



Handboek Spanningskwaliteit in Nederland

Bedrijfsinterne rapportage

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

Opdrachtnemer **Movares Nederland B.V.**
Movares Energy

Kenmerk RM-ME-RM131261-01 / Versie 1.1

Datum Utrecht, 26 januari 2016

Autorisatieblad**Handboek Spanningskwaliteit in Nederland**

Bedrijfsinterne rapportage

Versie	Toelichting	Datum
0.1 (concept)	Nieuwe versie handboek; ter review aangeboden aan leden contactgroep Spanningskwaliteit	7 mei 2014
1.0 (definitief)	Reviewcommentaar van contactgroep verwerkt Eindcontrole en vrijgave door Movares	12 juni 2014
1.1 (update)	Actualisatie van handboek. Wijzigingen betreffen met name: • 2.3: Toelichting soft- en firmware Fluke 435 • 3.1: Uitbreiding aantal meetlocaties (E)HS • 3.2: Wijziging naar 3G-modems • 3.4.5: kwaliteitscriteria spanningsdips (E)HS • Bijlagen B en C: overzicht meetlocaties (E)HS	26 januari 2016

	Naam	Paraaf
Opgesteld door	Luuk Derksen en Hans Wolse	
Gecontroleerd door	Tom Bogaert	
Vrijgegeven door	Rik Luiten	

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Laag- en middenspanning	4
2.1	Steekproefselectie	4
2.2	Metingen	4
2.3	Aandachtspunten	4
2.4	Statistische uitspraak	7
2.5	Kwaliteitscriteria en toetswaarden	8
2.5.1.	<i>Langzame spanningsvariatie</i>	8
2.5.2.	<i>Snelle spanningsvariatie</i>	12
2.5.3.	<i>Spanningsasymmetrie</i>	14
2.5.4.	<i>Harmonische vervorming</i>	15
3	(Extra) hoogspanning	16
3.1	Meetlocaties	16
3.2	Metingen	16
3.3	Statistische uitspraak	18
3.4	Kwaliteitscriteria en toetswaarden	18
3.4.1.	<i>Langzame spanningsvariatie</i>	18
3.4.2.	<i>Snelle spanningsvariatie</i>	19
3.4.3.	<i>Spanningsasymmetrie</i>	19
3.4.4.	<i>Harmonische vervorming</i>	19
3.4.5.	<i>Spanningsdips</i>	20
	Bijlage A: Meetformulier laag- en middenspanning	23
	Bijlage B: Overzicht meetlocaties hoogspanning	24
	Bijlage C: Overzicht meetlocaties extra hoogspanning	28
	Colofon	30

1 Inleiding

Onder de vlag van branchevereniging Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar het project Spanningskwaliteit in Nederland (ook bekend als: PQM-project) uit. Dit project geeft op basis van metingen inzicht in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. De overheid stelt binnen wet- en regelgeving eisen aan de elektriciteitsnetten van Nederland, waaronder de spanningskwaliteit. Controle op naleving van deze eisen wordt gedaan door de Autoriteit Consument & Markt (hierna: ACM).

In de Netcode Elektriciteit is bepaald dat de spanningskwaliteit moet voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria. De landelijke spanningskwaliteit wordt gebaseerd op de uitgevoerde metingen en hierover wordt jaarlijks gerapporteerd in het rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland'. Dit rapport is in nauwe samenwerking met de Nederlandse netbeheerders tot stand gekomen en is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. Dit rapport wordt digitaal beschikbaar gesteld via de website www.NetbeheerNederland.nl en maakt onderscheid tussen de volgende netvlakken:

- Laagspanning (LS): nominale spanning ≤ 1 kV
- Middenspanning (MS): nominale spanning > 1 kV en < 35 kV
- Hoogspanning (HS): nominale spanning ≥ 35 kV en ≤ 150 kV
- Extra Hoogspanning (EHS): nominale spanning > 150 kV en ≤ 380 kV

Dit handboek geeft betrokkenen bij het PQM-project meer inzicht in de opzet en praktische uitvoering van het landelijke meetproject. Zo wordt er ingegaan op de geldende kwaliteitscriteria, de gehanteerde steekproeftechniek, de verwerking van de meetresultaten en de gebruikte meetapparatuur. Gezien de doelgroep van dit handboek wordt enige basiskennis over spanningskwaliteit en bijbehorende verschijnselen als aanwezig verondersteld.

Dit handboek is gebaseerd op de inzichten en faciliteiten op het moment van schrijven. Binnen Netbeheer Nederland is een contactgroep opgericht die zich bezig houdt met landelijke vraagstukken over spanningskwaliteit, waaronder het PQM-project. De contactgroep bestaat uit één vertegenwoordiger per netbeheerder en is op dit moment als volgt samengesteld:

Tabel S1: Huidige samenstelling contactgroep Spanningskwaliteit

Organisatie	Vertegenwoordiger
Cogas Infra en Beheer	Gerard Geist
Enduris	Jaap Moerland
Endinet	Sharmistha Bhattacharyya
Enexis	Rick Poulussen
Liander	Sjef Cobben (voorzitter)
Rendo	Gerrit Scharrenberg
Stedin	Theo Meeks
TenneT	Frans van Erp
Westland Infra	Amrish Sookhlall
Netbeheer Nederland	Henk van Bruchem
Movares Energy	Rik Luiten (secretaris)

2 Laag- en middenspanning

2.1 Steekproefselectie

In overleg met ACM en heeft de contactgroep besloten om de steekproef vanaf 2014 te vergroten naar 540 metingen (270 in het LS-netvlak en 270 in het MS-netvlak). Voorheen werden er 120 metingen (60 per netvlak) uitgevoerd. De steekproeftrekking wordt door Movares representatief en aselekt uitgevoerd. Dit betekent vrij vertaald dat de trekking niet-selectief wordt uitgevoerd en iedere meetlocatie eenzelfde kans heeft om getrokken te worden.

Een meetlocatie betreft een postcodegebied. Binnen of zoveel mogelijk in de buurt van dit gebied voert de netbeheerder een power quality meting uit. Voor de trekking van de postcodegebieden is rekening gehouden met de aansluitdichtheid door inzet van de EAN-codelijst van EDSN. Dit wil zeggen dat een postcodegebied dat veel EAN-codes bevat, een grotere kans heeft om getrokken te worden dan een postcodegebied met weinig EAN-codes.

2.2 Metingen

In lijn met voorgaande jaren worden de volgende spanningsverschijnselen bewaakt en gemeten: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (Plt), asymmetrie en harmonischen. Het is de verantwoordelijkheid van de verschillende netbeheerders om ervoor te zorgen dat op de getrokken meetlocaties op de juiste manier wordt gemeten. In het LS-netvlak worden fase-nul metingen uitgevoerd en in het MS-netvlak fase-fase metingen.

De metingen dienen uitgevoerd te worden met het meetinstrument Fluke 435 Series I of Series II op 3-fasen aansluitpunten van klanten. Beide Fluke-instrumenten betreffen een klasse A meetinstrument conform de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30. Een klasse A instrument wordt gebruikt voor het uitvoeren van metingen waarbij slechts een kleine onzekerheid gewenst is. Hieronder valt het toetsen van de spanningskwaliteit op een aansluitpunt. Bij een klasse A instrument worden eisen gesteld aan de registratiemethode en meetonzekerheid. De meetinstrumenten dienen eenmaal per jaar gekalibreerd te worden. Het is de verantwoording van de netbeheerders zelf dat deze kalibratie jaarlijks uitgevoerd wordt. Tevens is het van belang dat de meter is voorzien van de laatst beschikbare versie van de firmware. Dit geldt ook voor de software om de meters uit te lezen.

2.3 Aandachtspunten

Als hulpmiddel voor het uitvoeren van de metingen en ter voorkoming van onnodige meetfouten zijn in overleg met de contactgroep aandachtspunten opgesteld. Deze zijn nader besproken met de betrokken meetspecialisten en worden jaarlijks onder hen verspreid. De aandachtspunten zijn:

1: Meting binnen getrokken postcodegebied uitvoeren

De meting wordt bij voorkeur uitgevoerd binnen het geselecteerde postcodegebied. Indien hier geen geschikt driefasen meetpunt aanwezig is, wordt verzocht om zo dicht mogelijk bij het opgegeven gebied een alternatief aansluitpunt te selecteren. De ervaring leert dat het met name bij de MS-locaties voorkomt dat in een aantal gevallen uitgeweken moet worden. Dit omdat er binnen het geselecteerde gebied geen geschikte spannings-/meettransformatoren aanwezig zijn. Benadrukt wordt dat uitwijken naar een verderop gelegen gebied binnen het betreffende MS-net

de voorkeur heeft ten opzichte van het meten op een MS-rail van het voedende station binnen het getrokken gebied. Er mag in geen geval in een ander netvlak (lees: in het LS-net in plaats van het MS-net) worden gemeten.

2: Meting minimaal één volledige week uitvoeren

De kwaliteitscriteria uit de Netcode Elektriciteit hebben betrekking op een meetperiode van één week. Wanneer een meting korter heeft geduurd wordt deze meting als onbruikbaar gezien en niet meegenomen in de rapportage. Let erop dat een meting die in de middag wordt geplaatst en start, niet een week later in de ochtend kan worden opgehaald. In dit geval wordt de meting afgekeurd, omdat hij geen volle 7 dagen heeft geduurd.

3: Meting uitvoeren in opgegeven kalendermaand

Leidend is hierbij de startdatum van de meting. Door spreiding van de metingen over de kalendermaanden wordt de invloed van eventuele seizoenseffecten op de totale meetresultaten zoveel mogelijk voorkomen. ACM heeft erop aangedrongen dat metingen in de aangegeven maand gestart dienen te worden. Graag jullie aandacht hiervoor. Een evaluatie van afgelopen jaren leert dat dit in circa 5% van de gevallen niet is gebeurd.

4: Juiste instellingen voor de meting gebruiken

Het is belangrijk om de juiste instellingen goed te controleren voordat een meting wordt gestart. Dit geldt vooral voor de MS-metingen. Dit om te voorkomen dat een aangeleverde MS-meting niet bruikbaar is als gevolg van een verkeerd gekozen inputrange en/of overzetverhouding. In het LS-net worden fase-nul metingen uitgevoerd, in het MS-net fase-fase metingen.

6: Soft- en firmware

Fluke heeft ervoor gekozen om voor de verschillende versies van het meetinstrument (de Fluke 435 series-I en Fluke 435 series-II) een eigen versie van de Powerlog software te ontwikkelen. De reden hiervoor is dat de Fluke 435 series-II meer aanvullende functionaliteiten heeft. Metingen op de 435 series-I dienen met Powerlog Classic te worden gedownload. Metingen op de 435 series-II dienen met Powerlog 5.0 te worden gedownload. In de contactgroep is afgesproken dat alle metingen per 1 januari 2016 moeten worden uitgevoerd met de laatste versie van de firm- en software. Op het moment van schrijven (januari 2016) gelden de volgende versies als meest actueel:

Fluke 435 series-I	
Laatste firmware versie	V2.11
Metingen downloaden	Powerlog Classic
Bestandsextensie	.fpq
Fluke 435 series-II	
Laatste firmware versie	V4.05
Metingen downloaden	Powerlog 5.0
Bestandsextensie	.fpqo

Metingen gemeten met de Fluke 435 series-II met 'oude' firmware (<V4.05), kunnen geopend worden met Powerlog 5.0. Er zal een melding verschijnen met de optie om de meting om te zetten naar een .fpqo bestand. Wanneer men kiest voor 'nee' zal het meetbestand gewoon openen en kan men zoals gewoonlijk de data inzien en exporteren. Wanneer men 'ja' kiest zal het bestand worden omgezet naar een .fpqo bestand, het meetbestand zal daardoor in vervolg automatisch openen met Powerlog 5.0 wanneer de file wordt aangeklikt. Een punt van aandacht

is dat het bestand dan enkel nog te openen is met Powerlog 5.0 en niet meer met eerdere versies van Powerlog.

6: Aanleveren metingen aan Movares Energy

De netbeheerders worden verzocht om ruwe meetdata te e-mailen naar PQM@movares.nl.

Movares Energy beoordeelt de ontvangen metingen maandelijks en koppelt het resultaat daarvan terug. U wordt verzocht om het meetformulier mee te sturen (zie bijlage A).

In verband met een zoveel mogelijk geautomatiseerde verwerking van de metingen voor publicatie op de website www.UwSpanningskwaliteit.nl is het van belang dat de meetbestanden voortaan een uniforme naam meekrijgen. Deze naam is:

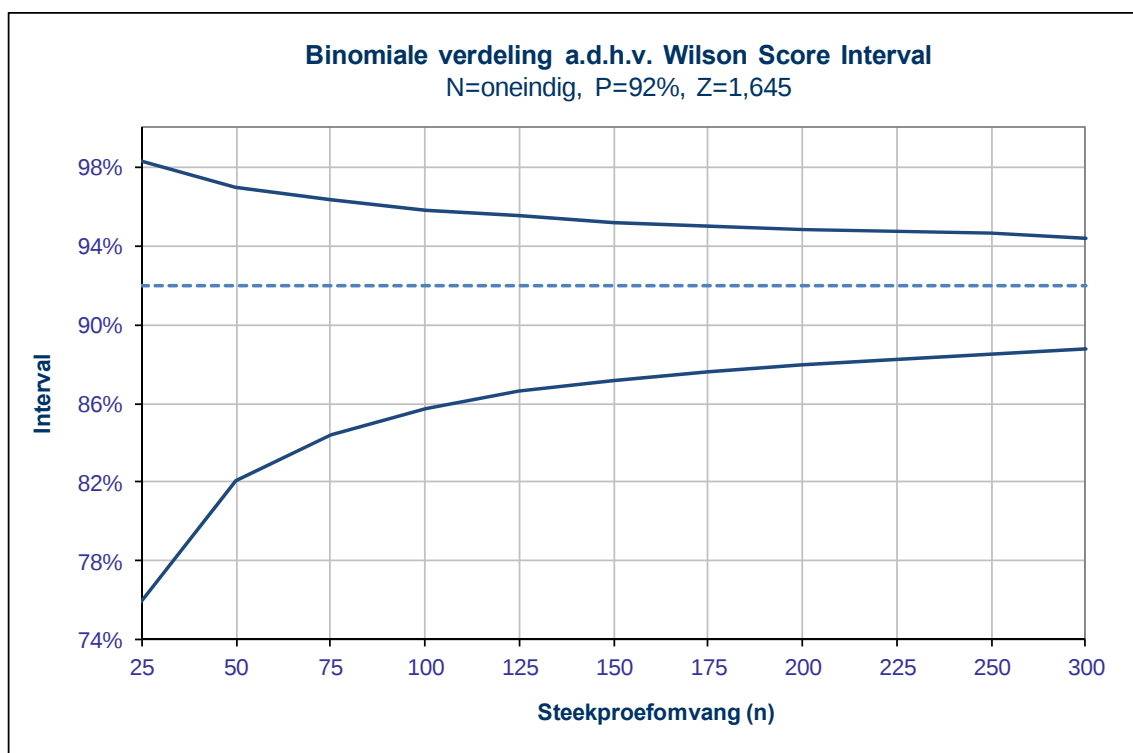
[metingnummer]_[postcode]_[meetjaar].fpq (bijvoorbeeld LS031_1234AB_2016.fpq).

Metingen die uitgevoerd zijn met het meetinstrument Fluke 435 series II krijgen de extensie .fpqo in plaats van .fpq (dit is automatisch geregeld in de nieuwe versies van de Powerlog software). Het metingnummer moet beginnen met de afkorting van het netvlak (LS of MS) gevolgd door het nummer. Het nummer bestaat altijd uit drie cijfers, LS31 wordt dus LS031. De postcode bestaat altijd uit vier cijfers en twee letters (zonder spatie) en betreft de locatie waar de meting daadwerkelijk is uitgevoerd. Het meetjaar betreft het jaartal waarin de meting is gestart. Indien er een overschrijding wordt geconstateerd, dient dit zo snel mogelijk bij de contactpersoon te worden gemeld. Dit in verband met het uitvoeren van een eventuele hermeting. De contactpersoon is verantwoordelijk voor het aanleveren van een toelichting op overschrijdingen, maar input hiervoor vanuit de meetspecialisten is van harte welkom.

2.4 Statistische uitspraak

Met de meetresultaten worden in het jaarlijkse rapport ‘Spanningskwaliteit in Nederland’ uitspraken gedaan die van toepassing zijn op alle aansluitpunten die samen de populatie (het netvlak) vormen. De conclusies kunnen niet worden gebruikt voor een uitspraak over de spanningskwaliteit in deelnetten of op individuele aansluitingen. Voor bepaling van de uitspraken wordt een Wilson Score Interval gegenereerd bij een zogenaamde binominale verdeling. Het interval heeft betrekking op het percentage aangesloten dat binnen een netvlak aan de gestelde kwaliteitseisen voldoet. De statistische betrouwbaarheid van de uitspraak bedraagt 90%. Op basis van de meetresultaten kan bijvoorbeeld worden gesteld dat in het laagspanningsnet tussen de 75% en 92% van de klantaansluitingen in Nederland voldoen aan de geldende kwaliteitscriteria.

De grootte van een steekproef is direct van invloed op de nauwkeurigheid van de statistische uitspraak. Hoe groter de steekproef, hoe nauwkeuriger de uitspraak. Figuur 2.1 geeft de winst in nauwkeurigheid weer ten opzichte van de grootte van de steekproef. Bij samenstelling van de figuur op basis van de afgelopen 10 jaar als uitgangspunt gehanteerd dat 92% van de meetpopulatie aan de gestelde kwaliteitseisen zal voldoen. De figuur geeft de winst in nauwkeurigheid weer ten opzichte van de grootte van de steekproef.



Figuur 2.1: Betrouwbaarheidsinterval bij verschillende steekproefgrootten

Figuur 2.1 laat zien dat de bandbreedte van de uitspraak circa 15% bedraagt bij een steekproef van 60 meetlocaties. Bij een steekproefomvang van 250 meetlocaties wordt de bandbreedte verkleind naar circa 6%. De nauwkeurigheid van de uitspraak is bij deze steekproefomvang dus ruim tweemaal groter. De figuur laat zien dat de positieve gevolgen van een steekproefvergroting het grootst zijn bij een relatief kleine vergroting. Oftewel, het effect van een steekproefvergroting van 25 naar 75 is groter dan het effect van een vergroting van 200 naar 250. Zoals eerder gemeld heeft de contactgroep op verzoek van ACM besloten om de steekproefomvang met ingang van 2014 te verhogen van 60 naar 270 meetlocaties per netvlak.

2.5 Kwaliteitscriteria en toetswaarden

Tijdens een bijeenkomst met de contactgroep in kwartaal 1 van het jaar worden de meetresultaten van afgelopen jaar besproken. Op individuele basis hebben de netbeheerders al eerder terugkoppeling over de meetresultaten ontvangen. Na goedkeuring van de totale, landelijke meetresultaten tijdens de bijeenkomst wordt het jaarlijkse rapport ‘Spanningskwaliteit in Nederland’ samengesteld. In deze rapportage worden onder andere de overschrijdingen gerapporteerd, inclusief toelichting over de oorzaak en oplossing. Ook worden er eventuele trends inzichtelijk gemaakt met behulp van boxplots.

Van alle LS en MS metingen wordt tenminste elk kwartaal een individueel rapport gepubliceerd op de website www.UwSpanningskwaliteit.nl. Van ieder verschijnsel wordt in het rapport aangegeven of al dan niet aan de kwaliteitscriteria wordt voldaan.

De meetresultaten van de bewaakte spanningsverschijnselen worden getoetst aan de nationale kwaliteitscriteria uit de Netcode. De Netcode bevat een verscherpte versie van de kwaliteitscriteria uit de Europese norm EN 50160. In navolgende paragrafen wordt de verwerking en presentatie van de relevante spanningskenmerken nader toegelicht.

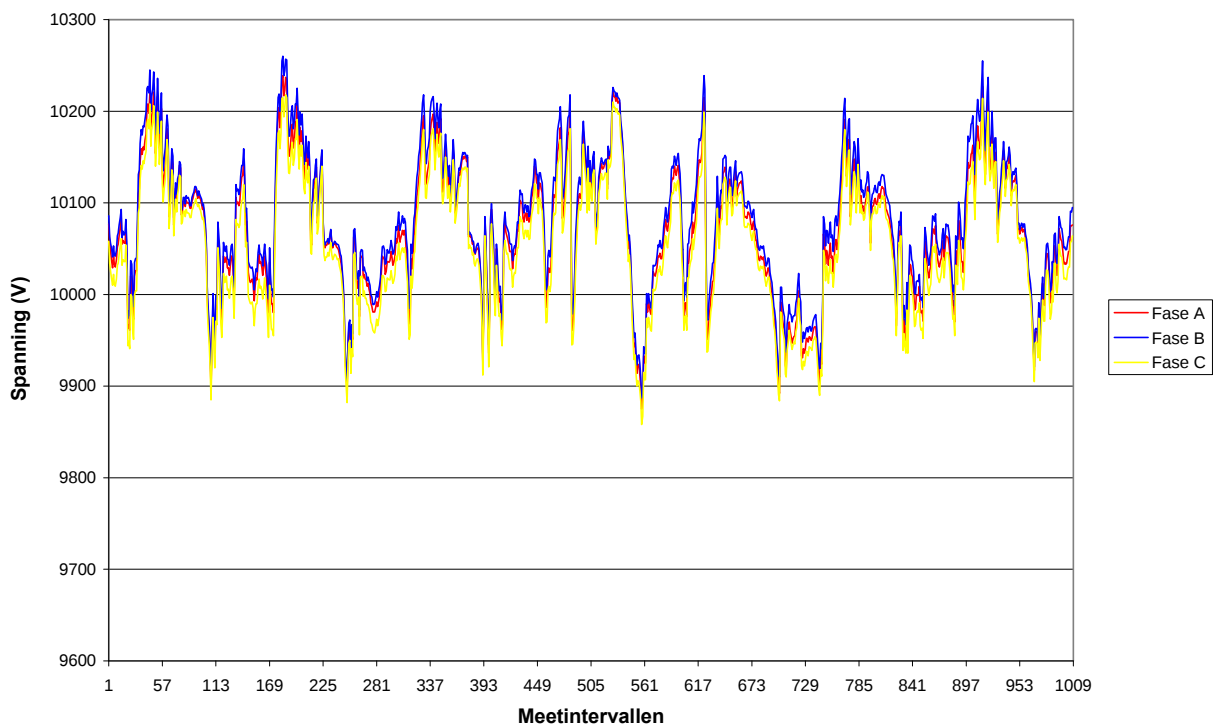
Binnen het project wordt flagging toegepast, zie de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30 voor meer informatie. Door toepassing van dit concept wordt voorkomen dat over een overschrijding van een continue spanningsverschijnsel wordt gerapporteerd als deze het gevolg is van een spanningsonderbreking, -dip of –stijging (swell).

2.5.1. Langzame spanningsvariatie

In de Netcode zijn de volgende kwaliteitscriteria opgenomen met betrekking tot het verschijnsel langzame spanningsvariatie. Ze gelden voor zowel het LS- als MS-netvlak.

- $U_n \pm 10\%$ voor 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende één week.
- $U_n +10 / -15\%$ voor alle over 10 minuten gemiddelde waarden.

In figuur 2.2 is een lijndiagram weergegeven van een willekeurig gekozen MS-meting. Het lijndiagram is gebaseerd op een weekmeting die bestaat uit 1.008 opeenvolgende meetintervallen (7 dagen x 24 uur x 6 meetwaarden).

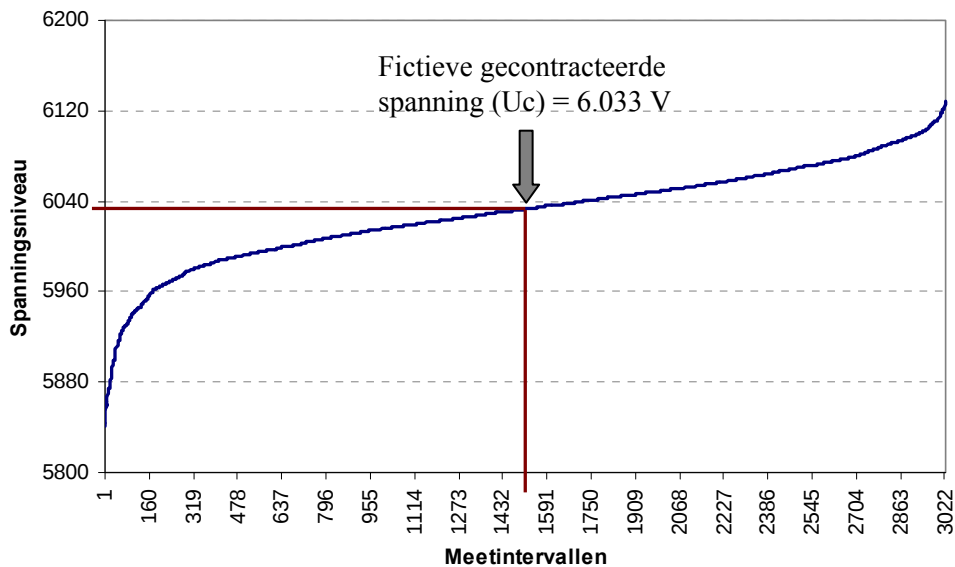


Figuur 2.2: Voorbeeld lijndiagram langzame spanningsvariatie

De metingen worden volgens de eisen in de Netcode geanalyseerd. Voor elk spanningsverschijnsel wordt per fase voor elke weekmeting de toetswaarde gepresenteerd en vergeleken met de geldende kwaliteitscriteria. Voor de LS-metingen wordt de procentuele afwijking van de spanning bepaald ten opzichte van de nominale spanning (U_n). Voor LS-netten bedraagt deze spanning 230 V.

Voor MS-netten dient de ‘gecontracteerde spanning’ (U_c) vastgesteld te worden. Deze spanning heeft betrekking op het contractueel afgesproken niveau van de geleverde spanning op de betreffende meetlocatie. In de praktijk blijkt het spanningsniveau meestal niet contractueel te zijn vastgesteld. Binnen de contactgroep is daarom besloten om voor alle gevallen de U_c per meting vast te stellen aan de hand van de meetresultaten. Deze U_c is dus een fictieve gecontracteerde spanning en wordt bepaald door de mediaan te selecteren uit alle meetresultaten van de drie fasen. Voor alle drie de fase wordt dezelfde mediaanwaarde gehanteerd.

In de praktijk gaat dit als volgt te werk: om te beginnen worden alle meetwaarden van de drie fasen van klein naar groot gesorteerd (zie figuur 2.3). Vervolgens wordt de mediaan bepaald: dit is de gemiddelde meetwaarde van de middelste meetwaarde (te weten: het gemiddelde van de meetwaarde 1.512 en 1.513). De waarde hiervan wordt vervolgens vastgesteld als U_c . In het voorbeeld is dit een fasespanning van 6.033 V.



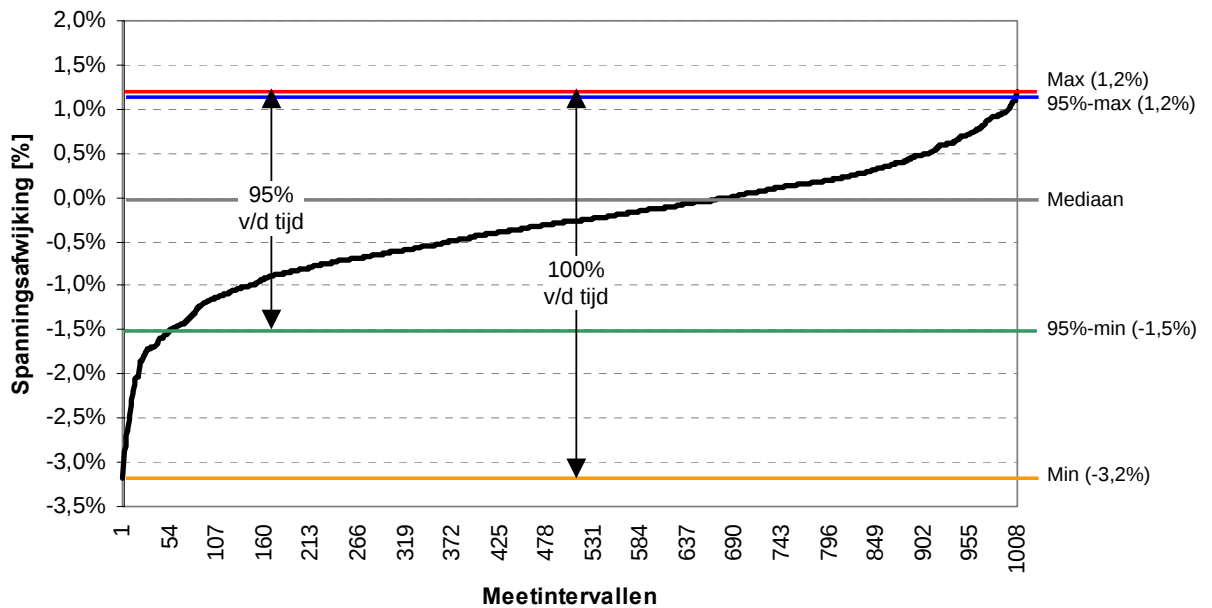
Figuur 1.3: Vaststellen fictieve gecontracteerde spanning (U_c)

Als de nominale spanning (bij LS) of declared voltage (bij MS) bekend is, kunnen de toetswaarden worden bepaald. In het geval van langzame spanningsvariatie gaat het hierbij om de procentuele afwijkingen. Er moet bekeken worden of deze afwijkingen aan de eerder genoemde kwaliteitscriteria voldoen.

Er worden twee soorten afwijkingen onderscheiden:

- *Maximale afwijking*: heeft betrekking op de afwijking van het hoogst gemeten spanningsniveau ten opzichte van U_n of U_c .
- *Minimale afwijking*: heeft betrekking op de afwijking van het laagst gemeten spanningsniveau ten opzichte van U_n of U_c .

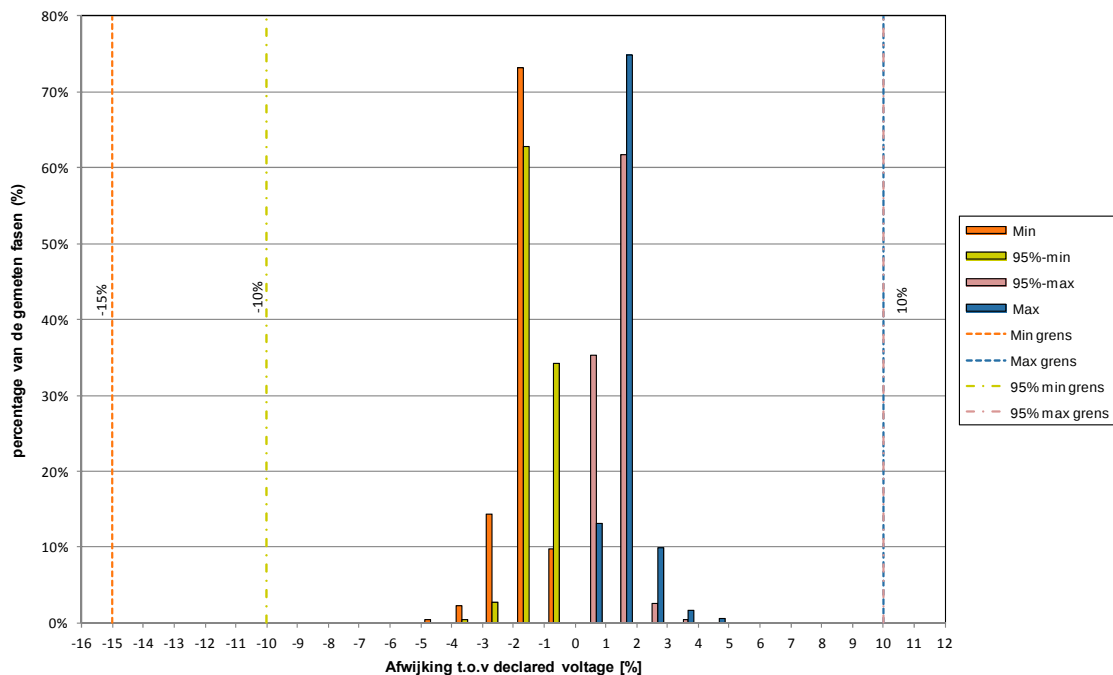
De maximale en minimale afwijking wordt voor iedere fase afzonderlijk bepaald. De eerste bepaling heeft betrekking op 100% van de meetintervallen (1.008). De tweede bepaling betreft 95% van de meetintervallen die het dichtst bij U_n of U_c liggen. In figuur 2.4 is een voorbeeld weergegeven voor één van de fasen. Voor deze fase geldt dat de toetswaarden ruimschoots aan de maximaal toelaatbare afwijkingen voldoen.



Figuur 2.4: Vaststellen toetswaarden langzame spanningsvariatie

De bewerking wordt voor alle fasen van alle metingen uitgevoerd. Per meetweek worden de te toetsen meetwaarden verzameld. Vervolgens worden de toetswaarden van alle metingen in een jaar gesorteerd en weergegeven in een histogram. In dit histogram staat de procentuele afwijking ten opzichte van U_n of U_c weergegeven op de X-as. De afwijkingen zijn verdeeld over verschillende categorieën, zoals 0-1% en 1-2%. Per categorie wordt aangegeven hoeveel procent van de toetswaarden binnen de gestelde grenzen valt. De figuur geeft dus niet alleen inzicht in de minimale en maximale afwijking van alle metingen, maar ook in de verdeling van alle toetswaarden.

Als voorbeeld is in figuur 2.5 een histogram weergegeven met de resultaten van uitgevoerde MS-metingen. Voor het middenspanningsnet stelt de Netcode dat de maximale 100%-waarde niet meer dan +10% mag afwijken. In de figuur zijn deze 100%-toetswaarden weergegeven door kolommen met een blauwe kleur. De figuur laat zien dat ca. 75% van de afwijkingen ligt tussen de +1% en +2%. De hoogste maximale afwijking bevindt zich tussen de +4% en +5%. Deze afwijking bevindt zich nog op een ruime afstand van de maximale grenswaarde van 10% (blauwe stippellijn in figuur). Aan de maximale 95%-waarde worden dezelfde kwaliteitseisen gesteld als aan de maximale 100%-waarde. Logischerwijs voldoet ook deze toetswaarde aan de kwaliteitscriteria. Uit de figuur blijkt dat ook de 95% en 100% minimale toetswaarden aan de geldende kwaliteitscriteria voldoen.



Figuur 2.5: Voorbeeld histogram langzame spanningsvariatie

Een meting voldoet niet aan de kwaliteitcriteria als één van de volgende gevallen zich voordoet:

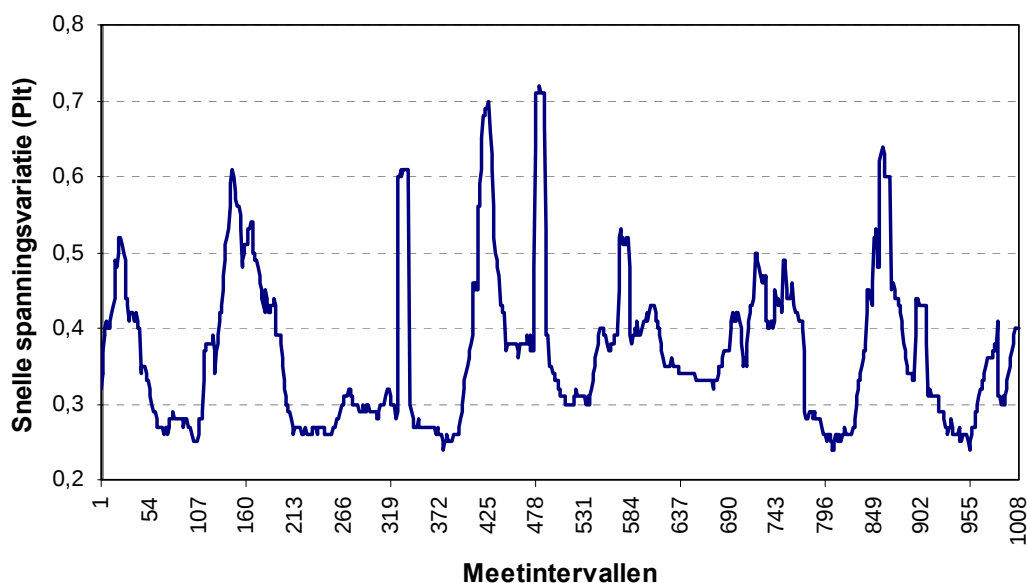
1. De (100%) minimale waarden of 95%-min waarden bevinden zich links van de bijbehorende grenswaarden.
2. De (100%) maximale waarden of 95%-max waarden bevinden zich rechts van de bijbehorende grenswaarden.

2.5.2. Snelle spanningsvariatie

In de Netcode zijn de volgende kwaliteitcriteria opgenomen met betrekking tot het verschijnsel snelle spanningsvariatie (Plt). Ze gelden voor zowel het LS- als MS-netvlak.

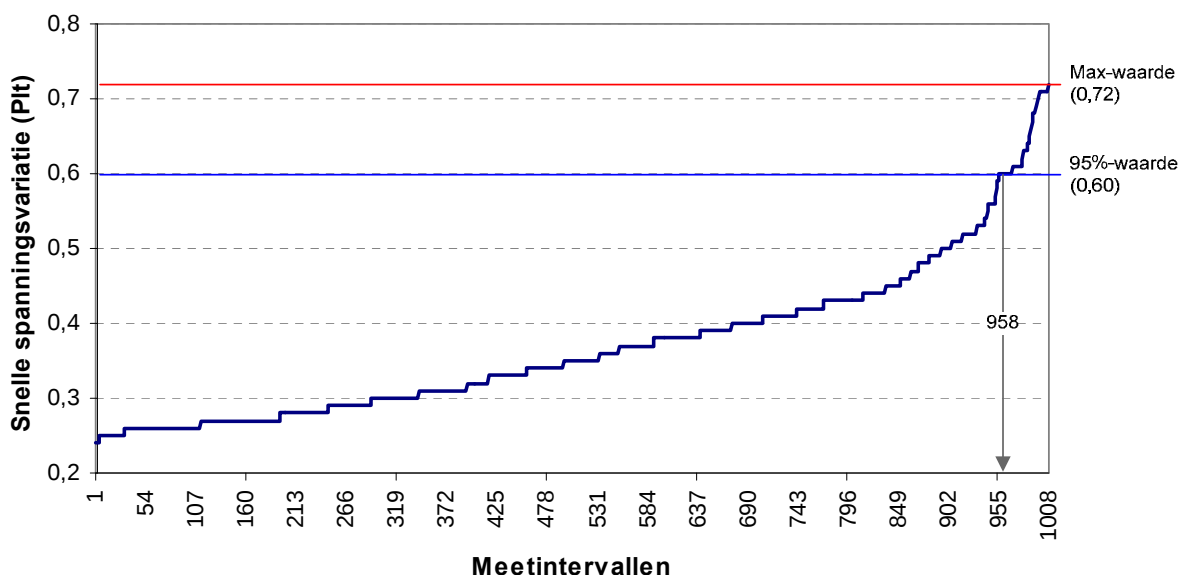
- $Plt \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $Plt \leq 5$ voor alle over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

In figuur 2.6 is een lijndiagram van één van de fasen weergegeven van een willekeurig gekozen spanningsmeting. Om te bepalen of de meting aan de kwaliteitcriteria voldoet, worden de meetresultaten gesorteerd van klein naar groot.



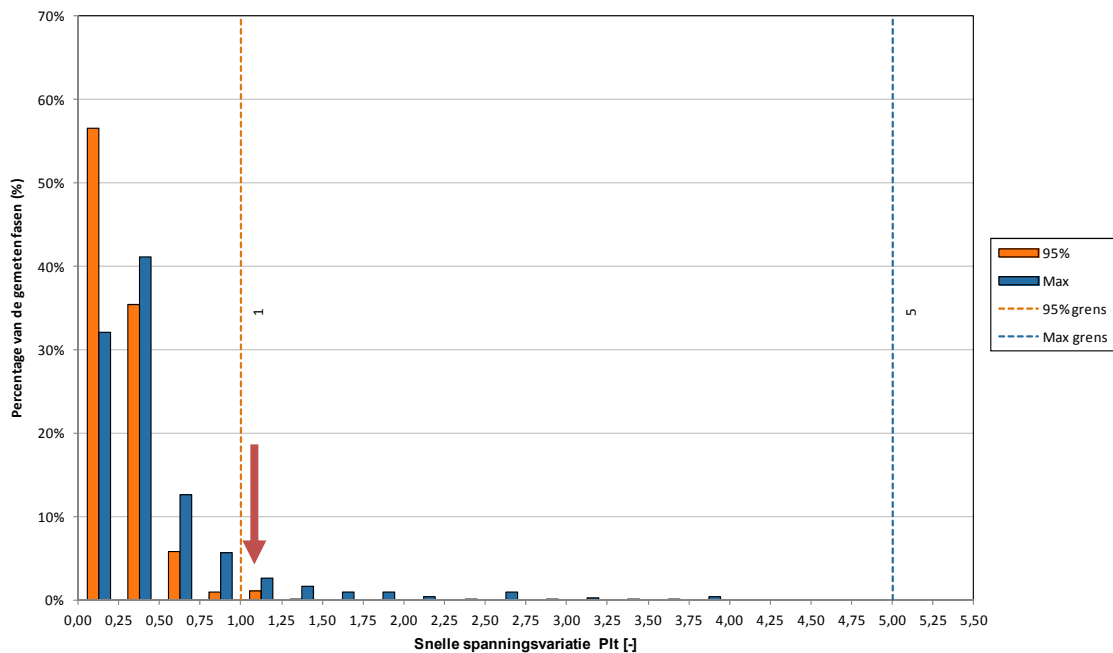
Figuur 2.6:voorbeeld lijndiagram snelle spanningsvariatie (Plt)

In figuur 2.7 is de voorbeeldmeting op deze manier uitgewerkt. Volgens de Netcode moet 95% van de 1.008 meetintervallen binnen de grenswaarde $Plt = 1$ vallen. Praktisch vertaald houdt dit in dat intervallen met de rangorden 1 tot en met 958 deze grenswaarde niet mogen overschrijden. Bij interval 958 (de toetswaarde) heeft de Plt in het voorbeeld een waarde van 0,60. De Netcode stelt ook dat de maximale waarde in de meting lager moet zijn dan 5. In het voorbeeld is de maximale waarde gelijk aan 0,72. Zowel de maximum- als de 95%-waarde voldoen in dit voorbeeld aan de gestelde kwaliteitscriteria.



Figuur 2.7: Gesorteerde meetwaarden van de snelle spanningsvariatie (Plt)

Na de verwerking worden de toetswaarden per meting (bestaande uit drie fasen) verzameld en uitgezet in een histogram die alle metingen van een jaar omvat. De 95% toetswaarden zijn in de figuur weergegeven door middel van oranje kolommen. Een aantal van deze intervallen ligt aan de rechterkant van de grenswaarde voor 95% van de tijd (zie pijl in figuur 2.8). Dit betekent dat een deel van de metingen niet voldoet aan gestelde kwaliteitscriteria. De maximale waarden zijn in de figuur weergegeven door de blauwe kolommen. Deze dienen links te liggen van de maximale grenswaarde (Plt = 5); dit is voor alle meetwaarden het geval.



Figuur 2.8: Voorbeeld histogram snelle spanningsvariëaties (circa 250 metingen)

2.5.3. Spanningsasymmetrie

In de Netcode zijn de volgende kwaliteitscriteria opgenomen met betrekking tot het verschijnsel spanningsasymmetrie. Ze gelden voor zowel het LS- als MS-netvlak.

- De inverse component van de spanning ligt tussen 0 en 2% van de normale component gedurende 95% van de 10 minuten meetperioden per week.
- De inverse component van de spanning ligt tussen de 0 en 3% van de normale component voor alle meetperioden.

De verwerking en presentatie van de meetresultaten met betrekking tot het verschijnsel asymmetrie verlopen op dezelfde manier als bij snelle spanningsvariëatie (zie voorgaande paragraaf) en wordt daarom niet nader toegelicht.

2.5.4. Harmonische vervorming

In de Netcode zijn de volgende kwaliteitscriteria opgenomen met betrekking tot individuele harmonischen en de totale harmonische vervorming (THD). Ze gelden voor zowel het LS- als MS-netvlak.

- De relatieve spanning per harmonische is kleiner dan het in de norm genoemde percentage voor 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden. Voor harmonischen die niet vermeld zijn, geldt de kleinst vermelde waarde uit de norm¹.
- $THD \leq 8\%$ voor alle harmonischen tot en met de 40^e, gedurende 95% van de tijd.
- De relatieve spanning per harmonischen is kleiner dan $11/2^2$ x het in de norm genoemde percentage voor 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden.
- $THD \leq 12\%$ voor alle harmonischen tot en met de 40^e, gedurende 99,9% van de tijd.

De kwaliteitscriteria voor de individuele harmonische zijn samengevat in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Kwaliteitscriteria individuele harmonischen, LS- en MS-netvlak

Oneven harmonische	95%-grenswaarde	99,9% grenswaarde	Even harmonische	95%-grenswaarde	99,9% grenswaarde
3	5,0%	7,5%	2	2,0%	3,0%
5	6,0%	9,0%	4	1,0%	1,5%
7	5,0%	7,5%	6-24	0,5%	0,75%
9	1,5%	2,25%			
11	3,5%	5,25%			
13	3,0%	4,5%			
15	0,5%	0,75%			
17	2,0%	3,0%			
19	1,5%	2,25%			
21	0,5%	0,75%			
23	1,5%	2,25%			
25	1,5%	2,25%			

Hoewel binnen het PQM-project de individuele harmonischen tot en met de 25^e worden gemeten en onderzocht, wordt in de jaarlijkse rapportage in principe alleen de THD gepresenteerd. Wanneer een overschrijding bij één van de individuele harmonischen plaatsvindt, wordt deze uiteraard wel in de rapportage opgenomen.

De verwerking en presentatie van de meetresultaten met betrekking tot harmonischen verloopt in overeenstemming met de meetresultaten van snelle spanningsvariatie. Het enige verschil is dat de Max-waarde (100%) is vervangen voor een 99,9%-waarde. Praktisch gezien houdt dit in dat één van de 1.008 meetintervallen boven de vermelde grenswaarde mag uitkomen.

¹ Met 'de norm' wordt op de NEN-EN-50160 bedoeld.

² Met '11/2' wordt 1 ½ bedoeld.

3 (Extra) hoogspanning

3.1 Meetlocaties

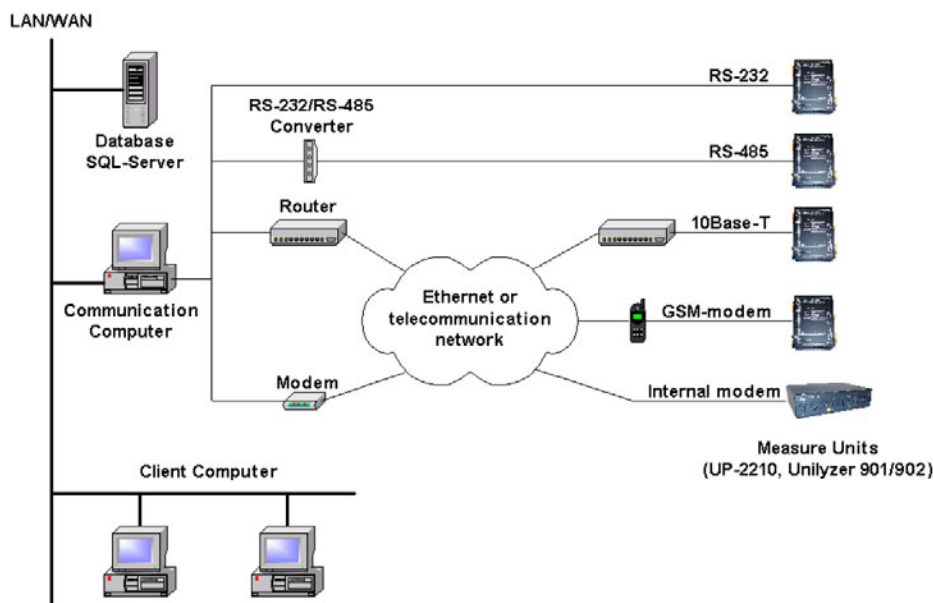
Voor het HS-net is in 2004 een standaard steekproef getrokken onder alle aangesloten, zowel producenten als afnemers. In 2004 zijn 20 aangesloten aselect getrokken uit een lijst van alle aangesloten in HS-netten. In opdracht van de ACM heeft TenneT haar meetsysteem uitgebreid naar alle aangesloten. In totaal gaat het hierbij om circa 120 meetlocaties. De uitbreiding van het meetsysteem is in 2015 uitgevoerd. Bijlage B bevat een overzicht van alle meetlocaties.

In het EHS-net wordt vanaf 2009 gemeten en in de loop der jaren is het meetsysteem uitgebreid naar het meten van de spanningskwaliteit bij alle aangesloten. Op dit moment telt het systeem ca. 30 meetlocaties; hierop is dus geen steekproeftrekking van toepassing geweest. Bijlage C bevat een overzicht van deze meetlocaties.

3.2 Metingen

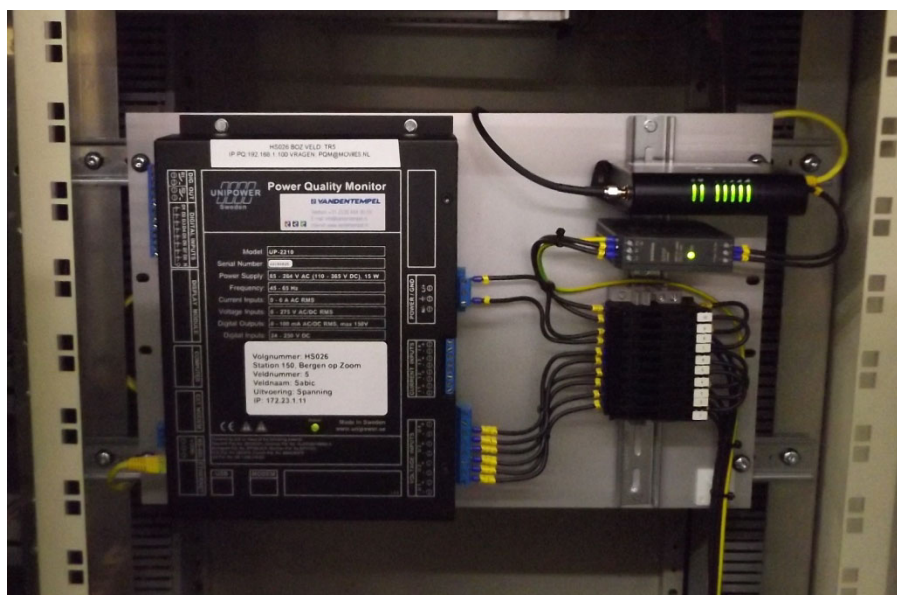
Een groot verschil tussen LS/MS-metingen en (E)HS-metingen is dat er in het de hoogspanningsnetten geen week- maar jaarmetingen worden uitgevoerd. Er wordt namelijk gebruik gemaakt van een permanent meetsysteem. Het grote voordeel hiervan is dat er door een forse vergroting van de meetperiode een beter beeld wordt verkregen van de spanningskwaliteit. Daarnaast biedt een continu meetsysteem de mogelijkheid om spanningsdips te beschouwen; naast de verschijnselen die ook in de LS- en MS-netten worden gemeten.

Figuur 3.1 geeft een schematisch overzicht van het meetsysteem in het (E)HS-netvlak, waarbij drie onderdelen zijn te onderscheiden: de meeteenheden, communicatieapparatuur en een database waarin de data wordt opgeslagen. Het beheer van het HS-meetsysteem ligt sinds 2011 in handen van Movares Energy; voorheen lag het beheer van het meetsysteem bij DNV-GL en KEMA. Het beheer van het EHS-meetsysteem ligt sinds 2014 in handen van Movares Energy. Hier is mede op aandringen van toezichthouder ACM voor gekozen. Voorheen lag het beheer in handen van TenneT zelf.



Figuur 3.1: Schematisch overzicht UniPower-meetsysteem

Voor het (E)HS-netvlak wordt gebruik gemaakt van de meeteenheid Unipower UP2210. Dit is een drie-fasen meetinstrument dat is ontworpen voor het gelijktijdig meten van spanningsverschijnselen en is ontwikkeld voor een permanente installatie (zie figuur 3.2). De storingsgevoelige GSM-modems waarmee de bestaande meters worden uitgelezen, zijn in 2015 vervangen door 3G-modems. Daarnaast zijn alle nieuwe meters standaard voorzien van 3G-modems. Meerdere keren per dag wordt de data uit de meters opgehaald door een server van Movares. De binnengehaalde data wordt vervolgens via naar de PQM-database (SQL-server) verstuurd. Bij het optreden van een spanningsdip wordt er automatisch een email melding verstuurd.



Figuur 3.2: Voorbeeld Unipower-meeteenheid en 3G-modem

Het PQM-project richt zich op de spanningskwaliteit op het aansluitpunt van een klant. Omdat hoogspanningsklanten gekoppelde spanningen wordt aangeboden, is de contactgroep van mening dat er gekoppelde spanningen (fase-fase) moeten worden gemeten in zowel het HS- als EHS-netvlak.

3.3 Statistische uitspraak

Net als voor het LS- en MS-netvlak, worden met de meetresultaten van het (E)HS-netvlak in het jaarlijkse rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland' uitspraken gedaan die van toepassing zijn op alle aansluitpunten die tezamen de populatie (het netvlak) vormen. De conclusies kunnen niet worden gebruikt voor een uitspraak over de spanningskwaliteit in deelnetten of op individuele aansluitingen.

In het (E)HS-netvlak is toepassing van een statistische uitspraak niet van toepassing, omdat hier bij alle aangesloten wordt gemeten.

3.4 Kwaliteitscriteria en toetswaarden

Deze paragraaf bespreekt de kwaliteitscriteria die gelden voor het (E)HS-net. Deze criteria wijken regelmatig af van die voor het LS- en MS-net.

De verwerking en presentatie van de verschijnselen langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, asymmetrie en harmonischen verloopt op een vergelijkbare manier als bij LS en MS. In deze paragraaf wordt alleen op de verschillen ingegaan. Voor meer informatie over de verwerking en presentatie wordt verwezen naar hoofdstuk 2.

Ook bij de metingen in het (E)HS-netvlak wordt flagging toegepast, zie de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30 voor meer informatie. Door toepassing van dit concept wordt voorkomen dat over een overschrijding van een continue spanningsverschijnsel wordt gerapporteerd als deze het gevolg is van een spanningsonderbreking, -dip of -stijging (swell).

Van de HS- en EHS-metlocaties wordt elk kwartaal een rapportage samengesteld, die desbetreffende netbeheerders een gedetailleerd overzicht geeft van de spanningkwaliteit. Dit meetrapport wordt gepubliceerd op de website www.UwSpanningskwaliteit.nl. Van ieder verschijnsel wordt in het rapport aangegeven of al dan niet aan de kwaliteitscriteria wordt voldaan. Daarnaast wordt een diptabel gepresenteerd die alle spanningsdips van het afgelopen jaar bevat. De vier kwartaalrapportages van een jaar vormen de basis voor de meetresultaten in het jaarlijkse rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland'.

3.4.1. Langzame spanningsvariatie

In de Netcode is het volgende kwaliteitscriterium opgenomen met betrekking tot het verschijnsel langzame spanningsvariatie. Ze gelden voor zowel het HS- als EHS-netvlak.

- $U_c \pm 10\%$ voor 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van één week.

U_c = supply voltage agreed by the network operator and the network user.

Note: generally the declared voltage U_c is the nominal voltage U_n but it may be different according to the agreement between the network operator and the network user.

Bij de aangesloten in het HS-net is in veel gevallen geen gecontracteerde spanning (U_c) herleidbaar. In overleg met TenneT en RNB'ers is daarom besloten om voor toetsing van de metingen gebruik te maken van de gemiddelde geregistreerde spanningswaarden. Op verzoek van TenneT wordt voor de klanten in het EHS-net gebruik gemaakt van de nominale spanning voor de toetsing.

3.4.2. Snelle spanningsvariatie

In de Netcode zijn de volgende kwaliteitscriteria opgenomen met betrekking tot het verschijnsel snelle spanningsvariatie (Plt). Ze gelden voor zowel het HS- als EHS-netvlak.

- $Plt \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van één week
- $Plt \leq 5$ voor alle over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van één week.

3.4.3. Spanningsasymmetrie

In de Netcode is het volgende kwaliteitscriterium opgenomen met betrekking tot het verschijnsel spanningsasymmetrie. Ze gelden voor zowel het HS- als EHS-netvlak.

- Inverse component $\leq 1\%$ van de normale component gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

3.4.4. Harmonische vervorming

In de Netcode zijn de volgende kwaliteitscriteria opgenomen met betrekking tot individuele harmonischen en de totale harmonische vervorming (THD). Zoals hieronder weergegeven, is er een verschil in criteria voor het HS- en EHS-netvlak.

Voor het HS-netvlak geldt:

- $THD \leq 6\%$ voor alle harmonischen tot en met de 40^e , gedurende 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $THD \leq 7\%$ voor alle harmonischen tot en met de 40^e , gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

Voor het EHS-netvlak geldt:

- $THD \leq 5\%$ voor alle harmonischen tot en met de 40^e , gedurende 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $THD \leq 6\%$ voor alle harmonischen tot en met de 40^e , gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

De kwaliteitscriteria voor de individuele harmonische zijn samengevat in tabel 3.1. Opgemerkt wordt dat de criteria alleen gelden voor het HS-netvlak. Voor het EHS-netvlak worden (vooralsnog) geen eisen aan de individuele harmonischen gesteld en vindt daarom alleen toetsing plaats op de totale harmonische vervorming (THD). In tegenstelling tot in het LS- en MS-netvlak worden er geen eisen aan 99,9% grenswaarden gesteld.

De tabel bevat een aantal **geel gearceerde waarden** die ook bij toetsing van de metingen worden gebruik. Dit zijn waarden die afkomstig zijn uit tabel 3.1 en formeel dus alleen voor de LS- en MS-netten gelden. Voor het HS-netvlak gelden voor deze harmonischen op dit moment nog geen formele grenswaarde.

Tabel 3.1: Grenswaarden individuele harmonischen, HS-netvlak

Oneven harmonische	95%- grenswaarde	Even harmonische	95%- grenswaarde
3	3,0%	2	1,9%
5	5,0%	4	1,0%
7	4,0%	6-24	0,5%
9	1,3%		
11	3,0%		
13	2,5%		
15	0,5%		
17	2,0%		
19	1,5%		
21	0,5%		
23	1,5%		
25	1,5%		

3.4.5. Spanningsdips

Sinds eind 2013 geldt voor aangesloten op het HS- en EHS-net dat het aantal opgetreden spanningsdips per categorie per aansluiting per jaar in de regel kleiner is dan of gelijk is aan de in tabel 3.2 genoemde waarden. Een deel van de tabel is rood gearceerd. Dit betreffen de dipcategorieën die de Begrippenlijst Elektriciteit als hinderlijk beschrijft. De formele definitie van hinderlijke spanningsdips luidt:

Een spanningsdip met een duur van 10 tot 200 milliseconde en een restspanning van minder dan 40%, of met een duur van 200 tot 500 milliseconde en een restspanning van minder dan 70%, of met een duur van 500 tot 5.000 milliseconde en een restspanning van minder dan 80%.

De Netcode Elektriciteit vraagt van de netbeheerder om bij registratie van en rapportage over tenminste de hinderlijke spanningsdips onderscheidt te maken tussen de volgende oorzaken:

- Handeling van een netbeheerder;
- Handeling van een aangeslotene;
- Kortsluiting in het net;
- Kortsluiting in de installatie van een aangeslotene;
- Externe invloeden, zoals weersomstandigheden;
- Overige en onbekende oorzaken.

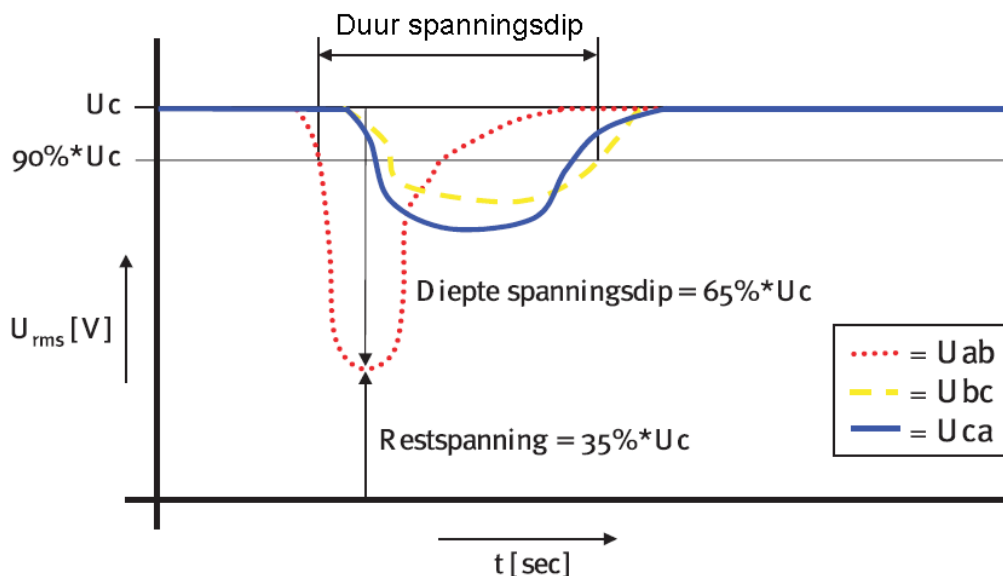
Naar aanleiding van een onderzoek naar hinderlijke spanningsdips, zoals bedoeld in de Netcode Elektriciteit, is geconstateerd dat op een aantal 110 en 150 kV-stations verschijnselen zijn geregistreerd als spanningsdip die bij nadere analyse geen spanningsdip blijken te zijn geweest. Ze waren het gevolg van de in deze stations toegepaste relaïsschakeling (zogenoeten spanningscarroussel). Het verschil tussen de hoeveelheid werkelijk opgetreden spanningsdips en de hoeveelheid geregistreerde spanningsdips was substantieel. Om deze reden vonden de gezamenlijke netbeheerders het wenselijk om de in de diptabel in artikel 3.2.1a van de Netcode Elektriciteit opgenomen waarden opnieuw te bepalen op basis van de gefilterde meetgegevens. Het resultaat van de herberekening is weergegeven in tabel 3.2. De **rode getallen** zijn de aangepaste waarden op basis van de herberekening. Op het moment van schrijven ligt er een codewijzigingsvoorstel bij de ACM om de nieuwe maxima in de Netcode Elektriciteit op te nemen. Naar alle waarschijnlijkheid zal deze herziening in maart doorgevoerd zijn.

Tabel 3.2: Maxima spanningsdips per categorie

Restspanning u %	Duur t ms			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	13 16	2	1	1
$80 > u \geq 70$	12 8	2	1	0
$70 > u \geq 40$	7 5	1 2	1 0	0
$40 > u \geq 5$	9 2	1	1 0	1 0
$5 > u$	12 1	1	1 0	3 0

Figuur 3.5 bevat een fictief voorbeeld van een spanningsdip in een drie-fasen systeem. Aangegeven is hoe de duur en diepte van een dip worden bepaald binnen het PQM-project. Uit de figuur blijkt onder andere dat de duur van de dip bepaald wordt door alle tegelijkertijd opgetreden dips. Als er dus binnen verschillende meetkanalen tegelijkertijd een spanningsdip optreedt, worden er geen drie dips, maar één dip gerapporteerd. Deze aanpak is in lijn met de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30 die onder andere stelt dat:

A dip begins when the Urms voltage of one or more channels is below the dip threshold and ends when the Urms voltage on all measured channels is equal to or above the dip threshold plus the hysteresis voltage. The duration of a voltage dip is the time difference between the start time and the end time of the voltage dip.



Figuur 3.5: Voorbeeld duur-diepte bepaling spanningsdip

Op dit moment worden dips in het HS- en EHS-netvlak door twee verschillende systemen geregistreerd (zie ook paragraaf 3.2). De registratie van spanningsdips en filtering intern in de meter vindt binnen beide systemen op verschillende manieren plaats. Dit resulteert erin dat er in het EHS-netvlak in sommige gevallen meer dips worden geregistreerd dan in het HS-netvlak. Dit geldt bijvoorbeeld als er meerdere spanningsdips optreden die elkaar opvolgen als gevolg van bijvoorbeeld een automatische wederinschakeling. Volgens de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30 mag in dit geval maar één spanningsdip geteld te worden. De norm stelt namelijk:

Multiple dips may occur, for example, during a failed attempt to auto-reclose and re-energize a faulty line section. Events that occur at approximately the same time may be counted as a single event.

De norm definieert niet wat met ‘approximately the same time’ wordt bedoeld. In het PQM-project wordt als uitgangspunt gehanteerd dat spanningsdips die op eenzelfde locatie binnen 1 seconde na elkaar voorkomen als één dip worden geteld.

Om inzicht te krijgen in het verschijnsel spanningsdip worden de resultaten van de dipregistratie weergegeven in een tabel. In de tabel zijn de dips ingedeeld naar twintig diptypen; elk met een eigen diepte en duur. De indeling is conform de norm NEN-EN 50160, met uitzondering van spanningsdips met een duur langer dan 5 seconden en korter dan 60 seconden. Deze dips worden niet geregistreerd vanwege technische beperkingen van de meetsystemen.

Tabel 3.3 bevat ter illustratie het resultaat van de geregistreerde spanningsdips in het jaar 2013. Zoals gemeld wordt er onderscheidt tussen twintig diptypen gemaakt. Per type worden vier indicatoren gerapporteerd:

- Indicator 1 (linksboven): het gemiddelde aantal spanningsdips over alle meetlocaties
- Indicator 2 (rechtsboven): het hoogste aantal geregistreerde spanningsdips op één en dezelfde meetlocatie
- Indicator 3 (linksonder): het totale aantal geregistreerde spanningsdips op alle meetlocaties
- Indicator 4 (rechtsonder): het aantal meetlocaties waarbij het diptype is geregistreerd.

Tabel 3.3: Geregistreerde spanningsdips HS-netvlak (illustratief voorbeeld)

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	4,3	20	0,1	1	0,1	1	0,0	0
	85	18	2	2	1	1	0	0
80 > u ≥ 70	1,6	10	0,1	1	0,0	0	0,0	0
	31	12	1	1	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	1,6	13	0,2	1	0,0	0	0,0	0
	31	10	3	3	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	1,3	10	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	25	4	0	0	0	0	0	0
5 > u	0,9	12	0,0	0	0,2	3	0,2	3
	17	5	0	0	3	1	4	2

In de praktijk hebben de meters niet altijd 100% van de tijd dips geregistreerd, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan geplande onderbrekingen (onderhoud), kalibraties, defecte apparatuur en communicatieproblemen. Per meter wordt daarom de beschikbaarheid bepaald. Vervolgens zijn de dips per meter gecorrigeerd aan de hand van deze beschikbaarheidsfactor. Voor de beeldvorming: de beschikbaarheid van het HS-meetsysteem bedroeg de afgelopen jaren ruim 90%.

Bijlage A: Meetformulier laag- en middenspanning

Meetformulier Power Quality Monitoring 2016: LS/MS	
A.u.b. onderstaand formulier invullen en met bijbehorende meting versturen naar het e-mailadres pqm@movares.nl. Leidend zijn de gegevens die betrekking hebben op de daadwerkelijke meetlocatie. Het e-mailadres pqm@movares.nl kunt u ook gebruiken voor het stellen van vragen. Telefonisch zijn wij bereikbaar via 030-2654357 (Luuk Derksen) of 030-2654026 (Hans Wolse).	
<u>Gegevens:</u>	<u>In te vullen door netbeheerder:</u>
Naam contactpersoon	
Contactgegevens (telefoon, e-mail)	
Metingnummer (bijv. LS031)	
Postcode (bijv. 1234AB)	
Startdatum meting (bijv. 1 juni 2016)	
Type aangeslotene (Bijv. huishouden, horeca, detailhandel, zakelijke dienstverlening, agrarisch, industrie, teruglevering ³ , anders)	
Spanningsniveau (bijv. 10kV, betreft hier de primaire spanning)	
Meetlocatie (bijv. meterkast)	
Adres (bijv. Daalseplein 100, Utrecht)	
Toelichting overschrijding (indien van toepassing)	
Overige opmerkingen (indien van toepassing)	

³ Bijvoorbeeld WKK, windturbine of zonnepark

Bijlage B: Overzicht meetlocaties hoogspanning

Tabel B1: Overzicht meetlocaties hoogspanning

Volgnr.	Stationsnaam	Spanningsniveau	Netbeheerder
HS001	Maarheze	150 kV	TenneT
HS002	Tilburg West	150 kV	TenneT
HS003	Boschpoort	50 kV	Enexis
HS004	Graetheide	150 kV	TenneT
HS005	Merseyweg	150 kV	TenneT
HS006	Alblasserdam	50 kV	Stedin
HS007	Nijmegen	150 kV	TenneT
HS008	Arnhem	50 kV	Liander
HS009	Alkmaar	50 kV	Liander
HS010	Diemen	150 kV	TenneT
HS011	Amsterdam	50 kV	Liander
HS012	Harculo	110 kV	TenneT
HS013	Veenoord	110 kV	TenneT
HS014	NOP Voor-sterweg	110 kV	TenneT
HS015	Grijpskerk	110 kV	TenneT
HS016	Rotterdam	150 kV	TenneT
HS017	Delft	150 kV	TenneT
HS018	Westdorpe	50 kV	Enduris
HS019	Sluiskil	150 kV	TenneT
HS020	Utrecht Lageweide	150 kV	TenneT
HS021	Terneuzen	150 kV	TenneT
HS022	Terneuzen	150 kV	TenneT
HS023	Borselle	150 kV	TenneT
HS024	Borselle	150 kV	TenneT
HS025	Europoort	150 kV	TenneT
HS026	Bergen op Zoom	150 kV	TenneT
HS027	Etten	150 kV	TenneT
HS028	Roosendaal Borchwerf	150 kV	TenneT
HS029	Moerdijk	150 kV	TenneT
HS030	Moerdijk	150 kV	TenneT
HS031	Botlek	150 kV	TenneT
HS032	Geervliet Noorddijk	150 kV	TenneT
HS033	Geervliet Noorddijk	150 kV	TenneT
HS034	Maasvlakte	150 kV	TenneT
HS035	Veenoord	110 kV	TenneT
HS036	Wijster Oosterscheveld	110 kV	TenneT
HS037	Almelo Tusveld	110 kV	TenneT
HS038	Hengelo Oele	110 kV	TenneT
HS039	Luttelgeest Kalenberg	110 kV	TenneT
HS040	Delfzijl Weiwerd	110 kV	TenneT
HS041	Delfzijl Weiwerd	110 kV	TenneT
HS042	Sassenheim	150 kV	TenneT
HS043	Musselkanaal Zandberg	110 kV	TenneT

HS044	Borculo	150 kV	TenneT
HS045	Renkum	150 kV	TenneT
HS046	Renkum	150 kV	TenneT
HS047	Almere	150 kV	TenneT
HS048	Bargermeer	110 kV	TenneT
HS049	Coevorden Europark	110 kV	TenneT
HS050	Enschede Marssteden	110 kV	TenneT
HS055	Hengelo Boldershoek	110 kV	TenneT
HS057	Meeden	110 kV	TenneT
HS058	Meeden	110 kV	TenneT
HS059	Meeden	110 kV	TenneT
HS061	Ommen Dante	110 kV	TenneT
HS062	Westermeerdijk	110 kV	TenneT
HS063	Westermeerdijk	110 kV	TenneT
HS064	Westermeerdijk	110 kV	TenneT
HS065	Winsum Ranum	110 kV	TenneT
HS066	Zeyerveen	110 kV	TenneT
HS067	Groningen Hunze	110 kV	TenneT
HS068	Groningen Hunze	110 kV	TenneT
HS069	Groningen Hunze	110 kV	TenneT
HS070	Kropswolde	110 kV	TenneT
HS071	Kropswolde	110 kV	TenneT
HS072	Meeden	110 kV	TenneT
HS073	Alblasserdam	150 kV	TenneT
HS074	Anna Paulowna	150 kV	TenneT
HS075	Eindhoven Noord	150 kV	TenneT
HS076	Geertruidenberg	150 kV	TenneT
HS078	Helmond Oost	150 kV	TenneT
HS079	Helmond Oost	150 kV	TenneT
HS080	Hemweg	150 kV	TenneT
HS081	Hemweg	150 kV	TenneT
HS082	Kubbetocht	150 kV	TenneT
HS083	Lelystad	150 kV	TenneT
HS084	Lelystad	150 kV	TenneT
HS085	Maarheze	150 kV	TenneT
HS087	Maasbracht	150 kV	TenneT
HS088	Markerkant	150 kV	TenneT
HS089	Merseyweg	150 kV	TenneT
HS090	Merseyweg	150 kV	TenneT
HS093	Ommoord	150 kV	TenneT
HS094	Oterleek	150 kV	TenneT
HS095	Rotterdam Waalhaven	150 kV	TenneT
HS096	Rotterdam Waalhaven	150 kV	TenneT
HS097	Teersdijk	150 kV	TenneT
HS098	Tilburg West	150 kV	TenneT
HS099	Tilburg West	150 kV	TenneT
HS101	Velsen	150 kV	TenneT
HS102	Velsen	150 kV	TenneT

HS103	Velsen	150 kV	TenneT
HS104	Velsen	150 kV	TenneT
HS106	Westerlee	150 kV	TenneT
HS107	Westwoud	150 kV	TenneT
HS108	Zeewolde	150 kV	TenneT
HS109	Zevenaar	150 kV	TenneT
HS110	Zevenbergschenhoek	150 kV	TenneT
HS111	Zoetermeer	150 kV	TenneT
HS113	Eerbeek	150 kV	TenneT
HS114	Tiel	150 kV	TenneT
HS115	Norg	110 kV	TenneT
HS116	Geertruidenberg	150 kV	TenneT
HS117	Zevenbergschenhoek	150 kV	TenneT
HS118	Anna Paulowna	150 kV	TenneT
HS119	Delfzijl Weiwerd	110 kV	TenneT
HS120	Delfzijl Weiwerd	110 kV	TenneT
HS121	Schoonebeek	110 kV	TenneT

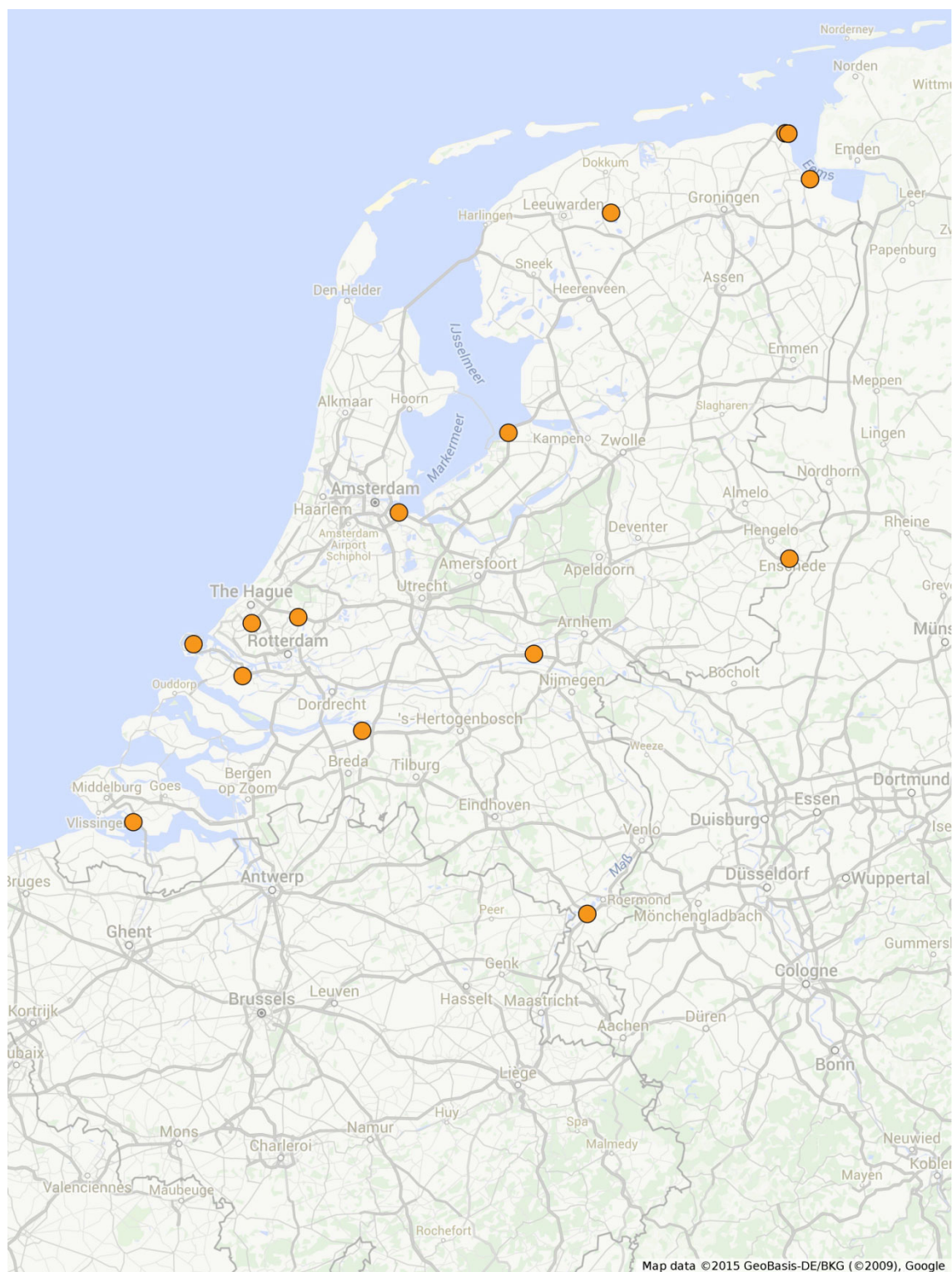


Figuur B1: Overzicht meetlocaties hoogspanning

Bijlage C: Overzicht meetlocaties extra hoogspanning

Tabel C1: Overzicht meetlocaties extra hoogspanning

Volgnr.	Spanningsniveau	Stationsnaam	Netbeheerder
EHS001	380 kV	Borssele	TenneT
EHS002	380 kV	Bleiswijk	TenneT
EHS003	380 kV	Diemen	TenneT
EHS004	381 kV	Dodewaard	TenneT
EHS005	380 kV	Eemshaven Oude Schip	TenneT
EHS006	380 kV	Eemshaven	TenneT
EHS007	380 kV	Eemshaven	TenneT
EHS008	380 kV	Geertruidenberg	TenneT
EHS009	380 kV	Hengelo	TenneT
EHS010	380 kV	Lelystad	TenneT
EHS011	380 kV	Maasbracht	TenneT
EHS012	380 kV	Maasvlakte	TenneT
EHS013	380 kV	Eemshaven	TenneT
EHS014	220 kV	Robbenplaat	TenneT
EHS015	380 kV	Simonshaven	TenneT
EHS016	220 kV	Weiwerd	TenneT
EHS017	380 kV	Wateringen	TenneT
EHS018	220 kV	Weiwerd	TenneT
EHS019	220 kV	Weiwerd	TenneT
EHS020	380 kV	Eemshaven Oude Schip	TenneT
EHS021	380 kV	Eemshaven Oude Schip	TenneT
EHS022	220 kV	Robbenplaat	TenneT
EHS023	220 kV	Robbenplaat	TenneT
EHS024	220 kV	Bergum	TenneT
EHS025	220 kV	Eemshaven	TenneT
EHS040	380 kV	WTR-BLW Wit OSP-14	TenneT
EHS041	380 kV	WTR-BLW Zwart OSP-14	TenneT
EHS042	380 kV	WTR-BLW Wit OSP-32	TenneT
EHS043	380 kV	WTR-BLW Zwart OSP-32	TenneT



Figuur C1: Overzicht meetlocaties extra hoogspanning

Colofon

Project	Handboek Spanningskwaliteit in Nederland
Projectnummer	RM131430
Opdrachtgever	Netbeheer Nederland
Opdrachtnemer	Movares Nederland B.V. Movares Energy
Uitgave	Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.
Projectmanager	Rik Luiten
Auteurs	Tom Bogaert, Hans Wolse en Luuk Derksen
Kenmerk	RM-ME-RM131261-01 / Versie 1.1
Datum	26 januari 2016
Contactgegevens	Netbeheer Nederland Martijn Boelhouwer (woordvoerder) Postbus 90608 2509 LP Den Haag 070 - 205 50 00 secretariaat@netbeheernederland.nl