

Position Paper

Aanleg ondergrondse
220- en 380 kV-kabels





Geactualiseerde inzichten verkabelen

Aanleg ondergrondse 220- en 380 kV-kabels

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

Situationeel meer verkabelen

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

Achtergrond

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

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



De belangrijkste conclusies

- TenneT heeft geconcludeerd dat de tracélengte van 20 km ondergrondse 380 kV-kabel niet meer als strikte limiet hoeft te worden gehanteerd en dat situationeel kan worden bekeken of meer verkabeling van 380 kV mogelijk is.
- De resultaten en aanvullend onderzoek tonen verder aan dat verkabeling van 380 kV een zeer complexe aangelegenheid blijft. Inpassing van ondergrondse kabels in het bovengrondse hoogspanningsnet kan in sommige situaties leiden tot spanningspieken met mogelijk stroomstoringen tot gevolg. De kans op dergelijke spanningspieken neemt toe,
 - naarmate er meer kabel in het net is aangelegd. Dit geldt niet alleen voor kabels in het vermaasde net maar ook voor ondergrondse aansluitingen van productie.
 - naarmate er meer conventioneel productie-vermogen wordt vervangen door zonne- en windenergie. Per situatie zal daarom op basis

van de huidige netconfiguratie en de verwachte toekomstige ontwikkelingen moeten worden bekeken of verder verkabelen mogelijk is.

- Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van ondergrondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in verbindingen, die cruciaal zijn voor de stroomvoorziening op landelijk of Europees niveau. Dit zijn in ieder geval de landelijke 380 kV-ring, interconnectoren (onderdeel Europese net) en verbindingen tussen interconnectoren en de landelijke ring. Als een interconnector door twee afzonderlijke dubbelcircuitverbindingen met de landelijke ring is verbonden zou in tenminste één daarvan geen kabel moeten worden ingepast. De langdurige storingsduur van 220/380 kV-kabels zorgt juist bij cruciale verbindingen voor ongewenste leveringszekerheidsrisico's met mogelijke grote impact.

Waar niet verkabelen?

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

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





Achtergrond huidige beleid

In Nederland geldt het beleid 'bovengronds tenzij'. Ondergronds kan slechts overwogen worden op basis van een integrale afweging op projectniveau – voor zover dit uit oogpunt van leveringszekerheid verantwoord is – in bijzondere gevallen en met name voor kortere trajecten. Deze integrale afweging vindt bij projecten van nationaal belang plaats binnen de Rijkscoördinatieregeling (RCR). De ministers van Economische Zaken (EZ) en Infrastructuur en Milieu (IenM) zijn voor deze RCR-procedures verantwoordelijk. Dit betekent concreet dat nieuwe hoogspanningsverbindingen 220- en 380 kV

standaard bovengronds worden aangelegd. Uitgangspunt hierbij is om nieuwe doorsnijdingen van het landschap zoveel mogelijk te vermijden. Waar mogelijk wordt daarom een nieuwe verbinding gecombineerd met een andere, bestaande hoogspanningslijn. Als dit niet kan, wordt geprobeerd om de nieuwe verbinding te bundelen met andere infrastructuur, zoals spoorlijnen en snelwegen.

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

Resultaten onderzoeksprogramma en verdere analyse

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

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



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



- Een andere toekomstige ontwikkeling die TenneT bij situatie-specifieke studies voor mogelijk verder verkabelen moet betrekken is de reductie van elektriciteitsopwekking door conventionele centrales als gevolg van de energietransitie. In tegenstelling tot conventionele generatoren leveren windparken en zonne-energie een geringe bijdrage aan het kortsluitvermogen. Samen met de toename van de ondergrondse netdelen zorgt dit voor een grotere kans op ongewenste resonanties. Dit fenomeen is zeer lastig met maatregelen op te lossen. De energietransitie zal de mogelijkheden voor ondergrondse aanleg dus beperken en daarmee moet in de bedoelde, situatie-specifieke studies rekening worden gehouden.
- De harmonische impedantie blijkt een sleutelfactor te zijn bij het bepalen van de mogelijkheden voor ondergrondse aanleg. Bij nieuwe verbindingen moet situatie-specifiek worden onderzocht of de harmonische impedantie het toelaat om een deel van de verbinding uit te voeren als ondergrondse kabel en, zo ja, hoe lang die kabel dan zou mogen zijn.
- De mogelijkheden voor het toepassen van ondergrondse 380 kV-kabels zijn dus mede afhankelijk van de huidige en toekomstige complexiteit en het gebruik van het hoogspanningsnet. Vanzelfsprekend betekent dit onder andere dat in een groter gebied waarschijnlijk meer kilometers kabel mogelijk zijn dan in een kleiner gebied, maar de essentie van de bevindingen is, dat de mogelijkheden voor kabels per project moeten worden bestudeerd.
- Los van de bepaling van de technische mogelijkheden voor toepassing van ondergrondse kabels blijft het zeer ongewenst om kabels op te nemen in verbindingen, die cruciaal zijn voor de stroomvoorziening op landelijk of Europees niveau. De langdurige storingsduur van 220/380 kV-kabels zorgt juist bij cruciale verbindingen voor ongewenste leveringszekerheidsrisico's met mogelijke grote impact.

Verder onderzoek

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





De essentie:

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

Over TenneT

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

TenneT TSO B.V.

Utrechtseweg 310, Arnhem
Postbus 718, 6800 AS Arnhem
Telefoon 0800 83 66 388
Fax 026 373 13 59
E-mail servicecentrum@tennet.eu
Twitter [@tennetso](https://twitter.com/tennetso) www.tennet.eu

© TenneT

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