380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens

Deelrapport Techniek bij de Integrale effectenanalyse

Samenvatting

Bij het bepalen van het voorkeursalternatief voor de nieuwe hoogspanningsverbinding Vierverlaten - Ens worden in de verkenningsfase vijf tracéalternatieven vergeleken op basis van hun effecten op milieu (plan-MER), omgeving (stakeholders), techniek, kosten en toekomstvastheid. Deze integrale effectenanalyse helpt om te trechteren naar één voorkeursalternatief, dat vervolgens wordt uitgewerkt tot een definitief tracé in het projectbesluit. Daarnaast worden er aparte analyses opgesteld voor de raakvlakken met de Lelylijn en de mogelijke opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. Dit deelrapport focust zich op het thema techniek, waarbij de technische haalbaarheid van de tracéalternatieven wordt beoordeeld op basis van leveringszekerheid, beheerbaarheid en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid, beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur, en doorlooptijd. Dit deelrapport biedt een beeld van de technische risico’s door elk tracéalternatief aan deze criteria te toetsen. Elk criterium is opgedeeld in subcriteria die specifiek worden onderzocht, doormiddel van specifieke aspecten. Bijvoorbeeld, leveringszekerheid zijn beoordeeld op basis van factoren zoals de lengte van het tracé en kruisingen met het hoogste spanningsniveau. Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid is beoordeeld op bereikbaarheid en veiligheid tijdens onderhoud, terwijl technische maak- en haalbaarheid kijkt naar de uitvoerbaarheid en de benodigde tijdelijke voorzieningen, zie Tabel 4.1 voor het volledige overzicht met criteria inclusief subcriteria. De technische haalbaarheid van de tracéalternatieven is beoordeeld op basis van risicoprofielen, waarbij elk tracéalternatief als maakbaar wordt beschouwd. Er is een onderscheid gemaakt tussen de noordelijke en zuidelijke delen van elk tracéalternatief, en deze zijn afzonderlijk geanalyseerd. De technische risico's van alle subcriteria per criterium zijn geanalyseerd, waarbij het cumulatieve aantal risico’s een totaal risicoprofiel per criterium vormt, variërend van verwaarloosbaar tot hoog.

Tracéalternatieven 1, 2 en 3 noord zijn de langste tracéalternatieven en brengen daardoor extra risico's met zich mee op het gebied van leveringszekerheid, beheer- en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. Daarnaast zijn tracéalternatieven 1 en 2 uitgevoerd als dubbele Moldau, wat de risico’s voor aantal criteria verhoogt. Dit betreft met name de risico’s bij het criterium technische maak- en haalbaarheid en het criterium beheer- en onderhoudbaarheid. Ook kruisen deze tracés veel 110- en 220 kV-hoogspanningsverbindingen en vaarwegen, wat extra risico's met zich meebrengt. Tracéalternatieven 4 en 5 noord volgen een korter tracé met minder kruisingen, wat resulteert in lagere risico's.

De zuidelijke tracéalternatieven brengen over het algemeen minder risico's met zich mee. Tracéalternatieven 1, 2 en 3 kruisen veel zettingsgevoelig gebied, wat nadelig is voor beheer- en onderhoudbaarheid en technische maak- en haalbaarheid. Tracéalternatief 4 kruist veel rijkswegen, maar dit leidt niet tot hoge risico's. Tracéalternatief 5 is langer en vereist meer verkabeling van 110 kV-hoogspanningsverbindingen, wat de risico's voor leveringszekerheid verhoogt. Kortom, de zuidelijke tracéalternatieven brengen over het algemeen relatief lage risico's met zich mee.

De risicoprofielen van de tracéalternatieven zijn weergegeven in onderstaande overzichtstabel.

Overzichtstabel risicoprofielen tracéalternatieven

Criteria		Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Leveringszekerheid	Noord	0	0	0	+	+
	Zuid	+	+	0/+	+	0
	Totaal	0/+	0/+	0	+	0/+
Beheer- en onderhoudbaarheid	Noord	0/-	0/-	0	+	+
	Zuid	+	+	+	++	++
	Totaal	0	0	0/+	++	++
Technische maak- en haalbaarheid	Noord	0/-	0/-	0/+	+	+
	Zuid	+	+	++	++	+
	Totaal	0	0	+	+	+
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	Noord	0	0	0	+	+
	Zuid	++	++	++	+	+
	Totaal	0/+	0/+	0/+	+	+
Doorlooptijd	Noord	0/-	0/-	0/+	+	+
	Zuid	0/+	0/+	+	+	0/+
	Totaal	0	0	+	+	+

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

1. Inleiding **5**
1.1 Aanleiding 5
1.2 Doel voorliggend deelrapport 6
1.3 Leeswijzer 7

2. Introductie tracéalternatieven en -varianten **8**

3. Wetgeving en beleid **11**
3.1 Veiligheid 11

4. Beoordelingssystematiek **12**
4.1 Beoordelingscriteria 12
4.2 Toelichting beoordelingscriteria 16

5. Effectbeschrijving en -beoordeling tracés **24**
5.1 Leveringszekerheid 25
5.2 Beheer- en onderhoudbaarheid 30
5.3 Technische maak- en haalbaarheid 35
5.4 Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur 40
5.5 Doorlooptijd 44
5.6 Beoordeling verbindingstukken 46

6. Conclusie effectenbeoordeling **47**
6.1 Overzicht alle criteria 47

Bijlage 1: Verklarende woordenlijst en afkortingen **49**

Bijlage 2: Gebruikte data voor de beoordeling **56**

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

1.1.1 Een nieuwe hoogspanningsverbinding Vierverlaten-Ens

Het gebruik en transport van elektriciteit in Nederland neemt al decennialang toe. Het hoogspanningsnet in Nederland wordt zwaarder belast en door de energietransitie zet deze ontwikkeling de komende jaren sterk door. Noord-Nederland neemt hierin een belangrijke plaats in door:

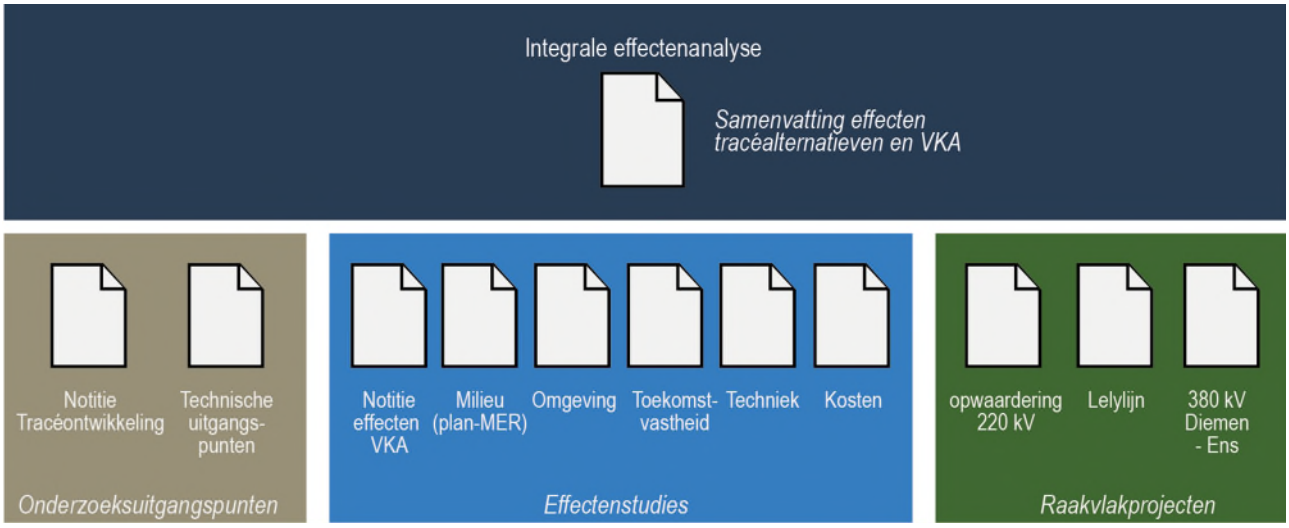
- De aanlanding van (nieuwe) windparken op de Noordzee;
- De verdergaande ontwikkeling van een grootindustrieel cluster met de doelstelling om te elektrificeren;
- De toename van het aantal verbindingen met het Europese elektriciteitsnet.

Om de energietransitie te kunnen faciliteren en knelpunten in het elektriciteitsnet te voorkomen is een nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding nodig tussen de hoogspanningsstations Vierverlaten in de gemeente Groningen en Ens in de gemeente Noordoostpolder. Deze nieuwe verbinding lost knelpunten op die ontstaan door meer aanbod van duurzame opwek enerzijds en meer vraag naar elektriciteit van huishoudens en bedrijven anderzijds. Ook is de nieuwe verbinding nodig om het internationale stroomtransport van en naar Duitsland en de rest van Europa beter te faciliteren. Ten slotte maakt de nieuwe verbinding ruimte vrij op het onderliggende net (het net met een spanningsniveau van 220 kV en lager).

TenneT is de initiatiefnemer voor de aanleg van de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding. De minister van Klimaat en Groene Groei is samen met de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening het bevoegd gezag voor de besluitvorming over de ruimtelijke inpassing van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Hiervoor wordt de projectprocedure uit de Omgevingswet gevolgd. De minister van Klimaat en Groene Groei coördineert ook de vergunningverlening.

1.1.2 Integrale effectenanalyse

De aanleg en het in gebruik hebben van een hoogspanningsverbinding met bijbehorende infrastructuur heeft effecten op de fysieke leefomgeving. Bij het bepalen van het voorkeursalternatief voor een nieuwe hoogspanningsverbinding is het van belang om te onderzoeken welke effecten (kunnen) optreden.
De integrale effectenanalyse wordt opgesteld in de verkenningsfase van de projectprocedure. In deze fase wordt getrechterd naar één voorkeursalternatief in de voorkeursbeslissing. Als onderdeel van deze verkenningsfase worden vijf tracéalternatieven met elkaar vergeleken. Daarbij wordt gekeken naar effecten op milieu (plan-MER), omgeving (stakeholders), techniek, kosten en toekomstvastheid. De onderzoeken naar de effecten van de verschillende tracéalternatieven op deze thema's zijn opgenomen in vijf verschillende effectstudies, die allen een bijlage vormen van de integrale effectanalyse. De effecten van het uiteindelijk gekozen VKA zijn in een aparte notitie effecten VKA samengevat. Ook deze notitie is een bijlage bij de integrale effectenanalyse. Voor de raakvlakken met de Lelylijn en de (mogelijke) opwaardering van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding zijn daarnaast ook aparte analyses opgesteld. Figuur 1.1 geeft inzicht in de rapporten die ten grondslag liggen aan de integrale effectenanalyse. Na de voorkeursbeslissing wordt het voorkeursalternatief uitgewerkt tot een definitief tracé dat wordt vastgelegd in het projectbesluit.



Figuur 1.1: Integrale effectenanalyse inclusief achtergrondrapporten

1.2 Doel voorliggend deelrapport

In de integrale effectenanalyse worden de effecten van vijf tracéalternatieven, inclusief enkele varianten, voor de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding tussen Vierverlaten en Ens beschreven. Dit gebeurt voor alle relevante thema's die een relatie hebben met de mens, de fysieke leefomgeving of de uitvoerbaarheid. Een van de thema's waar in de integrale effectenanalyse aandacht aan wordt besteed is techniek. Voorliggend deelrapport beschrijft en beoordeelt de effecten van de voorgenomen ontwikkeling voor dit thema.

Thema techniek

Het doel van het deelrapport techniek is de technische haalbaarheid te beoordelen van de vijf tracéalternatieven en varianten, zie hoofdstuk 2. Op basis van vijf criteria zijn van de vijf tracéalternatieven de technische risico's in beeld gebracht. De vijf criteria zijn hieronder weergegeven:

- Leveringszekerheid; de mate waarin elk tracéalternatief een constante en betrouwbare energievoorziening waarborgt
- Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid; de mogelijkheden voor effectief beheer en onderhoud op lange termijn
- Technische maak- en haalbaarheid; de uitvoerbaarheid van elk tracéalternatief vanuit technisch oogpunt
- Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur; de impact van elk tracéalternatief op omliggende infrastructuur en objecten
- Doorlooptijd; de verwachte tijdsduur voor de uitvoering van elk tracéalternatief

Raakvlakken met andere IEA-deelrapporten

Dit deelrapport Techniek heeft een belangrijk raakvlak met het deelrapport Veiligheid bij het Milieueffectrapport. Zoals in de voorgaande paragraaf is beschreven, wordt in dit rapport onder andere

beoordeeld op het criterium 'Beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur'. Hieronder valt onder andere elektromagnetische beïnvloeding, die in dit deelrapport Techniek wordt behandeld.

De invloed op en van radarinstallaties, windturbines en laagvlieggebieden valt echter ook onder dit criterium, maar deze aspecten zijn beoordeeld in het deelrapport Veiligheid. Om herhaling in beoordeling te voorkomen, worden deze onderdelen niet in dit rapport meegenomen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de tracéalternatieven en varianten geïntroduceerd die onderzocht zijn. In hoofdstuk 3 is kort aandacht besteed aan wetgeving en beleid welke van toepassing zijn voor dit project. Hoofdstuk 4 beschrijft de methodiek die is gehanteerd bij het onderzoek. In hoofdstuk 5 zijn de risico’s van de tracéalternatieven en varianten beschreven en beoordeeld. Dit gebeurt aan de hand van de beoordelingscriteria die in paragraaf 4.1 zijn beschreven. Het rapport eindigt met een conclusie van de effecten en de onderscheidende verschillen tussen de tracéalternatieven zie hoofdstuk 6.

2. Introductie tracéalternatieven en -varianten

In de integrale effectenanalyse worden vijf tracéalternatieven onderzocht. Dit zijn zelfstandige tracéalternatieven die van Vierverlaten naar Ens lopen. Voor sommige tracéalternatieven zijn daarnaast enkele varianten opgesteld. Het gaat om delen van het tracéalternatief die om verschillende redenen een net wat andere ligging hebben gekregen. Dit levert de volgende tracéalternatieven en varianten op (zie figuur 2.1, de kleuren van de tracéalternatieven en varianten die op de kaart zijn weergegeven, zijn ter herkenning ook opgenomen bij de beschrijvingen):

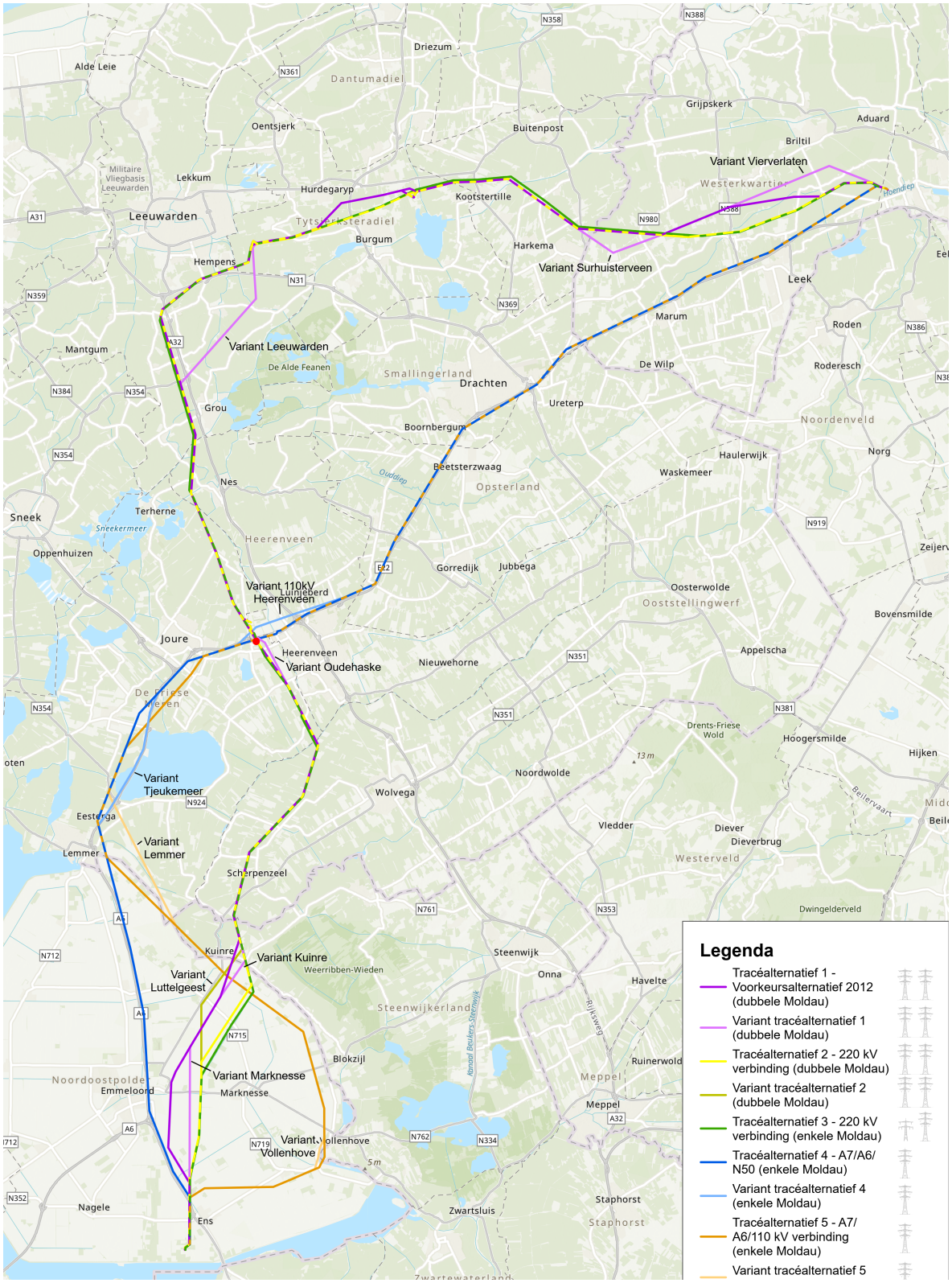
- Tracéalternatief 1 (dubbele Moldau[1]);
- - Varianten tracéalternatief 1 (dubbele Moldau);
- Tracéalternatief 2 – 220 kV-hoogspanningsverbinding (dubbele Moldau);
- - Varianten tracéalternatief 2 (dubbele Moldau)
- Tracéalternatief 3 – 220 kV-hoogspanningsverbinding (enkele Moldau);
- Tracéalternatief 4 – A7/A6/N50 (enkele Moldau);
- - Varianten tracéalternatief 4 (enkele Moldau);
- Tracéalternatief 5 – A7/A6/110 kV-hoogspanningsverbinding[2](enkele Moldau);
- - Varianten tracéalternatief 5 (enkele Moldau).

De tracéalternatieven worden uitgebreid beschreven in de Notitie tracéontwikkeling 380 kV-hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens bij de integrale effectenanalyse. Zoals in figuur 2.1 te zien is, kan het tracé van een tracéalternatief in een noordelijk en een zuidelijk deel worden opgeknipt: het traject van Vierverlaten naar Oudehaske en vervolgens van Oudehaske naar Ens (het kruispunt is gemarkeerd met een rode stip). Naast de beoordeling voor het gehele tracéalternatief, krijgen deze twee delen van een tracéalternatief ieder een eigen effectbeoordeling. Op die manier is alle informatie aanwezig om een goede afweging te kunnen maken, waarbij de combinatie van een noordelijk en een zuidelijk tracédeel mogelijk is.

Naast de vijf tracéalternatieven zijn er voor drie tracéalternatieven varianten samengesteld. Dit zijn relatief korte stukjes met een andere ligging dan het tracéalternatief. Voor de varianten wordt gekeken of deze leiden tot onderscheidende effecten ten opzichte van het betreffende tracéalternatief. Daarbij is elke keer de vraag: verandert de beoordeling van het betreffende tracéalternatief wanneer de onderscheidende onderdelen van de varianten worden toegepast voor dat deeltracé.

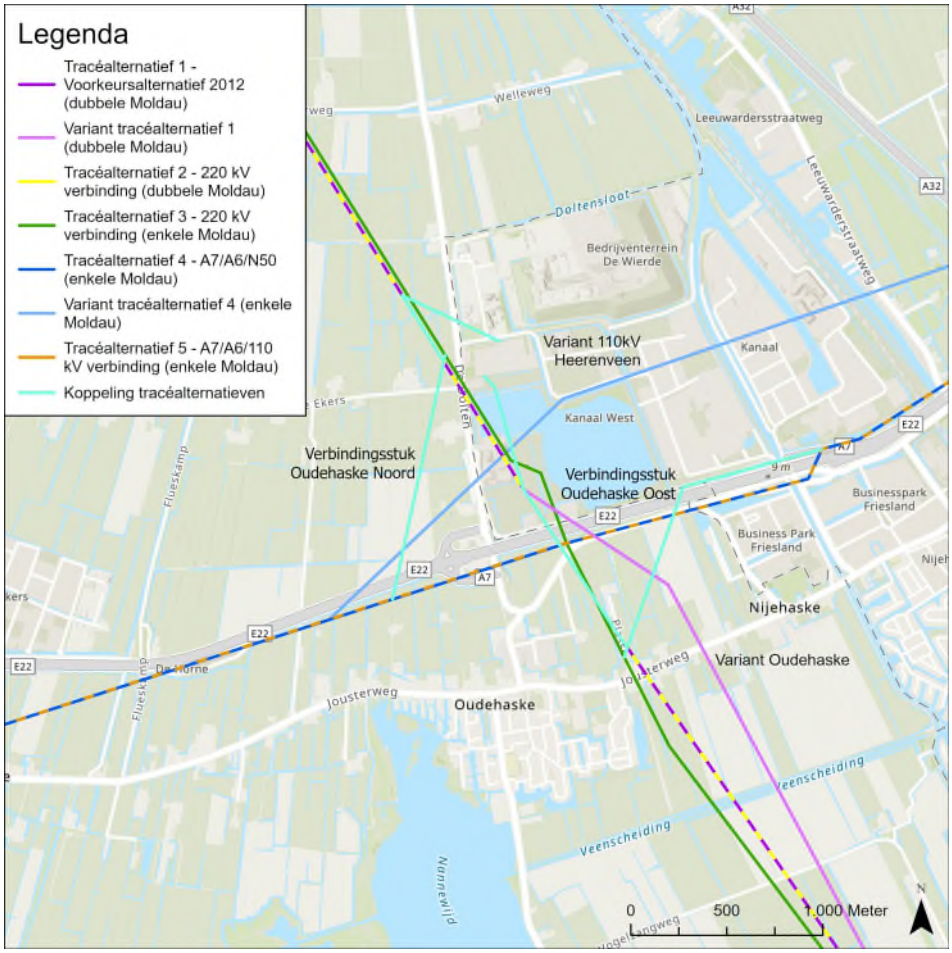
[1] De Moldaumast is het type mast dat wordt gebruikt voor een 380 kV-hoogspanningsverbinding. Een dubbele Moldau betekent twee mastenrijen naast elkaar. In één mastenrij komt de huidige 220 kV-hoogspanningsverbinding, in de andere mastenrij komt de nieuwe 380 kV-hoogspanningsverbinding.

[2] Als de nieuwe 380 kV-verbinding het tracé van een bestaande 110 kV-verbinding volgt, dan wordt de bestaande 110 kV-verbinding op dat tracégedeelte in beginsel verkabeld. Daarbij is als uitgangspunt genomen dat de verkabelde 110 kV-verbinding nabij de nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding komt te liggen. Hoewel in principe de kabel ook een andere route kan volgen dan de bovengrondse verbinding, is de gedachte dat het samenlopen met de 380 kV-verbinding als voordeel heeft dat de meeste effecten beperkt blijven tot een beperkt gebied, waar bovendien nu al sprake is van beperkingen van de bestaande 110 kV-verbinding.



Figuur 2.1: Tracéalternatieven en varianten hoogspanningsverbinding Vierverlaten – Ens. De rode stip is het punt waar de tracéalternatieven elkaar ter hoogte van Oudehaske kruisen.

Tussen de tracéalternatieven ten noorden van Oudehaske en ten zuiden van Oudehaske zijn meerdere combinaties mogelijk. Deze tracéalternatieven dienen met elkaar verbonden te worden door middel van het verbindingsstuk Oudehaske Noord of verbindingsstuk Oudehaske Oost. In figuur 2.2 zijn deze verbindingsstukken weergegeven.



Figuur 2.2: Verbindingsstuk Oudehaske Noord en Oudehaske Oost

3. Wetgeving en beleid

Volgens de Elektriciteitswet 1998 is het de plicht van TenneT om te zorgen voor een veilige en betrouwbare energievoorziening. Hieruit volgt dat er zorgvuldig wordt beoordeeld op de criteria die de veiligheid of de betrouwbaarheid zouden kunnen aantasten. Nagenoeg alle wettelijke kaders en TenneT beleidsdocumenten hebben hiermee te maken.

Onderstaand overzicht toont belangrijke beleidsdocumenten en eventueel een korte toelichting op de relevantie voor dit project. Daar waar uitgangspunten onderling strijdig zijn, geldt de volgende rangorde:

1. Wettelijke bepalingen; Waaronder Bouwbesluit/NEN/NEN-EN-normen, Constructieve veiligheid, zie voor veiligheid ook paragraaf 3.1;
2. Elektriciteitswet en de Netcode elektriciteit van de Autoriteit Consument en Markt (Besluit 21 april 2016 met meeste recente wijzigingen op 19 april 2024). De Elektriciteitswet wordt naar verwachting in 2025 vervangen door de Energiewet;
3. Programma Energiehoofdstructuur (PEH, maart 2024);
4. TenneT beleidsdocumenten;
    a. Het Afwegingskader 'bovengronds, tenzij', zie voor toelichting het deelrapport Technische Uitgangspunten bij de Integrale effectenanalyse.

3.1 Veiligheid

Met betrekking tot veiligheid moet de nieuwe verbinding voldoen aan de geldende regelgeving en normen en de constructies moeten veilig te realiseren én te onderhouden zijn. Het thema veiligheid komt voor in verschillende domeinen: elektrische, constructieve, nautische, water-, externe, en ARBO-veiligheid. In dit rapport is vanwege de fase waar het project nu in zit, rekening gehouden met de elektrische- en ARBO-veiligheid. Ten aanzien van de bouw en het onderhoud van de nieuwe verbinding zijn de ARBO-veiligheidsaspecten bepalend. Hiervoor geldt de arbeidshygiënische strategie in overeenstemming met de Arbeidsomstandighedenwet. Bij het beheersen van de risico’s bij de bouw en het onderhoud dient het uitgangspunt te zijn: Het voorkomen en beperken van blootstelling van mensen aan risico’s door maatregelen te nemen zo dicht mogelijk bij de bron. Een belangrijke ontwerpnorm hiervoor is NEN-EN 50341. De veiligheid van mensen in de buurt van hoogspanningslijnen valt binnen dit kader. Het ontwerp zorgt ervoor dat er voldoende afstand is tot de spanningvoerende onderdelen van de hoogspanningslijn en dat de wettelijke maxima voor het magneetveld en het elektrische veld voor zowel het publiek als de beroepsbevolking niet worden overschreden. Een ander cruciaal aspect betreft aanraakspanning op metaalhoudende constructies en leidingen, dat is elektrische spanning die kan worden gevoeld als een object wordt aangeraakt. Deze spanning, die veroorzaakt kan worden door hoogspanningsinfrastructuur, moet binnen veilige grenswaarden blijven tijdens alle omstandigheden van het elektriciteitstransport. Deze veiligheidseis geldt dus ook in het geval van onverhoopte kortsluiting in het hoogspanningsnet. De veilige situatie moet ook tijdens onderhoud gewaarborgd blijven, wanneer één circuit buiten bedrijf is en het andere in werking blijft. In deze toestand ontstaat een asymmetrisch magneetveld, wat een andere invloed heeft op metalen onderdelen dan bij normaal bedrijf met beide circuits in werking.

4. Beoordelingssystematiek

Dit hoofdstuk beschrijft de beoordelingssystematiek voor het onderzoek naar de technische risico's van de tracéalternatieven. Voor de beoordeling van de tracéalternatieven en varianten is gebruik gemaakt van een risicoanalyse. De tracéalternatieven zijn beoordeeld op vijf verschillende criteria, die van invloed zijn/van belang zijn bij het beoordelen op risico's. Alle tracéalternatieven en varianten zijn maakbaar. In hoofdstuk 5 staat hoe de tracéalternatieven zijn beoordeeld op de criteria leveringszekerheid, beheerbaarheid en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid, beïnvloeding van externe objecten en infrastructuur en doorlooptijd. In de paragrafen 4.2.1 tot en met 4.2.5 wordt per criterium een toelichting gegeven waarom desbetreffende criteria van belang zijn voor het deelrapport techniek.

4.1 Beoordelingscriteria

Voor het thema techniek presenteert Tabel 4.1 de criteria die zijn gebruikt voor de effectenanalyse in dit deelrapport. Om de beoordelingen uit te voeren zijn voor elk tracéalternatief en variant de risico's per criterium in beeld gebracht. Met deze risico's is per tracéalternatief en per criterium een risicoprofiel bepaald, zie voor de risicoprofiel bepaling Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Methodiek beoordeling techniek

Criteria	Subcriteria	Onderzoek op basis van
Leveringszekerheid (Paragraaf 4.2.1)	Risicoanalyse op basis van: - Lengte tracéalternatief - Geografische spreiding t.o.v. bestaande 380 kV-hoogspanningsverbindingen - 4-circuit 380 kV - Barrières in relatie tot exceptioneel transport - Effecten op functionaliteit 110 kV-net - Kruisingen hoogste spanningsniveau (complexiteit en aantal)	- Kilometers - Kwalitatieve beoordeling - Kilometers - Aantal - Aantal kruisingen met 110 kV en kilometers verkabeling 110 kV - Aantal
Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (Paragraaf 4.2.2)	Risicoanalyse op basis van: - Bereikbaarheid verbindingen - Veiligheid tijdens beheer en onderhoud - Nabijheid van/afstand tot andere hoogspanningsverbindingen	- o.a. aantal kruising met infra en kilometers door natuurgebieden - o.a. aantal kruising met infra en kilometers door natuurgebieden, nabijheid gebouwde omgeving - Kilometers
Technische maak- en haalbaarheid (Paragraaf 4.2.3)	Risicoanalyse op basis van: - Bereikbaarheid verbinding en mastlocaties - Beschikbare ruimte voor werkterreinen en toegangswegen op mastlocaties - Niet-standaard masttypes benodigd	- o.a. aantal kruising met infra, aantal kilometer door natuurgebieden - o.a. aantal kruising met infra, aantal kilometer door natuurgebied, kilometer parallel met infra - Aantal

Criteria	Subcriteria	Onderzoek op basis van
	- Tijdelijke voorzieningen en kruisingen (complexiteit en aantal) - Voorziene niet beschikbaarheid (VNB) - Veiligheid bij realisatie	- Aantal kruisingen met infra, kilometer 110 kV verkabeling - Aantal (tijdelijke) kruisingen met 110 kV en 220 kV - o.a. aantal kruising met infra, aantal kilometer, nabijheid gebouwde omgeving, kilometer parallel met infra
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur (Paragraaf 4.2.4)	Analyse van risico's rond beïnvloeding op externe objecten: - EM-beïnvloeding (Spoor, kabels en leidingen) - Overige risicobronnen (radar defensie, windturbines, laagvlieggebieden)	- Kwalitatieve beoordeling - N.v.t.; zie ook raakvlakken met andere deelrapporten in paragraaf 1.2
Doorlooptijd (Paragraaf 4.2.5)	Risicoanalyse op basis: - Lengte van tracéalternatief - Onderscheid enkele Moldau versus dubbele Moldau - Invloed verkabeling bestaande 110 kV	- Kwalitatieve beoordeling

Beoordeling tracéalternatieven op risico's

Voor het thema techniek wordt de technische haalbaarheid van de tracéalternatieven en varianten beoordeeld op basis van risicoprofielen. Het doel van het project VVL-ENS is het realiseren van een nieuwe hoogspanningsverbinding, wat belangrijk is voor het Nederlandse elektriciteitsnet. Hier is een technische oplossing vereist. Elke technische oplossing brengt echter risico's met zich mee, die de technische maak- en haalbaarheid kunnen beïnvloeden. De verschillende risicoprofielen zijn aangeduid met kleuren, waarbij de score het risicoprofiel voor het betreffende criterium weergeeft.

In deze fase van het project, zie ook paragraaf 1.1.2, is een inschatting gemaakt van de waarschijnlijkheid dat het tracéalternatief in het vervolg van het project haalbaar is. Bij een 'hoog' risico (0/-) tot en met een 'kritiek' risico (- -) betekent dat er een kans bestaat dat het tracéalternatief voor TenneT onacceptabel grote risico's kent en/of dat er aanzienlijke technische problemen opgelost dienen te worden voor het desbetreffende criterium. Een 'kritiek' risico (- -) duidt zelfs op een beoordeling die onacceptabel is voor TenneT, omdat de bijbehorende risico's niet beheersbaar zijn. Door het doorlopen proces, zie hiervoor de Notitie tracéontwikkeling bij de Integrale effectenanalyse, zijn aan de voorkant al veel technische risico's gemitigeerd of geoptimaliseerd en zijn er nu geen tracéalternatieven met een risico zo groot als "zeer hoog (-) en kritiek (- -)", waardoor deze risicoprofielen niet van toepassing zijn. Bij de overige risicoprofielen zijn er weliswaar risico's aanwezig voor het tracéalternatief, maar deze worden als aanvaardbaar beschouwd of zijn beheersbaar door middel van mitigatie.

Tabel 4.2 Boordelingswijze techniek voor de tracéalternatieven

Risicoprofiel	Betekenis
+ +	Verwaarloosbaar risicoprofiel
+	Zeer laag risicoprofiel
0/+	Laag risicoprofiel
0	Gemiddeld risicoprofiel
0/-	Hoog risicoprofiel
-	Zeer hoog risicoprofiel (n.v.t.)
- -	Kritiek risicoprofiel /onbeheersbaar risicoprofiel (n.v.t.)

Om het risicoprofiel van elk tracéalternatief (voor zowel het noordelijke als zuidelijke deel en het geheel) vast te stellen, zijn de technische risico's van alle subcriteria per criterium geanalyseerd. Aan elk risico dat aan een tracéalternatief is gekoppeld, wordt een aantal risicopunten toegekend. De hoogte van het aantal risicopunten is afhankelijk van de ernst en de kans op optreden van het risico. In hoofdstuk 5 zijn per tracéalternatief de risico’s geïdentificeerd die de risicopunten genereren.

Het risicoprofiel van een tracéalternatief wordt bepaald door het cumulatieve aantal risicopunten, zie Tabel 4.2 voor de verschillende risicoprofielen. Een hoger aantal risicopunten wijst op een ongunstiger risicoprofiel, terwijl een lager aantal risicopunten resulteert in een gunstiger profiel. Een ongunstig risicoprofiel kan worden veroorzaakt door één of enkele grote risico’s die significant bijdragen aan het totale aantal risicopunten, of door een groot aantal kleinere risico’s die gezamenlijk een vergelijkbare impact hebben.

Varianten

Voor de beoordeling van de varianten is een 3-puntschaal gehanteerd, zie Tabel 4.3. Hierbij heeft een variant een vergelijkbaar, kleiner of groter risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief. Het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is het stuk van het tracéalternatief waar de variant begint tot het punt waar de variant weer samen komt met het tracéalternatief. Als een variant een zodanig afwijkende beoordeling heeft ten opzichte van het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief dat dit een significante invloed kan hebben op het volledige tracé, wordt dit aangegeven bij de beoordeling.

Tabel 4.3 Boordelingswijze techniek voor de varianten

Risicoprofiel	Betekenis
^	Risicoprofiel lager dan bij het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
~	Risicoprofiel vergelijkbaar met het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
v	Risicoprofiel hoger dan bij het vergelijkbare stuk van het tracéalternatief
*	Wordt toegevoegd op het moment dat een variant het risicoprofiel van het totale tracéalternatief beïnvloedt

Verbindingstukken

Zoals in hoofdstuk 2 te zien is, kunnen tracéalternatieven met elkaar verbonden worden door middel van een verbindingsstuk Oudehaske Noord of verbindingsstuk Oudehaske Oost. De verbindingsstukken worden toegepast wanneer dit voor het voorkeursalternatief nodig is. In tegenstelling tot de varianten die in de effectenstudie in hoofdstuk 5 worden onderzocht, is er in dit geval geen keuze te maken. Als een combinatie

tussen twee tracéalternatieven wordt gemaakt, wordt het bijbehorende verbindingsstuk in het betreffende voorkeursalternatief ingepast. In paragraaf 5.6 zijn potentiële risico's benoemd, om eventuele belangrijke aandachtspunten in beeld te krijgen.

Beoordeling noordelijk en zuidelijk deel en het totale tracéalternatief
De tracéalternatieven zijn onderverdeeld in een noordelijk en een zuidelijk deel, zoals te zien is in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 5 zijn deze delen los van elkaar beoordeeld voor alle vijf de criteria. Om tot een totale beoordeling van de tracéalternatieven te komen, zijn de scores van het noordelijke en zuidelijke deel gewogen meegenomen in de beoordeling. Dit is gedaan omdat het zuidelijke deel hemelsbreed korter is dan het noordelijke deel en dus wordt het zuidelijke deel minder zwaar meegewogen in de beoordeling van het totale tracéalternatief.

4.1.1 Aandachtspunten ten behoeve van beoordeling

Beoordeling enkele versus dubbele Moldaumastenrij
Een belangrijk verschil tussen tracéalternatieven 1 en 2 enerzijds en tracéalternatieven 3, 4 en 5 anderzijds is de variant. Tracéalternatieven 1 en 2 worden uitgevoerd als een dubbele Moldau, waarbij twee nieuwe mastenrijen naast elkaar worden geplaatst. Tracéalternatieven 3, 4 en 5 daarentegen worden uitgevoerd als een enkele Moldau, met slechts één nieuwe mastenrij. Dit verschil tussen de tracéalternatieven beïnvloedt de beoordeling op de criteria doorlooptijd en technische maak- en haalbaarheid. Bij een dubbele Moldaumastenrij moet er dubbel zoveel gebouwd worden, wat een effect heeft op de doorlooptijd. De doorlooptijd verdubbelt echter niet volledig, onder andere omdat door een efficiëntieslag er minder dan de dubbele hoeveelheid werkwegen en werkterreinen aangelegd hoeft te worden. Dit effect komt ook terug bij het criterium technische maak- en haalbaarheid: hoewel er dubbel zoveel kilometers hoogspanningsverbinding moet worden aangelegd, brengt dit niet automatisch dubbel zoveel risico's met zich mee.

Naast dit effect is er bij de dubbele Moldaumastenrij ook sprake van het inlussen van de mastenrij met de 220 kV-hoogspanningsverbinding op de hoogspanningsstations Burgum, Louwsmeer en Oudehaske. De complexiteit die dit met zich meebrengt is meegenomen bij de beoordeling op technische maak- en haalbaarheid. Bij de andere criteria is het uitgangspunt dat de nieuwe 220 kV-mastenrij, die naast de nieuwe mastenrij op 380 kV komt te staan (zie ook voetnoot op pagina 8), dezelfde score krijgt als de bestaande 220 kV-mastenrij. Bijvoorbeeld: als de bestaande mastenrij een vaarweg kruist en de nieuwe mastenrij dezelfde vaarweg kruist, wordt dit niet als een nieuw risico beschouwd.

Veldlengte en in de pas lopen
In het deelrapport Technische Uitgangspunten staat beschreven dat de maximale veldlengte van een nieuwe hoogspanningsverbinding 400 meter bedraagt. Dit is de afstand tussen twee masten binnen dezelfde hoogspanningsverbinding. Bij bundeling met een bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding is het uitgangspunt om "in de pas" te lopen met de bestaande hoogspanningsverbinding. Dit houdt in dat de veldlengte voor tracéalternatief 3 ongeveer 350 meter is in plaats van 400 meter. Deze kortere veldlengte

voor tracéalternatief 3 betekent dat er per kilometer meer hoogspanningsmasten nodig zijn. Dit verschil in mastenaantal ten opzichte van de andere tracéalternatieven is meegenomen in de beoordeling van tracéalternatief 3, bij het criterium technische maak- en haalbaarheid.

4.2 Toelichting beoordelingscriteria

4.2.1 Leveringszekerheid

Het gebruik en transport van elektriciteit in Nederland neemt sinds decennia toe. Dit betekent dat het hoogspanningsnet in Nederland ook zwaarder wordt belast. Om de leveringszekerheid te kunnen waarborgen, is naast voldoende elektriciteitsproductie ook een betrouwbaar transportnet met voldoende capaciteit nodig. Deze verantwoordelijkheden en verplichtingen van netbeheerders zijn vastgelegd in artikel 16 van de Elektriciteitswet 1998 (E-wet), zie ook hoofdstuk 3. TenneT is bij wet aangewezen als netbeheerder van het landelijke hoogspanningsnet.

Leveringszekerheid is een belangrijk criterium voor TenneT en wordt daarom afzonderlijk beoordeeld bij de tracéalternatieven. Tegelijkertijd heeft het sterke raakvlakken met de beheerbaarheid en onderhoudbaarheid, die als apart criterium wordt beoordeeld maar direct invloed kan hebben op de leveringszekerheid. Hieronder is toegelicht waarop beoordeeld is bij de subcriteria van het criterium leveringszekerheid. De subcriteria zijn genoemd in de tweede kolom van Tabel 4.1.

Lengte tracéalternatief

De lengte van het tracéalternatief beïnvloedt de leveringszekerheid van de nieuwe verbinding. Daarom is bij dit criterium rekening gehouden met de lengte van de bovengrondse verbinding. Een langere hoogspanningsverbinding vereist meer hoogspanningsmasten, meer geleider materiaal, en meer andere componenten, wat de risico’s op een storing vergroot en dus effect heeft op de leveringszekerheid.

Geografische spreiding t.o.v. bestaande 380 kV- verbindingen

De geografische spreiding van hoogspanningsverbindingen binnen het 220/380 kV-net is cruciaal voor de betrouwbaarheid van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Door deze spreiding ontstaan ringstructuren die de voorziening beter beschermen tegen weersinvloeden, grote storingen en calamiteiten. Alle tracéalternatieven die nu in het onderzoek zijn meegenomen maken een nieuwe lus van 380 kV-hoogspanningsverbindingen. Daarom dragen alle tracéalternatieven bij aan een goede geografische spreiding. Vandaar dat er in dit deelrapport niet op beoordeeld wordt. In het deelrapport Toekomstvastheid bij de Integrale effectenanalyse wordt geografische spreiding verder toegelicht.

4-circuit 380 kV (/220 kV)

Er is sprake van een 4-circuit 380 kV (/220 kV) wanneer een twee circuit 380 kV-hoogspanningsverbinding en een twee circuit 220 kV- of 380 kV-hoogspanningsverbinding naast elkaar staan. Hier is sprake van bij tracéalternatieven 1, 2 en 3. Bij het bundelen van de circuits of spanningsniveaus worden de masten op 50 m naast elkaar geplaatst, zie hiervoor ook het deelrapport Technische Uitgangspunten. Ondanks dat voor de nieuwe verbinding is gekozen voor een onderlinge afstand van 50 m blijft er een risico bestaan voor de

leveringszekerheid. Dit risico is aanwezig bij het falen van een mast, omdat het omvallen van één mast ervoor kan zorgen dat ook de naastgelegen masten geraakt worden, waardoor twee hoogspanningslijnen tegelijkertijd uitvallen.

Barrières in relatie tot exceptioneel transport
Het kan voorkomen dat een hoogspanningsverbinding gesitueerd is over een vaar- of rijweg waarover een uitzonderlijk transport plaatsvindt wat hoger is dan de doorvaart- of doorrijhoogte. Dit zou kunnen betekenen dat de hoogspanningslijnen moeten worden uitgeschakeld of dat geleiders tijdelijk verwijderd moeten worden om het exceptionele transport mogelijk te maken. Op een straalvormig net wordt dit niet gedaan, omdat dit voor onderbreking van de levering aan de afnemers zorgt. Bij een ringvormig net is deze impact beperkter. In dit project wordt een ringvormig net gecreëerd waardoor exceptioneel transport wel mogelijk is, en daarom is er in de beoordeling rekening mee gehouden dat er exceptioneel transport mogelijk is.

Effecten op functionaliteit 110 kV-net
Bij de beoordeling van de effecten op de functionaliteit van het 110 kV-net is gekeken naar de impact van de nieuwe verbinding op het bestaande 110 kV-net, waarbij factoren zoals verkabeling en kruisingen van de 110 kV-hoogspanningsverbinding worden meegenomen. Het ondergronds aanleggen van 110 kV-hoogspanningsverbindingen brengt risico's met zich mee en heeft dus een negatief effect op het elektriciteitsnet. De 110 kV-hoogspanningsverbindingen die in beginsel worden verkabeld, zijn vastgelegd in de Notitie Tracéontwikkeling en zijn afhankelijk van het gekozen tracéalternatief.

Kruisingen met 220 kV11
Het is belangrijk om het kruisen van hoogspanningslijnen zoveel mogelijk te vermijden, omdat een draadbreuk kan leiden tot meervoudige storingen. Het transportnet is slechts bestand tegen een enkele storing volgens het N-1 criterium (ook bij onderhoud). Bij kruisingen van 220/380 kV-hoogspanningsverbindingen is de impact van een draadbreuk aanzienlijk, omdat in het ergste geval meerdere circuits door kortsluiting worden uitgeschakeld als er geen mitigerende maatregelen worden getroffen. Dit verhoogt de kans dat ook de resterende circuits door overbelasting worden uitgeschakeld. Indien een kruising onvermijdelijk is, wordt als uitgangspunt gehanteerd dat er altijd een mitigerende maatregelen worden getroffen om te voorkomen dat meerdere circuits gelijktijdig worden uitgeschakeld (zie ook deelrapport Technische Uitgangspunten).

4.2.2 Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid

Bij dit criterium zijn de technische complexiteiten van de tracéalternatieven in beeld gebracht bij storing- of onderhoudssituaties. Voor de beoordeling van dit criterium is een inschatting gemaakt van hoe complex het beheer en onderhoud van ieder tracéalternatief zal zijn. Hieronder is toegelicht waarom beoordeeld is op de subcriteria bij dit criterium genoemd in de tweede kolom van Tabel 4.1.

Bereikbaarheid verbindingen
Dit subcriterium beoordeelt de bereikbaarheid van de verbindingen tijdens de gebruiksfase. Verschillende aspecten spelen hierbij een rol. De lengte van de hoogspanningsverbinding is belangrijk: des te langer de

hoogspanningsverbinding, hoe meer onderhoud er nodig is en hoe meer locaties/hoogspanningsmasten bereikt moeten worden. Er zijn ook veel verschillende soorten kruisingen die de bereikbaarheid tijdens het onderhoud beïnvloeden. Bij kruisingen met andere hoogspanningslijnen is de bereikbaarheid ter plaatse vaak slechter, afhankelijk van het specifieke spanningsniveau en het soort kruising. Dit kan komen door mogelijke ruimtelijke beperkingen rondom een kruising maar ook door de veiligheidsbeperkingen. Bij werkzaamheden nabij kruisingen moet rekening worden gehouden met de veiligheidsafstanden tussen de hoogspanningslijnen, wat het werken ter plaatse bemoeilijkt.
Daarnaast zijn er kruisingen met vaarwegen, spoorwegen en rijkswegen, waardoor de hoogspanningslijn ook minder goed bereikbaar is. Dit komt ook door ruimtelijke beperkingen, zoals fysieke obstakels als (water)wegen en spoor. Daarnaast zijn er ook veiligheidsbeperkingen, zoals eisen met betrekking tot werken nabij spoor en wegen. Tot slot zijn er ook gebieden die moeilijk bereikbaar zijn, zoals NNN-gebieden, vogelweidegebieden, Natura 2000-gebieden, waterbergingsgebieden en zettingsgevoelige gebieden. De toegankelijkheid van deze gebieden varieert afhankelijk van het type gebied en het seizoen. Zo kan de nattigheid van een gebied, de bosrijkheid of het broedseizoen in een vogelweidegebied de toegang bemoeilijken.

Veiligheid tijdens beheer en onderhoud
Tijdens beheer- en onderhoudswerkzaamheden zijn er verhoogde veiligheidsrisico's op locaties waar verschillende spanningsniveaus elkaar kruisen. Deze complexe situatie ontstaat door de aanwezigheid van andere verbindingen die onder spanning staan, wat extra voorzichtigheid en strikte veiligheidsmaatregelen vereist. Daarnaast zijn kruisingen met vaarwegen, spoorwegen en rijkswegen minder veilig voor het onderhoudspersoneel, bijvoorbeeld door de verhoogde masten. Bij rijkswegen en spoorwegen is er niet alleen een hoger risico bij kruisingen, maar ook wanneer de hoogspanningsverbinding parallel aan deze wegen loopt. Bijvoorbeeld in het geval van een omvallende hoogwerker kunnen er ernstige risico's ontstaan, vooral als deze op de weg of het spoor terechtkomt. Hetzelfde geldt voor onderhoud locaties in de buurt van de gebouwde omgeving waar mensen een veiligheidsrisico kunnen lopen. Bij waterbergingsgebieden en zettingsgevoelige gebieden is er een grotere kans dat de machines die gebruikt worden bij het onderhoud minder stabiel staan.

Nabijheid van/afstand tot andere hoogspanningsverbindingen
Ondanks dat de afstand tussen de mastenrijen groot genoeg is om veilig te kunnen werken terwijl de andere hoogspanningsverbinding nog onder spanning staat, zie ook het deelrapport Technische Uitgangspunten, brengt dit wel meer veiligheidsrisico met zich mee ten opzichte van de situatie waarbij er geen hoogspanningsverbinding in de nabijheid is.

4.2.3 Technische maak- en haalbaarheid

Bij dit criterium is gekeken naar de risico’s en technische complexiteiten die zich kunnen voordoen tijdens de realisatiefase van de tracéalternatieven en varianten. Een inschatting is gemaakt van hoe complex de realisatie van ieder tracéalternatief zal zijn en of er bijzondere werkwijzen toegepast dienen te worden. De technische maak- en haalbaarheid in de realisatiefase is cruciaal voor het kunnen implementeren van een nieuwe hoogspanningsverbinding. In deze fase worden verschillende technische aspecten beoordeeld om

ervoor te zorgen dat het gekozen tracéalternatief zo min mogelijk risico's heeft en gerealiseerd kan worden binnen de gestelde eisen en normen. Hieronder is toegelicht waarom beoordeeld is op de subcriteria genoemd in de tweede kolom van Tabel 4.1.

Bereikbaarheid hoogspanningsverbinding
Het is belangrijk op te merken dat dit subcriterium zich richt op de bereikbaarheid tijdens de realisatiefase. Het subcriterium 'bereikbaarheid verbindingen bij beheer en onderhoud' heeft betrekking op de bereikbaarheid op momenten dat er onderhoud aan de hoogspanningsverbinding nodig is tijdens de gebruiksfase. Wat meegenomen is in de beoordeling zijn de kruisingen met andere hoogspanningslijnen, deze bemoeilijken net zoals bij onderhoudbaarheid de toegang tot nieuw te plaatsen masten, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen kruisingen met 110 kV- en 220 kV-hoogspanningsverbindingen. De lengte van de hoogspanningsverbinding is ook hier belangrijk: hoe langer de hoogspanningsverbinding, hoe meer locaties/hoogspanningsmasten bereikt moeten worden. Ook hier spelen kruisingen met andere elementen in het landschap een rol. Dit betreft onder andere infrastructuur, zoals vaarwegen, spoorwegen en rijkswegen. Daarnaast kunnen natuurgebieden, zoals NNN-gebieden, vogelweidegebieden en Natura 2000-gebieden, invloed hebben. Ook waterbergingsgebieden en zettingsgevoelige gebieden kunnen de bereikbaarheid van de hoogspanningsverbinding negatief beïnvloeden. In deze gebieden kunnen strengere toegangsregels gelden, of de bereikbaarheid kan verslechteren door seizoensgebonden (weers)omstandigheden.

Beschikbare ruimte voor werkterreinen en toegangswegen op mastlocaties
De beschikbare ruimte voor werkterreinen en toegangswegen op mastlocaties wordt beïnvloed op plekken waar zich kruisingen bevinden. Dit geldt voor de in de vorige paragraaf genoemde kruisingen, met uitzondering van het zettingsgevoelig gebied omdat dit geen invloed heeft op de beschikbare ruimte. Ook de nabijheid van gebouwde omgeving, rijkswegen en spoorwegen hebben effect op de beschikbare ruimte voor werkterreinen en toegangswegen, vooral wanneer deze dicht bij de hoogspanningsverbinding liggen en er parallel aan lopen.

Niet-standaard masttypes benodigd[3]
TenneT is momenteel bezig met de standaardisatie van masten, waarbij verschillende veelvoorkomende masttypen worden opgenomen in het standaardisatiepakket, zie deelrapport Technische Uitgangspunten. Het kan echter voorkomen dat binnen de nieuwe verbinding masten nodig zijn die buiten dit pakket vallen. Het vereist extra capaciteit tijdens ontwerp, engineering en bouw om deze specifieke masten te realiseren. Bovendien brengen niet-standaard masten meer complexiteit met zich mee tijdens de bouw, zoals bijvoorbeeld hogere masten of masten met een zwaardere mastkop die nodig is bij bijvoorbeeld een grotere veldlengte.

Tijdelijke voorzieningen en kruisingen

[3] Bij het sub-criterium niet-standaard masttypes benodigd betreft het masttypes die op het moment van schrijven buiten het standaardisatie pakket van TenneT vallen.

Dit subcriterium beoordeelt de complexiteit van de te bouwen hoogspanningsverbinding. Vooral kruisingen dragen bij aan de complexiteit, zowel met andere hoogspanningsverbindingen als bij kruisingen met infrastructuur, omdat hiervoor veel tijdelijke voorzieningen nodig zijn. Wanneer de 110 kV-hoogspanningsverbinding ondergronds wordt aangelegd, verhoogt dit eveneens de complexiteit van de realisatiefase. Tijdelijke kruisingen (met de 220 kV-hoogspanningsverbinding) zijn ook meegenomen, aangezien deze tijdens de bouw extra complexiteit met zich meebrengen. Er wordt gesproken van tijdelijke kruisingen als bijvoorbeeld de dubbele Moldau (tracéalternatief 1 en 2) de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding kruist. Wanneer het tracéalternatief met een dubbele mastenrij Moldaumasten gereed is wordt de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding geamoveerd.

Voorziene niet beschikbaarheid (VNB)
Het tijdelijk buiten bedrijf stellen van verbindingen voor werkzaamheden aan bestaande hoogspanningslijnen (Voorziene Niet Beschikbaarheid, VNB) kan tijdens de bouw van een nieuwe hoogspanningsverbinding noodzakelijk zijn om veilig te kunnen werken bij kruisingen met andere hoogspanningslijnen. Dit kan tot gevolg hebben dat het elektriciteitsnet niet langer n-1 veilig is. In dat geval kan er geen toestemming worden verleend om de hoogspanningsverbinding uit bedrijf te nemen, of kan de leveringszekerheid afnemen. VNB vormt een risico omdat deze op het laatste moment geweigerd kan worden. In dat geval moet er een nieuwe VNB worden gepland, wat kan leiden tot significante vertraging en dus negatieve invloed kan hebben op de doorlooptijd van het project. Complexe oplossingen, zoals kruisingen met een andere 220 kV-hoogspanningsverbinding (ook tijdelijke kruisingen), leidt doorgaans tot extra VNB’s.

Het subcriterium VNB heeft, zoals beschreven, raakvlakken met meerdere criteria, waaronder leveringszekerheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. Er is besloten om VNB binnen het criterium technische maak- en haalbaarheid mee te nemen bij de risicobeoordeling.

Veiligheid bij realisatie
Veiligheid is een breed begrip. Bij het criterium technische maak- en haalbaarheid betreft veiligheid zowel de bescherming van het bouwpersoneel als van personen in de omgeving van het werkterrein, zie ook paragraaf 3.1. Kruisingen met hoogspanningslijnen van 110 kV en 220 kV, zowel tijdelijk als permanent, brengen verhoogde veiligheidsrisico's met zich mee. Ook wordt de lengte van het tracéalternatief meegenomen in de weging, omdat op het moment dat er meer lengte gebouwd moet worden er ook meer kans is op ongelukken. Daarnaast leiden kruisingen met vaarwegen, spoorwegen, rijkswegen, waterbergingsgebieden en zettingsgevoelige gebieden tot een complexere uitvoering, wat het veiligheidsrisico tijdens de realisatie verder vergroot. Werken in de nabijheid van de gebouwde omgeving, rijkswegen en spoorwegen brengt ook risico's met zich mee voor de omgeving, zoals het gevaar van omvallende kranen of constructies.

4.2.4 Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur

Bij hoogspanningslijnen worden elektromagnetische (EM) beoordelingen doorgaans uitgevoerd tijdens de planfase en ontwerpfase. Dit omvat een studie naar mogelijke elektromagnetische invloeden tussen de hoogspanningslijn en externe objecten of infrastructuur. Dit deelrapport richt zich op een eerste inschatting

op basis van expert judgement van risico's en het bepalen of potentiële elektromagnetische beïnvloeding eenvoudig op te lossen is, of dat er misschien maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten van elektromagnetische beïnvloeding weg te nemen.

In deze paragraaf zijn de belangrijkste criteria behandeld die worden gebruikt bij de beoordeling van EM-beïnvloeding. Deze omvatten onder andere de invloed op spoorwegen, kabels en leidingen en de locaties van hoekmasten. De specifieke overwegingen per criterium worden in de volgende paragrafen uiteengezet.

Spoorwegen
Spoorwegen zijn gevoelig voor elektromagnetische velden, vooral omdat treindetectiesystemen en andere apparatuur verstoord kunnen worden door externe EM-velden. Als een hoogspanningslijn binnen 700 meter van een spoorlijn ligt, moet in de volgende fase onderzocht worden of er beïnvloeding optreedt. ProRail heeft hiervoor een richtlijn opgesteld genaamd 'Quick scan'. Wanneer uit deze scan blijkt dat verstorende invloeden mogelijk zijn, wordt aanvullend gedetailleerd onderzoek uitgevoerd volgens de richtlijn RLN00398. Uit het gedetailleerde onderzoek moet blijken welke maatregelen nodig zijn om de effecten te beperken. Deze maatregelen kunnen zowel bij de spoorinstallaties als bij de hoogspanningslijn worden toegepast. De exacte locatie en omstandigheden bepalen welke oplossingen passend zijn. Bij parallelloop met spoorwegen is dit bijzonder relevant, omdat er grotere risico's zijn voor kosten, complexiteit en doorlooptijd op het moment dat er mitigerende maatregelen genomen dienen te worden. In dit deelrapport is daarom beoordeeld hoeveel meter tracéalternatief binnen de 700 meter van een spoorlijn ligt.

Een aandachtspunt voor de volgende fase is dat het hoogspanningsstation Vierverlaten zich binnen een straal van 700 meter van het spoor bevindt. Dit spoor wat Groningen en Leeuwarden verbindt maakt deels gebruik van 50 Hz spoorstroomlopen (treindetectie systeem). Op termijn worden deze spoorstroomlopen vervangen door assentellers in het kader van de invoering van ERTMS (European Rail Traffic Management System). Assentellers zijn ongevoelig voor beïnvloeding door een frequentie van 50 Hz.

Parallelloop kabels en leidingen
De nabijheid van kabels en leidingen ten opzichte van een hoogspanningslijn kan leiden tot EM-beïnvloeding. Niet alle typen kabels en leidingen worden hierbij beoordeeld. Materialen die niet elektrisch geleidend zijn (zoals water- en rioolleidingen) worden doorgaans uitgesloten. De focus ligt op stalen buisleidingen, met name voor gevaarlijke stoffen, petrochemie en hogedruk gasleidingen. Deze leidingen zijn gevoelig voor EM-velden door hun geleidende aard.
Naast de het EM-beïnvloeding is er bij parallelloop met kabels en leidingen ook het risico dat een omvallende mast ondergrondse kabels en leidingen kan beschadigen. Deze kans is zeer klein, maar het kan zeer vervelende consequenties hebben en het is vaak lastig te mitigeren.

Hoekmasten
Hoewel de locaties van masten nog niet vastliggen, dienen hoekmasten te worden geplaatst daar waar het tracé een knik maakt. De aanwezigheid van kabels of leidingen in de buurt van deze masten kan leiden tot verhoogde risico's op weerstandsbeïnvloeding. Om ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding te voorkomen,

wordt in overeenstemming met NEN 3654 een minimale afstand van 50 meter tussen kabels en leidingen en een mast aangehouden. Bij de tracéalternatieven is beoordeeld of er kabels en buisleidingen binnen 50 meter van een knikpunt liggen. Hetzelfde geldt voor steunmasten, maar deze zijn bij de beoordeling niet meegenomen omdat de mastlocaties hiervan nog niet vastgesteld zijn en deze zijn in een vervolgfasen makkelijker aan te passen vergeleken met hoekmasten.

Aantal hoogspanningsmasten
Bij het ontwerp van hoogspanningslijnen wordt ook het aantal masten meegenomen in de beoordeling van EM-beïnvloeding. Een enkele hoogspanningsverbinding, waarbij er een enkele mastenrij aanwezig is, veroorzaakt minder elektromagnetische invloeden dan een dubbele hoogspanningsverbinding (tracéalternatief 1, 2 en 3), waarbij twee hoogspanningslijnen naast elkaar staan. Bij een dubbele hoogspanningsverbinding kunnen de elektromagnetische invloeden elkaar versterken, afhankelijk van stroomrichting en klokgetallen. Hierdoor scoort een dubbele hoogspanningsverbinding minder gunstig op EM-beïnvloeding dan een enkele Moldau.

4.2.5 Doorlooptijd

Er is een analyse uitgevoerd op basis van de te verwachten doorlooptijden van de bouwwerkzaamheden van de tracéalternatieven tot aan ingebruikname van de 380 kV-hoogspanningsverbinding. De doorlooptijd wordt beïnvloed door zowel technische als niet-technische factoren. Niet-technische factoren zoals ruimtelijke procedures, worden in deze beoordeling een gelijke doorlooptijd toegekend, omdat in deze fase hierin geen onderscheid wordt verwacht tussen de tracéalternatieven. Technische factoren die invloed hebben op de doorlooptijd zijn onder andere de aanleg van werkwegen, werkterreinen, funderingen, masten en geleiders, verkabelen van de 110 kV-hoogspanningsverbinding. Deze worden meegenomen in de productiecapaciteit per kilometer hoogspanningsverbinding, wat uiteindelijk de doorlooptijd van de bouwwerkzaamheden per tracéalternatieven bepaald.

Ook de gekozen werkwijze speelt een rol in de doorlooptijd. Zo is werken volgens het "treintje " principe het gekozen uitgangspunt bij het bepalen van de doorlooptijd. Dit is een georganiseerde manier van werken waarbij verschillende bouwactiviteiten elkaar opvolgen, net als wagons in een trein. Dit principe kan goed toegepast worden bij repetitieve bouwactiviteiten, waar in dit project sprake van is.

Bij tracéalternatief 1 en 2, de dubbele Moldau, moet de 220 kV-hoogspanningsverbinding worden geamoveerd na de voltooiing van de dubbele mastenrij (een beperkt deel al eerder vanwege de fasering). Het amoveren van de 220 kV-hoogspanningsverbinding kan starten na ingebruikname van de hoogspanningsverbinding. Dit amoveren is echter niet meegenomen in het bepalen van de doorlooptijd. Bij de beoordeling van de doorlooptijd is puur gekeken naar de bouwtijd van de hoogspanningsverbinding.

De verkabeling van bovengrondse 110 kV-lijnen brengt technische en planologische complexiteit met zich mee. De omvang van de te doorlopen procedures en het aantal betrokken stakeholders neemt toe. Daarnaast zijn er extra veld- en bodemonderzoeken nodig. Ook kan de doorlooptijd van het project toenemen, aangezien de 110kV-kabel eerst in bedrijf dient te zijn voordat de bestaande 110kV-lijn

geamoveerd kan worden ten behoeve van het 380kV-tracé. De verkabeling van 110kV-lijnen introduceert een extra projectonderdeel met een stapeling van technische en planologische effecten, die aandacht vragen in de volgende fase van het project.

Bij dit criterium zijn de varianten niet beoordeeld, omdat er geen onderscheidende risico's of effecten zijn op de doorlooptijd.

5. Effectbeschrijving en -beoordeling tracés

Van de verschillende tracéalternatieven en varianten voor de nieuwe hoogspanningsverbinding zijn de effecten beoordeeld. Dit is gedaan voor de volgende vijf beoordelingscriteria die in hoofdstuk 4 zijn toegelicht:

- Leveringszekerheid (paragraaf 5.1)
- Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid (paragraaf 5.2)
- Technische maak- en haalbaarheid (paragraaf 5.3)
- Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur (paragraaf 5.4)
- Doorlooptijd (paragraaf 5.5)

Elke paragraaf van 5.1 tot en met 5.5 begint met een overzichtstabel waarin de beoordelingen voor het betreffende criterium worden weergegeven. In de overzichtstabel staat het overzicht van de risicoprofielen van alle tracéalternatieven. De beoordelingen van de varianten staan ook in deze tabel. Hierbij zijn de varianten steeds vergeleken met het vergelijkbare deel van de tracéalternatieven. Voor de totaalscore zijn de beoordelingen van de tracéalternatieven van het noordelijke en zuidelijke deel samengevoegd. Zie paragraaf 4.1 voor een toelichting op de werkwijze. De varianten wegen niet mee in de beoordeling van het tracéalternatief.

Na het overzicht zijn in de daaropvolgende paragrafen de beoordelingen per tracéalternatief toegelicht. De toelichting start met het noordelijke deel van het tracéalternatief en gaat daarna verder met het zuidelijke deel. Alleen de risico’s met de hoogste risicopunten zijn genoemd. De overige risico’s worden wel meegenomen in de uiteindelijke beoordeling, maar niet tekstueel toegelicht. De in hoofdstuk 4 genoemde risico’s per subcriteria zijn allemaal terug te vinden in bijlage 2. Het is mogelijk dat er geen hoge risico’s zijn geïdentificeerd bij een tracéalternatief, in dat geval zijn de grootste risico’s benoemd.

5.1 Leveringszekerheid

5.1.1 Overzicht

In Tabel 5.1 is een overzicht gegeven van de risicoprofielen van de verschillende tracéalternatieven en varianten met betrekking tot het criterium leveringszekerheid. De varianten wegen niet mee in het oordeel van het tracéalternatief.

Tabel 5.1 Samenvatting effectbeoordeling effecten op leveringszekerheid

Criterium: Leveringszekerheid	Tracéalternatief 1	V1 = Variant Vierverlaten	V2 = Variant	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	Tracéalternatief 2	V1 = Variant Luttelgeest	V2 = Variant Enumatil	V3 = Variant Kleeftocht	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	Tracéalternatief 5	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Effecten op leveringszekerheid																		
Noord	0	~	v	^				0		~		0	+	v		+		
Zuid	+				~	^	v	+	~		~	0/+	+		^	0	v	^
Totaal	0/+							0/+				0	+			0/+		

5.1.2 Tracéalternatief 1

Noord

Bij Tracéalternatief 1 Noord is sprake van twee bovengrondse kruisingen van de aan te leggen 380 kV-hoogspanningsverbinding VVL-ENS met de 220 kV-hoogspanningsverbinding ter plaatse van station Louwsmeer. Dit betreft de nieuw te bouwen 220 kV-hoogspanningsverbinding, aangezien de oude hoogspanningsverbinding in dit tracéalternatief wordt geamoveerd. Dergelijke bovengrondse kruisingen zijn technisch realiseerbaar, maar brengen wel risico's met zich mee. Daarnaast is er bij tracéalternatief 1 Noord sprake van een 4-circuit 380 kV/220 kV–verbinding over de gehele lengte van 75 km. Met deze lengte is dit tracéalternatief 25 km langer dan de hemelsbrede afstand. Een langere hoogspanningsverbinding zorgt voor grotere risico's. Alle risico's bij elkaar opgeteld leidt tot een gemiddeld risicoprofiel (0).

Variant 1 (Vierverlaten)

Variant Vierverlaten is op bijna alle punten hetzelfde beoordeeld als het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. De variant is alleen 0,5 km langer, wat zorgt voor een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 2 (Surhuisterveen)

Voor variant Surhuisterveen geldt hetzelfde als voor variant Vierverlaten. Alleen is variant Surhuisterveen ongeveer 0,7 km langer, wat zorgt voor een marginaal hoger (v) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 3 (Leeuwarden)
Variant Leeuwarden heeft, net als het vergelijkbare deel van het tracéalternatief, twee kruisingen met de 220 kV-hoogspanningsverbinding. Deze variant is wel ongeveer 2,5 km korter. De risico's bij elkaar opgeteld leidt dit voor deze variant tot een lager (^) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid
Tracéalternatief 1 Zuid kent zeer weinig risico's op het criterium Leveringszekerheid. De volledige lengte van het tracéalternatief is een 4-circuit 380 kV/220 kV-hoogspanningsverbinding, wat enige risico's met zich meebrengt. Wat betreft de functionaliteit van het 110 kV-net moet acht kilometer verkabeld worden, wat een laag risico is voor leveringszekerheid. Door de beperkte aanwezige risico's is het totale risicoprofiel voor leveringszekerheid van tracéalternatief 1 Zuid beoordeeld als zeer laag (+).

Variant 4 (Kuinre)
In vergelijking met het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is variant Kuinre 0,3 km langer, maar verder kent deze variant geen aanvullende risico's. Vandaar dat variant Kuinre een vergelijkbaar (~) risicoprofiel heeft op dit criterium.

Variant 5 (Marknesse)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is variant Marknesse 0,7 km korter, maar verder kent variant Marknesse geen extra risico's ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Vandaar dat variant Marknesse een iets lager (^) risicoprofiel heeft op dit criterium.

Variant 6 (Oudehaske)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief moet bij variant Oudehaske 0,5 km meer 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld worden. Ook is er een extra kruising met een 110 kV-hoogspanningsverbinding nodig. Hierdoor heeft deze variant ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief een hoger (v) risicoprofiel op dit criterium.

5.1.3 Tracéalternatief 2

Noord
Tracéalternatief 2 Noord volgt vrijwel hetzelfde tracé als tracéalternatief 1 Noord. Het enige verschil is dat bij tracéalternatief 2 Noord er vier kilometer minder 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld dient te worden. Echter heeft dit tracéalternatief wel 1 kruising meer met een 110 kV-hoogspanningsverbinding. Dit verschil is dusdanig klein ten opzichte van tracéalternatief 1 Noord, dat het uiteindelijke risicoprofiel hetzelfde is; gemiddeld (0).

Variant 2 (Enumatil)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is de lengte het enige verschil. De variant Enumatil is namelijk 0,3 km korter, vandaar dat de variant op de subcriteria lengte tracéalternatief en 4-circuit 380 kV beter scoort. De variant heeft een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het

vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid
Voor het zuidelijke gedeelte van tracéalternatief 2 zijn er zeer weinig risico's en het heeft op alle punten exact dezelfde aantallen als tracéalternatief 1 Zuid. De enige, als laag te classificeren, risico's die er zijn, zijn de 4-circuits en het verkabelen van acht kilometer 110 kV-hoogspanningsverbinding. Het tracéalternatief heeft dus ook een zeer laag (+) risicoprofiel.

Variant 1 (Luttelgeest)
De variant Luttelgeest is 0,2 km korter dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Vanwege dit minimale verschil heeft de variant Luttelgeest een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 3 (Kleeftocht)
De variant Kleeftocht is 0,2 km langer dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Omdat dit een minimaal verschil is, heeft de variant Kleeftocht een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

5.1.4 Tracéalternatief 3

Noord
Tracéalternatief 3 Noord volgt dezelfde route als tracéalternatief 2 Noord, maar er zijn enkele verschillen. Tracéalternatief 3 wordt namelijk als een enkele Moldau naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding gebouwd, zie ook hoofdstuk 2. Dit betekent dat elke kruising met de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding een permanente kruising is, terwijl dit bij tracéalternatieven 1 en 2 soms tijdelijke kruisingen betreft. Hierdoor heeft tracéalternatief 3 drie permanente kruisingen met een 220 kV-hoogspanningsverbinding: twee bij hoogspanningsstation Louwsmeer en één nabij hoogspanningsstation Oudehaske. Daarnaast heeft tracéalternatief 3 minder kruisingen met de 110 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van tracéalternatief 1 en 2, namelijk zes kruisingen. Uiteindelijk is tracéalternatief 3 Noord beoordeeld met een gemiddeld (0) risicoprofiel.

Zuid
Tracéalternatief 3 Zuid is het kortste tracéalternatief in het zuiden, met een lengte van 42 km. Het is beoordeeld als een 4-circuit, omdat het tracé wordt aangelegd naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. Dit tracéalternatief kent over de gehele hoogspanningsverbinding weinig risico's. Wel moet er acht kilometer aan 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld worden en is er één kruising met een 110 kV-hoogspanningsverbinding, dit wordt beoordeeld als een laag risico. Echter, dit tracéalternatief heeft ook één kruising met een 220 kV-hoogspanningsverbinding, wat een gemiddeld risico met zich meebrengt voor de leveringszekerheid. Het risico ligt vooral in het feit dat als één van de twee verbindingen op de plaats van de kruising het begeeft, dit mogelijk ook effect kan hebben op de andere hoogspanningsverbinding, zoals beschreven in paragraaf 4.2.1. Aangezien dit het enige gemiddelde risico is, wordt het totale risicoprofiel voor dit tracéalternatief beoordeeld als laag (0/+)

5.1.5 Tracéalternatief 4

Noord

Tracéalternatief 4 Noord is het kortste tracéalternatief met een lengte van 51 km. Dit tracéalternatief kent over de gehele hoogspanningsverbinding weinig risico's. Er is slechts één kruising met een 110 kV-hoogspanningsverbinding, plus één kruising met een 220 kV-hoogspanningsverbinding nabij station Vierverlaten. Het risicoprofiel voor het tracéalternatief 4 Noord komt zodoende uit op zeer laag (+).

Variant 1 (Heerenveen)

Variant Heerenveen heeft drie kruisingen met een 110 kV-hoogspanningsverbinding, ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarnaast moet er zes kilometer van het 110 kV-net verkabeld worden ten opzichte van drie kilometer bij het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Ook is bij variant Heerenveen getraceerd over een Seveso-installatie. Dit brengt risico's voor de leveringszekerheid met zich mee. Bij een incident bij de Seveso-installatie kan de hoogspanningsverbinding worden getroffen, dit vergroot de kans op onderbrekingen in de elektriciteitslevering. Daarom wordt deze variant beoordeeld met een hoger (v) risicoprofiel.

Zuid

Bij tracéalternatief 4 Zuid moet zes kilometer aan 110 kV-hoogspanningsverbinding worden verkabeld. Verder zijn er geen grote risico's voor de leveringszekerheid. Het risicoprofiel voor het tracéalternatief 4 Zuid komt zodoende uit op zeer laag (+).

Variant 2 (Tjeukemeer)

Bij variant Tjeukemeer hoeft geen 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld te worden, terwijl er bij het vergelijkbare deel van het tracéalternatief 5,2 km verkabeld moet worden. Daarentegen heeft de variant Tjeukemeer één kruising met het 110 kV-net ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarom wordt deze variant beoordeeld met een lager (^) risicoprofiel.

5.1.6 Tracéalternatief 5

Noord

Alternatief 5 Noord volgt dezelfde route als tracéalternatief 4 Noord, daarom is de beoordeling hetzelfde. Het risicoprofiel voor het tracéalternatief 5 Noord komt zodoende uit op zeer laag (+).

Zuid

Tracéalternatief 5 Zuid is het langste tracéalternatief en kent daarom meer risico's op het gebied van leveringszekerheid. Daarnaast moet 37 km van het 110 kV-hoogspanningsverbinding worden verkabeld om dit tracéalternatief mogelijk te maken, wat een gemiddeld risico is voor leveringszekerheid. Er is ook een raakvlak met de 220 kV-hoogspanningsverbinding vanwege een kruising hiermee, wat nadelig is voor leveringszekerheid. Als laatste loopt tracéalternatief 5 in de nabijheid van 110 kV-station Vollenhove, wat een laag risico met zich meebrengt voor het onderliggende 110 kV-net. Alle risicopunten bij elkaar opgeteld komt tracéalternatief 5 Zuid tot een gemiddeld (0) risicoprofiel.

Variant 1 (Lemmer)
Bij variant Lemmer moet negen kilometer van de 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld worden, terwijl bij het vergelijkbare deel van het tracéalternatief die noodzaak niet bestaat. Verder zijn de belemmeringen gelijk. Daarom heeft variant Lemmer een hoger (v) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 2 (Vollenhove)
Bij variant Vollenhove worden twee raakvlakken met de 110 kV-hoogspanningsverbinding opgelost. Zo wordt voorkomen dat twee kilometer van het 110 kV-hoogspanningsverbinding moet worden verkabeld en is er een kruising minder met de 110 kV-hoogspanningsverbinding. Daarnaast loopt variant Vollenhove niet meer in de nabijheid van het 110 kV-station. Al met al heeft variant Vollenhove een lager (^) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

5.2 Beheer- en onderhoudbaarheid

5.2.1 Overzicht

In Tabel 5.2 wordt een overzicht gegeven van de risicoprofielen van de verschillende tracéalternatieven en varianten met betrekking tot het criterium beheer- en onderhoudbaarheid. De varianten wegen niet mee in het oordeel van het tracéalternatief.

Tabel 5.2 Samenvatting effectbeoordeling effecten op beheer- en onderhoudbaarheid

Criterium: beheer- en onderhoudbaarheid	Tracéalternatief 1	V1 = Variant Vierverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	Tracéalternatief 2	V1 = Variant Luttelgeest	V2 = Variant Enumatil	V3 = Variant Kleeftocht	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	Tracéalternatief 5	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Effecten op beheer- en onderhoudbaarheid																		
Noord	0/-	^	v	v				0/-		v		0	+	v		+		
Zuid	+				v	v	~	+	v		~	+	++		v	++	^	^
Totaal	0							0				0/+	++			++		

5.2.2 Tracéalternatief 1

Noord

Tracéalternatief 1 Noord heeft een lengte van 75 km, wat aanzienlijk lang is. Dit brengt een gemiddeld risico met zich mee voor beheer- en onderhoudbaarheid. De 16 kruisingen met vaarwegen zorgen ook voor een gemiddeld risico met betrekking tot de bereikbaarheid van de hoogspanningsverbinding en veiligheid tijdens beheer en onderhoud. Wat echter een hoog risico vormt is het feit dat tracéalternatief 1 als dubbele hoogspanningsverbinding wordt uitgevoerd. Onderhoud en beheer is mogelijk, maar dat neemt niet weg dat er alsnog risico's aan verbonden zijn. Een ander aandachtspunt voor beheer- en onderhoudbaarheid bij tracéalternatief 1 Noord is de beperkte ruimte ter hoogte van Leeuwarden bij het aquaduct Langdeel, dit kan voor risico's zorgen tijdens beheer en onderhoud. Het totale risicoprofiel voor 1 Noord op het gebied van beheer en onderhoud is beoordeeld als hoog (0/-).

Variant 1 (Vierverlaten)

In vergelijking met het tracéalternatief is variant Vierverlaten 0,5 km langer en loopt het ongeveer twee kilometer langer door vogelweidegebied, wat het beheer en onderhoud enigszins complexer maakt. Daarentegen doorkruist deze variant negen kilometer minder NNN-gebied, wat gunstiger is voor beheer- en onderhoudbaarheid. Wel ligt er meer gebouwde omgeving in de nabijheid van de variant, wat voor dit criterium ongunstig is. Alle punten bij elkaar resulteren in een lager (^) risicoprofiel voor variant Vierverlaten

ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 2 (Surhuisterveen)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is variant Surhuisterveen 0,7 km langer, maar doorkruist de variant twee kilometer minder NNN-gebied. Daarnaast loopt de variant acht keer in plaats van vier keer in de nabijheid van de gebouwde omgeving. De risicopunten bij elkaar opgeteld zorgen ervoor dat variant Surhuisterveen een hoger (v) risicoprofiel heeft dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 3 (Leeuwarden)
Variant Leeuwarden is twee kilometer korter dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief, maar kruist wel één vaarweg meer. Ook doorkruist het zeven kilometer extra vogelweidegebied en vijf kilometer extra zettingsgevoelig gebied, wat ongunstig is voor beheer en onderhoud. Wel is er drie keer minder sprake van nabijheid van de gebouwde omgeving. Alle risicopunten bij elkaar opgeteld, heeft variant Leeuwarden een hoger (v) risicoprofiel dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid
Het tracéalternatief 1 Zuid heeft voor het criterium beheer- en onderhoudbaarheid vooral risico's vanwege het feit dat de hoogspanningsverbinding (43 km) als dubbele hoogspanningsverbinding wordt uitgevoerd. Aangezien er voor de rest weinig risico's zijn op het gebied van beheer en onderhoud is tracéalternatief 1 Zuid beoordeeld met een risicoprofiel zeer laag (+).

Variant 4 (Kuinre)
Variant Kuinre is 0,3 km langer dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief en doorkruist 1,3 km meer zettingsgevoelig gebied. Daarnaast heeft de variant vier keer de gebouwde omgeving in de nabijheid terwijl het vergelijkbaar deel van het tracéalternatief geen gebouwde omgeving in de nabijheid heeft. Dit zorgt ervoor dat variant Kuinre een hoger (v) risicoprofiel heeft in vergelijking met het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 5 (Marknesse)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is variant Marknesse 0,6 km korter. Wel ligt de variant 10 keer in de nabijheid van de gebouwde omgeving wat nadelig is voor de veiligheid tijdens beheer en onderhoud. Vandaar dat deze variant een hoger (v) risicoprofiel heeft.

Variant 6 (Oudehaske)
Variant Oudehaske ligt negen keer minder in de nabijheid van de gebouwde omgeving. Wel heeft de variant een kruising met een 110 kV-hoogspanningsverbinding. Terwijl het vergelijkbare deel van het tracéalternatief geen kruising heeft. Voor beheer- en onderhoudbaarheid heeft de variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

5.2.3 Tracéalternatief 2

Noord

Als tracéalternatief 2 Noord vergeleken wordt met tracéalternatief 1 zijn er geen noemenswaardige verschillen die zorgen voor grote verschillen in het risicoprofiel. Tracéalternatief 2 kent dezelfde risico's, te weten een lange lengte van 74 km, 16 kruisingen met vaarwegen, 23 km door zettingsgevoelig gebied en negen kruisingen met 110 kV-hoogspanningsverbindingen. Tot slot is er de volledige lengte parallelloop met een andere bovengrondse hoogspanningsverbinding. Het uiteindelijke risicoprofiel voor tracéalternatief 2 is beoordeeld op hoog (0/-).

Variant 2 (Enumatil)

Variant Enumatil loopt vijf kilometer langer door zettingsgevoelig gebied, wat extra risico's met zich meebrengt tijdens beheer en onderhoud. Daarnaast bevindt deze variant zich drie keer vaker in de nabijheid van de gebouwde omgeving. Hoewel de variant 0,3 km korter is dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief, scoort hij over het geheel genomen hoger (v).

Zuid

Zoals te zien is in bijlage 2 heeft tracéalternatief 2 dezelfde aantallen op de punten waarop beoordeeld is bij beheer- en onderhoudbaarheid ten opzichte van tracéalternatief 1. Ook dit tracéalternatief kent dus weinig risico's op dit criterium. Het totale risicoprofiel komt dus ook uit op zeer laag (+).

Variant 1 (Luttelgeest)

Variant Luttelgeest is 0,2 km korter, maar loopt wel één keer meer in de nabijheid van de gebouwde omgeving. Een ander risicopunt voor beheer- en onderhoudbaarheid is dat bij deze variant een bedrijf gepasseerd dient te worden waar biogas wordt geproduceerd (door middel van mestvergisting), dit kan invloed hebben op de veiligheid tijdens beheer en onderhoud op de hoogspanningslijn. Vandaar dat de variant een hoger (v) risicoprofiel heeft ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 3 (Kleeftocht)

Variant Kleeftocht is 0,15 km langer dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Echter, deze variant loopt twee keer minder in de nabijheid van de gebouwde omgeving. Ondanks de langere afstand, zorgt de verminderde nabijheid van bebouwing ervoor dat het risicoprofiel van deze variant vergelijkbaar (~) is aan dat van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

5.2.4 Tracéalternatief 3

Noord

Tracéalternatief 3 is met 72 km een van de langere tracéalternatieven, dit zorgt ervoor dat er meer onderhoud nodig is. Het tracéalternatief kruist 15 vaarwegen en loopt 22 km door vogelweidegebied, wat een gemiddeld risico met zich meebrengt voor de bereikbaarheid tijdens beheer en onderhoud. Voor de veiligheid tijdens beheer en onderhoud zorgen de zes kruisingen met een 110 kV-hoogspanningsverbinding voor een gemiddeld risico. Als laatste wordt tracéalternatief 3 naast de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding gebouwd wat voor een hoog risico zorgt in verband met veiligheid tijdens beheer

en onderhoud. Alle risico's samen zorgen ervoor dat tracéalternatief 3 Noord is beoordeeld als met een gemiddeld (0) risicoprofiel.

Zuid
Tracéalternatief 3 Zuid volgt bijna exact dezelfde route als tracéalternatief 2 Zuid. Vandaar dat het risicoprofiel hetzelfde is beoordeeld als tracéalternatief 2 Zuid, namelijk zeer laag (+).

5.2.5 Tracéalternatief 4

Noord
Tracéalternatief 4 Noord is met 51 km het kortste tracéalternatief, dit zorgt ervoor dat er relatief minder onderhoud nodig is. De grootste uitdagingen zijn de 15 kruisingen en 25 km parallelloop met rijkswegen, en de tracering van 25 km door zettingsgevoelig gebied. Dit zijn relatief kleine risico's wat leidt dat dit tracéalternatief een zeer laag (+) risicoprofiel krijgt.

Variant 1 (Heerenveen)
De variant Heerenveen heeft drie kruisingen met 110 kV-hoogspanningsverbindingen, ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarnaast is er een risico voor beheer en onderhoud vanwege het passeren van het bedrijventerrein, vanwege de smalle ruimte tussen de bedrijfspanden wat beheer en onderhoud moeilijker maakt. De variant Heerenveen een hoger (v) risicoprofiel heeft ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid
Het grootste risico voor tracéalternatief 4 Zuid zijn de negen kruisingen met rijkswegen. Dit beïnvloedt de bereikbaarheid van de verbindingen en de veiligheid tijdens beheer en onderhoud. Naast deze risico's zijn er weinig problemen te voorzien voor beheer en onderhoud en scoort het tracéalternatief zeer positief. Tracéalternatief 4 Zuid heeft daarom een verwaarloosbaar (++) risicoprofiel.

Variant 2 (Tjeukemeer)
Variant Tjeukemeer heeft één kruising met 110 kV ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarnaast is er acht kilometer parallelloop met rijkswegen ten opzichte van nul kilometer in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarnaast wordt onderhoud bemoeilijkt doordat delen van de hoogspanningslijn boven het water bevinden. Door deze verschillen krijgt Tjeukemeer een hoger (v) risicoprofiel.

5.2.6 Tracéalternatief 5

Noord
Tracéalternatief 5 Noord volgt dezelfde route als tracéalternatief 4 Noord, daarom is de beoordeling hetzelfde. Het risicoprofiel voor het tracéalternatief 5 Noord komt zodoende uit op zeer laag (+).

Zuid
Tracéalternatief 5 Zuid is het langste tracéalternatief met 54 km. Deze lengte is een risico op het gebied van

beheer en onderhoud, zie paragraaf 4.2.2. Naast dit risico zijn er zeer weinig andere risico's voorzien en scoort het tracéalternatief zeer positief op beheerbaarheid en onderhoudbaarheid. Tracéalternatief 5 Zuid heeft daarom een verwaarloosbaar (++) risicoprofiel.

Variant 1 (Lemmer)
Tussen variant Lemmer en het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zitten weinig verschillen wat betreft de beoordeling van het risicoprofiel. Omdat het deel van het tracéalternatief van variant Lemmer ongeveer een kilometer korter is, heeft de variant en lager (^) risicoprofiel.

Variant 2 (Vollenhove)
Bij variant Vollenhove worden twee typen raakvlakken met het 110 kV-hoogspanningsverbinding opgelost. Zo wordt voorkomen dat twee kilometer van het 110 kV-hoogspanningsverbinding moet worden verkabeld en is er een kruising minder met 110 kV-hoogspanningsverbinding. Daarnaast wordt een kruising met een vaarweg voorkomen. Hierdoor heeft variant Vollenhove een lager (^) risicoprofiel.

5.3 Technische maak- en haalbaarheid

5.3.1 Overzicht

In Tabel 5.3 hieronder is een overzicht gegeven van de risicoprofielen van de verschillende tracéalternatieven en varianten met betrekking tot het criterium technische maak- en haalbaarheid. De varianten wegen niet mee in het oordeel van het tracéalternatief.

Tabel 5.3 Samenvatting effectbeoordeling effecten op technische maak- en haalbaarheid

Criterium: technische maak- en haalbaarheid	Tracéalternatief 1	V1 = Variant Vierverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	Tracéalternatief 2	V1 = Variant Luttelgeest	V2 = Variant Enumatil	V3 = Variant Kleeftocht	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	Tracéalternatief 5	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Effecten op technische maak- en haalbaarheid																		
Noord	0/-	^	~	^				0/-		v*		0/+	+	v		+		
Zuid	+				v	v	v	+	v		~	++	++		v	+	^	^
Totaal	0							0				+	+			+		

Zie voor uitleg * paragraaf 4.1

5.3.2 Tracéalternatief 1

Noord

Het risicoprofiel voor het criterium technische maak- en haalbaarheid van tracéalternatief 1 Noord wordt beïnvloed door verschillende factoren. Dit tracéalternatief heeft een totale lengte van 75 km. Dit is 25 km langer dan de hemelsbrede afstand. Dit zorgt voor een gemiddeld risico, vanwege het feit dat er meer gebouwd moet worden. Daarnaast heeft het tracéalternatief zeven tijdelijke en twee permanente kruisingen met 220 kV-hoogspanningsverbindingen en acht kruisingen met 110 kV-hoogspanningsverbindingen. De kruisingen komen voornamelijk voor bij de hoogspanningsstations Bergum, Louwsmeer en Oudehaske. Ondanks dat dit technisch maakbaar is zijn er vanwege de complexiteit tijdens de bouw en de vele VNB's hoge risico's. Ook kruist dit tracéalternatief 16 vaarwegen, wat zorgt voor een gemiddeld risico voornamelijk vanwege de bereikbaarheid en complexiteit tijdens de bouw.

Verder loopt dit tracéalternatief 24 km door zettingsgevoelig gebied, wat hoge risico's met zich meebrengt met betrekking tot veiligheid en bereikbaarheid tijdens realisatie. Deze lengte is bij elk tracéalternatief ongeveer gelijk, waardoor dit geen onderscheidend criterium is. Daarom wordt dit punt bij de andere tracéalternatieven niet verder besproken. Tracéalternatief 1 Noord loopt ook 33 km door vogelweidegebied, dit zorgt voor risico's met betrekking tot ruimte voor bereikbaarheid, werkterreinen en toegangswegen. Ter hoogte van Leeuwarden is er beperkte ruimte beschikbaar bij het aquaduct Langdeel wat zorgt voor extra complexiteit tijdens de realisatie. Het totale risicoprofiel voor de technische maak- en haalbaarheid van tracéalternatief 1 Noord is met alle risico's bepaald op hoog (0/-).

Variant 1 (Vierverlaten)
In vergelijking met het tracéalternatief is variant Vierverlaten ongeveer 0,5 km langer en zijn er vijf gebouwen in de omgeving van de variant. Deze variant loopt echter vijf kilometer minder door NNN-gebied, maar daarentegen ongeveer twee kilometer meer door vogelweidegebied. Voor de overige aspecten zijn er geen significante verschillen. Alles bij elkaar leidt dit uiteindelijk tot een lager (^) risicoprofiel voor variant Vierverlaten ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 2 (Surhuisterveen)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief heeft de variant Surhuisterveen enkele verschillen. De variant is ongeveer 0,6 km langer en loopt één kilometer minder door NNN-gebied. Bij deze variant ligt de gebouwde omgeving op vier meer locaties in de directe nabijheid, wat mogelijk voor extra complexiteit tijdens de realisatie kan lijden. Voor de overige aspecten zijn er nauwelijks verschillen. Uiteindelijk heeft de variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 3 (Leeuwarden)
Vergeleken met het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is de variant 1,4 km korter. Daarnaast zijn er bij Louwsmeer twee tijdelijke kruisingen minder. De variant kruist één extra vaarweg. Het vergelijkbare deel van het tracéalternatief kruist twee kilometer vogelweidegebied, terwijl de variant negen kilometer vogelweide gebied kruist. Dit betekent dat de variant zeven kilometer extra vogelweidegebied kruist. Als laatste komt de variant drie keer minder in de buurt van de gebouwde omgeving. Ook wordt met deze variant de complexe situatie nabij het aquaduct Langdeel vermeden. Alles bij elkaar genomen heeft deze variant een lager (^) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid
Tracéalternatief 1 Zuid doorkruist 17 km zettingsgevoelig gebied, wat een gemiddeld risico met zich meebrengt voor de technische maak- en haalbaarheid. Daarnaast heeft dit tracéalternatief zeven kruisingen met een vaarweg. Deze kruisingen zorgen voor een gemiddeld risico. Net als in het noordelijke deel brengt de bouw van een dubbele Moldaumastenrij extra technische risico's met zich mee. Over het geheel genomen zijn de risico's voor dit tracéalternatief echter beperkt. Het totale risicoprofiel voor de technische maak- en haalbaarheid van tracéalternatief 1 Zuid is daarom als zeer laag (+) beoordeeld.

Variant 4 (Kuinre)
Variant Kuinre is 0,3 km langer en loopt 0,4 km langer door zettingsgevoelig gebied. Als laatste heeft variant Kuinre vier keer de gebouwde omgeving in de nabijheid. Terwijl het vergelijkbaar deel van het tracéalternatief niet in de buurt van de gebouwde omgeving staat. Variant Kuinre heeft hierdoor een hoger (v) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 5 (Marknesse)
In vergelijking met het vergelijkbare deel van het tracéalternatief is variant Marknesse 0,7 km korter. Echter komt de variant 10 keer in de buurt van de gebouwde omgeving. Terwijl het vergelijkbaar deel van het

tracéalternatief niet in de buurt komt bij de gebouwde omgeving. Dit zorgt ervoor dat de variant een hoger (v) risicoprofiel heeft ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 6 (Oudehaske)
In vergelijking met het vergelijkbare deel van het tracéalternatief komt variant Oudehaske negen keer minder dicht bij de gebouwde omgeving. Daarentegen heeft deze variant één extra kruising met de 110 kV-hoogspanningsverbinding. Hierdoor heeft de variant uiteindelijk een hoger (v) risicoprofiel heeft dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

5.3.3 Tracéalternatief 2

Noord
Voor de risico's van tracéalternatief 2 Noord kan gekeken worden naar paragraaf 5.3.2. In vergelijking met tracéalternatief 1 scoort tracéalternatief 2 Noord op bijna alle punten gelijk. Het enige significante verschil betreft de nabijheid van de gebouwde omgeving, wat echter een minimaal risico vormt in het totale risicoprofiel. Daarom is tracéalternatief 2 Noord beoordeeld met hetzelfde risicoprofiel als tracéalternatief 1; hoog (0/-).

Variant 2 (Enumatil)
Deze variant heeft twee tijdelijke kruisingen met 220 kV-hoogspanningsverbinding. De kruisingen zorgen voor een hoger risico ten opzichte van het vergelijkbaar deel van het tracéalternatief. Daarnaast loopt de variant ook 2,5 km langer door zettingsgevoelig gebied. Als laatste loopt de variant drie keer in de nabijheid van de gebouwde omgeving. De variant heeft een hoger (v*) dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. De variant scoort zelfs dermate negatiever dat op het moment dat er gekozen wordt voor deze variant de totale score van tracéalternatief 2 Noord verandert van een hoog risicoprofiel naar een zeer hoog risicoprofiel.

Zuid
Tracéalternatief 2 Zuid heeft dezelfde risicopunten als tracéalternatief 1 Zuid, zie paragraaf 5.3.2. Vandaar dat het risicoprofiel voor tracéalternatief 2 Zuid ook is beoordeeld als zeer laag (+).

Variant 1 (Luttelgeest)
Variant Luttelgeest heeft bijna dezelfde risico's als het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Een extra risicopunt voor deze variant voor technische maak- en haalbaarheid is dat een bedrijf gepasseerd dient te worden waar biogas wordt geproduceerd (door middel van mestvergisting), dit kan invloed hebben op de veiligheid bij de realisatie van de hoogspanningsverbinding. Vandaar dat deze een hoger (v) risicoprofiel heeft ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief

Variant 3 (Kleeftocht)
De variant Kleeftocht heeft vrijwel dezelfde risico's als het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Hierdoor is deze variant beoordeeld met een vergelijkbaar (~) risicoprofiel.

5.3.4 Tracéalternatief 3

Noord

Zoals te lezen is in paragraaf 4.1.1 wordt er bij tracéalternatief 3 rekening gehouden met het in de pas lopen met de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding. Vandaar dat er meer masten gebouwd moeten worden per kilometer ten opzichte van de andere tracéalternatieven, wat zorgt voor extra risico's. Bovendien is tracéalternatief 3 met 72 km al een aanzienlijk lang tracéalternatief. Verder zorgen de 15 kruisingen met waterwegen en 33 km door vogelweidegebied voor een gemiddeld risico. De zes kruisingen met 110 kV-hoogspanningsverbindingen en drie kruisingen met 220 kV-hoogspanningsverbindingen voor een gemiddeld risico. Samenvattend zorgen de risico's bij elkaar voor een laag (0/+) risicoprofiel.

Zuid

Tracéalternatief 3 Zuid kent zeer weinig risico's, de enige risico's die voorkomen zijn: 17 km door zettingsgevoelig gebied, zeven kruisingen met vaarwegen en acht kilometer 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabelen. Dit zijn klein risico's, vandaar dat het totale risicoprofiel wordt beoordeeld als verwaarloosbaar (++).

5.3.5 Tracéalternatief 4

Noord

Het tracéalternatief 4 Noord heeft voor het criterium technische maak- en haalbaarheid vooral risico's vanwege raakvlakken met rijkswegen. Het omvat 15 kruisingen en 13 km parallelloop. Met name de kruisingen ter hoogte van de klaverbladen bij Drachten en Heereveen kunnen voor extra complexiteit tijdens de uitvoering zorgen, dit is vooral afhankelijk van de mastposities die in de volgende fase bepaald moeten worden. Omdat er verder weinig risico's zijn op het gebied van technische maak- en haalbaarheid, wordt het risicoprofiel van tracéalternatief 4 Noord beoordeeld als zeer laag (+).

Variant 1 (Heerenveen)

De variant Heerenveen heeft drie kruisingen met 110 kV-hoogspanningsverbindingen, ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarnaast is er een risico voor technische maak- en haalbaarheid vanwege het passeren van het bedrijventerrein, vanwege de smalle ruimte tussen de bedrijfspanden. De afstand tussen de bedrijfspanden (waar nu de 110 kV-hoogspanningsverbinding tussendoor loopt) is te smal voor een 380 kV-hoogspanningsverbinding. Waardoor er verhoogde masten nodig zijn, wat sowieso nodig is om het kanaal te kruisen. De variant Heerenveen heeft daarom een hoger (v) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid

De grootste uitdaging voor tracéalternatief 4 Zuid is het aantal kruisingen met rijkswegen, namelijk negen keer. Ook zijn er hoogspanningsmasten nodig die niet binnen de standaardisatie van TenneT vallen, deze masten zijn nodig om de oude vuilstort nabij Ouwsterhaule te passeren. Daarnaast is er 13 km parallelloop met rijkswegen binnen 70 meter. Naast deze punten die geen groot risico met zich meebrengen voor de maak- en haalbaarheid zijn er weinig problemen te voorzien en scoort het tracéalternatief positief. Tracéalternatief 4 Zuid heeft daarom een verwaarloosbaar (++) risicoprofiel op het gebied van technische

maak- en haalbaarheid.

Variant 2 (Tjeukemeer)

Variant Tjeukemeer heeft één kruising met een 110 kV-hoogspanningsverbinding ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Daarentegen hoeft in variant Tjeukemeer geen 16 km van het 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld te worden. Wel is er acht kilometer parallelloop en zijn er vier kruisingen met rijkswegen ten opzichte van nul in het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Om het tracé langs het Tjeukemeer te kunnen realiseren worden de masten op schiereilanden geplaatst, wat voor extra complexiteit zorgt tijdens de uitvoering. Door deze verschillen heeft Tjeukemeer een hoger (v) risicoprofiel op het gebied van technische maak- en haalbaarheid.

5.3.6 Tracéalternatief 5

Noord

Alternatief 5 Noord volgt dezelfde route als tracéalternatief 4 Noord, daarom is de beoordeling hetzelfde. Het risicoprofiel voor het tracéalternatief 5 Noord komt zodoende uit op zeer laag (+).

Zuid

Tracéalternatief 5 Zuid is het langste tracéalternatief met 54 km en kent daarom meer risico's op het gebied van technische maak- en haalbaarheid. Daarnaast moet 37 km van de 110 kV-hoogspanningsverbinding worden verkabeld, wat een aanzienlijk risico met zich meebrengt. Het grootste risico van het verkabelen van de 110 kV-hoogspanningsverbinding doet zich voor bij Vollenhove. Dit vanwege het feit dat de 110 kV kabel onder het water door moet en dat deze kabel bij het hoogspanningsstation Vollenhove weer boven moet komen met een opstijgpunt. Dit brengt extra complexiteit mee in de uitvoering. Twee andere aandachtspunten bij deze locatie zijn de verhoogde masten die nodig zijn om hier de waterweg te kruisen en de positionering van de masten in relatie tot de beschermingszones van de dijk. Een ander risico is de kruising met de 220 kV-hoogspanningsverbinding nabij het dorp Ens. Op dezelfde locatie moet ook de rijksweg N50 en een water gekruist worden, dit zorgt voor extra risico's voor de technische maak- en haalbaarheid. Alle risico's samengenomen wordt tracéalternatief 5 Zuid beoordeeld met een zeer laag (+) risicoprofiel.

Variant 1 (Lemmer)

Het grootste verschil tussen variant Lemmer en het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zitten is dat er bij variant Lemmer negen kilometer minder van het 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld hoeft te worden. Daarnaast is het deel van het tracéalternatief van variant Lemmer een kilometer korter. Variant Lemmer heeft hierdoor een lager (^) risicoprofiel.

Variant 2 (Vollenhove)

Bij variant Vollenhove worden twee raakvlakken met de 110 kV-hoogspanningsverbinding opgelost. Zo wordt voorkomen dat twee kilometer van de 110 kV-hoogspanningsverbinding moet worden verkabeld en is er een kruising minder. Daarnaast wordt een kruising met een vaarweg voorkomen. Hierdoor heeft variant Vollenhove een lager (^) risicoprofiel. Een aandachtspunt bij de uitvoering van deze variant is wel de positionering van de masten in relatie tot de beschermingszones van de dijk.

5.4 Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur

5.4.1 Overzicht

In Tabel 5.4 hieronder wordt een overzicht gegeven van de risicoprofielen van de verschillende tracéalternatieven en varianten met betrekking tot het criterium beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur. De varianten wegen niet mee in het oordeel van het tracéalternatief.

Tabel 5.4 Samenvatting effectbeoordeling effecten op beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur

Criterium: Beïnvloeding op en van externe objecten en	Tracéalternatief 1	V1 = Variant Vierverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	Tracéalternatief 2	V1 = Variant Luttelgeest	V2 = Variant Enumatil	V3 = Variant Kleeftocht	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	Tracéalternatief 5	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Effecten op beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur																		
Noord	0	~	v	^				0		~		0	+	^		+		
Zuid	++				v	~	~	++	~		~	++	+		~	+	^	~
Totaal	0/+							0/+				0/+	+			+		

5.4.2 Tracéalternatief 1

Noord

Tracéalternatief 1 loopt deels parallel aan het spoor tussen Heerenveen en Leeuwarden. In dit tracéalternatief zijn er 11 knikpunten waar een toekomstige hoekmast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te liggen. Omdat dit tracéalternatief als een dubbele Moldau wordt uitgevoerd, is het risico op elektromagnetische beïnvloeding verhoogd. Daarnaast loopt tussen Leeuwarden en Heerenveen het tracé vrijwel over de gehele lengte parallel aan buisleidingen. Ook rond Surhuisterveen is er sprake van parallelloop met buisleidingen. Bovenstaande punten zijn aandachtspunten, maar dit betekent niet dat dit tracéalternatief onhaalbaar is. Daarom krijgt tracéalternatief 1 Noord een score van gemiddeld risicoprofiel (0).

Variant 1 (Vierverlaten)

Bij deze variant zit er één knik in het tracé minder binnen 50 meter van een buisleiding dan bij het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Verder zijn er geen verschillen in beïnvloeding. Deze variant heeft daarom een vergelijkbaar (~) risicoprofiel als het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 2 (Surhuisterveen)

Bij deze variant komt er een extra knik in het tracé binnen 50 meter van een buisleiding gevaarlijke stoffen.

Ook is er bij deze variant marginaal meer parelloop dan bij tracéalternatief 1. Deze variant heeft een iets hoger (v) risicoprofiel dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 3 (Leeuwarden)
Deze variant heeft minder parallelloop met buisleidingen en ook minder lengte binnen de 700 meter zone van het spoor. Daardoor heeft deze variant een lager (^) risicoprofiel dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief van tracéalternatief 1.

Zuid
Het zuidelijke deel van tracéalternatief 1 ligt nergens binnen 700 meter van een spoorlijn. Daarnaast zijn er slechts twee knikpunten in het tracé waar een mast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te staan, en is er vrijwel geen parallelloop met buisleidingen. Het enige aandachtspunt is de uitvoering als dubbele Moldau. Gezien de zeer geringe aandachtspunten heeft tracéalternatief 1 Zuid een verwaarloosbaar (++) risicoprofiel.

Variant 4 (Kuinre)
Bij deze variant komt er een extra knik in het tracé binnen 50 meter van een hogedruk gasleiding. Hierdoor heeft deze variant een marginaal hoger (v) risicoprofiel dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Variant 5 (Marknesse)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zijn er bij deze variant geen verschillen vandaar dat deze variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel heeft.

Variant 6 (Oudehaske)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zijn er bij deze variant geen verschillen vandaar dat deze variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel heeft.

5.4.3 Tracéalternatief 2

Noord
Tracéalternatief 2 Noord loopt parallel aan het spoor tussen Heerenveen en Leeuwarden en valt binnen het 700 meter gebied. Er zijn 13 knikpunten waar toekomstige masten binnen 50 meter van kabels of leidingen komen te staan. Net als tracéalternatief 1 heeft dit tracé vrijwel over de gehele lengte tussen Leeuwarden en Heerenveen parallelloop met buisleidingen. Daarnaast heeft dit tracéalternatief een dubbele mastenrij (dubbele Moldau). Daarom krijgt tracéalternatief 2 Noord een score van gemiddeld risicoprofiel (0).

Variant 2 (Enumatil)
Deze variant heeft één knik in het tracé binnen 50 meter van een hogedruk gasleiding minder dan het alternatieve deel van het tracéalternatief. Des ondanks heeft deze variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief.

Zuid
Het zuidelijke deel van tracéalternatief 2 ligt nergens binnen 700 meter van een spoorlijn. Daarnaast zijn er slechts twee knikpunten in het tracé waar een mast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te staan, en is er vrijwel geen parallelloop met buisleidingen. Het enige kleine aandachtspunt is de dubbele Moldau. Gezien de zeer geringe aandachtspunten heeft tracéalternatief 2 zuid een verwaarloosbaar (++) risicoprofiel.

Variant 1 (Luttelgeest)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zijn er bij deze variant geen verschillen vandaar dat deze variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel heeft.

Variant 3 (Kleeftocht)
Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zijn er bij deze variant geen verschillen vandaar dat deze variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel heeft.

5.4.4 Tracéalternatief 3

Noord
Tracéalternatief 3 Noord loopt parallel aan het spoor tussen Heerenveen en Leeuwarden en valt binnen het 700 meter gebied. Er zijn 14 knikpunten waar toekomstige masten binnen 50 meter van kabels of leidingen komen te staan. Net als tracéalternatief 1 en 2 heeft dit tracé vrijwel over de gehele lengte tussen Leeuwarden en Heerenveen parallelloop met buisleidingen. Bovenstaande punten zijn aandachtspunten voor de volgende fase, maar dit betekent niet dat het tracéalternatief onhaalbaar is. Daarom krijgt tracéalternatief 3 Noord een score van gemiddeld (0) risicoprofiel.

Zuid
Het zuidelijke deel van tracéalternatief 3 ligt nergens binnen 700 meter van een spoorlijn. Daarnaast zijn er slechts drie knikpunten in het tracé waar een mast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te staan, en is er vrijwel geen parallelloop met buisleidingen. Hierdoor heeft tracéalternatief 3 Zuid een verwaarloosbaar (++) risicoprofiel.

5.4.1 Tracéalternatief 4

Noord
Tracéalternatief 4 kruist het spoor bij Heerenveen, maar deze kruisingen veroorzaken weinig EM-beïnvloeding. Bij dit tracéalternatief zijn er 10 knikpunten waar masten binnen 50 meter van kabels of leidingen komen te staan. Ten oosten van Heerenveen is er een klein stuk waar het tracé parallel loopt aan buisleidingen. Deze punten vereisen weinig aandacht, waardoor tracéalternatief 4 Noord een zeer laag (+) risicoprofiel krijgt.

Variant 1 (Heerenveen)
Met deze variant is er minder parallelloop met buisleidingen dan tracéalternatief 4. Hierdoor heeft deze variant een lager (^) risicoprofiel.

Zuid

Het zuidelijke deel van tracéalternatief 4 ligt nergens binnen 700 meter van een spoorlijn. Er zijn slechts twee knikpunten in het tracé waar een mast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te staan. Het enige aandachtspunt is parallelloop met buisleidingen tussen Heerenveen en Lemmer en tussen Lemmer en Emmeloord. Hierdoor krijgt tracéalternatief 4 Zuid een zeer laag (+) risicoprofiel.

Variant 2 (Tjeukemeer)

Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zijn er bij deze variant geen verschillen, vandaar dat deze variant een vergelijkbaar (~) risicoprofiel heeft.

5.4.2 Tracéalternatief 5

Noord

Tracéalternatief 5 Noord volgt exact dezelfde tracering als tracéalternatief 4 Noord. Vandaar dat dit tracéalternatief hetzelfde wordt beoordeeld, namelijk als zeer laag (+) risicoprofiel.

Zuid

Het zuidelijke deel van tracéalternatief 5 ligt nergens binnen 700 meter van een spoorlijn. Er zijn slechts drie knikpunten in het tracé waar een mast binnen 50 meter van kabels of leidingen komt te staan. Het enige aandachtspunt is parallelloop met buisleidingen tussen Heerenveen en Lemmer. Hierdoor krijgt tracéalternatief 5 Zuid een zeer laag (+) risicoprofiel.

Variant 1 (Lemmer)

Met deze variant is er net iets minder parallelloop met buisleidingen dan het vergelijkbare deel van het tracéalternatief. Hierdoor heeft deze variant een lager (^) risicoprofiel.

Variant 2 (Vollenhove)

Ten opzichte van het vergelijkbare deel van het tracéalternatief zijn er bij deze variant geen verschillen, vandaar een vergelijkbaar (~) risicoprofiel.

5.5 Doorlooptijd

In Tabel 5.5 is een overzicht gegeven van de risicoprofielen van de verschillende tracéalternatieven met betrekking tot het criterium doorlooptijd. Voor dit criterium zijn de varianten niet beoordeeld, aangezien deze niet onderscheidend zijn voor de doorlooptijd.

5.5.1 Overzicht

Tabel 5.5 Samenvatting effectbeoordeling effecten op doorlooptijd

Criterium: doorlooptijd	Tracéalternatief 1	Tracéalternatief 2	Tracéalternatief 3	Tracéalternatief 4	Tracéalternatief 5
Effecten op doorlooptijd					
Noord	**0/-**	**0/-**	**0/+**	**+**	**+**
Zuid	**0/+**	**0/+**	**+**	**+**	**0/+**
Totaal	**0**	**0**	**+**	**+**	**+**

5.5.2 Tracéalternatief 1

Noord

Tracéalternatief 1 Noord is 25 km langer dan de hemelsbrede afstand en wordt uitgevoerd als dubbele rij Moldaumasten. Er moet vanwege de twee mastenrijen en lengte veel meer gebouwd worden. Dit zijn de twee voornaamste oorzaken dat dit tracéalternatief minder goed scoort op doorlooptijd. Ondanks dat een klein deel van de nieuwe masten (tussen Burgum en Leeuwarden) gebouwd dient te worden op de positie van de bestaande 220 kV-hoogspanningsverbinding, zit dit nog niet op het kritieke pad van de planning en heeft dit het risico voor het aspect doorlooptijd niet negatief beïnvloed. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 1 Noord wordt daarom als hoog (0/-) beoordeeld.

Zuid

Tracéalternatief 1 Zuid wordt uitgevoerd als dubbele rij Moldaumasten. Dit is de voornaamste oorzaak dat dit tracéalternatief minder goed scoort op doorlooptijd. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 1 Zuid wordt als laag (0/+) beoordeeld

5.5.3 Tracéalternatief 2

Noord

Tracéalternatief 2 Noord heeft dezelfde risico's met betrekking tot doorlooptijd als tracéalternatief 1, zie paragraaf 5.5.2. Vandaar dat dit tracéalternatief wordt beoordeeld met een hoog (0/-) risicoprofiel.

Zuid
Voor het zuidelijke gedeelte van tracéalternatief 2 geldt dat deze dezelfde risico's kent als tracéalternatief 1 Zuid. Vandaar dat het risicoprofiel hetzelfde is als tracéalternatief 1 Zuid (paragraaf 5.5.2). Dit houdt in dat tracéalternatief 2 Zuid wordt beoordeeld met een laag (0/+) risicoprofiel.

5.5.4 Tracéalternatief 3

Noord
Tracéalternatief 3 Noord is 27 km langer dan de hemelsbrede afstand. Dit is de oorzaak dat dit tracéalternatief minder goed scoort op doorlooptijd. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 3 Noord wordt daarom als laag (0/+) beoordeeld.

Zuid
Tracéalternatief 3 Zuid is het kortste tracéalternatief in het zuidelijke deel en betreft een enkele Moldau. Dit maakt dat dit tracéalternatief goed scoort op doorlooptijd. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 3 Zuid wordt daarom als zeer laag (+) beoordeeld.

5.5.5 Tracéalternatief 4

Noord
Tracéalternatief 4 Noord is het kortste tracéalternatief in het noordelijke deel en scoort daardoor het goed op doorlooptijd. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 4 Noord wordt daarom als zeer laag (+) beoordeeld.

Zuid
Tracéalternatief 4 Zuid is slechts vier kilometer langer dan het hemelsbrede afstand en betreft een enkele Moldau, waardoor deze ook goed scoort qua doorlooptijd. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 4 Zuid wordt daarom als zeer laag (+) beoordeeld.

5.5.6 Tracéalternatief 5

Noord
Tracéalternatief 5 Noord volgt dezelfde route als tracéalternatief 4 Noord en is daarmee ook het kortste tracéalternatief van het noordelijke deel en scoort daardoor goed qua doorlooptijd. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 5 Noord wordt daarom als zeer laag (+) beoordeeld.

Zuid
Tracéalternatief 5 Zuid is meer dan 24 km langer dan de hemelsbrede afstand en scoort daardoor, ondanks dat het een enkele hoogspanningsverbinding betreft minder goed op doorlooptijd. Ook het gegeven dat er ongeveer 37 km 110 kV-hoogspanningsverbinding verkabeld dient te worden heeft een negatief effect op de doorlooptijd door de afhankelijkheid met de bouw van de hoogspanningsmasten, zie paragraaf 4.2.5. Het totale risicoprofiel voor de doorlooptijd van tracéalternatief 5 Zuid wordt als laag (0/+) beoordeeld.

5.6 Beoordeling verbindingstukken

Zoals vermeld in hoofdstuk 2 kan op basis van de gekozen tracéalternatieven voor het noordelijke en zuidelijke deel een verbindingsstuk worden toegepast. Mogelijke aandachtspunten hiervoor worden in deze paragraaf besproken. Voor beide verbindingsstukken geldt dat als er gekozen wordt voor een dubbele Moldaumastenrij dat deze ingelust dienen te worden op het hoogspanningsstation Oudehaske.

Verbindingsstuk West

Bij verbindingsstuk West zijn er geen onderscheidende aandachtspunten tussen de verschillende combinaties van de tracéalternatieven. Het verbindingsstuk West loopt bijna volledig door een vogelweidegebied, wat minimale risico’s heeft voor de criteria technische maak- en haalbaarheid en beheerbaarheid en onderhoudbaarheid. Er zijn verder geen kruisingen met hoogspanningsverbindingen, alleen één kruising met de rijksweg A7. Er zijn dus geen doorslaggevende risico's in vergelijking met de tracéalternatieven.

Verbindingsstuk Oost; tracéalternatief 3 met tracéalternatief 4 of 5

Bij dit verbindingsstuk zijn er geen noemenswaardige aandachtspunten. De enige risico's zijn de verkabeling van een 110 kV-hoogspanningsverbinding en een kruising met de A7. Beide risico's zijn ook aanwezig als het verbindingsstuk niet gekozen wordt.

Verbindingsstuk Oost; tracéalternatief 1 of 2 met tracéalternatief 4 of 5

Als er gekozen wordt voor dit verbindingsstuk is er sprake van een permanente kruising met een 220 kV-hoogspanningsverbinding, dit brengt aanzienlijke risico's met zich mee. Ondanks deze risico's is het technisch wel mogelijk realiseerbaar. Daarnaast zorgt het inlussen op hoogspanningsstation ook voor complexiteit vanwege de tijdelijke kruising met een 220 kV-hoogspanningsverbinding. Voor de rest zijn er geen onderscheidende risico's in vergelijking met de tracéalternatieven.

6. Conclusie effectenbeoordeling

In hoofdstuk 5 is er per paragraaf ingegaan op de beoordelingen van de tracéalternatieven per criterium. In dit hoofdstuk is op hoofdlijnen de onderscheidende risico's genoemd, eerst voor het noordelijke deel van de tracéalternatieven en daarna voor het zuidelijke deel. Onderstaande tabel geeft de risicoprofielen per criterium en tracéalternatief weer. Zoals in hoofdstuk 4 al beschreven zijn alle tracéalternatieven en varianten maakbaar, echter, de risicoprofielen per tracéalternatief en varianten variëren.

6.1 Overzicht alle criteria

Tabel 6.1 Overzicht van het risicoprofiel van de onderzochte tracéalternatieven en varianten

Criteria		Tracéalternatief 1	V1 = Variant Vierverlaten	V2 = Variant Surhuisterveen	V3 = Variant Leeuwarden	V4 = Variant Kuinre	V5 = Variant Marknesse	V6 = Variant Oudehaske	Tracéalternatief 2	V1 = Variant Luttelgeest	M2 = Variant Enumatil	M3 = Variant Kleeftocht	Tracéalternatieff 3	Tracéalternatief 4	V1 = Variant Heerenveen	V2 = Variant Tjeukemeer	Tracéalternatief 5	V1 = Variant Lemmer	V2 = Variant Vollenhove
Leveringszekerheid	Noord	0	~	v	^				0		~		0	+	v		+		
	Zuid	+				~	^	v	+	~		~	0/+	+		^	0	v	^
	Totaal	0/+							0/+				0	+			0/+		
Beheer- en onderhoud-baarheid	Noord	0/-	^	v	v				0/-		v		0	+	v		+		
	Zuid	+				v	v	~	+	v		~	+	++		v	++	^	^
	Totaal	0							0				0/+	++			++		
Technische maak- en haalbaarheid	Noord	0/-	^	~	^				0/-		v*		0/+	+	v		+		
	Zuid	+				v	v	v	+	v		~	++	++		v	+	^	^
	Totaal	0							0				+	+			+		
Beïnvloeding op en van externe objecten en infrastructuur	Noord	0	~	v	^				0		~		0	+	^		+		
	Zuid	++				v	~	~	++	~		~	++	+		~	+	^	~
	Totaal	0/+							0/+				0/+	+			+		
Doorlooptijd	Noord	0/-							0/-				0/+	+			+		
	Zuid	0/+							0/+				+	+			0/+		
	Totaal	0							0				+	+			+		

6.1.1 Noordelijke deel

Tracéalternatief 1, 2 en 3 noord zijn de langste tracéalternatieven. Dit zorgt voor risico’s op de vier criteria leveringszekerheid, beheer- en onderhoudbaarheid, technische maak- en haalbaarheid en doorlooptijd. Ook zijn tracéalternatief 1 en 2 uitgevoerd als dubbele Moldau, wat zorgt voor risico’s. Dit is voornamelijk terug te zien in de criteria technische maak- en haalbaarheid, beheer- en onderhoudbaarheid en doorlooptijd. Daarnaast lopen de tracéalternatieven 1, 2 en 3 langs drie hoogspanningsstation waardoor er veel kruisingen zijn met 110 kV-hoogspanningsverbindingen en 220 kV-hoogspanningsverbindingen aangezien deze verbindingen worden aangesloten op deze hoogspanningsstations. Deze aspecten komen bij meerdere criteria terug als risico. De tracéalternatieven 1, 2 en 3 kruisen daarnaast ook veel vaarwegen wat voor de criteria beheer- en onderhoudbaarheid en technische maak- en haalbaarheid voor extra risico’s zorgt. Op het gebied van EM-beïnvloeding zijn de tracéalternatieven 1, 2 en 3 beoordeeld met een gemiddeld risicoprofiel vanwege de vele parallelloop met spoor en nabijheid van buisleidingen.

De tracéalternatieven 4 en 5 noord volgen hetzelfde tracé. Aangezien dit de kortste tracés zijn met weinig kruisingen met andere hoogspanningsverbindingen of vaarwegen zijn er op deze aspecten weinig risico’s. Wel loopt het tracé parallel aan de A7 waardoor er meer kruisingen met de rijksweg zijn, maar ook dit zorgt voor weinig risico. Op alle criteria zijn de tracéalternatieven 4 en 5 beoordeeld met lage risico’s.

6.1.2 Zuidelijke deel

Over het algemeen brengen de zuidelijke tracéalternatieven minder risico's met zich mee in vergelijking met het noordelijke tracéalternatieven. De belangrijkste verschillen in risico's ontstaan doordat tracéalternatieven 1 en 2 als dubbele Moldau zijn uitgevoerd. Bovendien kruisen tracéalternatieven 1, 2 en 3 veel zettingsgevoelig gebied wat nadelig is voor beheer- en onderhoudbaarheid en technische maak- en haalbaarheid. Tracéalternatief 4 kruist in vergelijking tot de overige tracéalternatieven veel rijkswegen, echter dit leidt niet tot hoge risico's. Tracéalternatief 5 is aanzienlijk langer dan de andere tracéalternatieven en voor dit tracéalternatief moet veel kilometers 110 kV-hoogspanningsverbindingen verkabeld worden. Dit verhoogt de risico’s voor dit tracéalternatief, met name voor het criterium leveringszekerheid. Kortom, de zuidelijke tracéalternatieven brengen over het algemeen lage risico's met zich mee.

Bijlage 1: Verklarende woordenlijst en afkortingen

110 kV-hoogspanningsverbinding
Zie hoogspanningsverbinding

220 kV-hoogspanningsverbinding
Zie hoogspanningsverbinding

380 kV-hoogspanningsverbinding
Zie hoogspanningsverbinding

Amoveren
Het verwijderen of afbreken van bestaande infrastructuur.

Belasting hoogspanningsverbindingen
De op een bepaald moment benutte capaciteit van de hoogspanningsverbinding.

Beoordelingscriteria
De criteria aan de hand waarvan de effecten en of risico's worden beschreven en beoordeeld.

Bovenregionale infrastructuur
Infrastructuur zoals snelwegen, kanalen, spoorverbindingen of energie-infrastructuur die twee of meer regio's met elkaar verbinden.

Bundelen
Het traceren, inpassen en/of bouwen van een nieuwe verbinding naast een bestaande hoogspanningsverbinding of naast andere bovenregionale infrastructuur.

Circuit
Het hoogspanningsnet werkt met wisselstroom in drie fasen. Drie geleiders of geleidersbundels tezamen vormen een circuit: voor elke fase is er één geleiderbundel. Hoogspanningsverbindingen worden redundant uitgevoerd, dat betekent dat een storing of defect van een lijn niet tot stroomuitval zal leiden. Eén hoogspanningsverbinding bestaat daarom uit minimaal twee circuits van elk drie geleiders of geleiderbundels.

Combineren
Het op één mast aanbrengen van verschillende hoogspanningsverbindingen. Het combineren van een nieuwe verbinding met een bestaande verbinding betekent dat een nieuwe gecombineerde verbinding wordt gebouwd, waarna de bestaande verbinding kan worden verwijderd.

Elektrisch veld
Een elektrisch veld ontstaat wanneer er een verschil is in spanning tussen een voorwerp en zijn omgeving.

Elektromagnetische velden
Het geheel van elektrische en magnetische velden.

EM-beïnvloeding of Elektromagnetische-beïnvloeding
De beïnvloeding van een systeem of apparaat door elektromagnetische velden. Hierdoor kan de werking worden verstoord of kan schade ontstaan.

Exceptioneel transport
Dit verwijst naar het vervoer van zeer grote of zware onderdelen over land of water.

Fase
Het spanningvoerende deel van een elektrische installatie. In hoogspanningsinstallaties die gebaseerd zijn op wisselspanning zijn er altijd drie fasen. Op iedere fase staat een sinusvormige wisselspanning, waarbij de sinussen per fase in de tijd zijn verschoven (faseverschil).

Gebouwde omgeving
De gebouwde omgeving omvat alle door mensen opgerichte bouwwerken, zoals woningen, kantoren, fabrieken en andere gebouwen.

Gebruiksfase
De periode waarin de hoogspanningslijn operationeel is en elektriciteit transporteert.

Geleider
De lijnen tussen de hoogspanningsmasten. Deze zijn gemaakt van hoofdzakelijk aluminium en geleiden de elektrische stroom tussen de hoogspanningsstations.

Geografische spreiding
Dit verwijst naar de verdeling van hoogspanningslijnen over een groot gebied om een stabiele en betrouwbare elektriciteitsvoorziening te garanderen.

Hoogspanningsstation
Plaats waar hoogspanningsverbindingen onderling zijn verbonden (en waar ook de koppeling mogelijk is met elektriciteitscentrales). Ook wel aangeduid als koppelstation of transformatorstation. Bij koppelingen tussen verbindingen met verschillende voltages zijn transformatoren noodzakelijk

Hoogspanningsverbinding
Verbinding tussen twee punten waardoor elektriciteit getransporteerd kan worden. Bij hoogspanning gaat het om een spanning van 110 kV, 150 kV, 220 kV of 380 kV. De hoogspanningsverbindingen zijn bedoeld om grote hoeveelheden elektriciteit te transporteren van de productielocaties naar de gebieden waar het verbruik plaatsvindt.

In de pas lopen
Dit verwijst naar het synchroniseren van de aanleg van nieuwe infrastructuur met bestaande infrastructuur om samenhang te waarborgen.

Inlussen
Dit betekent het verbinden van een nieuwe hoogspanningslijn met een bestaand netwerk.

Integrale Effectenanalyse (IEA)
De Integrale Effectenanalyse (IEA) is een rapport waarin de impact van de tracéalternatieven voor de nieuwe verbinding tussen Vierverlaten en Ens wordt beschreven en waarmee de tracéalternatieven integraal met elkaar worden vergeleken.

Kabel (hoogspanning)
Een geleider met een kunststof isolatielaag, geschikt om stroom te transporteren bij een hoge spanning. Een kabel kan ondergronds toegepast worden. Dan wordt gesproken over ‘verkabelen’.

Kilovolt (kV)
De eenheid waarin de spanning wordt uitgedrukt. 1 Kilovolt is 1.000 Volt.

Klokgetal
Een term die wordt gebruikt om het faseverschil tussen de drie fasen van een circuit aan te geven.

Faseverschil verwijst naar het verschil in tijd tussen de spanning van de drie fasen in een wisselstroomcircuit.

Kortsluiting
Een situatie waarin de elektrische stroom een ongewenste, pad met lage weerstand volgt, wat kan leiden tot schade aan het netwerk en apparatuur.

Leveringszekerheid
De mate waarin alle partijen die zijn aangesloten op het hoogspanningsnet op elk moment de gewenste hoeveelheid elektrische energie kunnen afnemen of invoeden. Hiervoor is het nodig dat het hoogspanningsnet beschikt over voldoende transportcapaciteit, dat er voldoende redundantie is om geplande (onderhouds)werkzaamheden en ongeplande niet-beschikbaarheid (bijvoorbeeld door storingen) van delen van het net op te vangen en dat vraag en aanbod van elektrische energie in balans zijn. Redundantie betekent dat een storing of defect van een lijn niet tot stroomuitval zal leiden.

Lijn (hoogspanning)
Een geleider zonder isolatielaag, geschikt om hoog in een mast op te hangen (geïsoleerd van de aarde). Op die manier kan de lijn stroom transporteren bij een hoge spanning. Een lijn kan alleen bovengronds toegepast worden.

Magneetveld
Het natuurkundige verschijnsel dat ontstaat wanneer er elektrische stroom door een geleider loopt. De veldsterkte wordt uitgedrukt in microTesla (µT).

Magneetveldzone
De zone rondom hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger kan zijn dan 0,4 microtesla.

Magnetische veldsterkte
De sterkte van het magnetisch veld. De magnetische veldsterkte wordt uitgedrukt in tesla (T). Bij lage veldsterkte, zoals in de buurt van hoogspanningslijnen, wordt de veldsterkte meestal uitgedrukt in microtesla (µT); een microtesla is een miljoenste deel van een tesla.

Microtesla (µT)
Een miljoenste deel van een tesla, de eenheid waarmee magnetische velden worden uitgedrukt. Strikt genomen wordt met microtesla de magnetische inductie aangegeven, maar in de praktijk wordt dit vaak magnetische veldsterkte genoemd.

Milieueffectrapportage (mer)
Procedure voor de totstandkoming van en de besluitvorming over de milieueffectrapportage, zodat milieu een volwaardige rol krijgt bij de besluitvorming van ruimtelijke projecten. Ook wel mer-procedure.

Milieueffectrapport (MER)
Het rapport waarin de resultaten van de milieubeoordeling van de tracéalternatieven vastgelegd worden.

Mitigatie
Zie mitigerende maatregel.

Mitigerende maatregel
Een maatregel die nadelige gevolgen voor het milieu voorkomt of beperkt. Zoals het ophangen van markeringen in de bliksemdraden, zodat vogels de hoogspanningsverbinding beter kunnen zien.

Moldaumast

Nieuw ontwikkeld type vakwerkmast, waarbij het mastontwerp is geoptimaliseerd voor een zo smal mogelijke magneetveldzone. Een Moldaumast is geschikt voor 2 circuits van maximaal 380 kV

N-1 criterium
Dit criterium houdt in dat het elektriciteitsnet zodanig ontworpen moet zijn dat het bij uitval van één enkel element (zoals een hoogspanningslijn of transformator) nog steeds in staat is om de elektriciteitsvoorziening te handhaven zonder overbelasting van andere onderdelen.

Natura 2000-gebied
Natura 2000 is een netwerk van beschermde natuurgebieden binnen de lidstaten van de Europese Unie. Het doel van dit netwerk is om de achteruitgang van de biodiversiteit met alle lidstaten tegen te gaan. Deze gebieden zijn aangewezen omdat ze van internationaal belang zijn, bijvoorbeeld als overwinteringsplaats voor vogels. In Nederland zijn 166 gebieden aangemeld. Het netwerk omvat alle gebieden die zijn beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992).

Natuurnetwerk Nederland (NNN)
Een landelijk netwerk van grote en kleine bestaande en nog aan te leggen natuurgebieden die verbonden zijn door natuurverbindingen waarbinnen flora en fauna zich kunnen handhaven, verplaatsen en uitbreiden.

Netbeheerder
De instantie die (op basis van wettelijke regels) verantwoordelijk is voor het beheer van een elektriciteitsnetwerk. In Nederland is TenneT de landelijke netbeheerder voor het hoogspanningsnetwerk van 110kV en hoger. Voor het laag- en middenspanningsnetwerk (tot 110kV) zijn er regionale netbeheerders.

Omgevingswet
De Omgevingswet bundelt de wetgeving en regels voor ruimte, wonen, infrastructuur, milieu, natuur en water. En regelt daarmee het beheer en de ontwikkeling van de leefomgeving. Met de Omgevingswet wordt gestreefd naar integrale besluitvorming.

Opwaarderen
Het vergroten van de transportcapaciteit van een hoogspanningsverbinding door het vervangen van de geleiders. Afhankelijk van het gekozen type geleider zullen ook versterkingen van de mast en/of fundering worden uitgevoerd.

Plan-MER
Milieueffectrapport over de effecten op de fysieke leefomgeving van het plan (de verschillende tracéalternatieven).

Planuitwerkingsfase
De planuitwerkingsfase volgt na het vaststellen van het voorkeursalternatief door de minister, de voorkeursbeslissing. In deze fase wordt het voorkeursalternatief (VKA) in detail uitgewerkt tot een ontwerp en een ruimtelijk-planologisch besluit (‘het projectbesluit’).

Projectbesluit
Besluit dat in de planuitwerkingsfase van het project opgesteld wordt op basis van de Omgevingswet. In het projectbesluit legt het bevoegd gezag vast op welke manier dit het project zal uitwerken. Er staat in elk geval in hoe het project eruit zal zien, welke maatregelen getroffen worden om het project te realiseren en welke maatregelen getroffen worden om nadelige gevolgen voor de omgeving te beperken.

Realisatiefase
De fase waarin de plannen voor de hoogspanningslijn daadwerkelijk worden uitgevoerd en gebouwd.

Ringvormig net

Een netwerkstructuur waarbij de lijnen in een gesloten lus zijn verbonden, wat zorgt voor redundantie en verhoogde betrouwbaarheid.

Spanning
Potentiaalverschil tussen twee punten. De hoogte van de spanning wordt uitgedrukt in Volt (V). Het hoogspanningsnet in Nederland kent spanningsniveaus van 110, 150, 220 en 380 kV. 380 kV staat gelijk aan 380.000 Volt ofwel 380 kiloVolt.

Spoorstroomlopen
Een spoorstroomloop is een stroomkring in een spoorweg die gebruikt wordt voor de detectie van treinen.

Standaardisatie
Het proces van het vaststellen van uniforme technische normen om consistentie en compatibiliteit te waarborgen.

Straalvormig net
Een netwerkstructuur waarbij alle lijnen vanuit een centraal punt naar buiten stralen, zoals de spaken van een wiel.

Stroom
Elektrische stroom is beweging van elektronen (negatieve elektrische ladingen) in een geleider, bijvoorbeeld een metaaldraad die onder elektrische spanning staat. De intensiteit van de stroom of stroomsterkte wordt uitgedrukt in Ampère (A).

Stroomfrequenties
De frequentie waarmee de elektrische stroom wisselt, meestal 50 Hz in Europa.

Tracé
De lijn door het landschap waar de nieuwe hoogspanningsverbinding wordt gesitueerd.

Tracéalternatieven
Mogelijke tracéalternatieven die realistisch worden geacht op basis van de kansen en belemmeringen, de traceringsprincipes en een globale beoordeling van de IEA-thema's. Een alternatief is een mogelijke manier waarop de nieuwe hoogspanningsverbinding kan worden gerealiseerd. Een alternatief bestaat uit een tracé en een beschrijving van de vormgeving (welk type mast wordt gebruikt en is er sprake van combineren of bundelen).

Transportcapaciteit
De maximale hoeveelheid elektrisch vermogen die kan worden getransporteerd door een component of systeem. In dit rapport meestal gebruikt in de context van een hoogspanningsverbinding.
Transportcapaciteit wordt uitgedrukt in megavoltampère (MVA). Daarnaast wordt de term capaciteit of transportcapaciteit ook gebruikt om de maximale stroomsterkte van de geleiders (in kiloampère of kA) aan te geven.

Vakwerkmast
Traditionele hoogspanningsmast, bestaande uit een open raamwerk van stalen spanten.

Variant
Lokaal andere mogelijkheden binnen een alternatief.

Verbinding/hoogspanningsverbinding
In het MER wordt onder een verbinding verstaan het geheel van masten en geleiders waarover onder hoge spanning elektriciteit kan worden getransporteerd tussen Vierverlaten en Ens.

Verkabelen
Zie kabel (hoogspanning).

Vermogen
Maat voor de hoeveelheid energie per tijdseenheid. De hoeveelheid vermogen die door een hoogspanningsverbinding getransporteerd kan worden is het product van spanning en stroomsterkte en wordt uitgedrukt in MVA (megavolt-ampère; ofwel 1 miljoen voltampère)

VNB (voorziene niet-beschikbaarheid)
Dit is een geplande periode waarin een deel van het elektriciteitsnet tijdelijk buiten bedrijf wordt gesteld om werkzaamheden uit te voeren, zoals het aansluiten van nieuwe hoogspanningsverbindingen.

Voorkeursalternatief (VKA)
Het alternatief dat na zorgvuldige afweging van effecten op milieu, omgeving, techniek, kosten en toekomstvastheid de voorkeur heeft van het bevoegd gezag.

Voorkeursbeslissing
Het voorkeursalternatief wordt vastgesteld door het nemen van een voorkeursbeslissing door de ministers van Klimaat en Groene Groei en van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. De voorkeursbeslissing wordt ter inzage gelegd (samen met de IEA).

Weerstandsbeïnvloeding
Beïnvloeding van objecten in of op de grond in de buurt van een hoogspanningsmast, ten gevolge van stroom door de grond. Deze stroom veroorzaakt potentiaalverschillen door de elektrische weerstand van de bodem. Dit kan leiden tot schade of aanraakspanningen.

Wisselstroom
Wisselstroom (ook wel aangeduid als AC) is een elektrische stroom met periodiek wisselende stroomrichting. In zijn algemeenheid verstaat men onder wisselstroom de vorm van elektriciteit (elektrische energie) zoals die via het elektriciteitsnet geleverd wordt aan huishoudens en industrie. Het spanningsverschil, uitgedrukt in volt, wisselt volgens een sinusoïdale kromme met een frequentie van meestal 50 keer per seconde, oftewel 50 Hz.

Zetting
Bodemdaling als gevolg van een bovenbelasting, bijvoorbeeld door het gewicht van een aangebrachte ophoging of een verlaagde grondwaterstand, waardoor de bodem wordt samengedrukt.

Zettingsgevoelig gebied
Gebieden waar de bodem gevoelig is voor zetting (zie zetting).

Afkortingen

IEA
Integrale effectenanalyse

kV
Kilovolt

MER
Milieueffectrapport

mer
Milieueffectrapportage

NNN
Natuurnetwerk Nederland

VKA
Voorkeursalternatief

Bijlage 2: Gebruikte data voor de beoordeling

Tabel bijlage 2 - Gebruikte data voor de beoordeling

	Lengte tracéalternatief	4-circuit 380 kV (km)	Barrières in relatie tot exceptioneel transport	lengte van 110 kV verkabeling	Aantal kruisingen met 110 kV	Aantal kruisingen met 220 kV	Aantal tijdelijke kruisingen met 220 kV	Aantal kruisingen met vaarwegen	Aantal kruisingen met spoorwegen	Aantal kruisingen met rijkswegen	Aantal kruisingen met provincialewegen	Kruising door NNN-gebied (km)	Kruising door vogelweidegebied (km)	Kruising door Natura2000 (km)	Kruising door waterbergingsgebied (km)	Kruising door zettingsgevoeliggebied (km)	Nabijheid gebouwde omgeving	Km parallel met rijksweg	Km parallel met spoorweg	Km parallel met 380kV en 220kV
Tracéalternatieven																				
Tracéalternatief 1 noord	75	75	2	5	8	2	7	16	1	3	8	11	33	0	0	24	38	1	0	75
Tracéalternatief 2 noord	74	74	2	1	9	2	7	16	1	3	7	8	34	0	0	23	56	1	0	74
Tracéalternatief 3 noord	72	72	2	0	6	3	0	15	1	3	7	8	33	0	0	22	22	0	0	72
Tracéalternatief 4 noord	51	0	0	3	1	1	0	4	1	12	5	9	10	0	3	25	37	25	0	0
Tracéalternatief 5 noord	51	0	0	3	1	1	0	4	1	12	5	9	10	0	3	25	37	25	0	0
Tracéalternatief 1 zuid	43	43	0	8	1	0	1	7	0	1	5	2	8	0	0	17	22	0	0	43
Tracéalternatief 2 zuid	42	42	0	8	1	0	1	7	0	1	5	2	8	0	0	18	30	0	0	42
Tracéalternatief 3 zuid	42	42	0	8	1	1	0	7	0	1	6	2	8	0	0	17	17	0	0	42
Tracéalternatief 4 zuid	44	0	0	6	1	0	0	7	0	9	6	3	1	0	0	13	11	13	0	0
Tracéalternatief 5 zuid	54	0	0	37	1	1	0	8	0	5	9	4	1	0	0	13	6	6	0	0
Varianten en vergelijkbaar lijnstuk																				
V1 = Variant Vierverlaten	10	10	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	9	0	0	1	7	0	0	10
Vergelijkbaar lijnstuk	9	9	0	0	0	0	0	1	0	0	2	5	7	0	0	1	2	0	0	9
V2 = Variant Surhuisterveen	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	0	0	2	8	0	0	6
Vergelijkbaar lijnstuk	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	2	4	0	0	5
V3 = Variant Leeuwarden	11	11	0	0	0	2	1	5	1	2	1	0	9	0	0	2	2	0	0	11
Vergelijkbaar lijnstuk	13	13	0	0	0	2	3	4	1	2	1	0	2	0	0	1	5	1	0	13
V4 = Variant Kuinre	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	4
Vergelijkbaar lijnstuk	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
V5 = Variant Marknesse	9	9	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	10	0	0	9
Vergelijkbaar lijnstuk	9	9	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
V6 = Variant Oudehaske	4	4	0	5	1	0	1	0	0	1	1	0	2	0	0	3	3	0	0	4
Vergelijkbaar lijnstuk	4	4	0	4	0	0	1	0	0	1	1	0	2	0	0	3	12	0	0	4
V1 = Variant Luttelgeest	8	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	8
Vergelijkbaar lijnstuk	8	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
M2 = Variant Enumatil	5	5	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2	4	0	1	3	9	0	0	5
Vergelijkbaar lijnstuk	6	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	5	0	0	1	6	0	0	6
M3 = Variant Kleeftocht	7	7	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	7
Vergelijkbaar lijnstuk	7	7	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0	0	7
V1 = Variant Heerenveen	8	0	0	6	3	0	0	3	1	2	0	0	1	0	0	5	9	0	0	0
Vergelijkbaar lijnstuk	8	0	0	3	0	0	0	2	1	4	0	0	1	0	0	5	2	5	0	0
V2 = Variant Tjeukemeer	9	0	0	0	1	0	0	2	0	4	1	4	0	0	0	3	0	8	0	0
Vergelijkbaar lijnstuk	9	0	0	5	0	0	0	3	0	0	2	1	0	0	0	6	5	0	0	0
V1 = Variant Lemmer	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0
Vergelijkbaar lijnstuk	10	0	0	9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	4	0	0	0
V2 = Variant Vollenhove	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Vergelijkbaar lijnstuk	2	0	0	2	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0