

AAN Deelnemers aan halfjaarlijks overleg spanningskwaliteit

DATUM 7 februari 2018  
REFERENTIE REC-N 17-037  
VAN Johan Janssen, Jeroen van Waes

**ONDERWERP** Afronding onderdeel "speciale projecten" uit Plan van Aanpak Spanningskwaliteit

### Samenvatting

Op 8 februari 2013 hebben de gezamenlijke netbeheerders een opdracht van de ACM (voorheen: de NMa) ontvangen betreffende het implementeren van een aantal maatregelen met betrekking tot spanningskwaliteit. Aanleiding voor de opdracht is het door Laborelec en SEO uitgevoerde onderzoek "Advies over spanningskwaliteit in elektriciteitsnetten". Als onderdeel daarvan diende TenneT de impact van speciale projecten op de spanningskwaliteit inzichtelijk te maken. Deze notitie is de afrondende rapportage.

Het uitgevoerde onderzoek had tot doel de impact van de zogenaamde speciale projecten op de spanningskwaliteit in de hoogspanningsnetten in kaart te brengen. Tot de speciale projecten behoren onder andere de HVDC-verbindingen NorNed en BritNed, maar ook specifieke typen bedrijfsmiddelen zoals condensatorbatterijen en ondergrondse kabels. De impact op de spanningskwaliteit omvat daarbij aspecten uit de Netcode zoals de langzame spanningsvariatie, de asymmetrie en de harmonische vervorming. Voor Plt en spanningsdips was een statistische methode niet mogelijk maar is wel naar overschrijdingen gekeken.

De opdracht van ACM betrof:

10. *Netbeheerders dienen de impact van speciale projecten op de spanningskwaliteit inzichtelijk te maken. Hiervoor dienen mogelijkerwijs ook stroommetingen te worden uitgevoerd.*
11. *De impact van speciale projecten dient voor- en na het in bedrijf nemen ervan te worden geanalyseerd en de resultaten daarvan ter beschikking te worden gesteld voor een breed publiek, bijvoorbeeld door publicatie op de website van de netbeheerder.*
12. *Reeds gerealiseerde projecten als NorNed en BritNed dienen te worden voorzien van vaste meetapparatuur. De voorkeur van de ACM gaat uit naar het meten van de spanningskwaliteit op de aansluiting van zulke projecten zelf en niet in de naaste omgeving hiervan. Hierdoor wordt een zo betrouwbaar mogelijk beeld van speciale projecten verkregen.*

Samengevat kan ten aanzien van vraag 10 en 11 geconcludeerd worden dat voor sommige aspecten voor sommige projecten een statistisch significante impact is aan te tonen. Er is echter nergens sprake van een sterk causaal verband, hooguit correlaties. De feitelijke vraag, of de kwaliteit door nieuwe projecten per definitie verslechtert, kan ontkennend worden beantwoord. Eventueel vervolgonderzoek vereist daarom een scherpe vraagstelling.

De NorNed en BritNed projecten zoals genoemd in vraag 12 zijn voorzien van vaste meetapparatuur.

Uit de door de netbeheerders gepubliceerde jaarrapportages blijkt dat de spanningskwaliteit in Nederland

over het algemeen ruim voldoet aan de eisen die gedefinieerd zijn in de Netcode elektriciteit en de Europese norm EN 50160. TenneT is van mening dat de impact die nieuwe installaties en verbindingen hebben op de spanningskwaliteit beheerst moet worden door het stellen van aansluiteseisen. Deze aansluiteseisen zijn nog volop in ontwikkeling, zodat nog geen sprake is van een ideale situatie op dit punt. Het is daarom belangrijk in (inter)nationaal verband een inspanning te blijven leveren, zowel vanuit de netbeheerders als vanuit de aangeslotenen.

Met de oplevering van deze notitie beschouwt TenneT het onderdeel "speciale projecten" uit het Plan van Aanpak Spanningskwaliteit als afgerond. Vervolgacties en nieuwe vragen worden als zelfstandige dossiers opgepakt.

## 1. Aanleiding

De ACM<sup>1</sup> heeft in 2012 een onderzoek naar de spanningskwaliteit in elektriciteitsnetten laten uitvoeren<sup>2</sup>. Een van de onderzochte aspecten betrof de impact van bepaalde projecten (zoals NorNed, BritNed en de Betuweroute), condensatorbatterijen en ondergrondse kabels op de spanningskwaliteit. De ACM concludeerde<sup>3</sup> dat "de impact van speciale projecten op de spanningskwaliteit beter in kaart dient te worden gebracht". Als vervolg op het ACM-onderzoek is door de gezamenlijke netbeheerders een plan van aanpak opgesteld voor het implementeren van een aantal verbetermaatregelen voor de in het onderzoek geconstateerde tekortkomingen, waaronder onderzoek naar de impact van deze speciale projecten.

Het onderzoek naar de impact van de speciale projecten is in 2014 en 2015 uitgevoerd door de Technische Universiteit Eindhoven, VORtech B.V. en TenneT<sup>4</sup>. De bevindingen van het onderzoek zijn gedeeld met ACM en de overige belanghebbenden in het halfjaarlijks voortgangsoverleg over spanningskwaliteit van 2 december 2015 (zie ook verderop).

### Doel van deze notitie

Deze notitie is een afrondende rapportage van het onderdeel "speciale projecten" uit het Plan van Aanpak Spanningskwaliteit.

### Leeswijzer

In deze notitie wordt na de samenvatting een overzicht gegeven van de in het kader van "speciale projecten" uitgevoerde onderzoeken en de daarover gevoerde discussie. Eventuele vervolgacties naar aanleiding van deze rapportage worden gezien als nieuwe dossiers.

In deze notitie komen achtereenvolgens de volgende onderwerpen aan de orde:

- Aanleiding tot het opstellen van deze notitie;

<sup>1</sup> Ten tijde van de totstandkoming van de opdracht haar rechtsvoorganger, de Nederlandse Mededingingsautoriteit (NMa).

<sup>2</sup> Laborelec / SEO, Eindrapport Advies over spanningskwaliteit in elektriciteitsnetten, Laborelec LBE02667496 -3.0 d.d. 9 november 2012.

<sup>3</sup> Brief van de Energiekamer met kenmerk 104376/1.E1492 d.d. 8 februari 2013.

<sup>4</sup> De resultaten van dit onderzoek zijn gepubliceerd op de website van TenneT. Zie <http://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/nederlandse-markt/spanningskwaliteit-in-nederland/>.

- Een overzicht van de door de ACM aangedragen punten;
- Een overzicht van de uitgevoerde onderzoeken en de bevindingen daarvan;
- Overwegingen ten aanzien van de spanningskwaliteit speciale projecten;
- Conclusie.

## 2. Samenvatting van de bevindingen van de studies

De door ACM aangedragen punten uit de opdracht zijn:

10. *Netbeheerders dienen de impact van speciale projecten op de spanningskwaliteit inzichtelijk te maken. Hiervoor dienen mogelijkerwijs ook stroommetingen te worden uitgevoerd.*
11. *De impact van speciale projecten dient voor- en na het in bedrijf nemen ervan te worden geanalyseerd en de resultaten daarvan ter beschikking te worden gesteld voor een breed publiek, bijvoorbeeld door publicatie op de website van de netbeheerder.*
12. *Reeds gerealiseerde projecten als NorNed en BritNed dienen te worden voorzien van vaste meetapparatuur. De voorkeur van de ACM gaat uit naar het meten van de spanningskwaliteit op de aansluiting van zulke projecten zelf en niet in de naaste omgeving hiervan. Hierdoor wordt een zo betrouwbaar mogelijk beeld van speciale projecten verkregen.*

Als speciale projecten zijn aangemerkt:

- High Voltage Direct Current NorNed;
- High Voltage Direct Current BritNed;
- Condensatorbanken op de spanningsniveaus 110, 150, 220 en 380 kV;
- Ondergrondse hoogspanningskabels op de spanningsniveaus 110, 150 en 380 kV;
- De elektriciteitsaansluitingen van de Betuweroute.

### Meetopstellingen

De noodzakelijke apparatuur voor de statistische analyse m.b.t. speciale projecten was aanwezig. De Betuweroute en 110kV/150kV kabels zijn later geanalyseerd nadat de apparatuur geïnstalleerd was.

De impactanalyse heeft zich hoofdzakelijk gericht op de eisen uit de Netcode. Dit betreft eisen aan spanningen. Aanvullend zijn (en worden nog incidenteel) stroommetingen geplaatst. Doel daarvan is meer inzicht te krijgen in de achtergronden bij een eventuele overschrijding. Een dergelijke analyse is echter complex. Naast de modelleringsmethode is er immers ook veel informatie uit het net inclusief aangeslotenen nodig. Voor de hier gepresenteerde analyse bleek dit niet noodzakelijk. TenneT gebruikt de stroommetingen wel om haar modellen te verbeteren.

### 2.1 Vraag 10 en 11: inzicht in impact speciale projecten en publicatie resultaten

Bij de studies is per project een vergelijk gemaakt tussen bedrijfsvoeringssituaties waarbij de betreffende

installatie of verbinding uit bedrijf was met bedrijfsvoeringssituaties waarbij deze in bedrijf was. Door het niet op voorhand aanwezig zijn van een spanningskwaliteitsmeting bij de Betuweroute en de ondergrondse 110kV- en 150kV-kabels konden deze projecten niet worden meegenomen in de analyses.

Bij de start van het onderzoek heeft TenneT de beschikbare meetgegevens verzameld van de spanningskwaliteitsaspecten en de bedrijfstoestanden tijdens de meetperiode<sup>5</sup>. De spanningskwaliteitsaspecten die zijn gemeten zijn de langzame spanningsvariatie (LSV), de snelle spanningsvariatie (PLT, RVS)<sup>6</sup>, de asymmetrie (Asym) en de totale harmonische vervorming (THD).

De verzamelde gegevens zijn geanalyseerd in een onderzoek door de Technische Universiteit Eindhoven<sup>7</sup>. Door modelstudies is nagegaan hoe het elektrotechnische causale verband invloed heeft op een spanningskwaliteitsaspect. In een aantal gevallen bleek de meetinformatie niet toereikend om alleen op basis daarvan sluitende uitspraken te doen over een betreffend spanningskwaliteitsaspect. De bevindingen van deze studie waren dat in vrijwel alle gevallen de impact van de speciale projecten binnen de gestelde ontwerpisen bleef. Uitzondering was de 380kV-kabelverbinding van Bleiswijk naar Wateringen waarvoor de simulaties een snelle spanningsvariatie bij inschakelen lieten zien groter dan de ontwerpisen van 3 %.

Tenslotte is een statistische impactanalyse uitgevoerd door VORTech<sup>8</sup>. In de uitgevoerde analyse is op een consistente en statistisch verantwoorde manier gekeken naar deze tijdreeksen. Op basis hiervan is voor iedere locatie de impact bepaald van het speciale project op de spanningskwaliteitsaspecten<sup>9</sup>. De studie laat een gedifferentieerd beeld zien (zie Figuur 1).

Speciaal project	Locatie		LSV1	LSV2	LSV3	Asym	THD1	THD2	THD3
HVDC NorNed	Eemshaven	EEM380	ja	ja	ja	ja	ja	nee	nee
HVDC BritNed	Maasvlakte	MVL380	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja
380kV-condensatorbank	Diemen	DMN380	nee	nee	nee	ja	nee	nee	nee
220kV-condensatorbank	Weiwerd	WEW220	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
150kV-condensatorbank	Maarheeze	MVZ150	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
110kV-condensatorbank	Harculo	HCL110	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja
380kV-kabel	Wateringen	WTR380	ja	ja	ja	nee	ja	ja	ja
	Bleiswijk	BWK380	ja	ja	ja	nee	ja	nee	nee

**Figuur 1: Impact: de aan- en afkoppeling van het speciale project valt statistisch samen met het kwaliteitsaspect (LSV = langzame spanningsvariatie, Asym = asymmetrie, THD = totale harmonische vervorming). Waar een impact is vastgesteld, is deze positief (groen) of nadelig (oranje). De "1" in bijvoorbeeld "LSV1" geeft de betreffende fase aan.**

Bron: VORTech

<sup>5</sup> TenneT PU-AM 14-777, "Nulmeting ten behoeven van de impactanalyse", revisie 0.0 d.d. 5 december 2014.

<sup>6</sup> Snelle spanningsvariatie omvat de aspecten flicker (PLT) en "rapid voltage change" (RVS).

<sup>7</sup> TU/e, "Insights in the impact of special projects on voltage quality in the HV/EHV networks", d.d. 5 december 2014. (TenneT referentie PU-AM 14-778.)

<sup>8</sup> VORTech, " Statistische Impactanalyse van Speciale Projecten bij TenneT", memo MV/M15.045 d.d. 7 december 2015.

<sup>9</sup> Dit zijn met uitzondering van spanningsdips en Plt alle aspecten van de op dat moment geldende Netcode. Deze uitzonderingen worden elders in dit document toegelicht. Individuele harmonischen waren geen onderdeel van de Netcode.

Hoewel er dus statistische verbanden zijn, is hiermee niet gezegd dat er ook een causaal verband is of dat een verband nadelig is. Bijlage 2 geeft een samenvatting per project.

Merk op: Te overwegen was een "nulmeting" uit te voeren tijdens een onderhoudsvenster. Voor een representatieve meting is een onderhoudsperiode noodzakelijke gedurende een representatieve periode. Voor harmonische metingen wordt typisch één jaar genomen om de achtergrondruis vast te stellen, dus veel langer dan een normale onderhoudsperiode. Aanvullend probleem is dat veel meters in de velden staan, die tijdens onderhoud uit bedrijf zijn.

### **Spanningsdips**

Het onderzoek is uitgevoerd in 2015. Bij de start van het onderzoek was de dipnormering zeer recent van toepassing. De grenswaarden in de norm zijn gebaseerd op historische data van 5 voorgaande jaren. Beoordeling kan alleen op basis van *nieuwe* meetdata plaatsvinden over een representatieve periode. Daarom was een statistische analyse nog niet mogelijk. Echter uit de jaarrapportages spanningskwaliteit van Nederland t/m 2016 is gebleken dat het schakelen met condensatorbanken niet tot overschrijdingen van toegestane aantallen hinderlijke spanningsdips heeft geleid.

### **Plt**

De snelle spanningsvariatie Plt wordt bepaald op basis van een voorgeschreven Plt algoritme. De uitkomst is een bewerkt signaal. De tijdreeksen van de Plt bleken daardoor niet geschikt voor een dergelijke statistische analyse. Wel is voor de periode 2014-2016 gekeken of er op de locaties van Figuur 1 overschrijdingen zijn. In zowel 2014, 2015 en 2016 zijn er alleen Plt overschrijdingen geconstateerd voor de locatie Bleiswijk (BWK380), de overige genoemde locaties in figuur 1 hebben geen Plt overschrijding. Het sterke vermoeden is dit een installatie probleem is. Analyse loopt nog maar het oplossen inclusief testen geeft praktische problemen.

### **Individuele harmonischen**

Individuele harmonischen zijn bij dit onderzoek naar speciale projecten niet meegenomen in verband met de geldende regelgeving. Voor EHS zijn er geen limieten.

### **Betweroute en 110/150kV kabels**

Voordat gestart is met het Plan van Aanpak bestond er al een meetpopulatie. De locaties van de Betweroute en 110/150kV kabels maakten hier geen deel van uit. Om toch inzicht te krijgen zijn in een eventuele impact van deze speciale projecten, zijn de overschrijdingen geanalyseerd voor de jaren 2014 t/m 2016. Overschrijdingen zijn ook gemeld in de jaarlijkse spanningskwaliteit rapportage van Netbeheer Nederland.

#### *Betweroute*

De Betweroute heeft aansluitingen op de volgende 150kV onderstations:

- Havenspoorlijn (Europoort);
- Alblaserdam (Graafstroom);

- Waalhaven;
- Tiel;
- Zevenaar.

Er is gedurende 3 jaar gemeten op deze locaties. Overschrijdingen van continue verschijnselen zijn alleen in Alblasserdam in 2016 vastgesteld (Plt). Op dit moment is de exacte oorzaak nog niet bekend. Mogelijke oorzaken zijn:

- de aanwezigheid van de spanningscarroussel. Uit in 2017 uitgevoerd onderzoek<sup>10</sup> is gebleken dat de PQ-meter is aangesloten via een zogenaamde spanningscarroussel. Of dit de oorzaak is van de Plt-overschrijding kan aannemelijk worden gemaakt door de schakelhandelingen te vergelijken met de geregistreerde spanningsdips en de momenten met Plt overschrijdingen;
- Activiteiten op de Betuweroute. Te denken is aan bijzondere voedingsconfiguraties, belastingen of bijzonderheden in de spanningsluizen.

Het onderzoek loopt nog. Indien blijkt dat dit een terechte overschrijding is zullen de uitkomsten in de reguliere jaarrapportage over 2017 worden toegelicht.

#### *110kV en 150kV kabels*

In de netten op deze spanningsniveaus worden al jaren kabels toegepast op veel locaties. De afgelopen jaren is er een tendens om aanzienlijk langere lengtes toe te passen. Naast de klantaansluitingen zijn er geen aparte meters geïnstalleerd. Op basis van de gemeten overschrijdingen van deze meters is gekeken of er een relatie bestaat met eventueel aanwezige kabels:

- 110kV: Alleen in 2016 zijn er overschrijdingen in het 110kV net vastgesteld. Het betreft de PQM meter op Westerveerdiijk. Deze worden geanalyseerd. Dit is een relatief nieuwe aansluiting waarbij een windpark met lange 110kV kabels is aangesloten. Met de kennis van nu zijn er 2 mogelijke oorzaken: emissie van de klant en versterking van de achtergrond door de 110kV kabel.
- 150kV: Hier zijn geen harmonische overschrijdingen vastgesteld die gerelateerd kunnen worden aan de aanwezigheid van 150kV kabels. Nabij Terneuzen is al gedurende zeer lange tijd een 150kV in gebruik, die niet tot overschrijdingen geleid heeft.

Gezien de toename van lange kabels in deze netten blijft dit een aandachtspunt wat locatie specifiek beschouwd zal worden.

Middels publicatie op haar website zijn de resultaten openbaar gemaakt<sup>11</sup>.

## 2.2 Vraag: Vaste meetapparatuur speciale projecten NorNed en BritNed

De NorNed en BritNed projecten zoals genoemd in vraag 12 zijn voorzien van vaste meetapparatuur:

**BritNed** BritNed is aangesloten op takstation Maasvlakte. De voorkeur van de ACM gaat uit naar het meten van de spanningskwaliteit op de aansluiting van zulke projecten zelf en niet in de naaste omgeving hiervan. Bijplaatsen van RC delers was echter geen optie gezien de afmetingen van de RC delers, alsmede de beschikbare ruimte in de velden. Daar het

<sup>10</sup> [ME-JAW-170006719-1 Onderzoek naar de oorzaak van hinderlijke spanningsdips, Opgetreden van Q3 2015 tot en met Q2 2016]

<sup>11</sup> <https://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/nederlandse-markt/spanningskwaliteit-in-nederland/>

380kV-station Maasvlakte is uitgevoerd als een zogenaamd takstation kan in deze situatie worden volstaan met één PQM meting. De spanning wordt gemeten met een RC deler (meter EHS012), de stroom wordt gemeten via de stroomtransformator in het veld.

NorNed Er staan in beide NorNed velden RC delers (EOS Wit/Zwart, meters EHS013 en EHS026). De stromen worden via de stroomtransformatoren uit de velden bepaald.

### 3. Overwegingen ten aanzien van de spanningskwaliteit speciale projecten

Dit hoofdstuk geeft een aantal overwegingen en achtergronden gegeven bij het onderwerp spanningskwaliteit bij speciale projecten.

#### Overleg met aangeslotenen

In het halfjaarlijks voortgangsoverleg op 30 mei 2016 zijn door Energie-Nederland opmerkingen gemaakt bij het onderzoek. De opmerkingen van Energie-Nederland komen er op neer dat het VORtech-rapport in bepaalde gevallen een impact identificeert, maar vervolgens aangeeft dat harde (causale) verbanden niet kunnen worden aangetoond. Dit roept bij Energie-Nederland de vraag op of kwantificering dan niet de volgende stap moet zijn. Over de (on)mogelijkheden daarvan kon geen overeenstemming worden bereikt. Op uitnodiging van TenneT hebben Energie-Nederland en TenneT op 28 september 2016 een constructief vervolgoverleg gevoerd over de opmerkingen van Energie-Nederland. TenneT heeft inzichtelijk gemaakt dat er in theorie misschien mogelijkheden zijn, maar dat in de praktijk een en ander niet of nauwelijks uitvoerbaar is. De daarop volgende technische discussie heeft duidelijk gemaakt dat voor een vervolg op basis van het VORtech rapport een scherpe vraagstelling nodig is. Een eventueel onderzoek op basis van een uitgewerkte vraagstelling zal als een nieuw dossier plaatsvinden.

Een andere observatie van de zijde van Energie-Nederland is dat de bestaande regels geen prikkel hebben om de spanningskwaliteit te verbeteren als aan de kwaliteitseisen van de Netcode elektriciteit is voldaan. Energie-Nederland doet de suggestie dat er een correctie of vergoeding zou kunnen komen om de verliezen als gevolg van de imperfecte spanningskwaliteit te compenseren. TenneT heeft toegezegd te onderzoeken wat hier de voor- en nadelen zijn. Elders in dit hoofdstuk wordt hierop teruggekomen en wordt deze vraag beantwoord.

#### Impact van veranderingen in het net op de spanningskwaliteit

Dat veranderingen in het net een impact hebben op de spanningskwaliteit is geen punt van discussie. Het aansluiten van een HVDC-converter introduceert een harmonische bron. Een 25kV-spoorwegvoeding belast de drie fasen van het net in ongelijke mate en beïnvloedt de asymmetrie. Worden nieuwe verbindingen aangelegd, bovengrondse verbindingen maar met name wisselspanningskabels, of condensatorbanken geplaatst, dan verandert de netimpedantie waardoor de harmonische vervorming beïnvloedt wordt. Deze veranderingen zijn echter niet voorbehouden aan het aansluiten of amoveren. Dezelfde veranderingen treden ook op bij een verandering van vraag en belasting (hoge belasting versus lage belasting) of een wijziging van netconfiguratie.

De feitelijke vraag is of de kwaliteit door de nieuwe projecten per definitie verslechtert. Dit is beslist niet het geval. De veranderingen in versturende emissie en netimpedantie zullen tot een andere spanningskwaliteit leiden, maar dat kan ook een betere zijn.

TenneT is van mening dat de impact die nieuwe installaties en verbindingen hebben op de spanningskwaliteit beheerst moet worden door het stellen van aansluiteseisen. Aansluiteseisen regelen ook het beslag dat individuele aangeslotenen mogen leggen op de totaal beschikbare aansluitruimte. Op het punt van aansluiteseisen is de ontwikkeling van normen en analysemethodieken nog volop in beweging, zodat nog geen sprake is van een ideale situatie op dit punt. Dit maakt ook dat gesteld moet worden dat met de kennis van nu een andere aanpak in het verleden mogelijk geleid zou hebben tot een kleinere impact. Het is lastig te beoordelen of die andere aanpak ook economische rechtvaardiging zou hebben gevonden. Hoe dan ook, er is bewustwording ontstaan en men kan vaststellen dat bij opeenvolgende projecten er steeds meer aandacht is geweest voor de impact van nieuwe aansluitingen op de spanningskwaliteit.

Het is met betrekking tot de aansluiteseisen zaak een inspanning te blijven leveren in (inter)nationaal verband. Als bepaalde partijen in dit verband behoefte hebben aan aanpassing of aanscherping van normen en criteria op specifieke punten, dienen zij deze aanscherping, afhankelijk van het draagvlak zelf of in samenwerking met anderen te bepleiten binnen het Europese normalisatiecircuit.

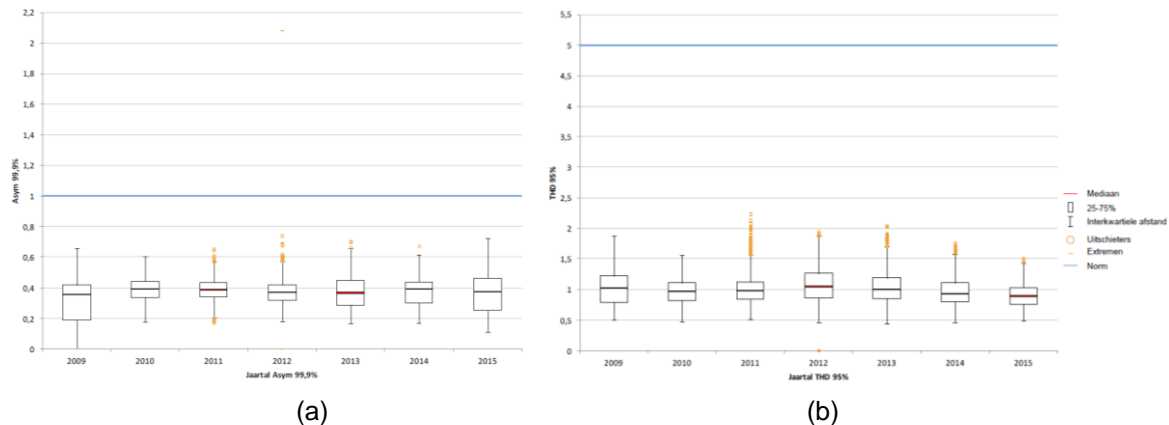
### **De trends in spanningskwaliteit en de zorgen voor de toekomst**

De gezamenlijke netbeheerders publiceren jaarlijks het rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland' waarin zij verslag doen van de gemeten kwaliteit. TenneT constateert dat er tot op heden geen duidelijke trend zichtbaar is in de metingen. Als illustratie hiervan toont Figuur 2 de spanningsasymmetrie en THD in het EHS-net over de periode 2009 – 2015. Een overzicht van het totaal aantal overschrijdingen<sup>12</sup> laat een grilliger beeld zien. Hierbij is echter niet in een oogopslag duidelijk dat het in een aantal gevallen om concreet identificeerbare oorzaken gaat, waardoor onterecht de indruk van een trend ontstaat. Wat duidelijk wordt uit de jaarrapportage is dat de spanningskwaliteit in Nederland ver onder de grenzen is die gedefinieerd zijn in de normen, in het bijzonder de Netcode elektriciteit en de Europese norm EN 50160.

---

<sup>12</sup> Bijlage H in het genoemde rapport; ter informatie als bijlage bijgevoegd.





**Figuur 2: Trends in de spanningskwaliteit van het EHS-netvlak in de periode 2009 – 2015: a) spanningsasymmetrie en b) totale harmonische vervorming. Bron: Netbeheer Nederland.**

Een zorg bij de aangeslotenen (verwoord door Energie-Nederland en VEMW) is dat de waargenomen kwaliteit zich gaat bewegen richting de in normen vastgelegde limieten. In dat geval zou het kwaliteitsniveau, zonder dat de limieten worden overschreden, slechter worden dan de waargenomen kwaliteit, waaruit geconcludeerd wordt dat bedrijfsprocessen vaker verstoord worden door een verstoring van de netspanning.

Een zorg van de netbeheerders is dat de limieten verplaatst worden naar de huidig waargenomen niveaus. De huidige niveaus zijn het gevolg van een bedrijfsvoering met overwegend synchroon gekoppeld productievermogen en een beperkt gebruik van vermogenslektronica. De door de samenleving gewenste energietransitie zal leiden tot een toenemende variabiliteit in het net, een toenemend gebruik van vermogenslektronica (ook op de hogere netvlakken) en mogelijk een afnemend kortsluitvermogen. Deze ontwikkelingen zouden kunnen leiden tot een slechtere (maar niet persé problematische) spanningskwaliteit dan de huidige niveaus. Als tegelijk ook de limieten verlaagd worden, zou dit kunnen leiden tot het moeten doen van grote investeringen.

Het is op dit moment vooral zaak om de ontwikkelingen van de diverse kwaliteitsindicatoren goed te blijven monitoren. Hiertoe hebben de netbeheerders de afgelopen jaren de monitoringsystemen sterk verbeterd. TenneT registreert de spanningskwaliteit inmiddels op alle klantaansluitingen op het HS- en EHS-net. In de laag- en middenspanningsnetten is het aantal metingen vergroot (conform aanbeveling van het oorspronkelijke onderzoek door Laborelec voor de ACM), zodat de statistische relevantie van de metingen is verbeterd.

### Zijn de huidige grenzen de juiste?

TenneT is van mening dat de grenzen die zijn gedefinieerd in de huidige normen goede grenzen zijn. De grenzen zoals vastgesteld in EN 50160 zijn tot stand gekomen door de inzet van een deskundig gremium op basis van onderzoek en langjarige ervaring. Daarbij is van groot belang dat de grenswaarden afgestemd zijn op de EMC-richtlijnen (via NEC8 / TC8X). Deze aansluiting is van groot belang: het borgt consistentie tussen immuniteit en compatibiliteit. Dat wil niet zeggen dat de grenzen niet ter discussie mogen worden gesteld. Maar ook die discussie moet gevoerd worden op basis van onderzoek in een deskundig gremium. TenneT vindt dat studiegremium TC8X van Cenelec daarvoor de aangewezen plaats is.

In de discussies die er over de jaren zijn geweest is door de aangeslotenen steeds het argument aangehaald dat de kwaliteit niet mag verslechteren. Daarbij wordt verwezen naar het door de Minister van Economische Zaken tijdens het wetgevingsproces gestelde dat het kwaliteitsniveau van de elektriciteitsvoorziening in Nederland minstens op het huidige niveau moet blijven<sup>13</sup>. Daarover is echter geen discussie, want de netbeheerders hebben tegen dat streven geen bezwaar. De discussie is wat het nulniveau is? Is dit de werkelijk optredende maar niet bemeten spanningskwaliteit ten tijde dat de Minister van Economische Zaken zijn uitspraak deed; of de op dat moment in normen geborgde limietwaarden?

TenneT is van mening dat hier onvermijdelijk sprake is van interpretatie en mening. Netbeheerders en aangeslotenen zullen hierover dan ook van mening blijven verschillen. TenneT is van mening dat eenduidigheid vereist dat de kwaliteit geborgd wordt in een norm. Nogmaals verwijst TenneT naar studiegroep TC8X als de aangewezen plaats voor dergelijke technische discussies.

### **Mogelijkheden voor financiële prikkels**

Is het zinvol te investeren in een betere spanningskwaliteit terwijl die nu al beter is dan vastgelegd in de huidige normen? Gegeven dat de compatibiliteitsniveaus in de huidige normen afgestemd zijn op de immuïteitsniveaus van apparatuur, kan het antwoord niet zijn dat daarmee grote voordelen behaald gaan worden in het voorkomen van uitval van apparatuur.

De economische motivatie die door bijvoorbeeld de producenten wordt aangevoerd is dat een niet-ideale spanningskwaliteit leidt tot extra netverliezen en een hogere uitstoot van CO<sub>2</sub> (milieuschade). De netverliezen zijn echter al een economische prikkel in het systeem en een verlaging van de uitstoot van CO<sub>2</sub> kan mogelijk op een andere manier effectiever bereikt worden.

Hoe groot de economische voordelen van een hogere spanningskwaliteitsverbetering zijn, is lastig te kwantificeren. Sommige kwaliteitsaspecten leggen beslag op de transportcapaciteit of geven extra netverlies, maar niet alle. De beschikbare informatie over schade heeft doorgaans betrekking op spanningskwaliteit als geheel en niet op afzonderlijke aspecten. Een onderzoek door SEO in 2003 naar de kosten van stroomstoringen liet zien dat mensen een lagere waarde hechten aan onderbrekingen dan gedacht. Of dit ook geldt voor de gevolgen van een slechte spanningskwaliteit is niet bekend, maar het valt niet uit te sluiten. De kosten voor het verbeteren van de spanningskwaliteit komen overigens ten laste van de transporttarieven en daarmee alleen van de verbruikers en niet van de producenten.

Het bezwaar van TenneT tegen een economische prikkel is ook principieel van aard. Er zijn principieel twee mechanismen:

- Een zachte norm die een financiële prikkel bepaalt. Voorbeeld is de bewaking van de betrouwbaarheid (via NESTOR). De hoogte van de indicatoren bepaalt de Q- en X-factor, waarmee de transporttarieven worden beïnvloedt.

---

<sup>13</sup> Tweede Kamer, vergaderjaar 1998-1999, 26 20 XIII, nr. 53.

- Een harde norm. Voorbeeld is de bewaking van de kwaliteitsaspecten met het PQM-systeem. Overschrijding van de grenswaarden leidt tot correctieve actie en mogelijk tot geschilbeslechting via ACM of de civiele rechter.

Het zacht maken van de kwaliteitsbewaking betekent ook dat de harde (binaire) kwaliteitseisen moeten worden vervangen door een kwaliteitsschaal. Een enigszins vergelijkbare discussie is een aantal jaren geleden gevoerd. Daarbij is onderzocht of de kwaliteitsindicatoren voor spanningskwaliteit onderdeel zouden kunnen zijn van de Q-factor voor de regionale netbeheerders. Dat bleek om diverse redenen niet haalbaar.

De bestaande regelingen bieden een heldere eenduidige route voor het afhandelen van kwaliteitsschendingen respectievelijk nalatigheden van de netbeheerder. Een specifieke sanctieregeling voor de kwaliteitsindicatoren van de spanningskwaliteit zou dit heldere beeld vertroebelen.

#### 4. Conclusies

In deze notitie wordt een overzicht gegeven van de in het kader van "speciale projecten" uitgevoerde onderzoeken. De vragen waren:

- 10. Netbeheerders dienen de impact van speciale projecten op de spanningskwaliteit inzichtelijk te maken. Hiervoor dienen mogelijkerwijs ook stroommetingen te worden uitgevoerd.*
- 11. De impact van speciale projecten dient voor- en na het in bedrijf nemen ervan te worden geanalyseerd en de resultaten daarvan ter beschikking te worden gesteld voor een breed publiek, bijvoorbeeld door publicatie op de website van de netbeheerder.*
- 12. Reeds gerealiseerde projecten als NorNed en BritNed dienen te worden voorzien van vaste meetapparatuur. De voorkeur van de ACM gaat uit naar het meten van de spanningskwaliteit op de aansluiting van zulke projecten zelf en niet in de naaste omgeving hiervan. Hierdoor wordt een zo betrouwbaar mogelijk beeld van speciale projecten verkregen.*

De uitkomsten van de diverse studies zijn samengevat in hoofdstuk 2 en via de website gepubliceerd. Ook zijn de genoemde projecten voorzien van vaste meetapparatuur. Voor sommige aspecten van sommige projecten is er een statistisch verband. Er is echter nergens sprake van een sterk causale relatie, hooguit correlaties. Een speciaal project geeft daarom niet per definitie een verslechtering en ook andere veranderingen in het net kunnen een impact hebben op de spanningskwaliteit. Eventueel vervolgonderzoek vereist daarom een scherpe en locatie specifieke vraagstelling.

TenneT is van mening dat de impact die nieuwe installaties en verbindingen hebben op de spanningskwaliteit beheerst moet worden door het stellen van aansluiteseisen.

De normen en analysemethodieken zijn nog volop in ontwikkeling. Met betrekking tot individuele limieten voor harmonischen zijn er in de toekomst ontwikkelingen te verwachten door de toename van kabels en vermogenslektronica in de netten. TenneT is daar via een aantal gremia bij betrokken, onder andere in

onderzoeksproject LOWHarM. Dit project is een samenwerking met diverse onderzoeksinstituten.

Daar waar er verschil van inzicht is over welke grenzen gehanteerd moeten worden, zijn technische werkgroepen en studiegroepen de plaatsen waar discussies het best gevoerd kunnen worden. Daarin zijn zowel netbeheerders als aangeslotenen vertegenwoordigd. Inzichten kunnen via normen eenduidig worden geborgd.

**Bijlage 1:** Bijlage H uit het rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland' 2016

*Tabel H1: Aantal metingen en overschrijdingen, 2007 – 2016*

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
			Langzame spanningsvariatie	Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
2016	LS	263	-	2	-	60
	MS	264	-	2	1	1
	HS	3439	-	8	53	24
	EHS	1010	121	1	1	-
2015	LS	266	-	2	-	58
	MS	269	-	2	-	-
	HS	1265	-	-	1	-
	EHS	650	35	18	-	-
2014	LS	244	-	3	-	41
	MS	246	1	1	1	2
	HS	883	-	-	-	-
	EHS	614	80	11	-	-
2013	LS	60	-	-	-	13
	MS	56	-	-	-	-
	HS	964	-	-	-	-
	EHS	708	149	6	-	-
2012	LS	57	-	1	-	7
	MS	60	-	1	-	1
	HS	966	-	-	-	-
	EHS <sup>1</sup>	516	25	4	-	-
2011	LS	59	-	-	-	7
	MS	58	-	-	-	-
	HS	941	-	-	-	-
2010	LS	60	-	2	2	7
	MS	58	-	-	-	-
	HS	1011	-	-	-	-
2009	LS	59	-	2	-	6
	MS	60	-	-	-	-
	HS	1018	-	-	-	-
2008	LS	57	-	-	-	6
	MS	59	-	1	-	-
	HS	1036	1	-	-	-
2007	LS	58	2	3	-	-
	MS	60	-	-	-	-
	HS	1024	-	2	1	3

## Bijlage 2: Samenvatting resultaten per speciaal project<sup>14</sup>

In deze bijlage worden de resultaten van elk project afzonderlijk samengevat op basis van de eerder genoemde rapporten.

### High Voltage Direct Current NorNed

- Het via de HVDC-verbinding getransporteerde vermogen beïnvloedt de powerflow in het gebied Eemshaven en daarmee de netspanning op het aansluitpunt. De gemeten spanningsniveaus, die binnen de grenzen van het toegestane bereik bleven, verschilden niet wezenlijk bij import respectievelijk export van vermogen. De statistische analyse laat een (positieve) impact op de LSV zien als een daling van 1 à 1,5 kV.
- Statistische analyse van de meetdata laat een invloed zien op de asymmetrie. De gevonden toename is maximaal 0,07.<sup>15</sup>
- De gemeten totale harmonische vervorming (THD) ligt onder de planningsniveaus. Vastgesteld werd dat NorNed geen dominante storingsbron is. De relatie met het door NorNed getransporteerde vermogen is zwak: de statistische analyse beoordeelde de invloed voor slechts 1 van de 3 fasen als statistisch relevant.

### High Voltage Direct Current BritNed

- Op de aspecten LSV en asymmetrie kon geen significante impact worden vastgesteld.
- Statistische analyse van de meetdata laat een dempende (positieve) invloed zien van BritNed op de THD. De gevonden afname bedroeg 0,1 à 0,15.

### Condensatorbanken op 220kV en 380kV

Onderzocht zijn de 220kV-condensatorbank in Weiwerd en de 380kV condensatorbank in Diemen.

- Op het aspect LSV kon geen significante impact worden vastgesteld.
- Voor het aspect asymmetrie vond de statistische analyse bij de 380kV-condensatorbank een (positieve) invloed, namelijk een afname van ongeveer 0,05. Voor de 220kV-condensatorbank kon geen significante impact worden vastgesteld.
- Op het aspect LSV kon geen significante impact worden vastgesteld.. Simulaties laten zien dat de condensatorbanken dankzij hun C-type ontwerp een dempend (positief) effect hebben op de harmonische vervorming in het net.
- Simulaties laten zien dat de snelle spanningsvariatie (RVS), zelfs zonder gebruik van de synchroon-schakelaar, niet boven de toelaatbare grenswaarde van 3 % uitkomt.

### Condensatorbanken op 150kV

Onderzocht is de condensatorbank in Maarheeze.

<sup>14</sup> Alle genoemde studierapporten zijn online beschikbaar via <http://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/nederlandse-markt/spanningskwaliteit-in-nederland/>.

<sup>15</sup> Opmerking TenneT: in het gezamenlijke onderzoek van TenneT en Energie-Nederland naar de asymmetrie in de regio Eemshaven werd gevonden dat de asymmetrie gerelateerd is aan het vermogen dat vanuit de regio Eemshaven richting de rest van Nederland getransporteerd wordt. Het vermogen van de NorNed HVDC-verbinding draagt bij aan dit transport. Derhalve is correlatie te verwachten. Dezelfde correlatie is ook aanwezig bij vermogenstransporten afkomstig van de overige opwekeenheden in de Eemshaven.

- De statistische analyse laat een (nadelige) impact op de LSV zien als een stijging van 1 à 1,5 kV.
- Voor het aspect asymmetrie vond de statistische analyse een (positieve) invloed, namelijk een afname van ongeveer 0,04.
- Voor het aspect THD vond de statistische analyse een (nadelige) invloed, namelijk een toename van 0,1 à 0,3.

### **Condensatorbanken op 110kV**

Onderzocht is de condensatorbank in Harculo.

- Op de aspecten LSV en asymmetrie kon geen significante impact worden vastgesteld.
- Voor het aspect THD vond de statistische analyse een (positieve) invloed, namelijk een afname van ongeveer 0,5.

### **Ondergrondse kabels op 380kV**

Onderzocht is de kabelverbinding Wateringen – Bleiswijk.

- De statistische analyse laat een (nadelige) impact op de LSV zien als een stijging van ongeveer 1 kV.
- Op het aspect asymmetrie kon geen significante impact worden vastgesteld.
- De gemeten totale harmonische vervorming (THD) ligt onder de planningsniveaus.
  - De statistische analyse vond voor Wateringen een (nadelige) impact op de THD (van 0,1), maar slechts in 1 van de drie fasen. In de andere fasen was geen sprake van een statische relevantie.
  - Voor Bleiswijk vond de statistische analyse een toename van de THD van 0,5 à 1.
  - Simulaties laten zien dat de kabelverbinding de netimpedantie bij de harmonische frequenties van de in het net aanwezige stoorbronnen niet significant verhoogd.