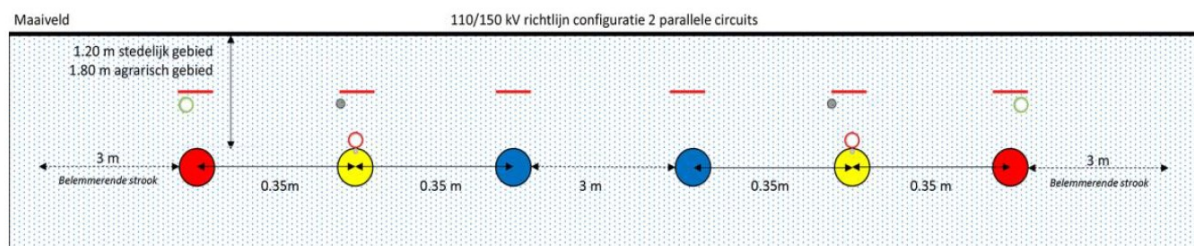
- voltage: 150 kV;
- vermogen: 500 MVA (per circuit);
- aantal circuits: 4;
- belasting: 1 uur overbelasting van 150 %.

#### 4.1.2 Configuratie

- open ontgraving:
  - platvlak met onderlinge h.o.h. afstand van 0,35 meter (m) per fasekabel en 3 m tussen circuits;
  - aanlegdiepte van 1,8 m in agrarisch gebied, of 1,2 m in stedelijk gebied.

Als uitgangspunt is een conservatieve aanname gekozen. Op dit moment wordt uitgegaan van 2 kabels per fase, waardoor de dubbele hoeveelheid infrastructuur aangebracht moet worden ten opzichte van de standaard uitgangspunten die in afbeelding 4.1 is weergegeven. Tijdens de project-MER, wanneer de engineeringfase zal starten, wordt het uitgangspunt gecontroleerd en indien mogelijk aangepast, zodat er een gunstiger ruimtebeslag kan worden gebruikt. Dit resulteert in de meest conservatieve uitgangspunten op een belemmerende strook van circa 34 m breedte bij de meest gunstige situatie zal dit gereduceerd worden naar circa 15 m breedte.

Afbeelding 4.1 Richtlijn configuratie 2 parallelle circuits 110/150 kV



Afbeelding 4.2 Legenda richtlijn configuratie 2 parallelle circuits 110/150 kV

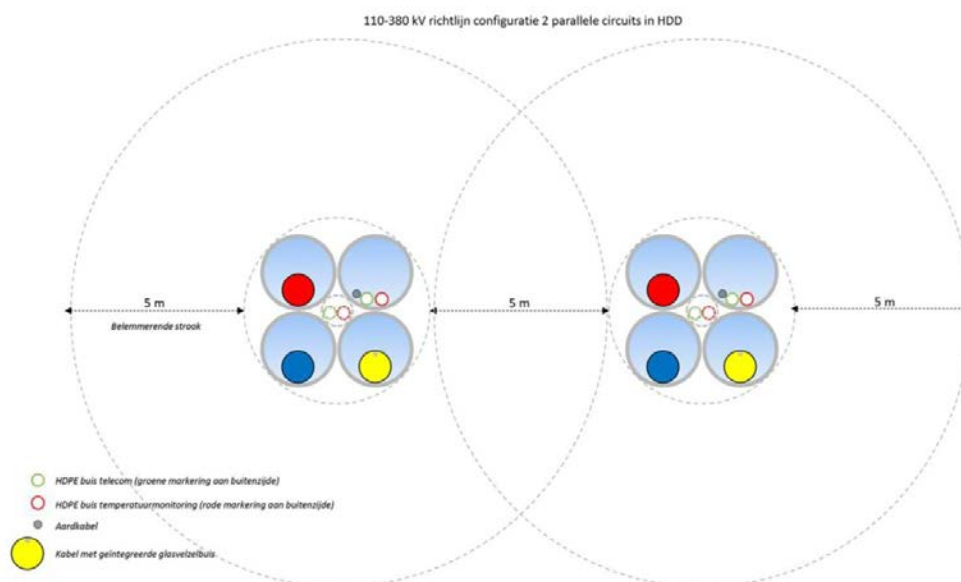


In afbeelding 4.1 wordt een visuele weergave gegeven van 2 circuits in parallelle ligging. In deze afbeelding zijn 3 kleuren rondjes te zien. Deze stellen ieder een fase van een circuit voor. Dit verschil in kleuren is gedaan om duidelijk te maken hoe twee circuits langs elkaar gelegen kunnen zijn in dezelfde gleuf.

- gestuurde boring:
  - 4x mantelbuis Ø250 mm HDPE. Met elk 1 fase kabel of alle datakabels;
  - dagmaat tussen 2 gestuurde boringen dient tenminste 5 m te zijn.

Als uitgangspunt is een conservatieve aanname gekozen. Net als bij de open ontgraving is bij 2 kabels per fase extra de dubbele hoeveelheid infrastructuur nodig. Voor de horizontaal gestuurde boring (HDD) betekent dit dat er 8 HDD's uitgevoerd moeten worden in plaats van 4. Bij een HDD is er ook de mogelijkheid om 2 boven elkaar te plaatsen, waardoor het benodigde ruimtebeslag kan worden geminimaliseerd indien nodig. De standaard doorsnede van HDD's volgens TenneT is weergegeven in afbeelding 4.3.

Afbeelding 4.3 Richtlijn configuratie 2 parallelle circuits in HDD 110-380 kV



#### 4.1.3 Te installeren assets

Bij een kabelverbinding zijn er naast de kabels zelf ook andere componenten nodig. Afhankelijk van de lengte van het tracéalternatief zijn er mogelijk extra componenten vereist welk impact hebben op de omgeving.

Deze worden hieronder vermeld:

- moflocatie: een kabel heeft een maximale lengte van circa 1,5 km. Als de tracélengte langer is dan 1,5 km, moeten de kabels aan elkaar worden verbonden met een kabel mof. Er zijn drie verschillende mof types:
  - **straight mof**: hierbij wordt enkel de kabel aan elkaar gemaakt;
  - **cross-bonding mof**: hierbij wordt het aardscherm van de kabels aangepast. Er moet een bovengrondse kast worden geplaatst die toegankelijk is voor beheer en onderhoud;
  - **aarding mof**: hierbij wordt een aardpen in de grond geslagen waarbij de kabel wordt geaard. Er moet rekening worden gehouden dat er geen objecten binnen 35 m van deze aardingsmof aanwezig mogen zijn.

Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het tracéalternatief voor de ondergrondse 150 kV-verbindingen in verschillende tracédelen moet worden opgedeeld. Deze opdeling zal gebeuren in major en minor secties. Een major sectie, van circa 3-4,5 km in lengte, bestaat uit drie minor secties met (nagenoeg) dezelfde kabellengtes van circa 1-1,5 km. Bij de moflocatie van een minor sectie moet een cross-bonding kast geplaatst worden. En bij de overgang van een major sectie moet een aardingsmof geplaatst worden. In de project-MER worden deze uitgangspunten tijdens de engineeringsfases gecontroleerd en indien nodig bijgesteld.

## 4.2 Uitvoeringsmethode

De twee uitvoeringsmethodes die overwogen en mogelijk zijn voor dit project zijn open ontgraving en gestuurde boring. Tijdens de project-MER en de engineeringsfase zal worden bepaald welke uitvoeringsmethode het meest geschikt is voor een specifieke locatie.

In de projectuitgangspunten is vastgesteld dat het 'open ontgraving, tenzij' principe wordt toegepast. Dit betekent dat enkel bij een knelpunt een HDD-methode zal worden toegepast, wanneer dit kan zorgen voor een lager risicoprofiel.

### 4.2.1 Open ontgraving

Open ontgraving is een traditionele methode waarbij een sleuf wordt gegraven om de kabels in aan te leggen. Deze methode is vaak kosteneffectief en biedt directe toegang tot de kabels tijdens beheer en onderhoudsfase. Het vereist echter een brede werkstrook en kan aanzienlijke verstoringen veroorzaken aan de oppervlakte, wat invloed kan hebben op de omgeving en de lokale infrastructuur:

- **werkstrook**: circa 40 à 50 m breed;
- **grondverzet**: met graafmachines wordt de sleuf ontgraven. De grond wordt naast de ontgraving, in dezelfde werkstrook, tijdelijk opgeslagen;
- **sleuf**: de gehele sleuf van kabellengte circa 1,5 km wordt op hetzelfde moment opengehouden. De sleuf zal standaard een diepte hebben van circa 2,1 m diep. Bij bovenstaande conservatieve aanname resulteert dit in een circa 32 m brede ontgraving;
- **bemaling**: mogelijk noodzakelijk om de sleuf droog te houden tijdens de werkzaamheden;
- **veiligheid**: er moeten veiligheidsmaatregelen worden getroffen om instorting van de sleuf te voorkomen;
- **milieu**: er moet rekening worden gehouden met de effecten op de omgeving, zoals flora en fauna;
- **tijd**: open ontgraving kan tijdrovend zijn, afhankelijk van de bodemgesteldheid en weersomstandigheden.

### 4.2.2 Gestuurde boring

Gestuurde boring is een geavanceerde techniek waarbij een boorinstallatie wordt gebruikt om een ondergronds boorgat te creëren waarin uiteindelijk mantelbuizen voor de kabels kan worden aangelegd. Deze sleuf-loze techniek is ideaal voor het kruisen van obstakels zoals wegen, spoorwegen, en waterwegen

zonder de oppervlakte te verstoren. Hoewel de kosten hoger kunnen zijn, biedt een horizontaal gestuurde boring (HDD) een minder invasieve oplossing voor complexe tracés:

- **equipment:** groot equipment en werkterreinen zijn nodig;
- **obstakels:** geschikt voor het kruisen van obstakels zoals wegen, spoorwegen, en waterwegen;
- **grondlagen:** doorkruisen van polders en afsluitende grondlagen, waardoor aandacht voor kwel noodzakelijk is;
- **belastbaarheid:** een HDD heeft normaliter een negatief effect op de belastbaarheid van de kabels door de warmteontwikkeling van de kabel. Mogelijk dient hierdoor zwaardere type kabels gebruikt te worden ten opzichte van een tracé enkel in open ontgraving;
- **ruimte:** minder ruimtebeslag aan de oppervlakte in vergelijking met open ontgraving. Wel dient er een uitlegstrook beschikbaar te zijn achter de boring. Waar de mantelbuis kunnen worden uitgelegd, deze dient minimaal even lang te zijn als de boring;
- **kosten:** doorgaans hogere kosten dan open ontgraving, maar kan kosteneffectief zijn bij complexe tracéalternatieven;
- **milieu:** gestuurde boring heeft vaak een kleinere effecten op de omgeving, omdat er minder grondverzet plaatsvindt en de oppervlakte minder wordt verstoord;
- **tijd:** hoewel de voorbereidingstijd langer kan zijn, kan gestuurde boring sneller worden uitgevoerd dan open ontgraving, vooral bij lange afstanden.

## TRACÉ AANDACHTSPUNTEN

In dit hoofdstuk zijn de technische aandachtspunten opgenomen, conform de richtlijnen. Planologisch dient er met meer zaken rekening te worden gehouden voor het bepalen van het tracéalternatief. Deze zijn opgenomen in de planologie deelrapporten.

In hoofdstuk 6 zijn de principe tracélijnen toegevoegd die vanuit het planologisch spoor zijn opgezet. Deze zullen in de volgende fase van de project-MER verder worden uitgewerkt. Hierbij zal goed gekeken moeten worden naar perceelgrenzen binnen weilanden, zodat de mof-locaties op de juiste locatie geplaatst kunnen worden. Gezien het projectgebied zijn deze percelen voornamelijk weilanden die gepasseerd dienen te worden. Daardoor zijn er voor de tracering qua techniek relatief weinig knelpunten te verwachten. Wel zal er goed gekeken moeten worden naar onderstaande beschreven aandachtspunten. Wat er mogelijk voor kan zorgen dat de principe tracé-lijnen aangepast zullen worden in latere fase.

### 5.1 Ondergrondse obstakels

Voor een 150 kV-kabelverbinding hebben ondergrondse obstakels impact op het tracéalternatief en op de benodigde componenten.

#### 5.1.1 Kruising van bestaande kabels en leidingen

Bij het ontwerp van een kabelverbinding moeten kruisende kabels en leidingen als obstakels worden beschouwd. De nieuw aan te leggen TenneT kabelverbinding zal op een diepte van 1,2 m of 1,8 m worden aangelegd, afhankelijk van de locatie. Indien een bestaande kabel of leiding in het tracéalternatief moet worden gekruist, zal dit onderlangs gebeuren, waarbij een minimale afstand van 0,5 m wordt aangehouden.

Afhankelijk van de locatie en diepte van het te kruisen object kan ervoor worden gekozen om het object door middel van open ontgraving te kruisen. Hierbij moet onder andere aandacht worden besteed aan de te ontgraven diepte zodat opbarsting van een water afsluitende laag, waardoor spanningswater omhoog kan komen uit diepere watervoerende pakketten, tegengegaan kan worden door gebruik te maken van de bemaling of spanningsbemaling.

Er kan ook worden gekozen om het object door middel van een sleufloze techniek, zoals de HDD-methode, te kruisen. Echter, dit is vaak niet de standaardoplossing voor het kruisen van een enkele kabel of leiding. In de BO/DO fase van de engineering zal elke specifieke kruising worden beoordeeld, waarbij gekeken wordt naar uitvoerbaarheid en veiligheid tijdens de uitvoering (ontgravingsdiepte en kwelwater). Daarnaast zal er aandacht worden besteed aan EMC-beïnvloeding en, indien nodig, zullen de benodigde berekeningen worden uitgevoerd om te garanderen dat er een ongestoorde ligging kan worden gewaarborgd tijdens de aanleg en onderhoudsfase van de nieuwe TenneT kabelverbinding.

## 5.1.2 Parallel ligging van bestaande kabels en leidingen

Bij het ontwerpen van een ondergronds kabeltracé vormen parallel liggende kabels en leidingen een obstakel vanwege EMC-beïnvloeding. In de studiefase van TenneT wordt rekening gehouden met deze uitdaging. Afbeelding 5.1 toont de richtlijnen van TenneT voor de parallelle ligging van de bestaande kabels en leidingen.

Afbeelding 5.1 Richtlijnen TenneT parallelle ligging van bestaande kabels en leidingen

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Richtlijn 43 (ESP-Req-1565 (V1))</b> | <b>Afstand tot andere kabels/leidingen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Design constraint                       | TenneT wenst op zo groot mogelijke afstand te liggen van andere kabels en leidingen, maar minimaal conform NEN3654 en NEN7171-1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                         | <i>ESP Statement</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                         | In de NEN3654 is opgenomen waarom welke afstanden moeten worden aangehouden en in welke gevallen. Worden deze afstanden aangehouden dan is de noodzaak tot het treffen van maatregelen geminimaliseerd en kan de ongestoorde ligging beter worden geborgd. Bij een ligging op een grotere afstand dan 1 kilometer van een verbinding is er geen beïnvloeding.<br>Wordt de tracering van een kabelverbinding uitgevoerd in een gebied waar diverse gas- en buisleidingen liggen, dan geldt dat de 1 km brede zone nagenoeg nooit kan worden aangehouden. In dat geval zal meer specifiek een afweging gemaakt moeten worden. Daartoe is een nadere onderverdeling in afstanden en parallelloop gemaakt. Dit betreft onderstaande verdelingen:<br>- een parallelloop tot max. 10 meter -> geen afstandseis;<br>- een parallelloop van 10 tot max 15 meter, minimaal 30 meter afstand;<br>- een parallelloop van 16 tot max. 20 meter, minimaal 100 meter afstand;<br>- een parallelloop van 21 tot max 40 meter, minimaal 200 meter afstand;<br>- een parallelloop van 41 tot max 80 meter, minimaal 500 meter afstand;<br>- een parallelloop van 81 tot max. 150 meter, minimaal 800 meter afstand. Bij een parallelloop van meer dan 150 meter moet er minimaal 1000 meter afstand worden aangehouden. Bij een afstand van meer dan 1000 meter is er geen sprake van beïnvloeding. Met 'afstand' wordt bedoeld op de afstand tussen de buitenste zijde van de kabelverbinding en de gas- c.q. buisleiding. |

Tijdens de BO/DO fase van de engineering zal een EMC-studie worden uitgevoerd conform de NEN 3654 normering. Deze studie heeft als doel aan te tonen dat er geen beïnvloeding plaatsvindt, of dat met mitigerende maatregelen de beïnvloeding binnen de normering blijft. Door het uitvoeren van een uitgebreide EMC-studie kan worden aangetoond dat de elektromagnetische beïnvloeding beperkt is en binnen de normering blijft, waardoor de minimale afstand tussen kabels en leidingen vaak aanzienlijk kan worden verminderd zoals in bovenstaande tabel is weergegeven. Wel dient er dan mogelijk mitigerende maatregelen te worden toegepast bij de assets van derden.

## 5.1.3 Overige ondergrondse obstakels

Damwanden en andere achtergebleven grondkerende constructies, evenals funderingen van bijvoorbeeld bruggen en tunnels, kunnen een obstakel vormen voor de aanleg van een ondergrondse kabelverbinding. Ook een drinkwaterwinningsgebied kan een belemmering zijn.

Vaak worden deze obstakels vermeden door de locatie van het tracé aan te passen, zodat de invloed van het obstakel wordt gemitigeerd. Daarnaast kan ervoor worden gekozen om met een HDD onder het obstakel door te boren. Hierbij wordt vaak een minimale afstand van 5 à 10 m aangehouden bij het kruisen van een obstakel, afhankelijk van de situatie.

## 5.2 Bovengrondse obstakels

Voor een 150 kV-kabelverbinding hebben bovengrondse obstakels een aanzienlijke invloed op het tracéalternatief en de benodigde componenten. Deze obstakels kunnen leiden tot aanpassingen in de route

en vereisen mogelijk extra maatregelen om de veiligheid en efficiëntie van de kabelverbinding te waarborgen.

### 5.2.1 Kruising wegen

Wanneer er bij een nieuwe kabelverbinding van TenneT een weg gekruist moet worden, vormt dit een obstakel. Afhankelijk van het type weg en de impact van het tijdelijk afsluiten van de weg, zijn er verschillende opties.

Bij een gemeentelijke weg wordt gekeken of het mogelijk is om de weg in open ontgraving te kruisen. Eerst zullen mantelbuizen onder de weg worden aangelegd. Dit kan bijvoorbeeld ook met een halve wegafsluiting in twee delen, om de overlast te beperken indien nodig. Mocht dit niet mogelijk zijn, dan kan er gekozen worden om de weg te kruisen met een HDD-methode. De afweging zal tijdens de project-MER worden vastgelegd in samenspraak met de stakeholders.

Bij een provinciale en rijksweg wordt normaliter gekeken naar een HDD-methode om de weg te kruisen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de richtlijn boortechneek van RWS. Er zal geprobeerd worden om een diepte van circa 10 m aan te houden bij het kruisen van de weg om het risico op schade te verminderen. Mocht de afstand minder zijn, zal berekend moeten worden of er risico is op schade, wat kan resulteren in aanvullende mitigerende maatregelen.

### 5.2.2 Kruising watergang/waterwegen

Wanneer er bij een nieuwe kabelverbinding van TenneT een watergang of -weg gekruist moet worden, vormt dit een obstakel. Afhankelijk van het type en de breedte van de watergang of -weg wordt de kruisingsmethode bepaald.

Bij een relatief kleine watergang, tot ongeveer 5 m breed, is het gebruikelijk om deze tijdelijk af te dammen. Vervolgens worden mantelbuizen op 1 m onder de bodem of het baggerprofiel aangelegd, waarna de sloot weer in originele staat kan worden hersteld. Tijdens de werkzaamheden wordt het water tijdelijk omgeleid met leidingen en pompen indien nodig. Als het een primaire watergang is die door het waterschap wordt onderhouden door regelmatig baggeren, moeten de mantelbuizen beschermd worden, bijvoorbeeld met een betonplaat. De kabels worden dan op een later moment door de mantelbuizen getrokken (zinkerconstructie).

Bij een grotere watergang is het gebruikelijk om de watergang of -weg te kruisen met een HDD-methode. Hierbij moet rekening worden gehouden met de diepteligging onder de watergang vanwege uitvoeringsrisico's. Afhankelijk van de situatie moet dit 10 m diep zijn, maar in sommige gevallen kan dit worden gereduceerd naar ongeveer 4 m, om schade aan de omgeving te voorkomen.

### 5.2.3 Spoorwegen

Bij het kruisen van spoorwegen moet rekening worden gehouden met de regels van ProRail. Bij een HDD-methode moet een diepte van minimaal 12 m worden aangehouden bij het kruisen van de druklijnen van het spoor. In sommige gevallen moet deze diepte meer dan 12 m zijn. Dit zal per locatie worden bepaald in de latere engineeringfase.

Bij parallel ligging aan het spoor moet er gekeken worden naar EMC. In de studiefase van TenneT wordt een afstand van 700 m gehanteerd conform RLN00398. Door middel van een berekening kan worden aangetoond dat de afstand geminimaliseerd kan worden. Dit zal in de latere engineeringfase worden opgepakt.

### 5.2.4 Kruising waterkering

Bij het kruisen van een dijk moet rekening worden gehouden met de waterkerende functie van de dijk. De aan te leggen kabelverbinding mag geen ontoelaatbare negatieve effecten hebben op de waterkerende functie van de dijk, zowel tijdens de uitvoering als in de beheer- en onderhoudsfase.

Een dijk wordt normaal gesproken gekruist met behulp van een HDD-methode. Hierbij moet rekening worden gehouden met de gestelde eisen van het waterschap en mogelijk de NEN 3651 indien deze van toepassing wordt verklaard. Er moet ook rekening worden gehouden met een mogelijke kwelweg langs de mantelbuizen in de HDD wat kan resulteren in een verbinding van verschillende poldergebieden.

In sommige gevallen is het ook mogelijk om de kabels in het dijklichaam aan te leggen. Als dit nodig is, zal dit in verdere afstemming met het waterschap worden beoordeeld om de mogelijkheden hiervan te onderzoeken.

### 5.2.5 Overige bovengrondse obstakels

Bij de tracering van de ondergrondse kabelverbinding moet tevens rekening worden gehouden met plaatsgebonden risico's. Eén van deze risico's zijn de windturbines die een veiligheidscontour ( $10^{-6}$ ) hebben. In de studiefase moet er rekening mee worden gehouden dat de kabelverbinding hier niet gesitueerd kan worden. In de latere engineeringsfase kan worden onderzocht of het risico met mitigerende maatregelen kan worden weggenomen, bijvoorbeeld door een HDD-methode toe te passen of extra bescherming boven de kabels aan te brengen.

## 5.3 Beïnvloeding op derden

Conform de NEN 3654 dient er bij de aanleg van nieuwe kabels en leidingen beoordeeld worden of de nieuw aan te leggen assets geen invloed heeft op de assets van derden. De NEN 3654 norm beschrijft 5 verschillende beïnvloedingsmechanismen; Inductieve, capacitieve, thermische, weerstand en mechanische beïnvloedingen.

In de bovenstaande beschreven aandachtspunten is EMC (Electro Magnetische Compatibiliteit) aangegeven als mogelijke probleem. Dit is de verzamel naam voor de 5 bovenstaande beïnvloedingsmechanismen. In deelrapport EMC is een gedetailleerde uitleg gegeven voor de verschillende mechanismen.

Bij het ontwerp van de tracélijn dient hier rekening mee te worden gehouden. De parallelle loop op korte afstand met andere stalen objecten, zoals leidingen of een spoor dient vermeden te worden. Dit kan tot schade en onveilige situaties leiden. Daarnaast is thermische beïnvloeding in de nabijheid van de kabel een factor om rekening mee te houden. Het kabeltracé geeft warmte af wanneer deze in bedrijf is, hier dient rekening mee te worden gehouden, bijvoorbeeld grondopwarming nabij drinkwaterleidingen zorgt voor een vergroot risicoprofiel.

Net zoals bij een bovengrondse verbinding produceert een kabelverbinding magneetvelden. Tijdens het ontwerp zal hier rekening mee worden gehouden dat er geen ontoelaatbare situatie ontstaat door voldoende afstand te houden van objecten.

# 6

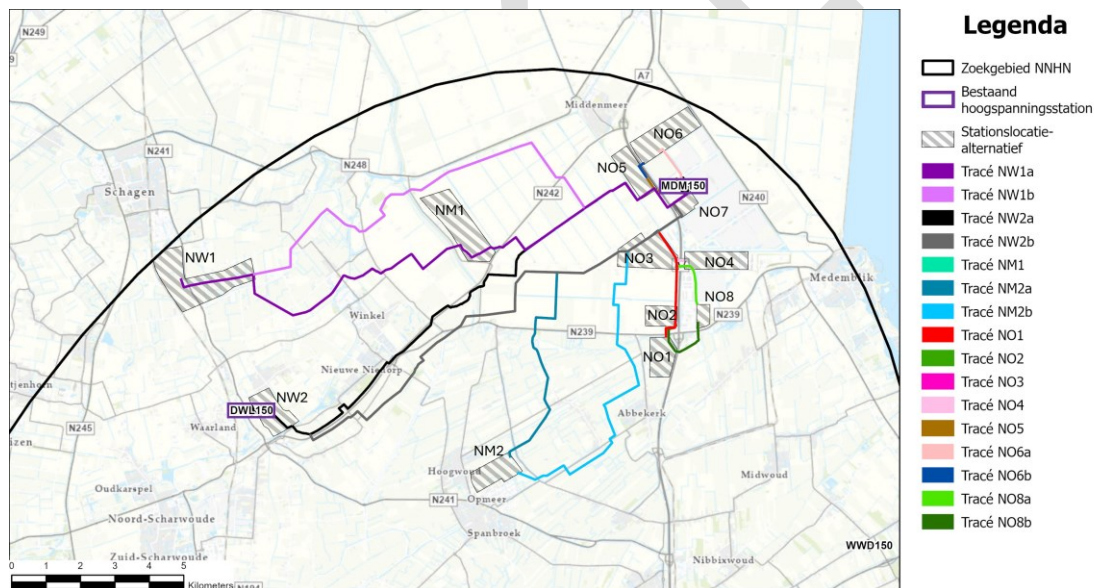
## ANALYSE KNELPUNTEN

In dit stadium van het project wordt gekeken welke knelpunten op het gebied van het aanleggen van een nieuwe ondergrondse 150 kV-hoogspanningsverbinding voorkomen per 'deelcorridor'.

In afbeelding 6.1 wordt een overzicht gegeven van de locaties voor de stations gelegen in het noorden. Aan de hand van deze stationslocaties is een tracéalternatief opgesteld om van iedere stationslocatie tot Middenmeer 150 kV te komen. Deze verbindingen zijn een concept van de mogelijke ondergrondse kabels om de verbinding te realiseren.

In de verdere beschouwing van dit hoofdstuk zal per stationslocatie een korte inleidende tekst staan met betrekking tot de locatie. Daarna zal een afbeelding staan die de tracéalternatieven weergeeft. Hieronder zal een korte beschrijving komen van de knelpunten die tegengekomen worden.

Afbeelding 6.1 Referentievlakken noordelijke 380/150 kV-stations



### 6.1 Noord-west 1 (NW1)

Het referentievlak ligt in het noordwesten van het alternatief. Het referentievlak ligt parallel aan de infrastructuur (N241 en spoorlijn) en ontwijkt bestaande bebouwing.

Afbeelding 6.2 Concept van tracéalternatieven met NW1a in donkerpaars en NW1b in lichtpaars



Bij het opstellen voor het concept van de tracéalternatieven is de keuze gemaakt om 2 tracéalternatieven voor te stellen. Dit is gedaan met het uitgangspunt van minimaal 75 m ruimte.

### 6.1.1 Tracé NW1a (donkerpaars)

In tabel 6.1 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NW1a weergegeven.

Tabel 6.1 Knelpunten tracé NW1a

| Knelpunt                                 | Aantal                                                | Omschrijving                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| krusingen kabels en leidingen            | 11                                                    | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving                                                                                                          |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 3                                                     | parallel ligging met 20 kV kabel - circa 1 km op circa 50 m afstand<br>Parallel ligging met Vermilion leiding - lengte circa 1,5 km. Parallel ligging met andere TenneT verbindingen |
| krusing met wegen                        | 2 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen               |                                                                                                                                                                                      |
| krusing met watergangen                  | 13                                                    | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist                                                                                                                |
| krusing met spoor                        | 1x parallel loop spoor                                | kabel tracé binnen 700 m van het spoor                                                                                                                                               |
| krusing waterkeringen                    | 1 x primaire waterkering<br>2 x regionale waterkering |                                                                                                                                                                                      |

Het tracéalternatief loopt door drie verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de project-MER rekening moet worden gehouden met de geldende regels. De polder nabij Middenmeer kenmerkt zich door brede watergangen, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn er hier ook veel knelpunten door kruisingen met kabels en leidingen.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.1.2 Tracé NW1b (lichtpaars)

In tabel 6.2 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NW1b weergegeven.

Tabel 6.2 Knelpunten tracé NW1b

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 7                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 2                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 2 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 10                                                      | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 1x parallel loop spoor                                  | kabel tracé binnen 700 m van het spoor                                      |
| kruising waterkeringen                   | 1 x primaire waterkering<br>2 x regionale waterkeringen |                                                                             |

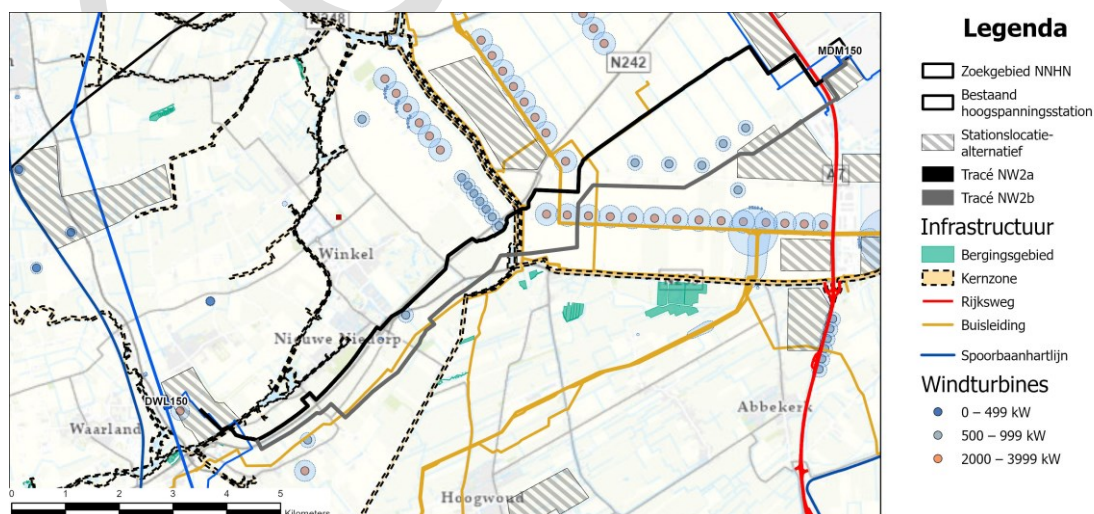
Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. De polder nabij Middenmeer kenmerkt zich door brede watergangen, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.2 Noord-west 2 (NW2)

Het referentievlak ligt aan de westzijde van het alternatief. Het referentievlak heeft op deze manier afstand tot de bebouwing van het dorp 't Veld en sluit direct aan op het 150 kV-station De Weel.

Afbeelding 6.3 Concept van tracéalternatieven met NW2a in zwart en NW2b in grijs



Bij het opstellen voor het concept van de tracéalternatieven is de keuze gemaakt om 2 tracéalternatieven voor te stellen. Dit is gedaan met het uitgangspunt van minimaal 75 m ruimte.

### 6.2.1 Tracé NW2a (zwart)

In tabel 6.3 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NW2a weergegeven.

Tabel 6.3 Knelpunten tracé NW2a

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                                                  |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 10                                                      | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving                                   |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 3                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen. Parallel ligging met Vermilion leiding - lengte circa 1,5 km |
| kruising met wegen                       | 4 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen                 |                                                                                                               |
| kruising met watergangen                 | 11                                                      | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist                                         |
| kruising met spoor                       | 1x parallel loop spoor                                  | op circa 450 m afstand loop het tracé parallel aan het spoor                                                  |
| kruising waterkeringen                   | 1 x primaire waterkering<br>1 x regionale waterkeringen |                                                                                                               |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. De polder nabij Middenmeer kenmerkt zich door brede watergangen, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder worden verschillende provinciale wegen gekruist en deze worden ook normaliter met HDD-methode uitgevoerd. Verder zijn er hier ook veel knelpunten door kruisingen met kabels en leidingen.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

### 6.2.2 Tracé NW2b (grijs)

In tabel 6.4 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NW2b weergegeven.

Tabel 6.4 Knelpunten tracé NW2b

| Knelpunt                                 | Aantal                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 9                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 2                                       | parallel ligging met Gasunie leiding op 2,4 km op circa 100 m afstand       |
| kruising met wegen                       | 2 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen |                                                                             |

| Knelpunt                | Aantal                                                  | Omschrijving                                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| krusing met watergangen | 8                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist |
| krusing met spoor       | 1x parallel loop spoor                                  | op circa 450 m afstand loop het tracé parallel aan het spoor          |
| krusing waterkeringen   | 0 x primaire waterkering<br>2 x regionale waterkeringen |                                                                       |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn er hier ook veel knelpunten door kruisingen met kabels en leidingen.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

### 6.3 Noord-midden 1 (NM1)

Het referentievak ligt aan de zuidoostzijde van het alternatief. Het referentievak sluit aan bij de bestaande infrastructuur (N242) en ligt parallel aan de watergang. Ook ligt het op ruime afstand van bestaande bebouwing. De locatie is goed bereikbaar voor zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

afbeelding 6.4 concept van tracéalternatieven met NM1 in lichtgroen



#### 6.3.1 Tracé NM1 (lichtgroen)

In tabel 6.5 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NM1 weergegeven.

Tabel 6.5 Knelpunten tracé NM1

| Knelpunt                                 | Aantal                                                   | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 5                                                        | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 2                                                        | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 1 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen                  |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 8                                                        | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0 x parallel loop spoor                                  |                                                                             |
| kruising waterkeringen                   | 1 x regionale waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. De polder nabij Middenmeer kenmerkt zich door brede watergangen, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.4 Noord-midden 2 (NM2)

Het referentievlak ligt aan de noordoostzijde van het alternatief. Het referentievlak heeft hierdoor een gunstige aansluiting met het bestaande bedrijventerrein, wat zorgt voor een gunstige bereikbaarheid bij zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

Afbeelding 6.5 Concept van tracéalternatieven met NM2a in donkerblauw en NM2b in lichtblauw



Bij het opstellen voor het concept van de tracéalternatieven is de keuze gemaakt om 2 tracéalternatieven voor te stellen. Dit is gedaan met het uitgangspunt van minimaal 75 m ruimte.

## 6.4.1 Tracé NM2a (donkerblauw)

In tabel 6.6 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NM2a weergegeven.

Tabel 6.6 Knelpunten tracé NM2a

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 5                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 1 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 9                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                             |
| kruising waterkeringen                   | 1 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.4.2 Tracé NM2b (lichtblauw)

In tabel 6.7 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NM2b weergegeven.

Tabel 6.7 Knelpunten tracé NM2b

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 4                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 1                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 1 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 12                                                      | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                             |
| kruising waterkeringen                   | 1 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

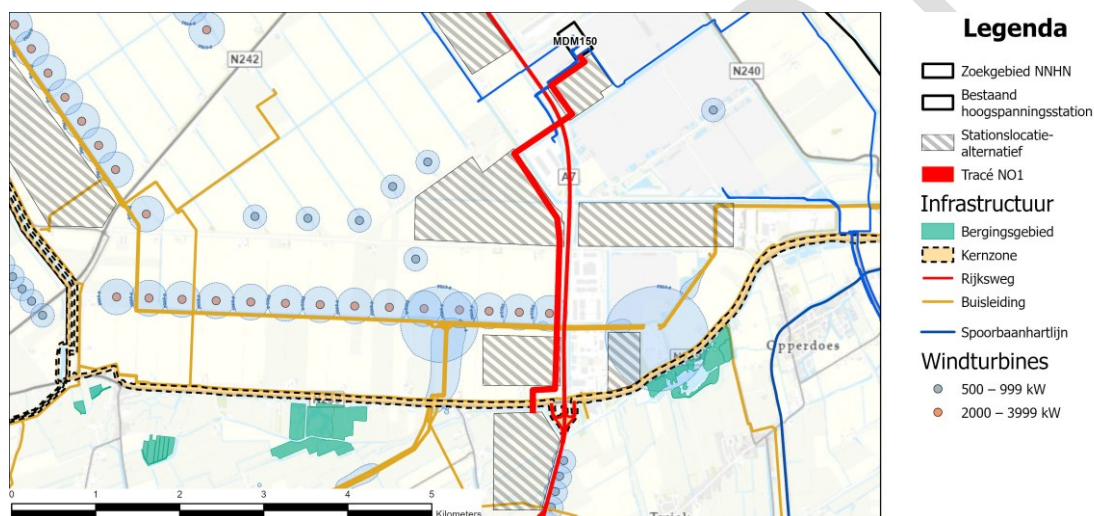
Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.5 Noord-oost 1 (NO1)

Het referentievlak ligt in het noordwesten van het alternatief. Het referentievlak raakt hierdoor geen primaire watergangen en heeft een (redelijk) korte afstand tot bestaande infrastructuur (A7 en N239). De locatie van het referentievlak zorgt ervoor dat er voldoende doorkijkruimte vanaf de A7 richting de N239 blijft.

Afbeelding 6.6 Concept van tracéalternatieven met NO1 in rood



### 6.5.1 Tracé NO1 (rood)

In tabel 6.8 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO1 weergegeven.

Tabel 6.8 Knelpunten tracé NO1

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| krusingen kabels en leidingen            | 2                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| krusing met wegen                        | 1 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen                 |                                                                             |
| krusing met watergangen                  | 5                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| krusing met spoor                        | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                             |
| krusing waterkeringen                    | 1 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

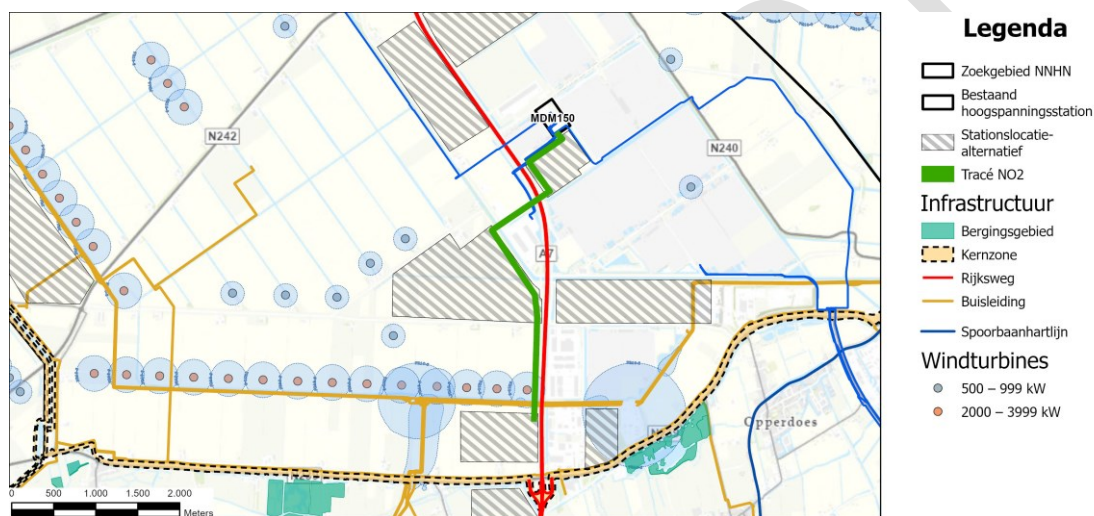
Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier relatief weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.6 Noord-oost 2 (NO2)

Het referentievlak ligt in het zuidoosten van het alternatief. Het referentievlak heeft hier een gunstige aansluiting met bestaande infrastructuur (A7) en tast de openheid van het landschap beperkt aan.

Afbeelding 6.7 Concept van tracéalternatieven met NO2 in groen



### 6.6.1 Tracé NO2 (groen)

In tabel 6.9 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO2 weergegeven.

Tabel 6.9 Knelpunten tracé NO2

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 2                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 0 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 4                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                             |
| kruising waterkeringen                   | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier relatief weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.7 Noord-oost 3 (NO3)

Het referentievlak ligt in het zuidoosten van het alternatief. Het referentievlak heeft een goede aansluiting met bestaande infrastructuur (A7) en tast zo min mogelijk de openheid van het landschap. Daarbij worden watergangen ontweken. De locatie is goed bereikbaar voor zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

Afbeelding 6.8 Concept van tracéalternatieven met NO3 in roze



### 6.7.1 Tracé NO3 (roze)

In tabel 6.2 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO3 weergegeven.

Tabel 6.2 Knelpunten tracé NO3

| Knelpunt                                 | Aantal                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 0                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 0 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 3                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0 x parallel loop spoor                 |                                                                             |

| Knelpunt               | Aantal                                                  | Omschrijving |
|------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|
| kruising waterkeringen | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |              |

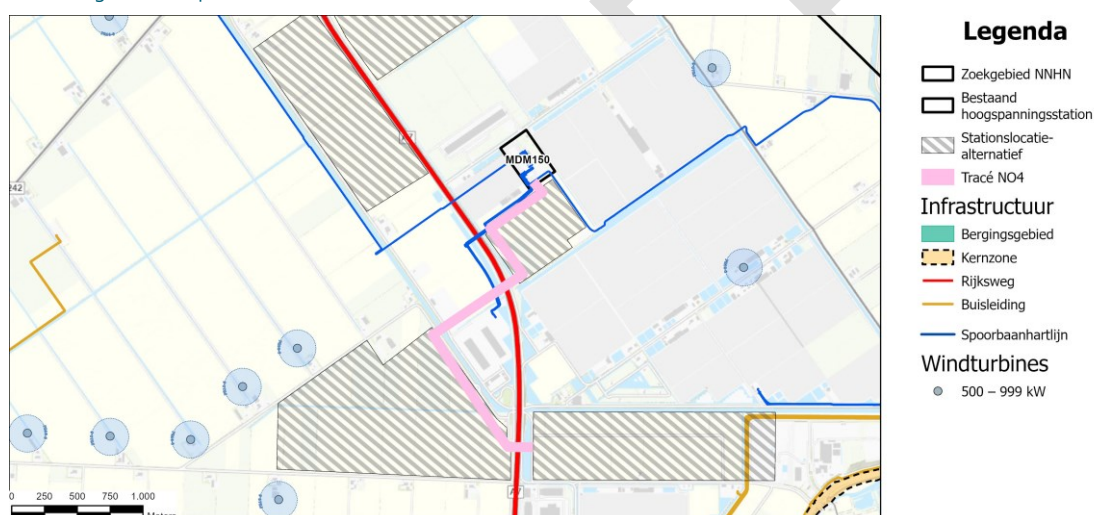
Er worden drie brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.8 Noord-oost 4 (NO4)

Het referentievlak ligt in het westen van het alternatief. Het referentievlak heeft hier goede aansluiting bij de bestaande infrastructuur (A7) en ligt aan het onderliggende bedrijventerrein. De locatie is goed bereikbaar voor zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

Afbeelding 6.9 Concept van tracéalternatieven met NO4 in lichtroze



### 6.8.1 Tracé NO4 (lichtroze)

In tabel 6.3 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO4 weergegeven.

Tabel 6.3 Knelpunten tracé NO4

| Knelpunt                                 | Aantal                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 0                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 0 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen |                                                                             |

| Knelpunt                | Aantal                                                  | Omschrijving                                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| krusing met watergangen | 4                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist |
| krusing met spoor       | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                       |
| krusing waterkeringen   | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                       |

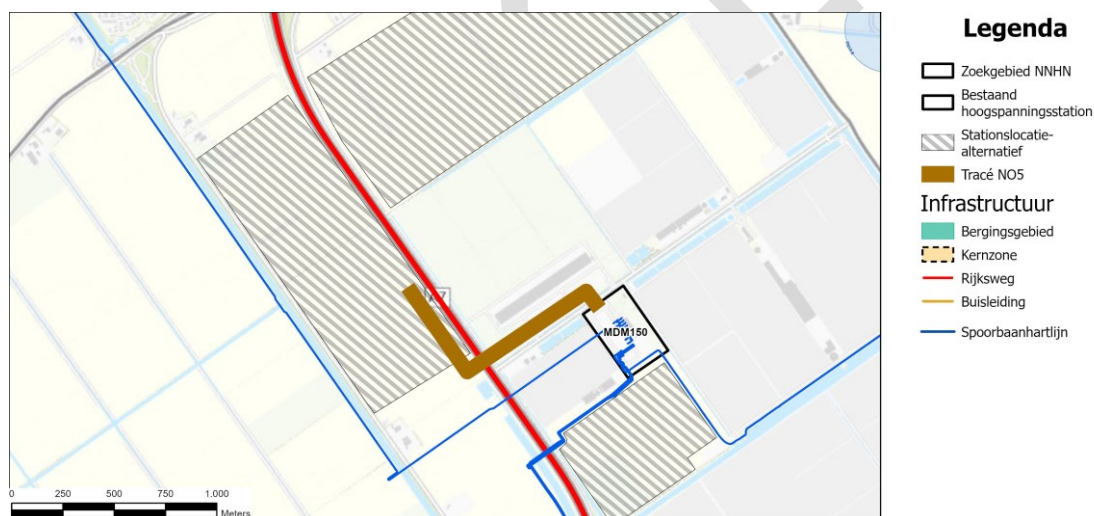
Er worden 4 brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier zeer weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.9 Noord-oost 5 (NO5)

Het referentievak ligt in het midden van het alternatief. Het referentievak heeft hier goede aansluiting tot de bestaande infrastructuur (A7). De locatie is goed bereikbaar voor zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

Afbeelding 6.10 Concept van tracéalternatieven met NO5 in bruin



### 6.9.1 Tracé NO5 (bruin)

In tabel 6.4 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO5 weergegeven.

Tabel 6.4 Knelpunten tracé NO5

| Knelpunt                      | Aantal | Omschrijving                                                                |
|-------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
| krusingen kabels en leidingen | 1      | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                          |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                       |
| krusing met wegen                        | 0 x provinciale wegen<br>1 x rijkswegen                 |                                                                       |
| krusing met watergangen                  | 1                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist |
| krusing met spoor                        | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                       |
| krusing waterkeringen                    | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                       |

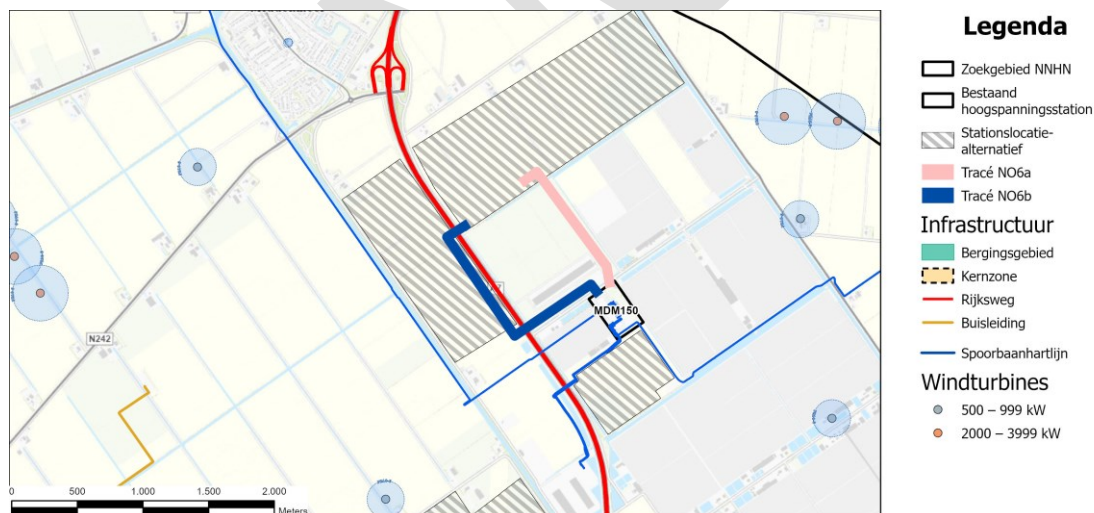
Er wordt één brede watergangen gekruist, die niet door middel van open ontgraving kan worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier zeer weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.10 Noord-oost 6 (NO6)

Het referentievak ligt in het zuidwesten van het alternatief. Het referentievak heeft hier goede aansluiting tot de bestaande infrastructuur (A7) en het bedrijventerrein. De locatie is goed bereikbaar voor zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

Afbeelding 6.11 Concept van tracéalternatieven met NO6a in lichtroze en NO6b in donkerblauw



Bij het opstellen voor het concept van de tracéalternatieven is de keuze gemaakt om 2 tracéalternatieven voor te stellen. Dit is gedaan met het uitgangspunt van minimaal 75 m ruimte.

### 6.10.1 Tracé NO6a (lichtroze)

In tabel 6.5 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO6a weergegeven.

Tabel 6.5 Knelpunten tracé NO6

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 1                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       |                                                                             |
| kruising met wegen                       | 0 x provinciale wegen<br>0 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 2                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0x parallel loop spoor                                  |                                                                             |
| kruising waterkeringen                   | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

Er worden 2 brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier zeer weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

### 6.10.2 Tracé NO6b (donkerblauw)

In tabel 6.6 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO6b weergegeven.

Tabel 6.6 Knelpunten tracé NO6b

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 1                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       |                                                                             |
| kruising met wegen                       | 0 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 1                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 0 x parallel loop spoor                                 |                                                                             |
| kruising waterkeringen                   | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

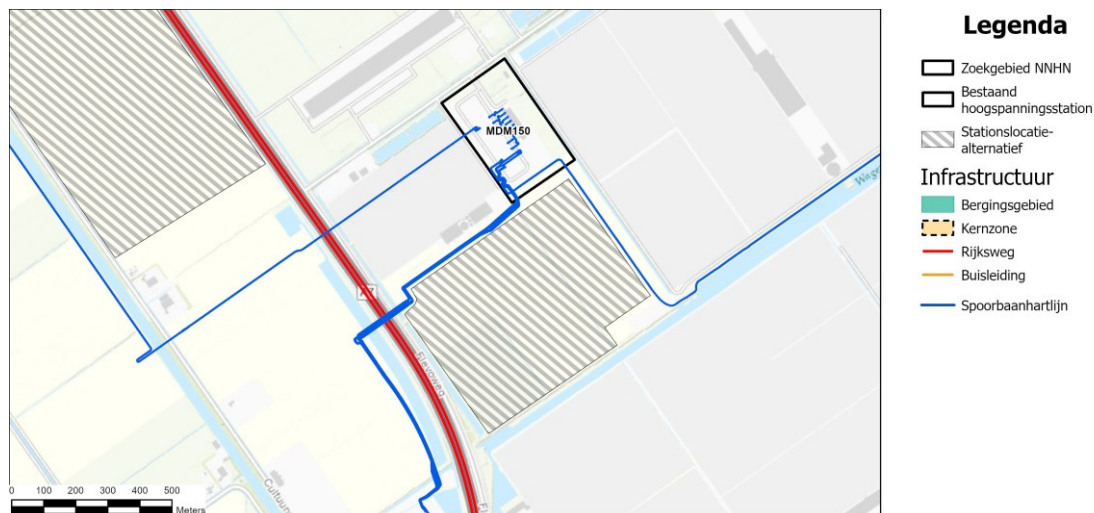
Er wordt één brede watergang gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kan worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier zeer weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.11 Noord-oost 7 (NO7)

Stationslocatie Noord-Oost 7 is gelegen naast het bestaande 150 kV-station in Middenmeer. Bij nadere uitwerking van het station zal bekeken moeten worden of er een ondergrondse kabel verbinding benodigd is. Voor alsnog is het uitgangspunt dat door de beschikbare ruimte de verbinding tussen de stations ondergronds moeten gebeuren. De afstand voor een eventueel bovengrondse verbinding op rails lijkt te groot, maar is volledig afhankelijk van de lay-out van het station.

Afbeelding 6.12 Concept van tracéalternatief NO7

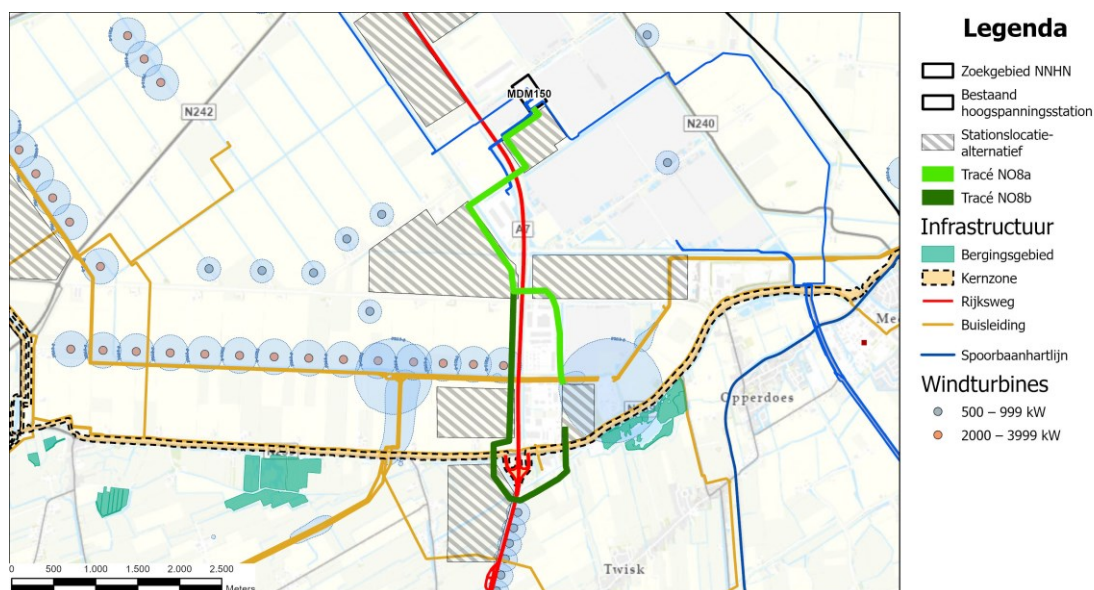


Door de korte afstand van de verbinding tussen het 380/150 kV-station en het bestaande 150 kV-station te Middenmeer zijn geen specifieke uitdagingen gelokaliseerd die zullen zorgen voor problemen met de ondergrondse verbinding. Afhankelijk van de locatie dat het nieuw 150 kV-kabeltracé wordt aangesloten zullen bestaande 150 kV-kabelverbindingen gekruist worden.

## 6.12 Noord-oost 8 (NO8)

Het referentievlak is zo veel mogelijk binnen het alternatief geplaatst, maar ligt er wel gedeeltelijk buiten vanwege de standaard configuratie. Huidige locatie geeft wel goede aansluiting met de bestaande infrastructuur (A7). De locatie is goed bereikbaar voor zowel de aanleg van het station als de hoogspanningsverbinding.

Afbeelding 6.13 Concept van tracéalternatieven met NO8a in lichtgroen en NO8b in donkergroen



Bij het opstellen voor het concept van de tracéalternatieven is de keuze gemaakt om 2 tracéalternatieven voor te stellen. Dit is gedaan met het uitgangspunt van minimaal 75 m ruimte.

### 6.12.1 Tracé NO8a (lichtgroen)

In Tabel 6.7 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO8a weergegeven.

Tabel 6.7 Knelpunten tracé NO8a

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| krusingen kabels en leidingen            | 2                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| krusing met wegen                        | 0 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen                 |                                                                             |
| krusing met watergangen                  | 5                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| krusing met spoor                        | 1x parallel loop spoor                                  | op circa 450 m afstand loopt het tracé parallel aan het spoor               |
| krusing waterkeringen                    | 0 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt. Verder zijn hier weinig knelpunten, wat zorgt voor een gunstig risicoprofiel.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## 6.12.2 Tracé NO8b (donkergroen)

In tabel 6.8 worden de knelpunten met betrekking tot tracé NO8b weergegeven.

Tabel 6.8 Knelpunten tracé NO8b

| Knelpunt                                 | Aantal                                                  | Omschrijving                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| kruisingen kabels en leidingen           | 2                                                       | uit te voeren door middel van HDD of het uitvoeren van een diepe ontgraving |
| parallel ligging met kabels en leidingen | 0                                                       | parallel ligging met andere TenneT verbindingen                             |
| kruising met wegen                       | 2 x provinciale wegen<br>2 x rijkswegen                 |                                                                             |
| kruising met watergangen                 | 5                                                       | brede watergangen die niet met open ontgraving kunnen worden gekruist       |
| kruising met spoor                       | 1x parallel loop spoor                                  | op circa 450 m afstand loopt het tracé parallel aan het spoor               |
| kruising waterkeringen                   | 2 x primaire waterkering<br>0 x regionale waterkeringen |                                                                             |

Het tracéalternatief loopt door verschillende poldergebieden, waarbij tijdens de engineering rekening moet worden gehouden met de geldende regels. Er worden verschillende brede watergangen gekruist, die meestal niet door middel van open ontgraving kunnen worden aangelegd. Hierdoor zijn veel HDD's nodig, wat het risico op kwel verhoogt.

Naast dit risico zijn er geen grote knelpunten voorzien die niet opgelost kunnen worden voor dit deel van het tracéalternatief.

## CONCLUSIE

De uitkomst van de studie van de ondergrondse 150 kV-verbinding tussen het noordelijke station 380/150 kV-station en station Middenmeer 150 is dat er geen grote knelpunten naar boven zijn gekomen die tot een NO-GO leiden of specifieke onderscheidenheid tussen de routes teweeg brengen. Wel zijn er meerdere aandachtspunten die tijdens de engineeringfase bekeken moet worden. Verder komt uit dit onderzoek naar voren dat hoe langer het tracéalternatief, hoe meer obstakels er kunnen zijn die met een HDD moeten worden gekruist. Dit levert echter geen onoplosbare technisch problemen.

De aandachtspunten zit in het doorkruisen van de afsluitende grondlagen. Vele brede watergangen en parallel ligging van stalen leidingen die een impact hebben op de EMC-beïnvloeding. Door de vele obstakels dient er vaak gebruikt gemaakt te moeten worden van HDD's. Hoe langer het tracéalternatief, hoe meer obstakels er kunnen zijn die met een HDD moeten worden gekruist. Dit vormt echter geen significant technisch probleem.

De keuze van de 380 kV-lijnverbinding en stationslocaties zal de keuze van de ondergrondse 150 kV-verbinding dicteren. Daarom is er op dit moment in het project minder diep ingegaan op de 150 kV-verbinding, omdat de 150 kV-verbinding relatief minder knelpunten zal hebben ten opzichte van de 380 kV-lijnverbinding en de stationslocaties. Hierdoor heeft de 150 kV-verbinding geen invloed op de risicoprofielen.

Bijlage(n)

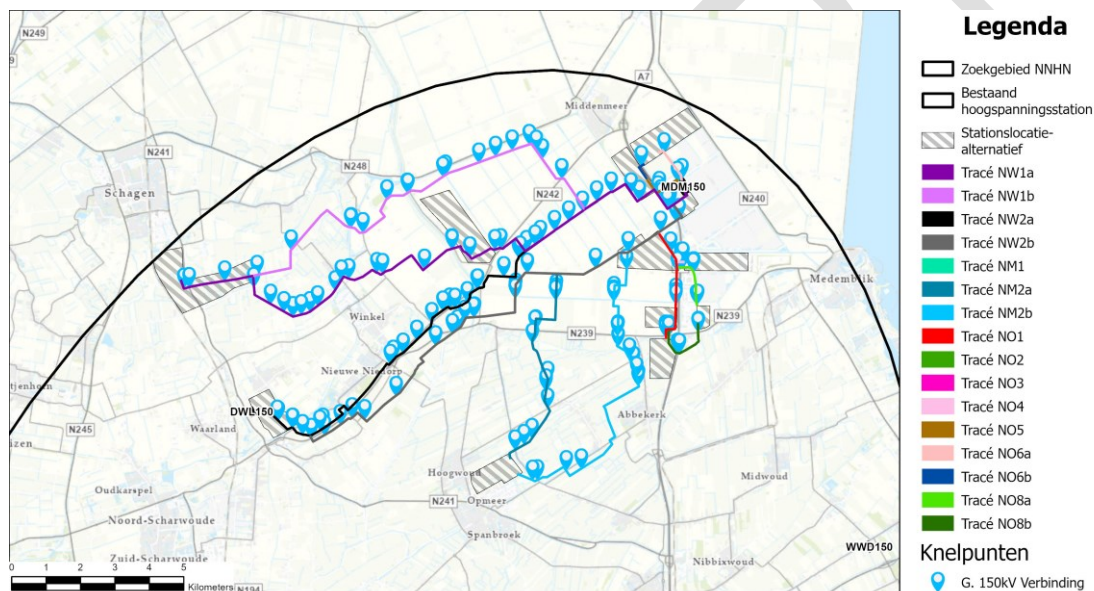
CONCEPT



## BIJLAGE: INVENTARISATIE KNELPUNTEN OP VERSCHILLENDE ONDERGRONDSE 150 KV-VERBINDINGEN

Onderstaande afbeelding geeft een indicatie weergave van de eerste inventarisatie van knelpunten op de verschillende ondergrondse 150 kV-verbindingen die onderzocht worden.

Afbeelding I.1 Indicatie weergaven van de eerste inventarisatie van knelpunten





## BIJLAGE: FACTSHEETS

De factsheets waar in dit rapport naar wordt verwezen, zijn centraal gebundeld op één locatie. Wanneer een factsheet nodig is, kan deze locatie worden geraadpleegd en kan er op nummer worden gezocht. Deze keuze is gemaakt omdat verschillende factsheets relevant zijn voor meerdere rapporten. Om te voorkomen dat factsheets onnodig worden doorgestuurd, zijn ze allemaal op één centrale plek beschikbaar gesteld.

CONCEPT

CONCEPT