

Spanningskwaliteit in Nederland

Resultaten 2015

Kenmerk : ME-LD-160002555 / Versie 1.0

Datum : 15 april 2016

Netbeheer Nederland, vereniging van energienetbeheerders in Nederland

De vereniging Netbeheer Nederland is de belangenbehartiger van de landelijke en regionale elektriciteit- en gasnetbeheerders. Netbeheer Nederland is het aanspreekpunt voor netbeheerders aangelegenheden. De netbeheerders hebben twee hoofdtaken: zij faciliteren het functioneren van de markt en zij beheren de fysieke net-infrastructuur. Lid van deze vereniging zijn de wettelijk aangewezen landelijke en regionale netbeheerders voor elektriciteit en gas. Netbeheer Nederland organiseert het overleg met marktpartijen over aanpassingen van de marktfacilitering. Netbeheer Nederland doet namens de gezamenlijke netbeheerders voorstellen voor aanpassingen van de wettelijk verankerde codes voor ondermeer de structuur van de nettarieven. Netbeheer Nederland stelt ook de algemene voorwaarden op voor aansluiting en transport.

Autorisatieblad**Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2015**

Versie	Toelichting	Datum
0.1 (concept)	Ter review aangeboden aan leden contactgroep Spanningskwaliteit	24 maart 2016
1.0 (definitief)	- Reviewcommentaar leden contactgroep verwerkt - Eindcontrole en vrijgave door Movares	15 april 2016

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Luuk Derksen & Hans Wolse		12 april 2016
Gecontroleerd door	Tom Bogaert		13 april 2016
Vrijgegeven door	Rik Luiten		15 april 2016

Samenvatting

In opdracht van Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar, met ondersteuning van een onafhankelijk ingenieursbureau, het project Spanningskwaliteit in Nederland uit. Binnen dit project worden spanningsmetingen getoetst aan de kwaliteitscriteria zoals vastgelegd in de Netcode Elektriciteit [1] en NEN-EN 50160 [2]. Op basis van de meetresultaten wordt per netvlak een uitspraak gedaan over de landelijke spanningskwaliteit. Bij toetsing van de metingen zijn voor alle netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningsvervorming. Aanvullend worden in het (extra) hoogspanningsnet spanningsdips geanalyseerd.

Het project levert onder andere onderliggend rapport op. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van metingen die het afgelopen jaar zijn uitgevoerd. Daarnaast worden trendanalyses getoond die de meetresultaten van de afgelopen 10 jaar betreffen. Meer informatie over de individuele metingen waarop dit rapport gebaseerd is, vindt u op www.UwSpanningskwaliteit.nl.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de bruikbare weekmetingen die in 2015 zijn uitgevoerd. Per netvlak wordt verder aangegeven bij hoeveel metingen een overschrijding heeft plaatsgevonden. De toezichthouder ACM eist dat er in zowel het laag- als middenspanningsnetvlak tenminste 250 weekmetingen worden uitgevoerd. Aan deze eis is ruim voldaan. In het (extra) hoogspanningsnet is in 2015 bij vrijwel alle klanten de spanningskwaliteit bewaakt. Het rechterdeel van de tabel toont per netvlak en spanningsverschijnsel het aantal weekmetingen waarbij een overschrijding is geconstateerd.

Tabel S0.1: Bruikbare weekmetingen en overschrijdingen

Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
		Langzame spanningsvariatie	Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
LS	266	-	2	-	59
MS	269	-	2	-	-
HS	1265	-	-	1	-
EHS	650	35	18	-	-

In het **laagspanningsnetvlak** zijn 266 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Bij 59 metingen zijn overschrijdingen geconstateerd ten aanzien van de harmonischen; 58 metingen hiervan betreffen de 15^e harmonische. Verder zijn bij twee weekmetingen overschrijdingen opgetreden op het gebied van snelle spanningsvariatie. Bij de overige spanningsverschijnselen is geen overschrijding geconstateerd.

Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 tussen de 73% en 83% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de 15^e harmonische. Met betrekking tot de overige verschijnselen wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het **middenspanningsnetvlak** zijn 269 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Bij twee metingen zijn overschrijdingen geconstateerd. Ze betreffen een overschrijding van de snelle spanningsvariatie.

Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 tussen de 97% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking alle spanningsverschijnselen.

In het **hoogspanningsnetvlak** is bij één van de 1265 geanalyseerde weekmetingen een overschrijding geconstateerd. Het betreft een overschrijding van de spanningsasymmetrie.

Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 klantaansluitingen tussen de 99% en 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle spanningsverschijnselen. Uit de meetresultaten blijkt verder dat er gemiddeld 3,8 spanningsdips per meetlocatie zijn geregistreerd. Op twee van de 36 meetlocaties is een overschrijding geconstateerd op het gebied van 'hinderlijke' spanningsdips.

In het **extra hoogspanningsnetvlak** zijn bij 35 weekmetingen overschrijdingen geconstateerd ten aanzien van langzame spanningsvariatie (99,9%-max). Deze overschrijdingen zijn gerelateerd aan vier van de 17 meetlocaties. Daarnaast zijn er bij 18 weekmetingen overschrijdingen opgetreden ten aanzien van de snelle spanningsvariatie. Deze overschrijdingen zijn gerelateerd aan één van de 17 meetlocaties.

Aan de hand van deze meetresultaten wordt gesteld dat in 2015 klantaansluitingen tussen de 95% en 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle spanningsverschijnselen. Uit de meetresultaten blijkt verder dat er in 2015 in het extra hoogspanningsnetvlak gemiddeld van 3,6 spanningsdips per meetlocatie zijn geregistreerd. Bij geen van de meetlocaties is een overschrijding geconstateerd op het gebied van 'hinderlijke' spanningsdips.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Bewaakte spanningsverschijnselen	8
2.1 Langzame spanningsvariatie	8
2.2 Snelle spanningsvariatie	8
2.3 Spanningsasymmetrie	9
2.4 Harmonische vervorming	9
2.5 Spanningsdips	10
3 Spanningskwaliteit in 2015	11
3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen	11
3.2 Laagspanningsnetvlak	12
3.3 Middenspanningsnetvlak	14
3.4 Hoogspanningsnetvlak	14
3.5 Extra hoogspanningsnetvlak	17
4 Trendanalyse	20
4.1 Langzame spanningsvariatie	21
4.2 Snelle spanningsvariatie	27
4.3 Spanningsasymmetrie	31
4.4 Totale harmonische vervorming	34
5 Ontwikkelingen PQM-project	37
 Referenties	 39
 Bijlagen	 40
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	41
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	45
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	48
Bijlage D: Spanningsdips hoogspanningsnetvlak	50
Bijlage E: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak	51
Bijlage F: Spanningsdips extra hoogspanningsnetvlak	53
Bijlage G: Toelichting overschrijdingen	54
Bijlage H: Metingen en overschrijdingen, 2006 – 2015	66
 Colofon	 67

1 Inleiding

In opdracht van Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar het project Spanningskwaliteit in Nederland uit. 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 (ACM). Dit project staat ook bekend als PQM-project en geeft op basis van metingen inzicht in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. De trekking, verwerking en toetsing van de metingen wordt door een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau uitgevoerd.

In het voorliggende rapport worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteit in de verschillende netvlakken binnen Nederland in 2015. Daarnaast vindt een trendanalyse plaats op basis van de meetresultaten van de afgelopen tien jaar. Dit rapport is de rapportage als bedoeld in artikel 6.1.4 van de Netcode en wordt digitaal beschikbaar gesteld via de website www.netbeheernederland.nl. In de Netcode Elektriciteit [1] is bepaald dat de spanningskwaliteit moet voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria. Deze criteria zijn een verscherpte versie van de kwaliteitseisen uit de norm NEN-EN 50160 [2]. Bij toetsing van de metingen zijn voor alle netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Aanvullend worden in het (extra) hoogspanningsnet spanningsdips geregistreerd.

Binnen het project wordt onderscheid gemaakt 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.

Binnen het PQM-project vindt ieder jaar in zowel het LS- als MS-netvlak een aselechte trekking plaats uit EAN-codes. Er worden per netvlak 270 EAN-codes getrokken. Deze worden vervolgens gekoppeld aan een postcode. De desbetreffende netbeheerder moet in dit postcodegebied een power quality meting uitvoeren. Indien er geen geschikt aansluitpunt in het opgegeven postcodegebied aanwezig is, wordt zo dicht mogelijk bij de getrokken locatie een alternatief aansluitpunt geselecteerd. De getrokken EAN-codes worden ook gekoppeld aan een aselekt gekozen kalendermaand. Metingen moeten zoveel mogelijk in de aangegeven maand gestart worden om de invloed van eventuele seizoenseffecten op de totale meetresultaten te voorkomen. Op basis van de meetresultaten wordt een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit binnen het LS- en MS-netvlak, vertaald naar landelijke proporties. De uitspraken gelden voor de aangeslotenen binnen een netvlak en kunnen niet worden gebruikt voor statistisch onderbouwde conclusies over de spanningskwaliteit in deelnetten of op individuele aansluitingen.

In het HS- en EHS-netvlak wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem. Toetsing van de meetresultaten gebeurt conform de eisen uit de Netcode per week. Op basis van de meetresultaten wordt in het HS-netvlak een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van het Nederlandse hoogspanningsnetvlak, vertaald naar landelijke proporties. In het EHS-netvlak is een statistische vertaling niet van toepassing omdat TenneT bij al haar klanten metingen uitvoert.

Dit rapport richt zich op de presentatie van de meetresultaten en trends en gaat slechts beperkt in op de praktische uitvoering en opzet van het PQM-project. Meer gedetailleerde informatie over de steekproefmethode, geldende kwaliteitscriteria en berekening van de toetswaarden is vastgelegd in het Handboek Spanningskwaliteit in Nederland [3]. Dit handboek is mede door de contactgroep spanningskwaliteit samengesteld. Voor meer informatie over de individuele metingen waarop de uitspraken en figuren in dit rapport gebaseerd zijn, wordt verwezen naar de website www.UwSpanningskwaliteit.nl. Deze website wordt ieder kwartaal geüpdate en bevat meetgegevens vanaf 2013.

Hoofdstuk 2 van dit rapport geeft een algemene uitleg over de spanningsverschijnselen in elektriciteitsnetwerken. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten vermeld met betrekking tot de metingen van de spanningskwaliteit in 2015. Hoofdstuk 4 bevat een trendanalyse van de resultaten van de afgelopen tien jaar. De relevante ontwikkelingen rondom het PQM-project zijn vermeld in hoofdstuk 5. In de bijlagen van dit rapport zijn de figuren opgenomen van de meetresultaten en de toelichting van de netbeheerders bij geregistreerde overschrijdingen. Ook wordt hier een overzicht gegeven van de overschrijdingen van de afgelopen tien jaar.

2 Bewaakte spanningsverschijnselen

In dit hoofdstuk worden de spanningsverschijnselen die betrekking hebben op de spanningskwaliteit nader toegelicht. Binnen het PQM-project worden vijf verschijnselen van de kwaliteit van de spanning beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie, harmonische vervorming en spanningsdips. Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van elk verschijnsel en de mogelijke oorzaken, gevolgen en oplossingen hiervan. Dit hoofdstuk is informatief bedoeld en beoogt niet volledig te zijn. Voor een volledig overzicht van de geldende kwaliteitscriteria wordt verwezen naar de Netcode [1] in combinatie met de NEN-EN 50160 [2].

2.1 Langzame spanningsvariatie

Langzame spanningsvariatie wordt gedefinieerd als een daling of stijging van het spanningsniveau. In de Netcode zijn eisen gesteld aan de maximale afwijking van de spanning. Voor het laagspanningsnet is bijvoorbeeld vastgesteld dat de 10 minuten gemiddelde waarde van de spanning gedurende 95% van een week tussen 207 V en 253 V moet liggen. Wanneer het spanningsniveau zich buiten deze grenswaarden begeeft, kan dit leiden tot versnelde veroudering, storingen en - vooral in het geval van een spanningsstijging - beschadiging van elektrische apparaten.

Langzame spanningsvariatie wordt veroorzaakt door een wisselend belastingpatroon op het net. Naarmate bijvoorbeeld de totale belasting ten gevolge van de ochtend- en avondpiek stijgt, daalt de spanning. Wanneer deze daling te groot dreigt te worden, kan een netbeheerder maatregelen treffen. Bijvoorbeeld door het aanleggen van een extra kabel, of het bijplaatsen van een transformator. Het gedrag van klanten kan overigens ook leiden tot een stijging van het spanningsniveau. Een voorbeeld hiervan is het plaatsen van decentrale opwekeenheden zoals dieselgeneratoren, zonnepanelen, windmolens en warmtekrachtkoppelingen.

2.2 Snelle spanningsvariatie

Snelle spanningsvariatie kan leiden tot zogenaamde “flikker”. Flikker is een verschijnsel dat resulteert in zichtbare snelle veranderingen van de lichtintensiteit van elektrische verlichting. De mate waarin flikker doorwerkt op de lichtintensiteit hangt mede af van de gebruikte verlichtingstechniek. Flikker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel zorgen voor irritatie bij mensen, bijvoorbeeld tijdens het lezen. De ernst van flikker wordt uitgedrukt in P_{lt} (long term flicker severity). Het flikkerniveau is moeilijk te evalueren omdat niet iedereen dezelfde irritatiegraad heeft. Om toch een grenswaarde te kunnen stellen, is empirisch bepaald en internationaal vastgelegd bij welke frequentie en vorm van een spanningsverandering de flikkeringen van een 60 Watt gloeilamp door de helft van de mensen wordt waargenomen. In dit geval spreekt men over een snelle spanningsvariatie van 1. Er is sprake van een overschrijding van de kwaliteitseisen uit de Netcode, wanneer deze waarde gedurende meer dan 5% van een week wordt overschreden.

Snelle spanningsvariatiën kunnen veroorzaakt worden door het veelvuldig in- en uitschakelen van grote, lokale belastingen of door belastingen met een repeterend karakter. Voorbeelden zijn: lasapparatuur, liften, kopieermachines en röntgenapparatuur.

Vaak is een betere verdeling van storende belastingen over de fasen en/of kabels een kosteneffectieve oplossing van flikkerproblemen. Eventueel kan het schakelgedrag worden aangepast. Bij grotere verbruikers kan speciale compensatieapparatuur worden geplaatst.

2.3 Spanningsasymmetrie

We spreken over asymmetrie wanneer in een driefasen systeem de effectieve waarden van de fasespanningen en/of de fasehoeken niet aan elkaar gelijk oftewel in onbalans zijn. Door asymmetrie kunnen apparaten verstoord en beschadigd raken. Een ander belangrijk gevolg van asymmetrie is de opwarming van motoren, generatoren en kabels. Deze opwarming heeft energieverliezen tot gevolg, maar resulteert ook in levensduurverkortung.

In de Netcode worden eisen gesteld aan de maximale afwijking. Zo geldt voor het laag- en middenspanningsnet onder andere dat de inverse component van de spanning gedurende 95% van een week maximaal 2% van de normale component mag bedragen. In het (extra) hoogspanningsnet is deze eis strenger: maximaal 1% gedurende 99,9% van een week.

Een niet-symmetrische belasting is de veroorzaker van asymmetrie. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer één-fase belastingen (denk aan lampen, computers) niet goed over de verschillende fasen van een driefasen aansluiting worden verdeeld. In de praktijk kan bijvoorbeeld de aansluiting van zonnepanelen in een straat op dezelfde fase voor asymmetrie zorgen. Daarnaast zorgen illegale aansluitingen van bijvoorbeeld wiettelers vaak voor (tijdelijke) asymmetrie.

Asymmetrie kan worden opgelost door belastingen beter te verdelen over de fasen. Ook kan het plaatsen van een nulpuntransformator voor verbetering zorgen.

2.4 Harmonische vervorming

De spanning in Nederland is sinusvorming en heeft een frequentie van 50 Hz. Men spreekt over harmonische vervorming wanneer er in de spanning ook andere frequenties met een veelvoud dan deze basisfrequentie aanwezig zijn; de zogenaamde hogere harmonischen. Mogelijke gevolgen van harmonische vervorming zijn: extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. De Netcode stelt grenzen aan de totale harmonische vervorming. Een grenswaarde voor het laag- en middenspanningsnet (tot 35 kV) is 8% gedurende 95% van een week. Voor het hoogspanningsnet (tot 150 kV) geldt een strengere eis van maximaal 6% gedurende 95% van een week.

Harmonische vervorming wordt veroorzaakt door niet-lineaire belastingen. De belangrijkste bron van harmonische vervuiling is vermogenslektronica, zoals wordt toegepast in voedingen van computers, lichtdimmers, magnetrons of frequentieregelaars van elektrische motoren. Ook spaarlampen, LED-/ TL-verlichting en omvormers voor zonnepanelen kunnen hogere harmonischen in het elektriciteitsnetwerk veroorzaken. Er zijn verschillende methoden om harmonische vervuiling terug te dringen, zoals het toepassen van passieve filters voor een specifieke frequentie en actieve filters, die zich kunnen aanpassen aan de variatie van de harmonischen.

2.5 Spanningsdips

Vanaf 2005 worden binnen het PQM-project spanningsdips in het hoogspanningsnetvlak geregistreerd. Een spanningsdip is een korte (tijdelijke) en plotselinge daling van de spanning met minstens 10%. In het PQM-meetsysteem vindt registratie plaats ten opzichte van de op dat moment heersende spanning. In de Netcode Elektriciteit is een limiet vastgelegd voor het maximale aantal spanningsdips dat in een jaar op een locatie op mag treden. Door het van het gewenste spanningsniveau kan gevoelige elektronische apparatuur uitvallen. Het gaat hierbij onder andere om computers, frequentieomvormers en nulspanningsbeveiligingen van machines. Bij diepe spanningsdips kunnen motoren tot stilstand komen.

Spanningsdips worden vooral veroorzaakt door kortsluitingen in het elektriciteitsnetwerk, bijvoorbeeld ontstaan door blikseminslag of een kapot getrokken kabel. Daarnaast kan het inschakelen van grote apparaten (belastingen), zoals transformatoren en industriële motoren, leiden tot spanningsdips. Er zijn verschillende mogelijkheden om spanningsdips te voorkomen of te overbruggen. Soft-starters kunnen bijvoorbeeld worden toegepast om te zorgen voor een geleidelijke inschakeling van een zware belasting. Zo kunnen compressoren van koelhuizen na elkaar in plaats van tegelijkertijd ingeschakeld worden. Aan de verbruikerskant kan eventueel een spanningsstabilisator of UPS-systeem (back-up voeding/ batterij) worden geïnstalleerd.

3 Spanningskwaliteit in 2015

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de spanningskwaliteitsmetingen die in 2015 zijn uitgevoerd. Bij toetsing van de metingen zijn voor het LS- en MS-netvlak de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Voor het HS- en EHS-netvlak worden aanvullend de geregistreerde spanningsdips gepresenteerd.

3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de power quality metingen die in 2015 binnen het PQM-project zijn gepland en uitgevoerd. Met ‘gepland’ wordt bedoeld op het aantal weekmetingen dat volgt uit de steekproef. Voor het LS- en MS-netvlak zijn dit er 270. Binnen het HS-netvlak waren in totaal 1504 weekmetingen gepland¹ en in het EHS-netvlak 884.

In de praktijk wordt het geplande aantal metingen niet altijd gehaald, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan onderbrekingen, onderhoudswerkzaamheden, defecte meetapparatuur of datacommunicatieproblemen. In 2015 zijn in het LS-netvlak 266 bruikbare weekmetingen uitgevoerd en in het MS-netvlak 269. Hiermee is ruim aan de eis van de toezichthouder ACM voldaan die stelt dat per netvlak over tenminste 250 metingen moet worden gerapporteerd. In het HS- en EHS-netvlak zijn respectievelijk 1265 en 650 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Zie tabel 3.1 voor meer informatie.

Tijdens de steekproeftrekking worden de LS- en MS-metingen gekoppeld aan een aselekt gekozen kalendermaand. De metingen moeten zoveel mogelijk in de aangegeven maand gestart worden om de invloed van eventuele seizoenseffecten op de totale meetresultaten te voorkomen. Bij HS en EHS speelt dit niet, omdat gedurende het hele jaar metingen uitgevoerd worden. Tabel 3.1 toont aan dat in 2015 in het LS-netvlak 258 (95,6% van geplande metingen) bruikbare metingen in de juiste maand gestart zijn en 264 (97,8% van geplande metingen) in het MS-netvlak.

Tabel 3.1: Geplande en bruikbare weekmetingen

Categorie	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning ²	Extra Hoogspanning
Gepland	270	270	1504	884
Bruikbaar	266	269	1265	650
Juiste maand	258	264	n.v.t.	n.v.t.

¹ Gaande het jaar is de populatie meters uitgebreid, alle meters die meer dan een half jaar hebben gemeten zijn meegenomen in tabel 3.1. Het gaat in totaal om 36 meters.

3.2 Laagspanningsnetvlak

Tabel 3.2 bevat een overzicht van alle bruikbare metingen die in 2015 in het LS-netvlak zijn uitgevoerd. Ook worden de overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode getoond. Uit de tabel blijkt dat bij 61 van de 266 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd. Een groot deel van de overschrijdingen heeft betrekking op de 15^e harmonische, tevens zijn nog overschrijdingen van flikker en individuele harmonischen (excl. 15^e) geconstateerd. Ten opzichte van de voorgaande vijf jaren ligt het aantal overschrijdingen in verhouding van het totaal aantal metingen circa 7% hoger. In bijlage H is een overzicht van het aantal metingen en overschrijdingen van de afgelopen tien jaar opgenomen.

In bijlage A worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd. Op basis van de meetresultaten wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 in het LS-netvlak tussen de 73% en 83% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de 15^e harmonische. Met betrekking tot de overige verschijnselen wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 in het LS-netvlak tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 3.2: Metingen en overschrijdingen LS-netvlak

Mate van stedelijkheid	Bruikbare weekmetingen	Metingen met Overschrijding(en)	Overschrijdingen		
			Flikker	Individuele harmonischen (excl. 15e)	15e harmonische
zeer sterk	54	8	0	0	8
sterk	64	14	0	0	14
matig	48	13	0	1	12
weinig	53	17	1	0	16
niet	47	9	1	0	8
Totaal	266	61	2	1	58

Uit tabel 3.2 blijkt dat zowel de metingen als de overschrijdingen binnen alle subpopulaties hebben plaatsgevonden. In Nederland wordt voor bepaling van de mate van stedelijkheid gebruik gemaakt van de omgevingsadressendichtheid (OAD). De OAD van een adres is het aantal adressen binnen een cirkel van één km rond dat adres. De niet stedelijke adressen worden doorgaans als platteland beschouwd. Het CBS hanteert vijf subpopulaties en deze worden ongewijzigd overgenomen. De subpopulaties zijn:

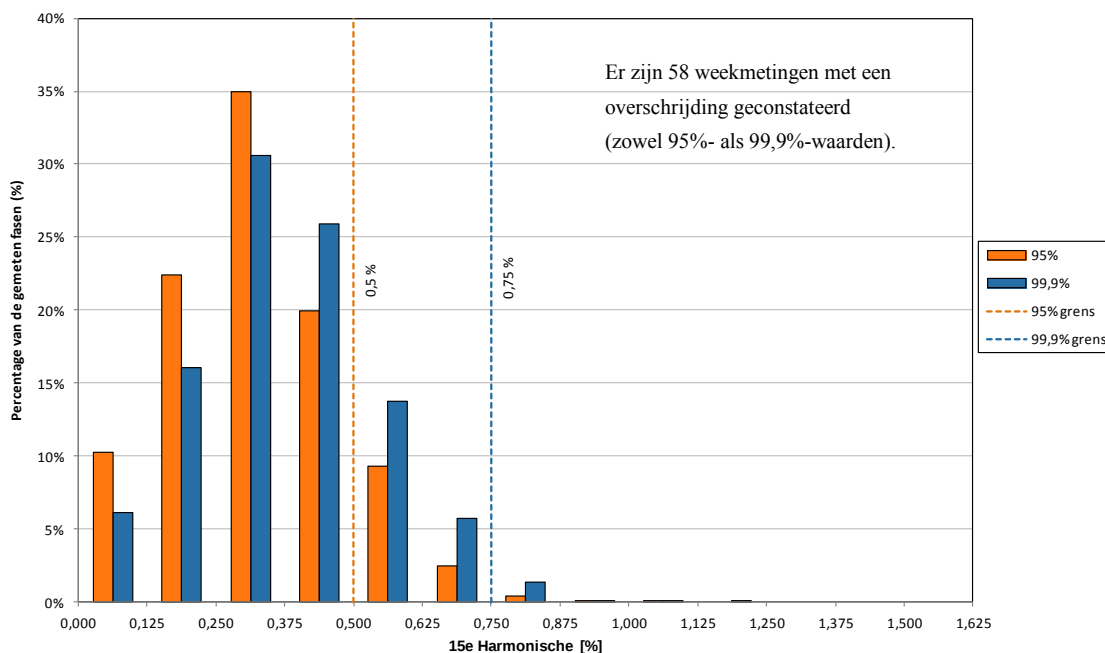
- zeer sterk stedelijk: 2500 of meer adressen per km²
- sterk stedelijk: 1500 tot 2500 adressen per km²
- matig stedelijk: 1000 tot 1500 adressen per km²
- weinig stedelijk: 500 tot 1000 adressen per km²
- niet stedelijk: minder dan 500 adressen per km²

Figuur 3.1 toont de meetresultaten van de 15^e harmonische. Met ede stippellijnen zijn in de figuur de grenswaarden uit de Netcode weergegeven. De figuur laat zien dat zowel de 95% als de 99,9% grens is overschreden. In totaal is bij 58 weekmetingen een overschrijding geconstateerd. In bijlage G geven de netbeheerders een nadere toelichting op de overschrijdingen. Hieruit blijkt dat klanten zover bekend geen overlast ondervinden met betrekking tot de overschrijdingen.

Afgelopen jaren is verder onderzoek uitgevoerd naar eventuele trends of correlaties tussen de overschrijdingen en locatie/tijdstip/seizoen/stedelijkheid/type aangeslotene.

In 2015 is de paper Evaluation and updating of harmonic voltage limits [4] verschenen, in deze paper wordt ingegaan op een eventuele aanpassing van de huidige grenswaarden.

Overschrijdingen van de 15e harmonische worden niet alleen in Nederland geconstateerd maar ook in het buitenland komt deze overschrijding voor [11]. Via de normcommissie Systeemaspecten van de elektriciteitsvoorziening (NEC 8) is richting CEN-CENELEC (opnieuw) kenbaar gemaakt dat de normering (NEN-EN 50160) met betrekking tot de individuele harmonischen onderzocht en mogelijk aangepast moet worden. CEN-CENELEC heeft dit nu op de agenda gezet.



Figuur 3.1: Meetresultaten 15^e harmonische LS-netvlak

3.3 Middenspanningsnetvlak

Tabel 3.3 bevat een overzicht van alle bruikbare metingen die in 2015 in het MS-netvlak zijn uitgevoerd. Ook worden de overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode getoond. Uit de tabel blijkt dat bij twee van de 269 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd, dit is in lijn met voorgaande jaren. Beide betreffen een overschrijding van de snelle spanningsvariatie. In bijlage G staan de toelichtingen op deze overschrijdingen. In bijlage H is een overzicht van het aantal metingen en overschrijdingen van de afgelopen tien jaar opgenomen.

In bijlage B worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd. Op basis van de meetresultaten wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2015 in het MS-netvlak tussen de 97% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle verschijnselen.

Tabel 3.3: Metingen en overschrijdingen MS-netvlak

Mate van stedelijkheid	Bruikbare weekmetingen	Overschrijdingen
		Snelle spanningsvariatie
Zeer sterk	36	0
Sterk	35	0
Matig	33	0
Weinig	66	0
Niet	99	2
Totaal	269	2

Uit tabel 3.3 blijkt ook dat de metingen binnen alle subpopulaties van stedelijkheid hebben plaatsgevonden. Voor een definitie van de gehanteerde subpopulaties wordt verwezen naar voorgaande paragraaf.

3.4 Hoogspanningsnetvlak

In het HS-netvlak is in 2015 op 36 meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 1265 weekmetingen geanalyseerd. Alleen de meetlocaties waarvan tenminste een half jaar aan meetdata beschikbaar was, zijn meegenomen. Uit de analyse blijkt dat er bij één van de weekmetingen een overschrijding van de continue verschijnselen heeft plaatsgevonden. Het betreft een overschrijding van de asymmetrie. In bijlage G staat een toelichting op deze overschrijding. Zie bijlage H voor een overzicht van het aantal metingen en overschrijdingen van de afgelopen jaren.

In bijlage C worden de meetresultaten van verschillende verschijnselen grafisch gepresenteerd. Wanneer de resultaten statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 95% worden gesteld dat in 2015 klantaansluitingen in het HS-netvlak tussen 99% en 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle verschijnselen.

Resultaten spanningsdips

Deze paragraaf presenteert de opgetreden spanningsdips conform tabel 3.4. Deze tabel onderscheidt een drietal categorieën, namelijk:

- A. Niet hinderlijke spanningsdips met een beperkte duur en/of diepte;
- B. Hinderlijke spanningsdips met een duur kleiner dan of gelijk aan 500 ms;
- C. Hinderlijke spanningsdips met een duur groter dan 500 ms.

Het onderscheidt tussen de niet-hinderlijke en hinderlijke spanningsdips sluit aan bij de Netcode Elektriciteit [1]. Voorheen is binnen het PQM-project de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld binnen PREGO onderzoek [5]. Deze meer gedetailleerde diptabel is opgenomen in bijlage D.

Tabel 3.4: Vereenvoudigde diptabel met drie categorieën

Restspanning u (%)	Duur t (ms)					
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$		
$90 > u \geq 80$	cat. A		cat. C			
$80 > u \geq 70$						
$70 > u \geq 40$						
$40 > u \geq 5$	cat. B					
$5 > u$						

Vorig jaar is een onafhankelijk onderzoek naar de oorzaak van hinderlijke spanningsdips uitgevoerd [6]. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat een aantal meters de meetspanning verkrijgen uit een relaischakeling. Dit kan leiden tot onterecht geregistreerde spanningsdips. Spanningsdips waarvan met grote zekerheid vastgesteld is dat de relaischakeling de oorzaak is, worden niet meegenomen in deze rapportage. In tabel 3.5 zijn de geregistreerde spanningsdips weergegeven. Meetlocaties met een beschikbaarheid van minder dan 50% - bijvoorbeeld vanwege grootschalig onderhoud of installatie van de meter na juli - zijn niet meegenomen in deze tabel.

Tabel 3.5: Geregistreerde spanningsdips HS-netvlak, totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	Gem. = 3,4 Tot. = 122		Gem. = 0,2 Tot. = 6	
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$	Gem. = 0,2 Tot. = 7			
$5 > u$				

Uit tabel 3.5 kan worden afgeleid dat er in 2015 in totaal 135 spanningsdips zijn geregistreerd. Het merendeel van de spanningsdips (90%) valt in de categorie A ‘niet hinderlijk’, gemiddeld zijn er in deze categorie 3,4 spanningsdips per meetlocatie geregistreerd. Ongeveer 10% van de geregistreerde spanningsdips valt in de hinderlijke categorieën.

Bij de toetsing van de afzonderlijke meetlocaties aan de criteria uit de Netcode [1], zijn er in 2015 op drie locaties overschrijdingen geconstateerd van het aantal spanningsdips in een ‘niet hinderlijke’ categorie. Op twee andere meetlocaties is een overschrijding geconstateerd van een ‘hinderlijke’ categorie. In bijlage G geven de netbeheerders een nadere toelichting op de overschrijdingen binnen laatstgenoemde categorie.

In de praktijk zijn de meters niet altijd 100% van de tijd beschikbaar, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan onderbrekingen, onderhoudswerkzaamheden, defecte meetapparatuur, schakelhandelingen of datacommunicatie problemen. Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2015. Om een uitspraak over het gemiddelde per jaar te doen, zijn aan de hand van deze beschikbaarheid de spanningsdips per meter gecorrigeerd. De gemiddelde beschikbaarheid van het HS meetsysteem bedraagt in 2015 80%. Tabel 3.6 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het HS-netvlak.

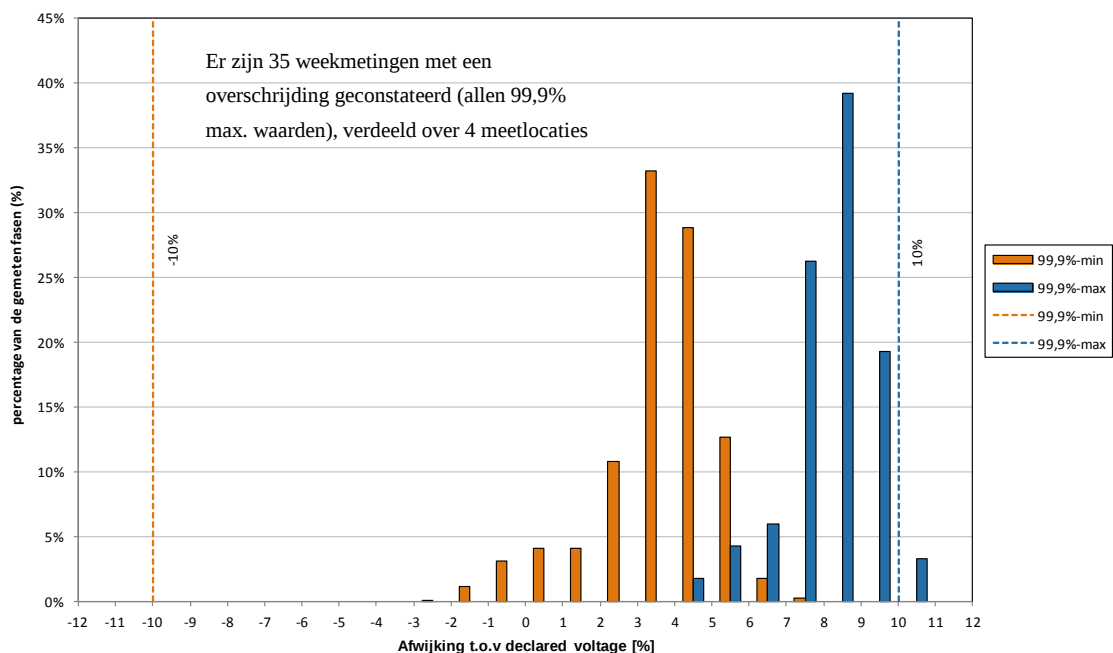
Tabel 3.6: Gecorrigeerde spanningsdips HS-netvlak, totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	Gem. = 3,6 Tot. = 130		Gem. = 0,2 Tot. = 7	
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$				
$5 > u$				

3.5 Extra hoogspanningsnetvlak

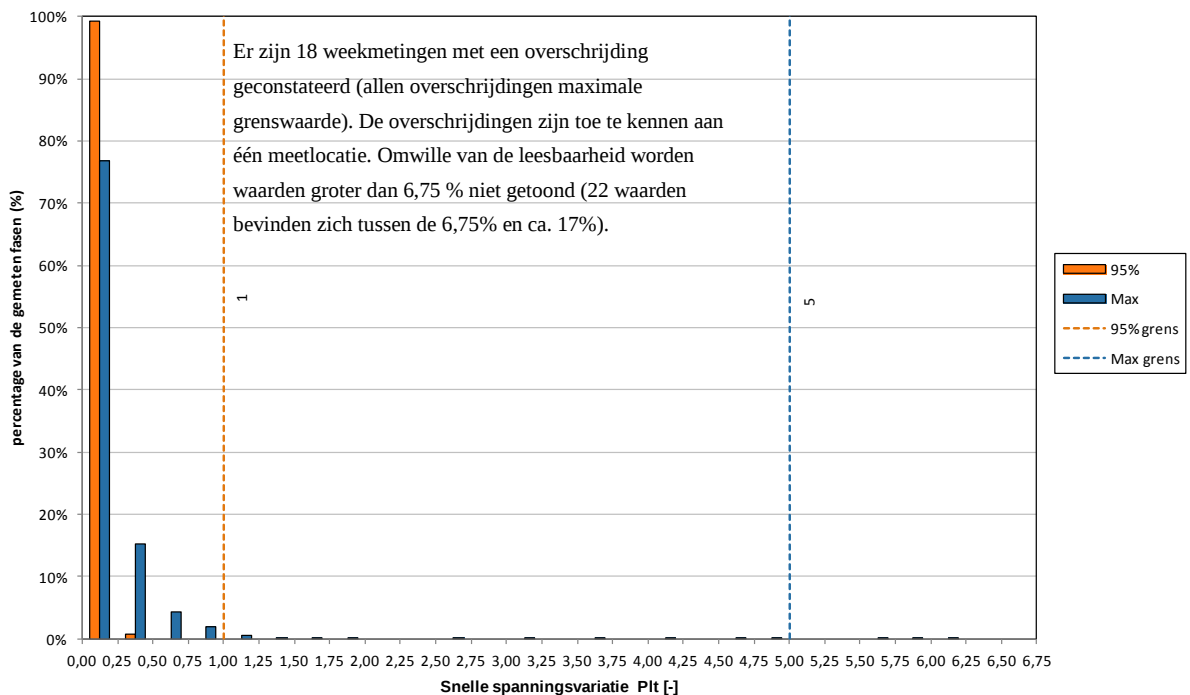
In het EHS-netvlak is in 2015 op 17 meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 650 van de 884 weekmetingen geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat bij 35 weekmetingen (5,4%) overschrijdingen zijn opgetreden van de langzame spanningsvariatie. Daarnaast zijn bij 18 weekmetingen (2,8%) overschrijdingen van snelle spanningsvariatie geconstateerd. Voor de overige verschijnselen hebben geen overschrijdingen plaatsgevonden.

Figuur 3.2 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor langzame spanningsvariatie. Uit de toetsing van de metingen blijkt dat er overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode zijn geconstateerd. De 35 weekmetingen met overschrijdingen zijn gerelateerd aan vier meetlocaties. Bij dit verschijnsel kan worden gesteld dat in 2015 in het EHS-netvlak 95% van de weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria ten aanzien van langzame spanningsvariatie. In bijlage G geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen.



Figuur 3.2: Meetresultaten langzame spanningsvariatie EHS-netvlak

Figuur 3.3 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor snelle spanningsvariatie (Plt). Uit de toetsing van de metingen blijkt dat er overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode zijn geconstateerd. De 18 weekmetingen met overschrijdingen zijn toe te schrijven aan één meetlocatie. Bij dit verschijnsel kan dus worden gesteld dat in 2015 in het EHS-netvlak ruim 97% van de weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. In bijlage G geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen.



Figuur 3.3: Meetresultaten snelle spanningsvariatie (Plt) EHS-netvlak

Bij de verschijnselen spanningsasymmetrie en harmonische vervorming heeft geen overschrijding plaatsgevonden. Er kan dus worden gesteld dat in 2015 alle weekmetingen in het EHS-netvlak 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. In bijlage E worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd.

Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel 3.7 volgens de categorisering zoals besproken in paragraaf 3.4. Het onderscheidt tussen de niet-hinderlijke en hinderlijke spanningsdips sluit aan bij de Netcode Elektriciteit [1]. Voorheen is binnen het PQM-project de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld binnen PREGO onderzoek [5]. Deze meer gedetailleerde diptabel is opgenomen in bijlage D.

Tabel 3.7 laat zien dat er in 2015 51 spanningsdips zijn geregistreerd. Meetlocaties met een beschikbaarheid van minder dan 50% - bijvoorbeeld vanwege grootschalig onderhoud of installatie van de meter na juli - zijn niet meegenomen in deze tabel. Bij het EHS-netvlak was dit van toepassing bij drie meetlocaties. De rapportage over spanningsdips in onderstaande tabel betreft dus veertien locaties.

Tabel 3.7: Geregisteerde spanningsdips EHS-netvlak totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	Gem. = 3,6 Tot. = 51		Gem. = 0 Tot. = 0	
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$	Gem. = 0 Tot. = 0			
$40 > u \geq 5$				
$5 > u$				

Alle geregisteerde spanningsdips vallen in de categorie ‘niet hinderlijk’. Gemiddeld zijn er in 2015 3,6 spanningsdips per meetlocatie opgetreden. In 2015 is bij geen enkele locatie een overschrijding van het aantal spanningsdips binnen een categorie van de tabel uit de Netcode Elektriciteit [1] geconstateerd.

In de praktijk hebben de meters niet altijd 100% van de tijd spanningsdips kunnen registreren, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan onderbrekingen, onderhoudswerkzaamheden, defecte meetapparatuur, schakelhandelingen of datacommunicatie problemen. Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2015. Voor de veertien locaties zijn de spanningsdips per meter gecorrigeerd aan de hand van de beschikbaarheidsfactor. De gemiddelde beschikbaarheid van veertien meetlocaties bedraagt in 2015 99,5%. Tabel 3.8 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak.

Tabel 3.8: Gecorrigeerde spanningsdips EHS-netvlak totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	Gem. = 3,7 Tot. = 51		Gem. = 0 Tot. = 0	
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$				
$5 > u$				

4 Trendanalyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van een trendanalyse van een select aantal verschijnselen. De trendanalyse betreft de afgelopen tien jaar en geeft inzicht in het stijgen of dalen van de spanningskwaliteit in Nederland. De volgende verschijnselen zijn beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, asymmetrie en totale harmonische vervorming.

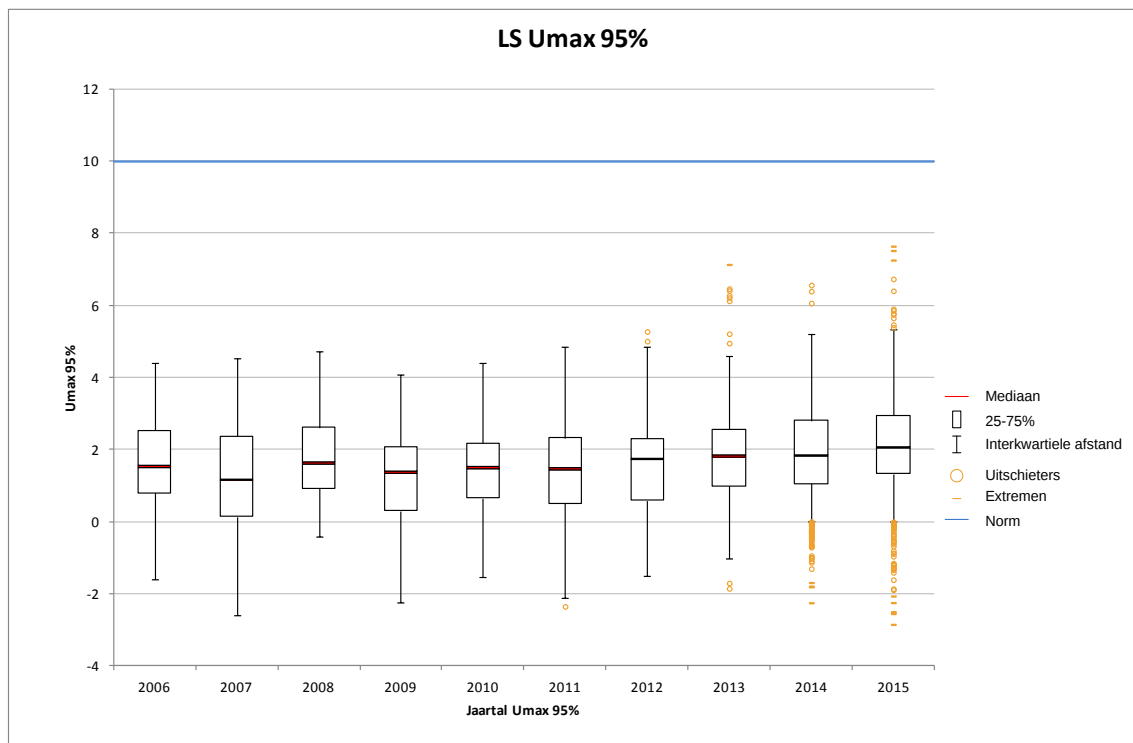
Voor het LS-, MS- en HS-netvlak is de meetdata van de afgelopen tien jaar beschouwd. Oftewel de periode 2006-2015. In EHS-netvlak is meetdata vanaf 2009 beschouwd. In dit jaar heeft een ombouw van het meetsysteem plaatsgevonden naar een systeem met een hogere frequentiebandbreedte. Hierdoor is het geschikt gemaakt voor het meten van onder andere harmonische spanningen. Daarnaast is het meetsysteem in 2009 uitgebreid naar negen meetlocaties (inmiddels telt het meetsysteem 17 locaties). Voor 2009 werd de spanningskwaliteit op slechts enkele locaties gemeten, daarom zijn deze meetgegevens niet meegenomen.

Voor de trendanalyse wordt bij alle netvlakken gebruik gemaakt van de 95%-toetswaarden. Een uitzondering hierop vormen de verschijnselen langzame spanningsvariatie en spanningsasymmetrie in het HS-netvlak. Voor deze verschijnselen wordt van de 99,9%-toetswaarden gebruik gemaakt. Dit is in lijn met de eisen uit de Netcode [1]. De toetswaarden zijn gebruikt om zogenaamde boxplots samen te stellen.

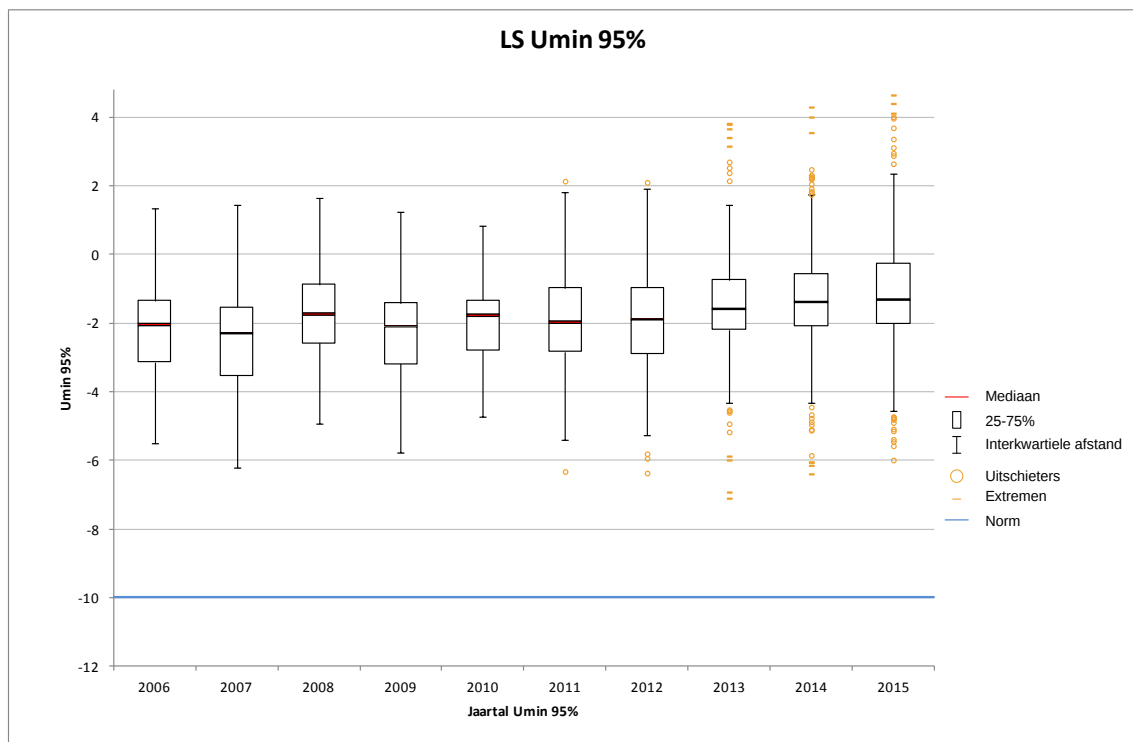
Boxplots geven een grafische weergave van de verdeling van de toetswaarden. In deze weergave wordt middels een 'box' de middelste 50% van de waarden getoond. Het streepje in de box betreft de mediaan, ook wel bekend als centrummaat. De mediaan wordt in de statistiek veel gebruikt voor trendanalyses. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Deze hoogte staat bekend als de interkwartiele afstand. Indien waarden boven of onder de poten liggen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. In de figuren zijn deze waarden vanaf 2011 opgenomen. Voorheen werden uitschieters en extremen niet in kaart gebracht, waardoor deze informatie niet voorhanden is.

4.1 Langzame spanningsvariatie

De figuren 4.1 en 4.2 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) in het LS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren onder de 3 en boven de -3. Uit beide figuren blijkt verder dat de boxplots alle jaren voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan laten de figuren in de afgelopen vijf jaar een licht stijgende trend zien. De netbeheerders houden deze trend de komende jaren nauwlettend in de gaten.

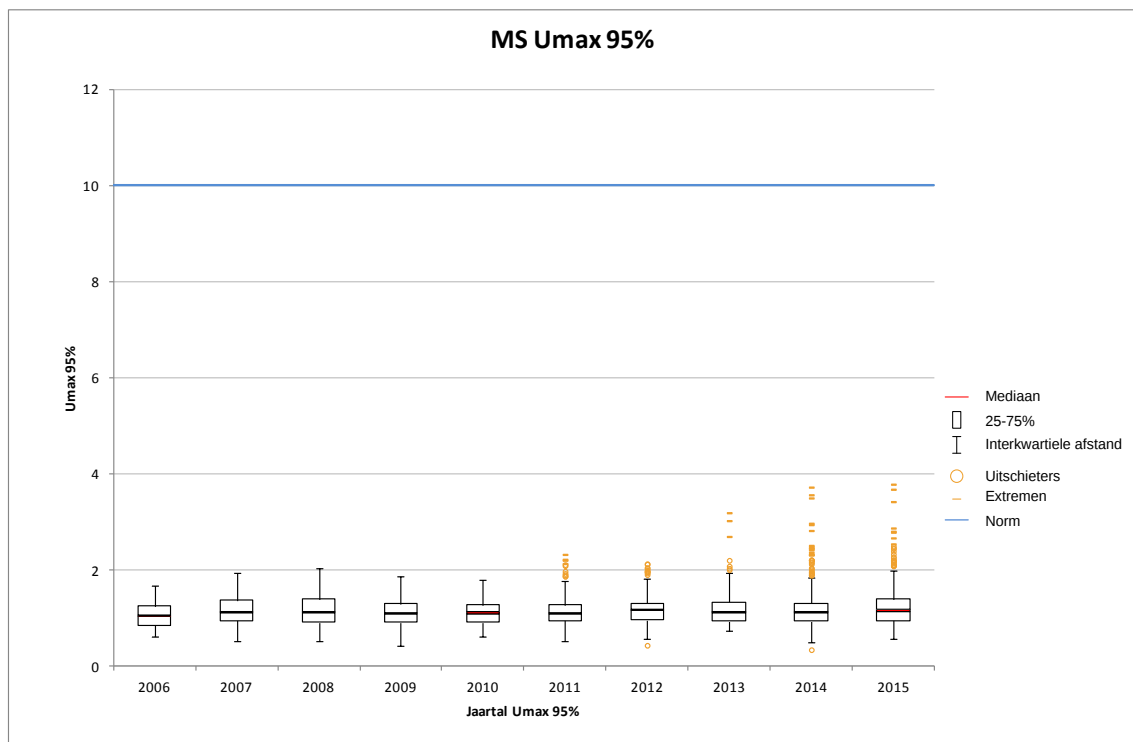


Figuur 4.1: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) LS-netvlak, 2005-2015

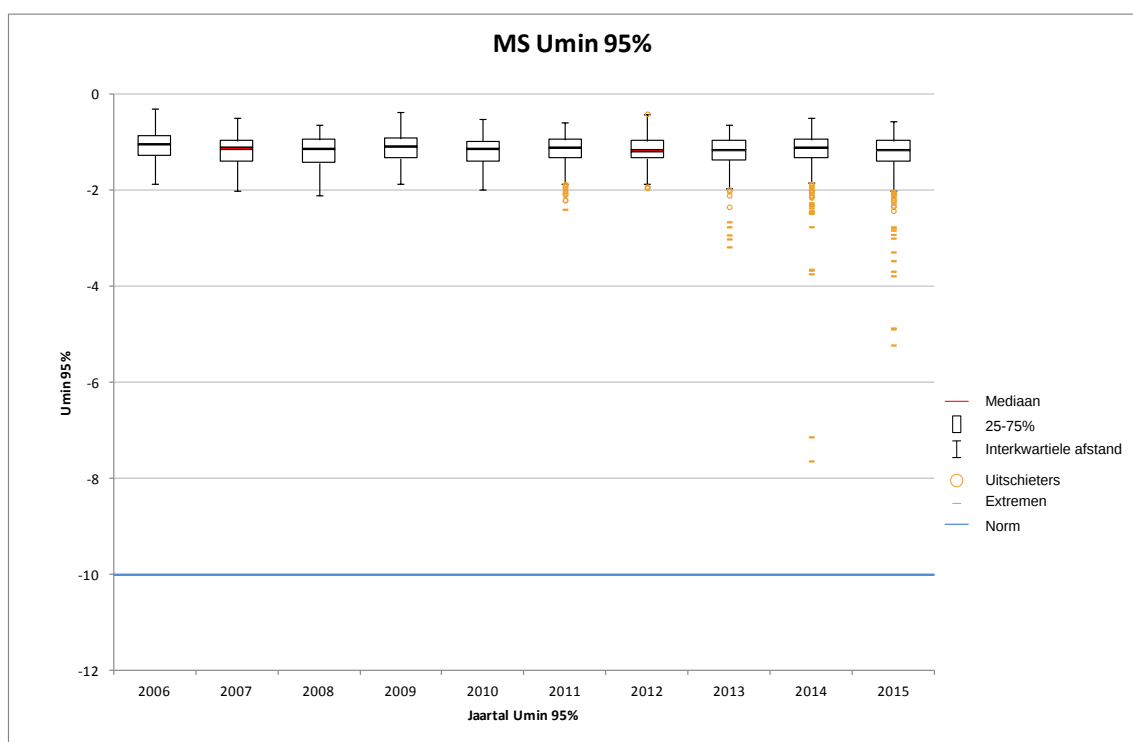


Figuur 4.2: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) LS-netvlak, 2006-2015

De figuren 4.3 en 4.4 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) in het MS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren rond de 1 en -1. Uit beide figuren blijkt dat de boxplots alle jaren ruimschoots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in de afgelopen tien jaar geen duidelijke trend zichtbaar.



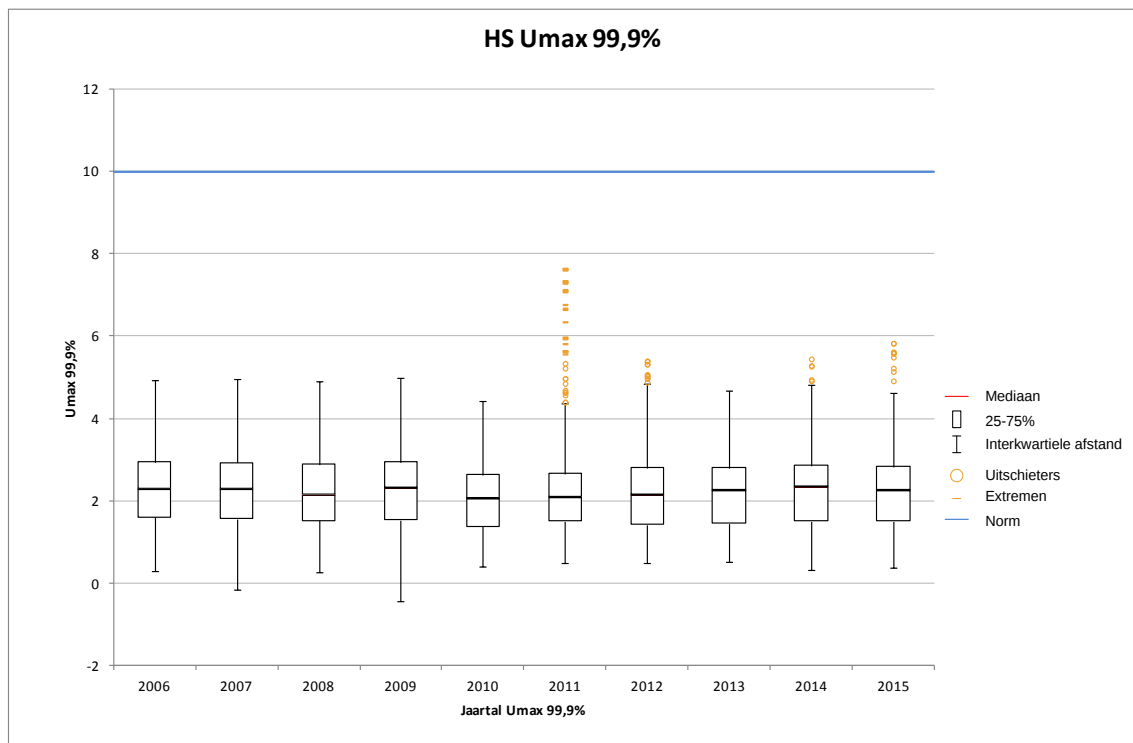
Figuur 4.3: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) MS-netvlak, 2006-2015



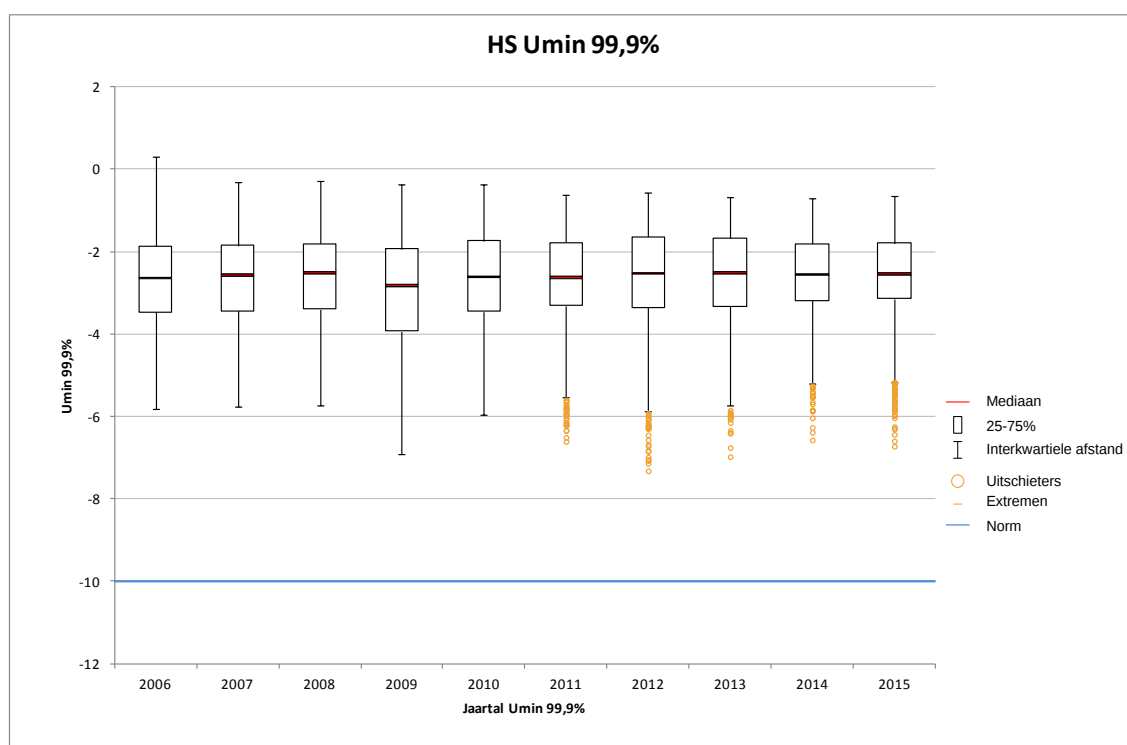
Figuur 4.4: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) MS-netvlak, 2006-2015

De figuren 4.5 en 4.6 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) in het HS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt voor de jaren 2006 tot en met 2015 onder de 3 en boven de -4.

Uit beide figuren blijkt dat de boxplots voor de jaren 2006 tot en met 2015 voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in de afgelopen tien jaar geen duidelijke trend zichtbaar.

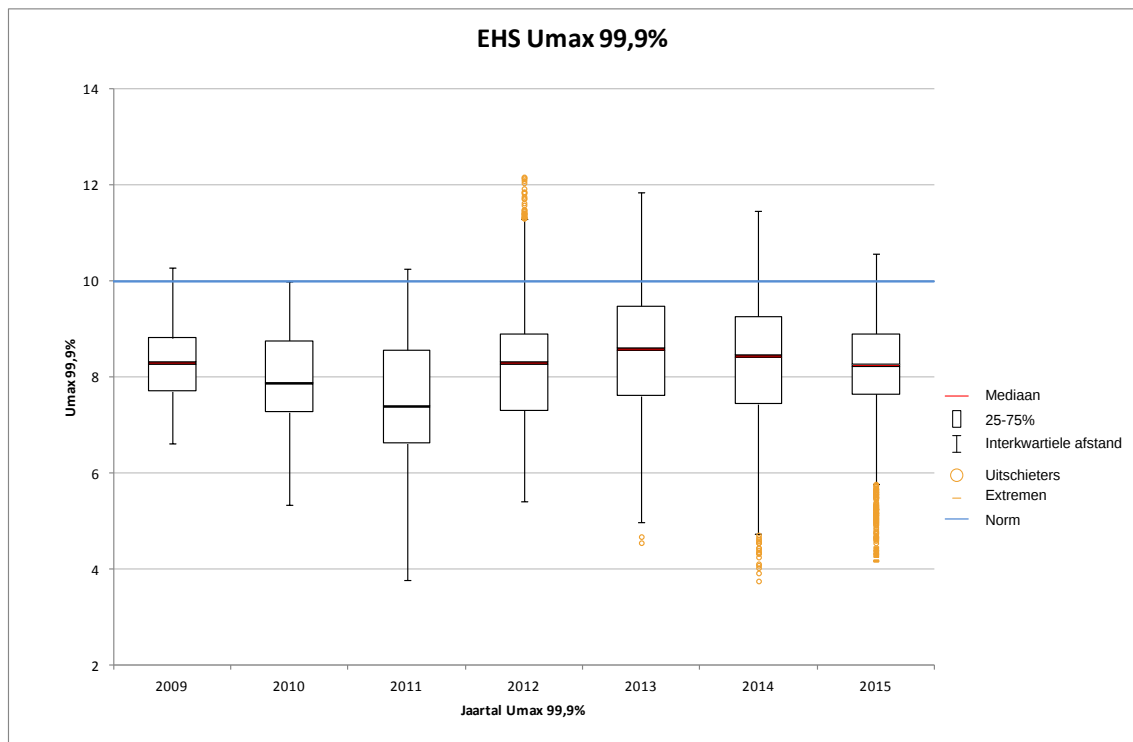


Figuur 4.5: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) HS-netvlak, 2006-2015

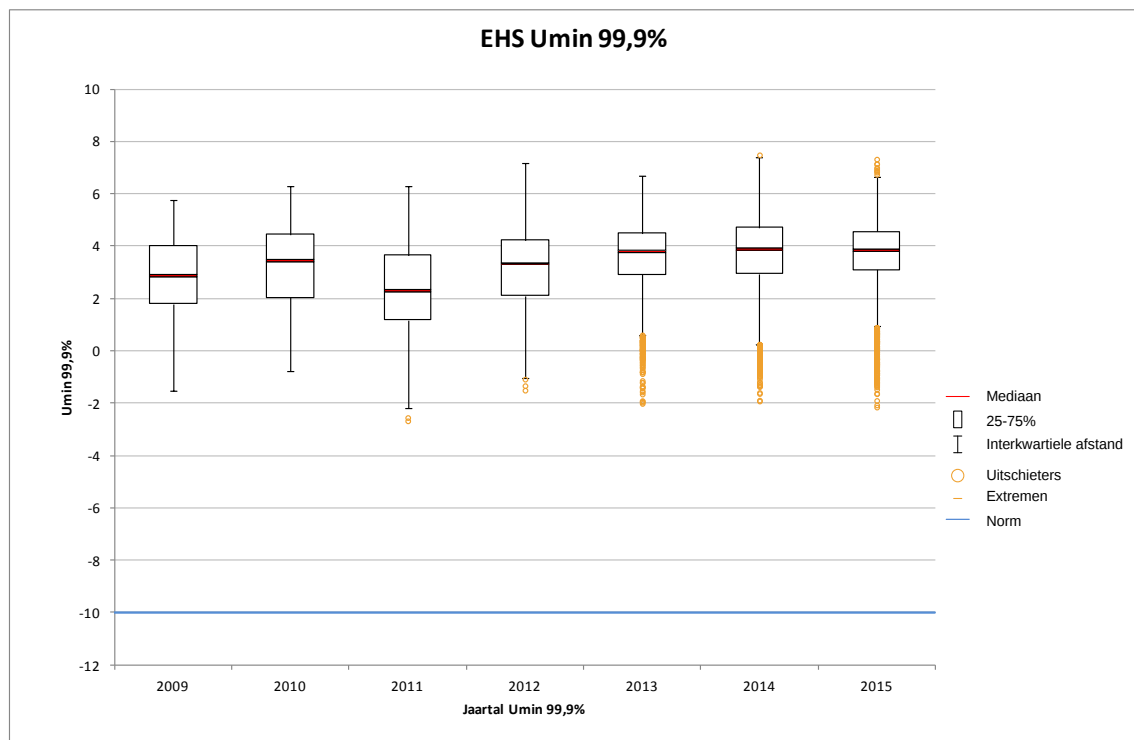


Figuur 4.6: Langzame spanningsvariatie (Umin) HS-netvlak, 2006-2015

De figuren 4.7 en 4.8 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) in het EHS-netvlak. Bij figuur 4.7 valt het op dat een deel van de meetwaarden boven de 99,9%-grens ligt (zie bijlage G voor een toelichting). Bij figuur 4.8 zijn geen overschrijdingen aanwezig. Op basis van de mediaan is er in de afgelopen zeven jaar geen duidelijke trend zichtbaar.



Figuur 4.7: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) EHS-netvlak, 2009-2015

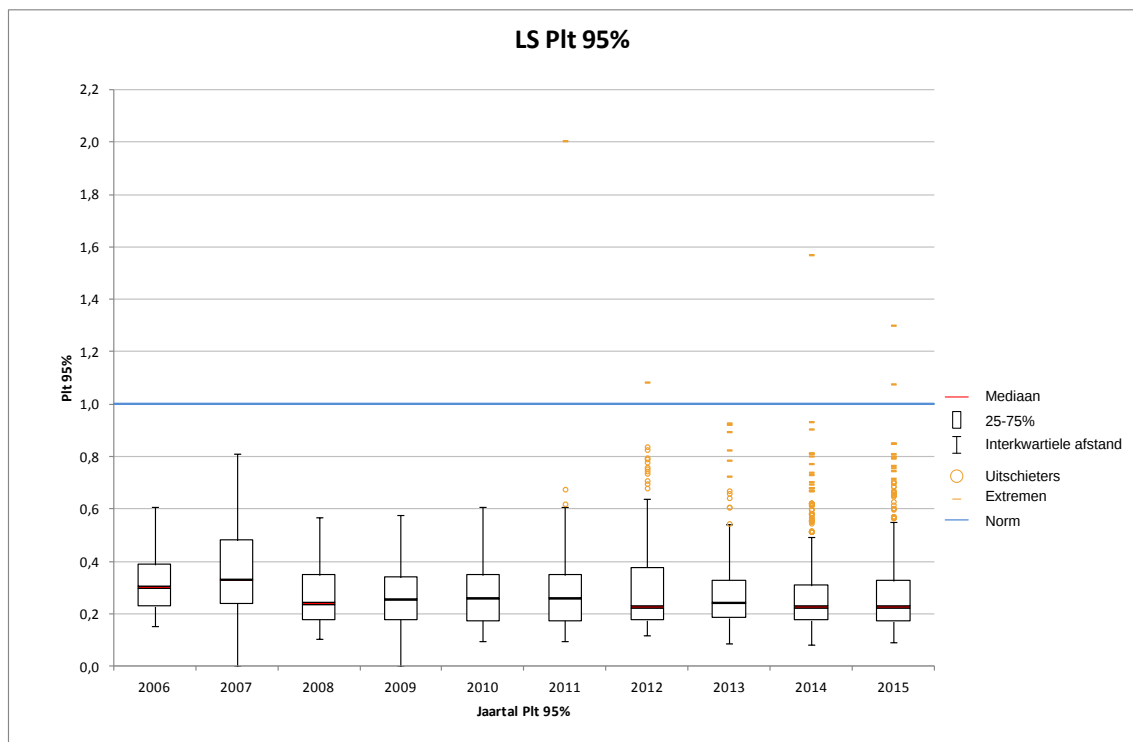


Figuur 4.8: Langzame spanningsvariatie (Umin) EHS-netvlak, 2009-2015

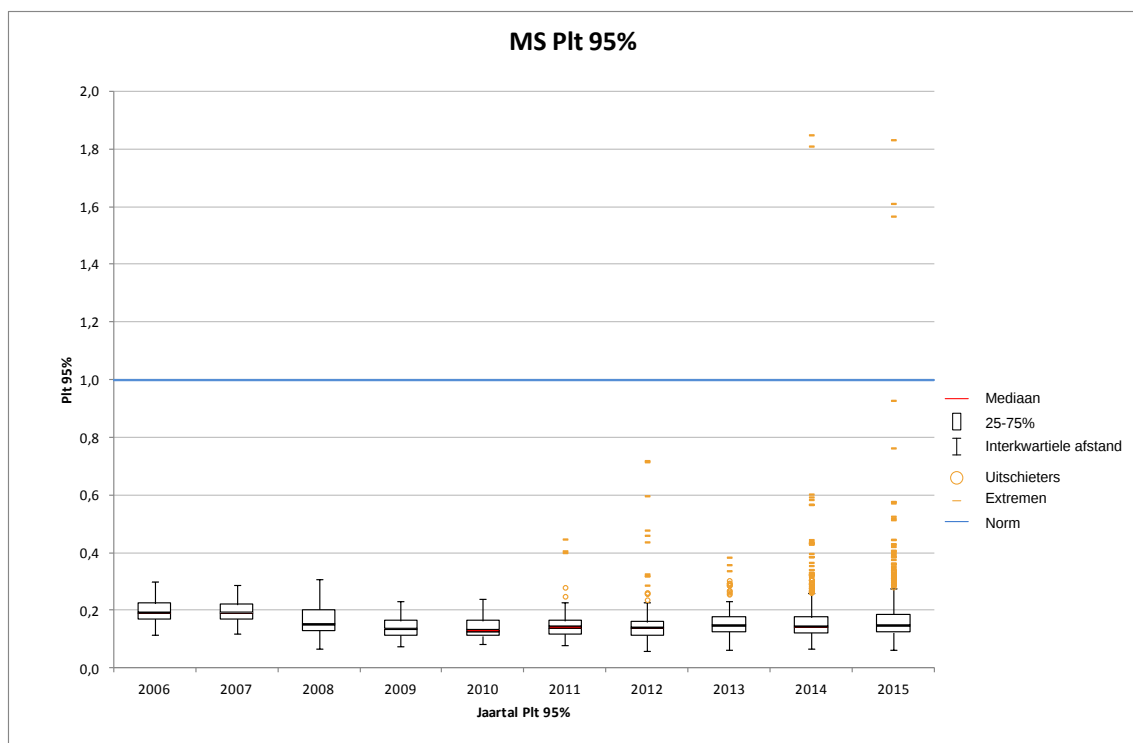
4.2 Snelle spanningsvariatie

De figuren 4.9 en 4.10 tonen de trendanalyse van snelle spanningsvariatie (Plt) in het LS- en MS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren bij het LS-netvlak onder de 0,4 en bij het MS-netvlak onder de 0,2. Uit beide figuren blijkt verder dat de boxplots alle jaren voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn), maar in het LS-netvlak de ruimte beperkt is. Afgelopen jaar zijn er in het MS-netvlak een drietal overschrijdingen opgetreden, in het LS-netvlak zijn er twee overschrijdingen van de 95%-grenswaarde van de snelle spanningsvariatie opgetreden.

Op basis van de mediaan is er geen duidelijke trend zichtbaar. Wel is tussen 2007 en 2008 een sprong waarneembaar. Deze sprong wordt verklaard door de overstap naar een klasse A meetinstrument voor de metingen in het LS- en MS-netvlak. Met dit nieuwe meetinstrument worden de spanningsverschijnselen als gevolg van soft- en hardwarematige verbeteringen anders gemeten. De overstap was benodigd om te voldoen aan de laatste eisen zoals gesteld in de normen IEC 61000-4-30 [7] en IEC 61000-4-7 [8].

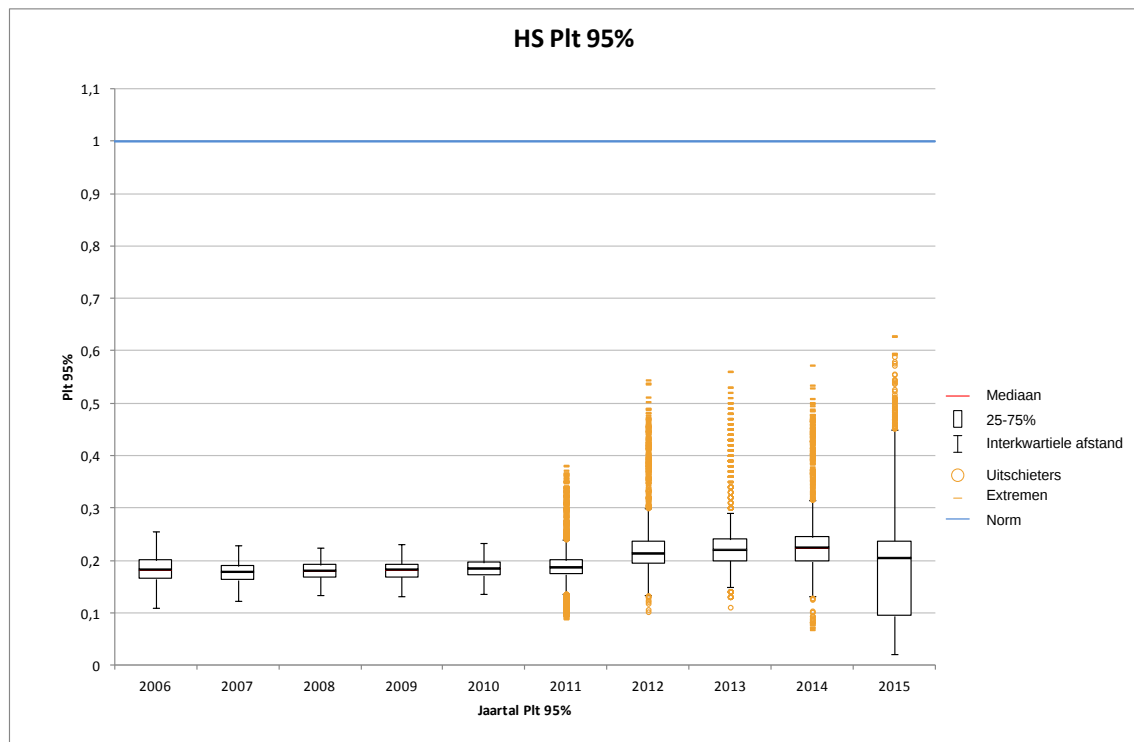


Figuur 4.9: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak, 2006-2015

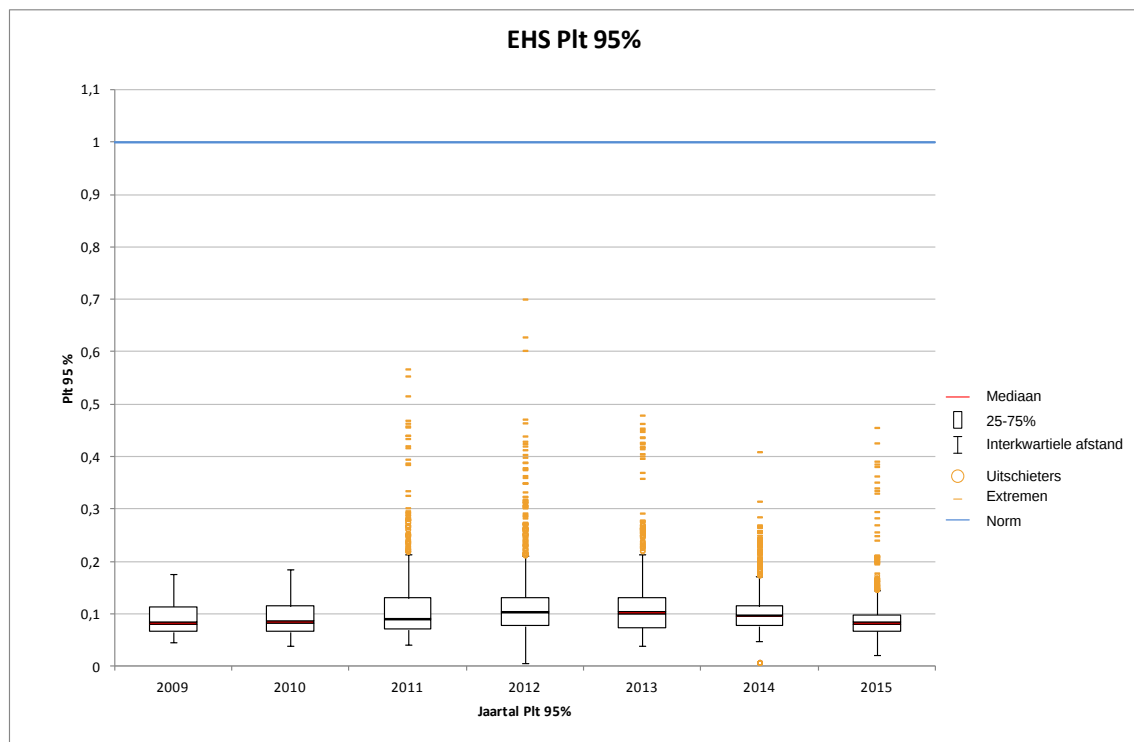


Figuur 4.10: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak, 2006-2015

De figuren 4.11 en 4.12 tonen de trendanalyse van snelle spanningsvariatie in het HS- en EHS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt doorgaans onder de 0,3 in het HS-netvlak en onder de 0,2 in het EHS-netvlak. Uit de figuren blijkt dat de boxplots alle jaren voldoen aan de 95%-grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is in het HS en EHS-netvlak is geen trend zichtbaar.



Figuur 4.11: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak, 2006-2015

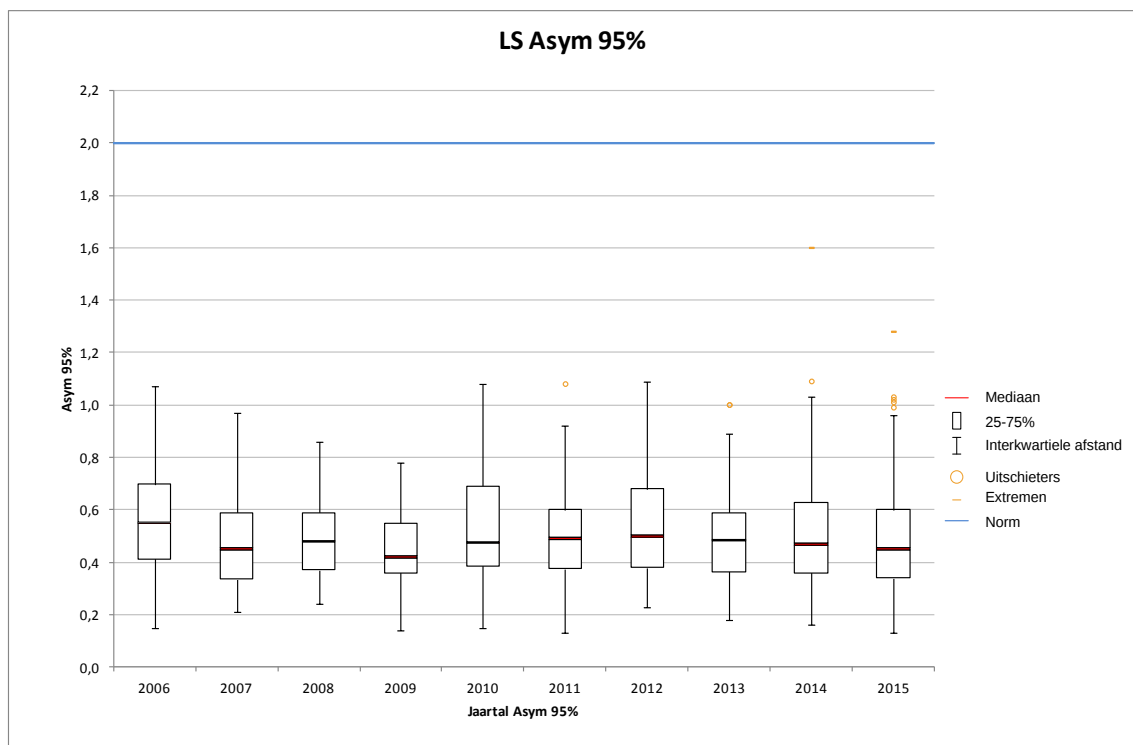


Figuur 4.12: Snelle spanningsvariatie EHS-netvlak, 2009-2015

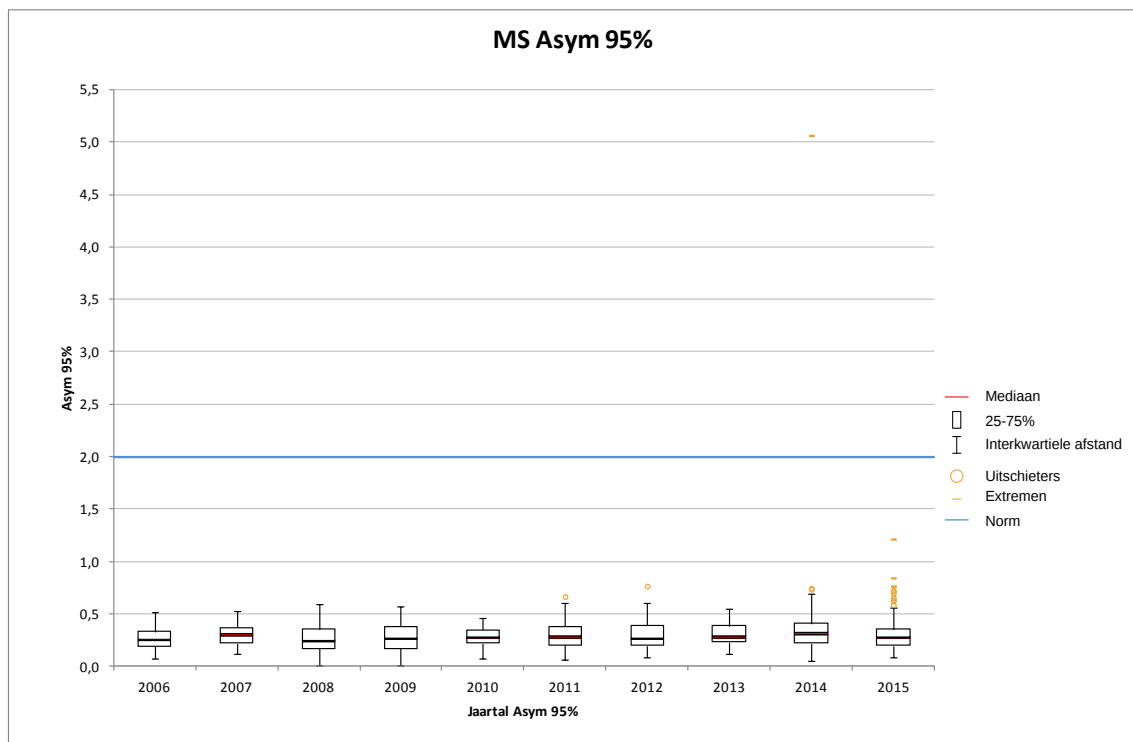
4.3 Spanningsasymmetrie

De figuren 4.13 tot en met 4.16 tonen de trendanalyse van spanningsasymmetrie in alle netvlakken. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren bij het LS-netvlak onder de 0,7 en bij de overige netvlakken onder de 0,5.

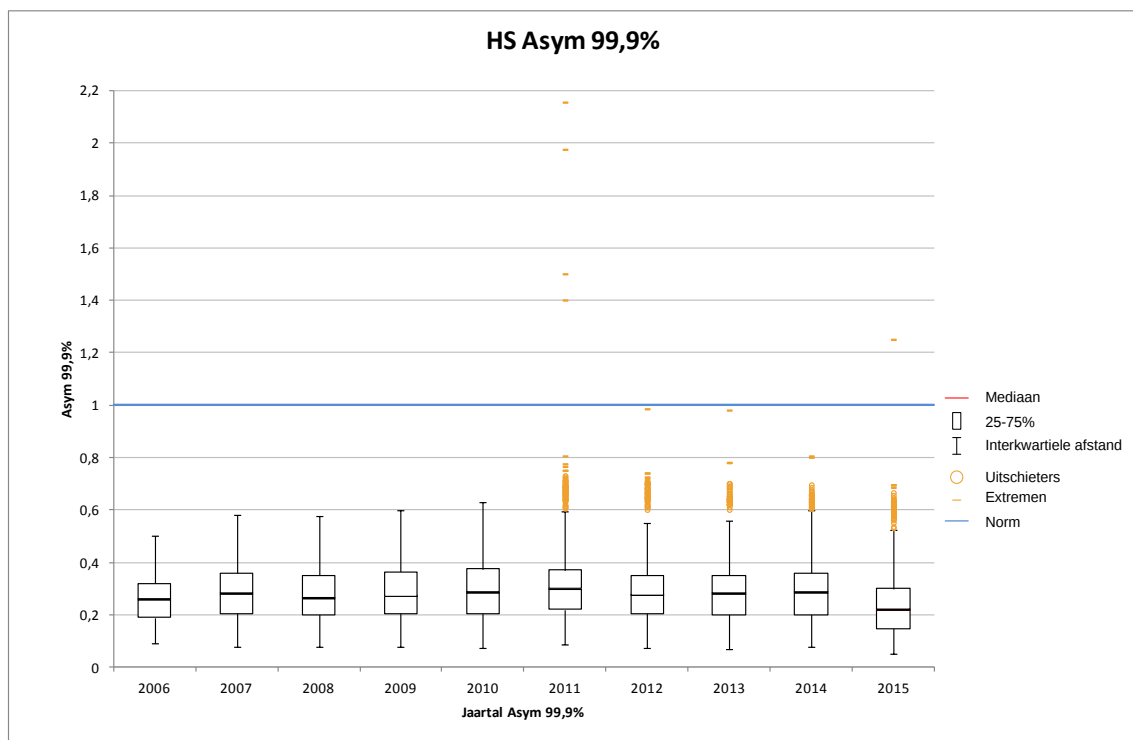
Uit alle figuren blijkt dat de boxplots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in geen van de figuren een duidelijke trend zichtbaar.



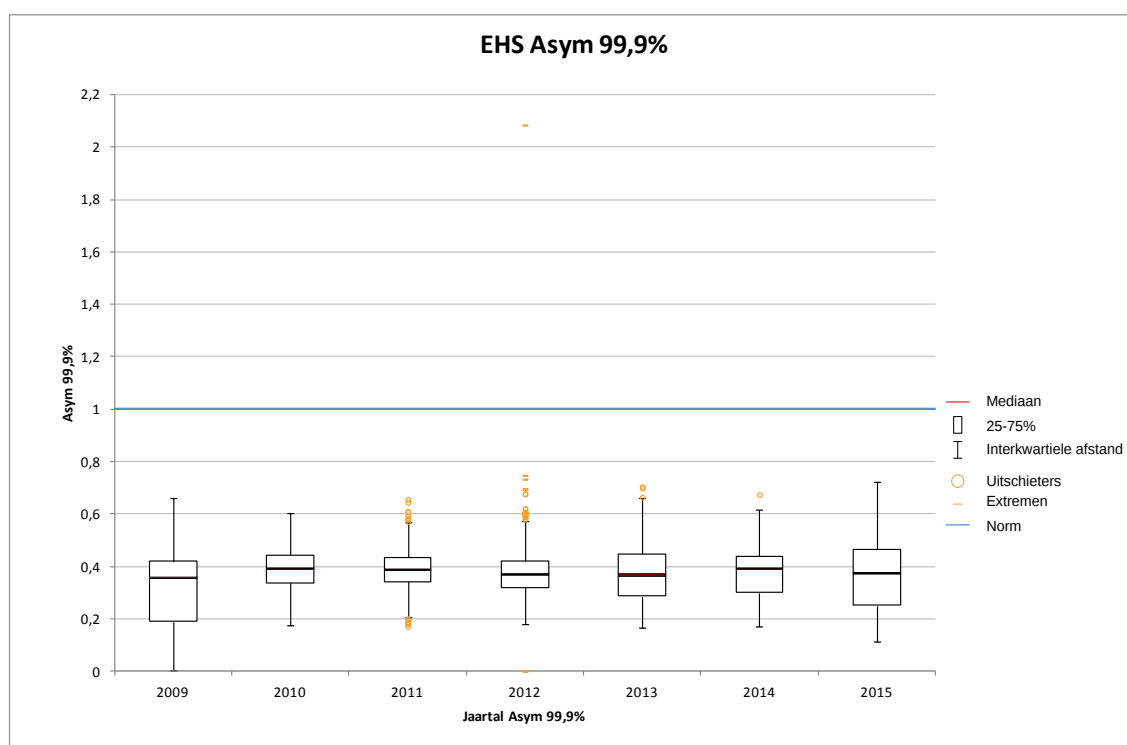
Figuur 4.13: Spanningsasymmetrie LS-netvlak, 2006-2015



Figuur 4.14: Spanningsasymmetrie MS-netvlak, 2006-2015



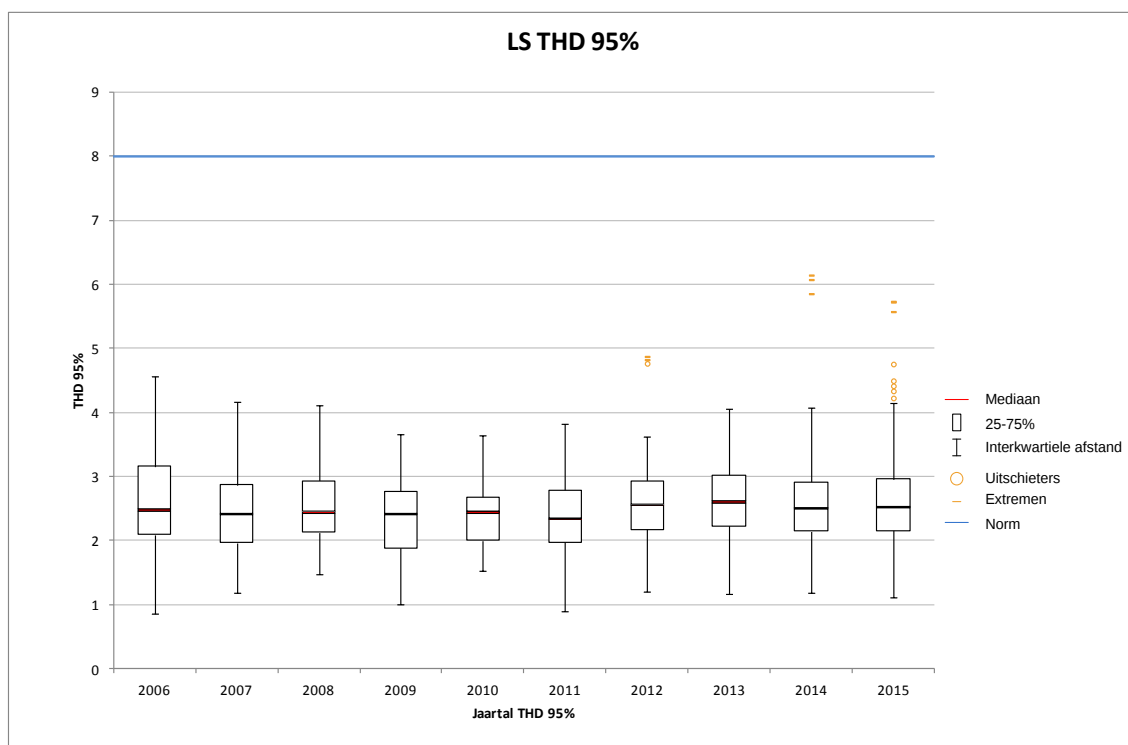
Figuur 4.15: Spanningsasymmetrie HS-netvlak, 2006-2015



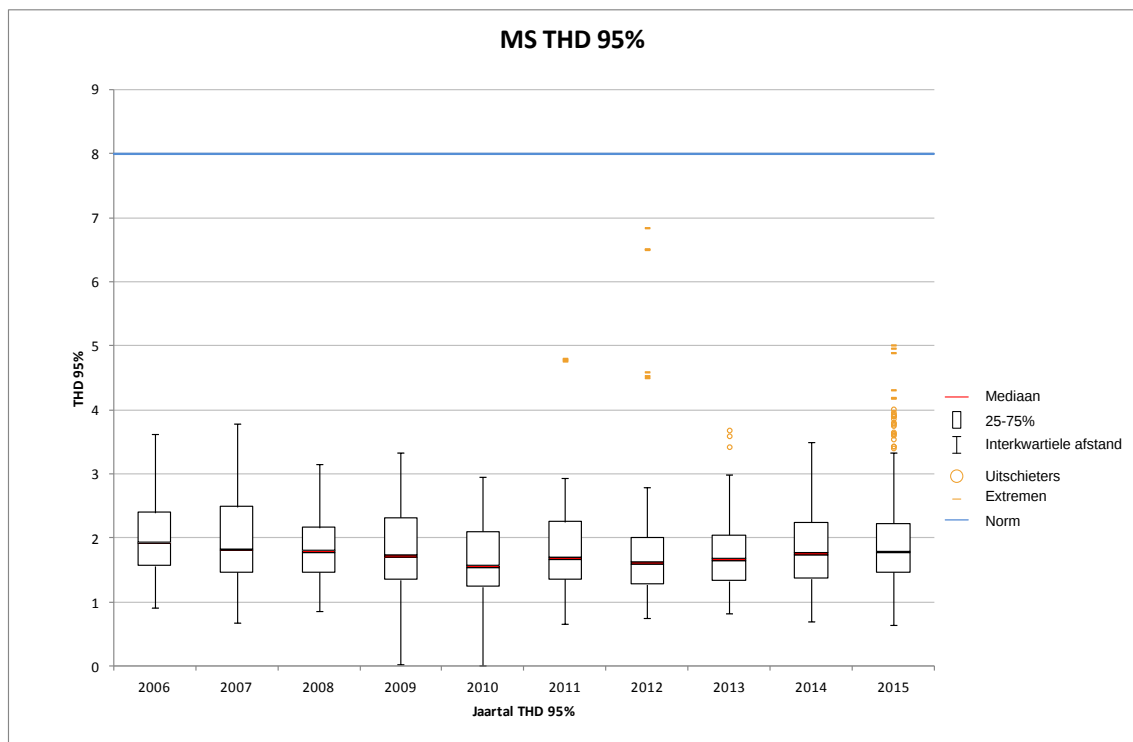
4.4 Totale harmonische vervorming

De figuren 4.17 tot en met 4.20 tonen de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD) in alle netvlakken. Uit de figuren blijkt dat de boxplots ruimschoots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt doorgaans in alle netvlakken onder de 3.

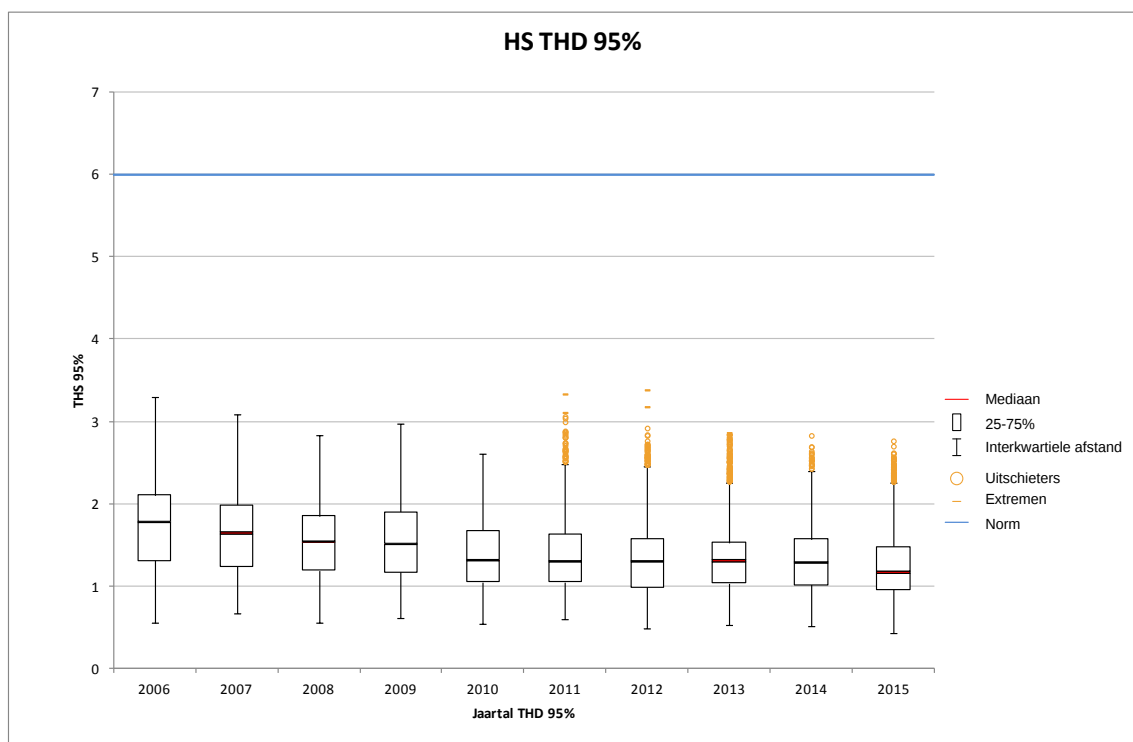
Op basis van de mediaan zijn er de afgelopen jaren geen duidelijke trends zichtbaar. In het HS- en EHS-netvlak lijkt er de laatste jaren sprake van een licht dalende trend. In het LS- en MS-netvlak is geen significante trend aanwezig.



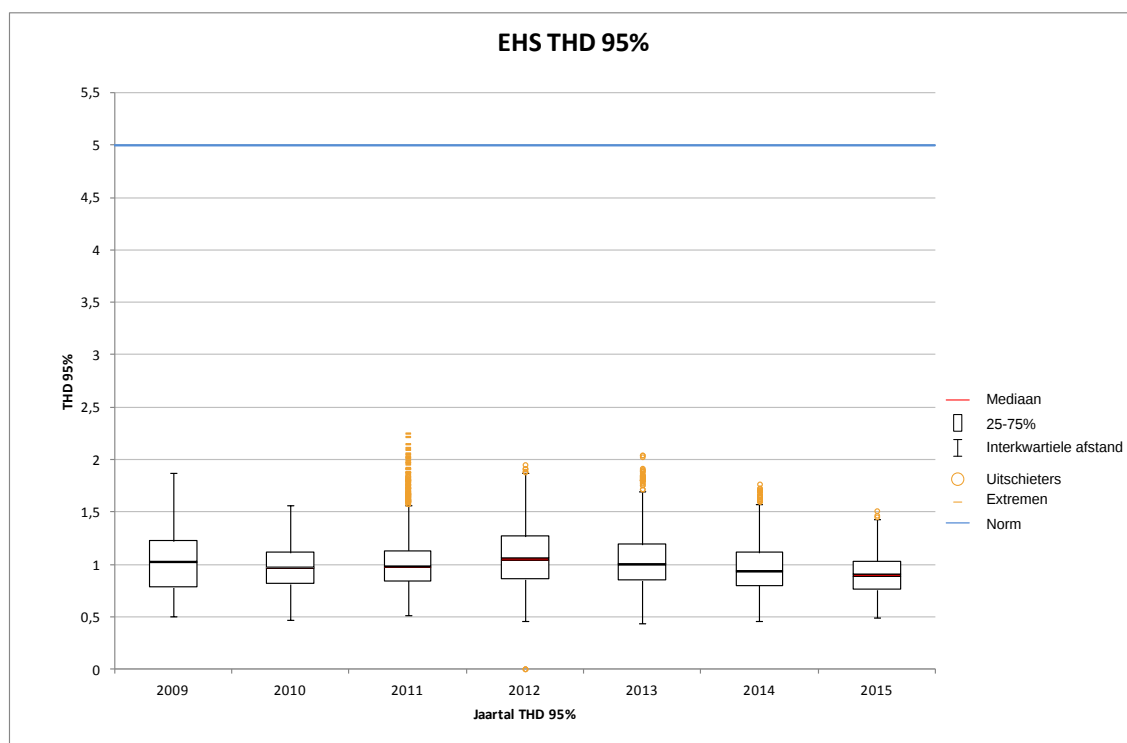
Figuur 4.17: Totale harmonische vervorming LS-netvlak, 2006-2015



Figuur 4.18: Totale harmonische vervorming MS-netvlak, 2006-2015



Figuur 4.19: Totale harmonische vervorming HS-netvlak, 2006-2015



Figuur 4.20: Totale harmonische vervorming EHS-netvlak, 2009-2015

5 Ontwikkelingen PQM-project

De Nederlandse netbeheerders bewaken al vele jaren de spanningskwaliteit van hun elektriciteitsnet. Ze zijn hier grotendeels op eigen initiatief mee begonnen. In het PQM-project zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd, waarmee werd ingespeeld op ontwikkelingen in de (Europese) regelgeving en de maatschappij.

circa 1989	Diverse Nederlandse netbeheerders bewaken de 5e en 11e harmonischen in hun elektriciteitsnetten.
1994	In het kader van het Meerjarenprogramma Studie en Onderzoek van Netbeheer Nederland (voorheen: EnergieNed) wordt gestart met het ontwikkelen van een meetsysteem voor het bewaken van de netspanning in de Nederlandse elektriciteitsnetten.
1995	Het Nederlands Elektrotechnisch Comité aanvaardt de EN 50160 als Nederlandse norm en noemt het: NEN-EN 50160: Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten.
1996	Het ontwikkelde meetsysteem wordt binnen het pilot-project Power Quality Monitoring (PQM) uitgerold. Dit project toetst volgens criteria uit de norm NEN-EN 50160. De volgende spanningsverschijnselen worden statistisch bewaakt: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, spanningsasymmetrie en harmonische spanningen. PQM richt zich op drie netvlakken: laag-, midden- en hoogspanning (50 – 150 kV). Per netvlak wordt op minimaal 50 locaties gedurende één week de spanningskwaliteit geregistreerd.
1997	Het pilot-project is succesvol verlopen en de netbeheerders besluiten per 1998 over te gaan op een jaarlijks terugkerend landelijk PQM-project. De rapportage Spanningskwaliteit in Nederland wordt voor het eerst uitgebracht.
1999	Er wordt een handleiding uitgebracht, die betrokkenen meer inzicht geeft in de achtergrond, opzet en praktische uitvoering van het PQM-project.
2000	In het kader van de Elektriciteitswet 1998 wordt de Netcode uitgebracht. Deze nationale standaard bepaalt dat de kwaliteit van de geleverde transportdienst moet voldoen aan de eisen uit de NEN-EN 50160.
2002	Er verschijnt een nieuwe versie van de Netcode die een verdere aanscherping en aanvulling bevat van de kwaliteitscriteria uit de NEN-EN 50160.
2003	In opdracht van het ministerie van Economische Zaken wordt binnen het programma Elektriciteitsnetwerk Gebruikers Onderzoek (PREGO) een meet-systeem ontworpen dat de spanningskwaliteit in het hoogspanningsnet continu bewaakt. De NMa besluit dat de spanningskwaliteit van hoogspanningsnetten dient te worden bewaakt. Tot 2003 was er nog geen verplichting. De NMa scherpt de kwaliteitscriteria met betrekking tot HS-netten in de Netcode nogmaals aan.
2004	Het continue meetsysteem wordt bij twintig aselekt getrokken HS meetlocaties geïnstalleerd en is vanaf eind 2004 volledig operationeel. Met het continue meetsysteem worden in Nederland voor het eerst structureel spanningsdips geregistreerd.
2005	In opdracht van het ministerie van Economische Zaken wordt binnen het programma Elektriciteitsnetwerk Gebruikers Onderzoek (PREGO) een

	verbeterde rapportagevorm voor de PQM-resultaten ontwikkeld en toegepast.
2007	Het Handboek Power Quality Monitoring wordt uitgebracht en zal worden bijgewerkt indien van toepassing. Dit document is een uitgebreide versie van de handleiding uit 1999. Introductie van vertalingen van de steekproefsgewijze metingen naar landelijke proporties.
2008	De steekproeftrekking voor de LS- en MS-metingen wordt gebaseerd op EAN-codes in plaats van postcodes met als doel een betere afspiegeling te krijgen van de “gemiddelde klantaansluiting”. De netbeheerders maken vanaf 2008 voor de PQM-metingen in het LS- en MS-netvlak gebruik van een klasse A meetinstrument, conform NEN-EN-IEC 61000.
2009	Per medio 2009 is gestart met het registreren van transiënten in het hoogspanningsnetvlak.
2010	De nieuwe versie van de norm NEN-EN 50160 bevat een diptabel voor het rapporteren van spanningsdips. De diptabel in de PQM rapportage is hierop aangepast. In aanvulling op deze tabel zijn de (vier) indicatoren volgens de PREGO methodiek echter gehandhaafd.
2012	Er is een workshop georganiseerd voor alle betrokken meetspecialisten. Tijdens de workshop is nader aandacht besteed aan het belang van het meten in de juiste maand
2013	De rapportage met betrekking tot LS-, MS, HS en EHS-netvlakken worden geïntegreerd in één rapport. Een onafhankelijke instantie neemt het beheer van het EHS-meetsysteem over. In opdracht van toezichthouder ACM wordt door de netbeheerders een plan van aanpak opgesteld dat betrekking heeft op uitbreiding van het PQM-project.
2014-2015	De ACM keurt in 2015 het plan van aanpak goed. Dit houdt onder andere in dat: • Het aantal geplande metingen in zowel het LS- als MS-netvlak wordt uitgebreid van 60 naar 270. • Het aantal meetlocaties in het HS- en EHS-netvlak wordt uitgebreid van 37 naar ruim 100 stuks. • Er een openbare website verschijnt die de resultaten van de uitgevoerde metingen individueel beschikbaar stelt.
2015	De regionale netbeheerders hebben op 200 locaties power quality meters geïnstalleerd ten behoeve van de registratie van spanningsdips in het MS-netvlak. De meetresultaten dienen als input voor een op te stellen codewijzigingsvoorstel voor kwaliteitscriteria. Dit voorstel wordt uiterlijk 1 januari 2018 door de netbeheerders ingediend.
2015-2016	TenneT breidt in opdracht van toezichthouder ACM haar HS- en EHS-meetsysteem uit (van 37 meters naar ruim 130 meters). Tevens worden een aantal foutief aangesloten meters opnieuw geïnstalleerd en wordt de datacommunicatie verbeterd.

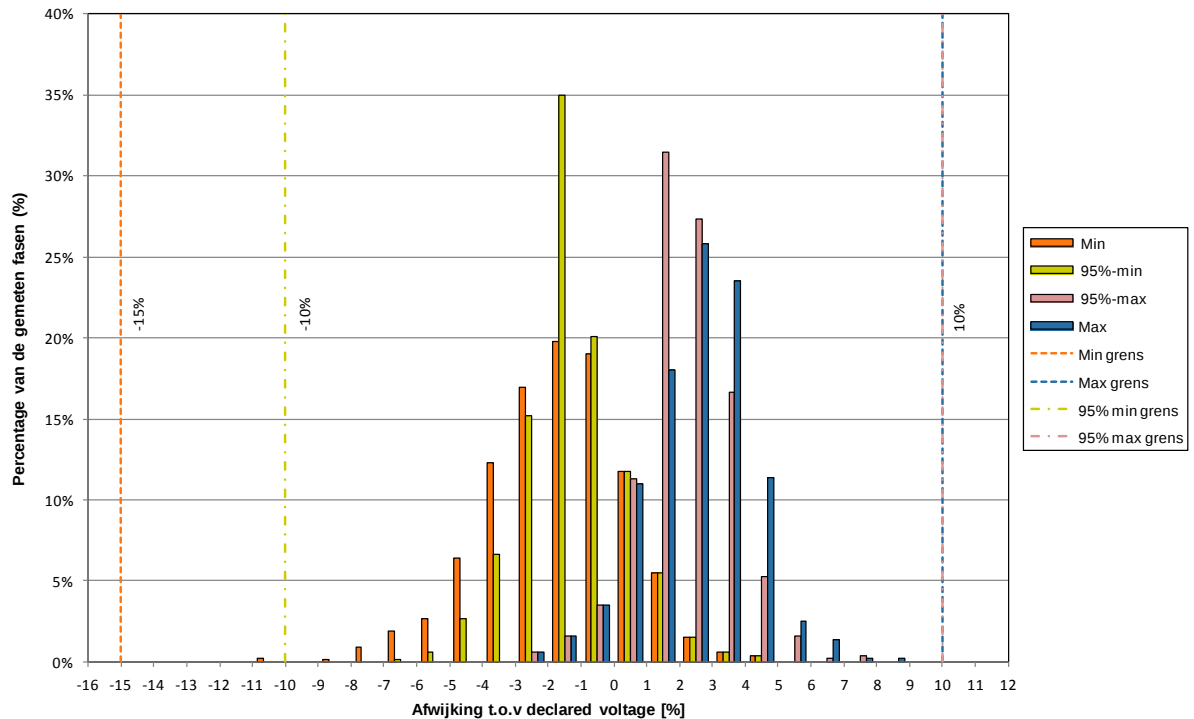
Referenties

- [1] ACM (december 2015). *Netcode Elektriciteit*. Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998.
- [2] NEN (augustus 2010). *NEN-EN 50160*. Spanningskarakteristieken in openbare Elektriciteitsnetten Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks.
- [3] Movares / Netbeheer Nederland (2016). Handboek: Spanningskwaliteit in Nederland.
- [4] Sjef Cobben et al/TU/e (2015). Paper: Evaluation and updating of harmonic voltage limits.
- [5] KEMA (februari 2005). Diplomatiek: Grenzen aan spanningsdips. PREGO 21.
- [6] Movares (2015). Onafhankelijk onderzoek naar hinderlijke spanningsdips.
- [7] NEN (maart 2015). *NEN-EN-IEC 61000-4-30*. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurements methods.
- [8] IEC (november 2009). *IEC 61000-4-7*. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurement and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto.
- [9] Sharmistha Bhattacharyya / TUE (2011). Power Quality Requirements and Responsibilities at the Point of Connection.
- [10] Movares (juni 2012). Memo: Onderzoek trendbreuk 15^e harmonische.
- [11] Jan MEYER et al /CIGRE (juni 2015). Nequal – Web-based voltage quality monitoring in Switzerland.

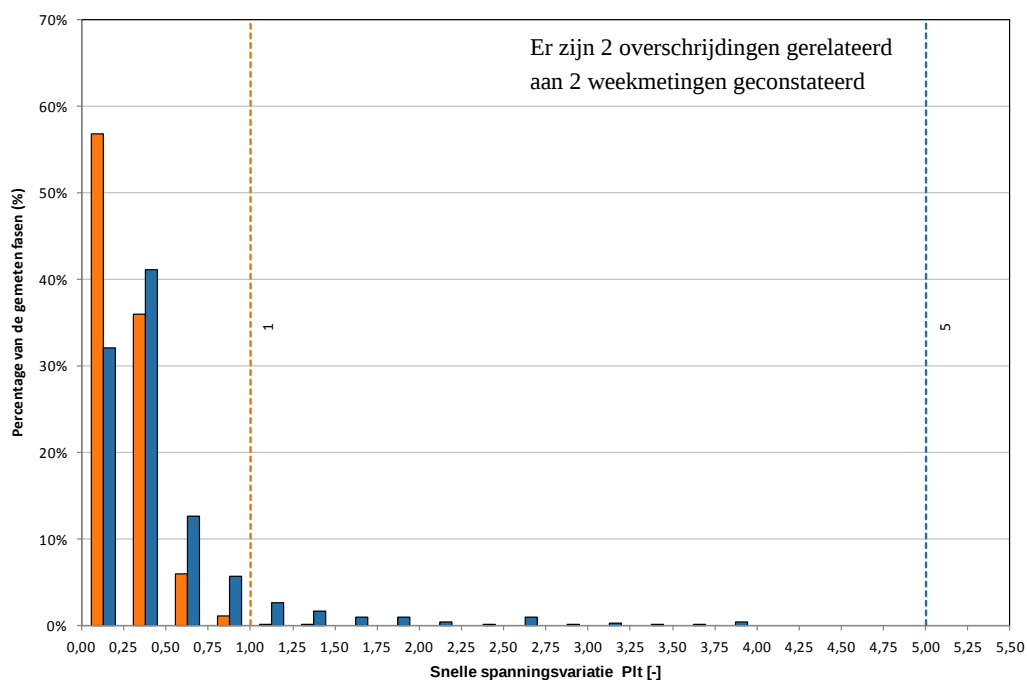
Bijlagen

Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	41
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	45
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	48
Bijlage D: Spanningsdips hoogspanningsnetvlak	50
Bijlage E: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak	51
Bijlage F: Spanningsdips extra hoogspanningsnetvlak	53
Bijlage G: Toelichting overschrijdingen	54
Bijlage H: Metingen en overschrijdingen, 2006 – 2015	66

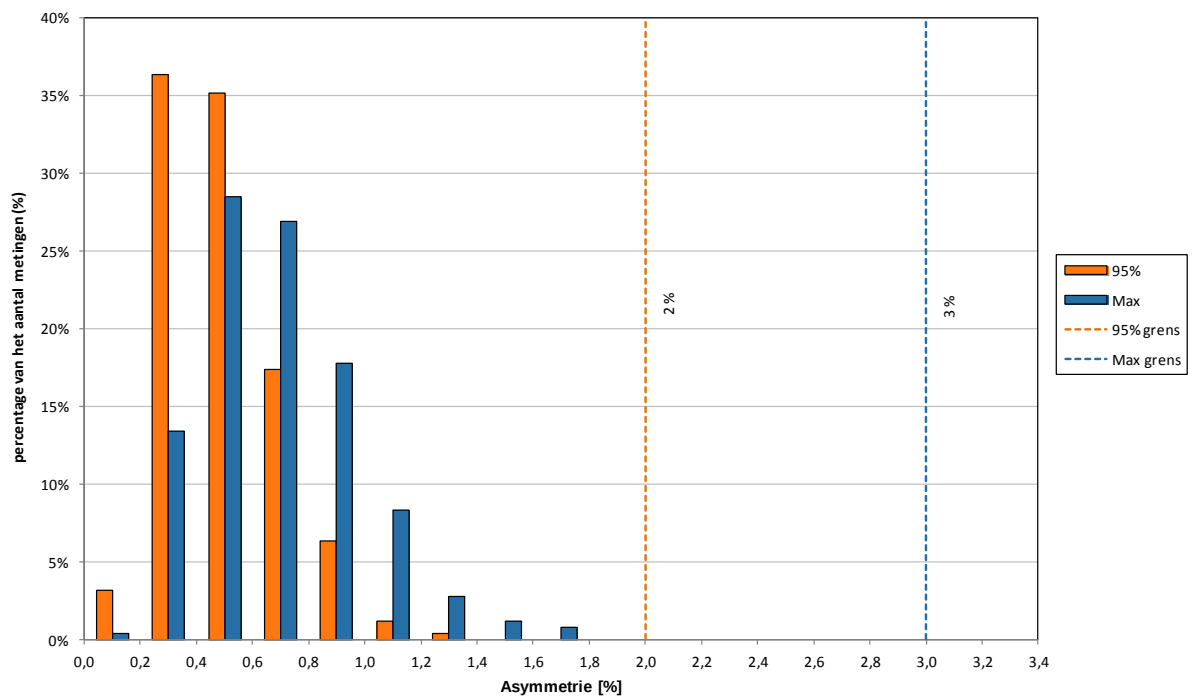
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak



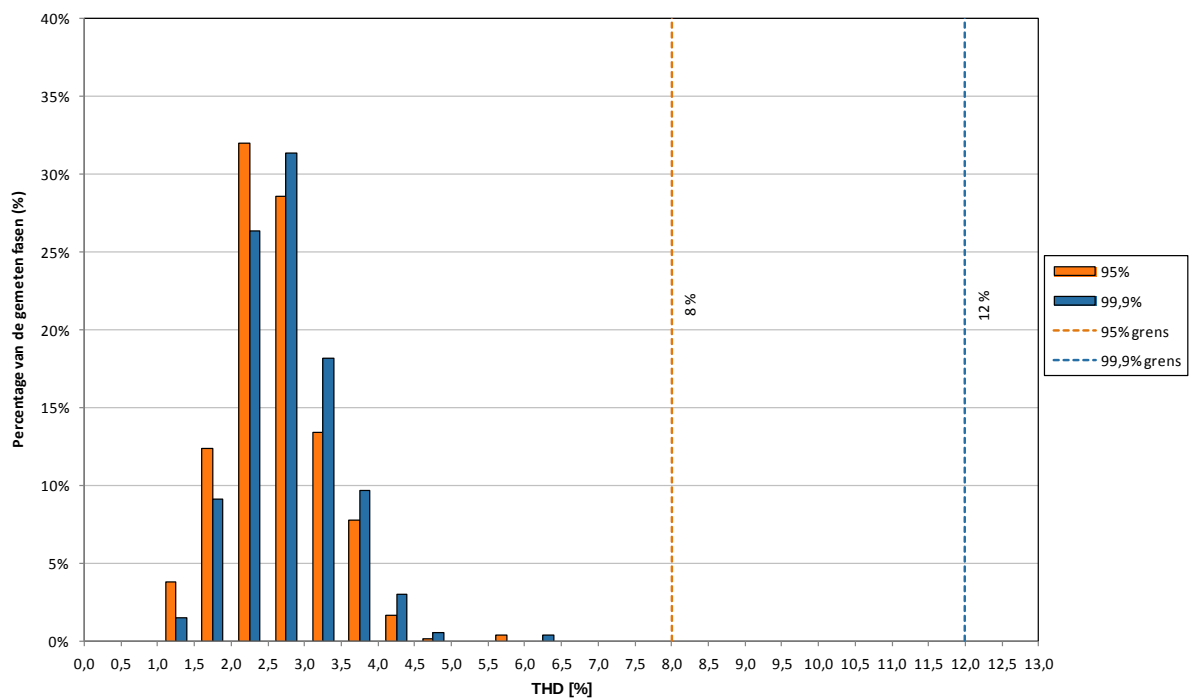
Figuur A1: Langzame spanningsvariatie LS-netvlak



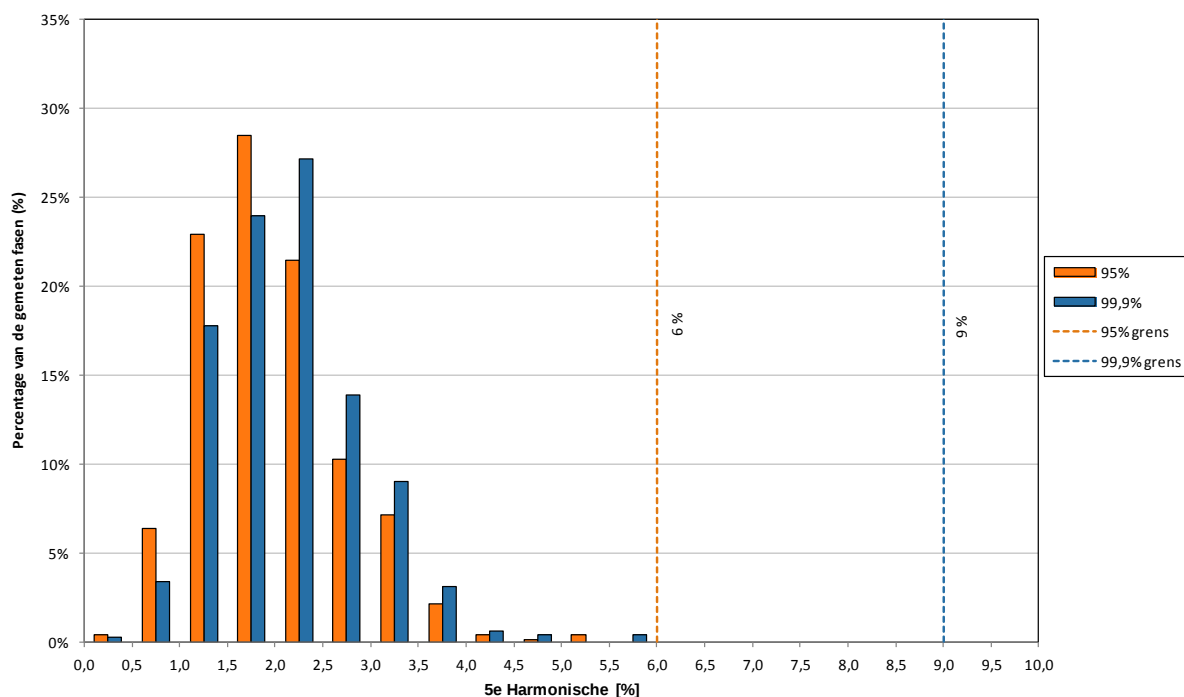
Figuur A2: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak



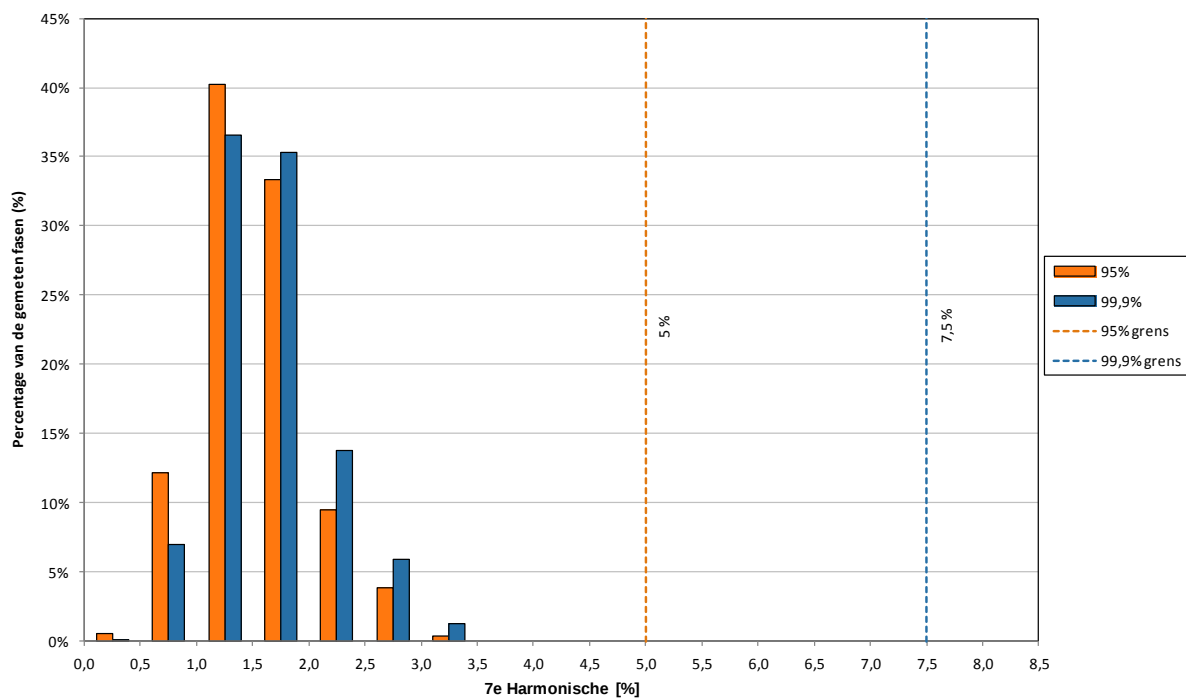
Figuur A3: Asymmetrie LS-netvlak



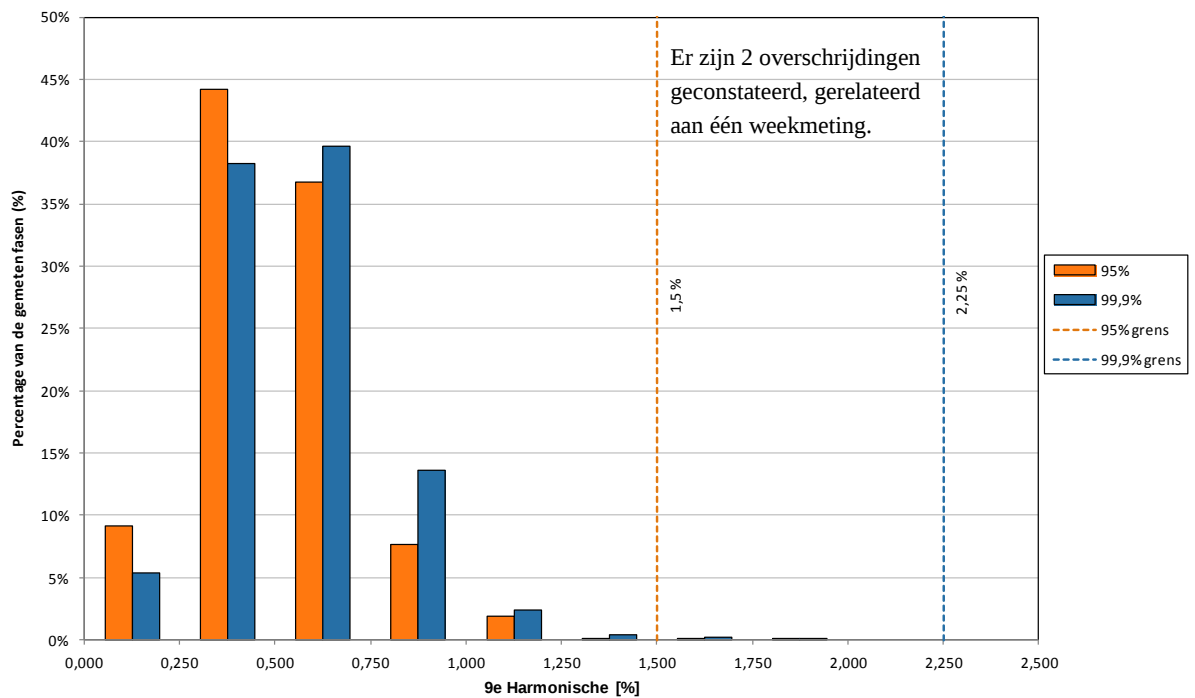
Figuur A4: Totale harmonische vervorming LS-netvlak



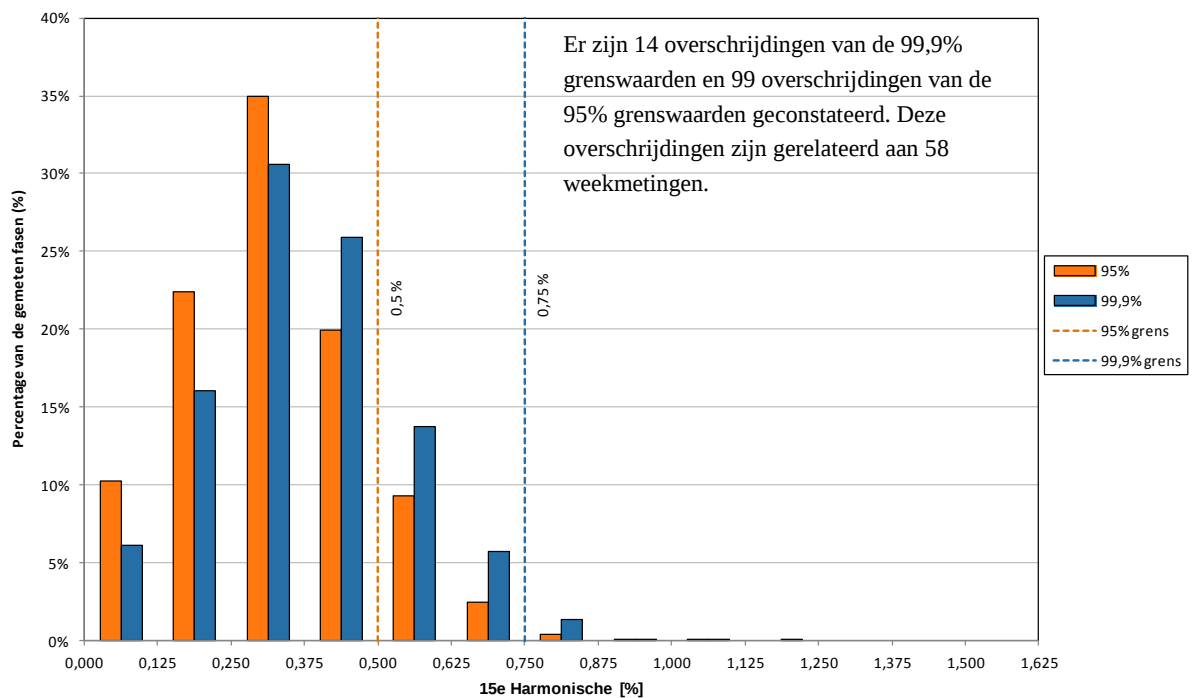
Figuur A5: 5^e harmonische LS-netvlak



Figuur A6: 7^e harmonische LS-netvlak

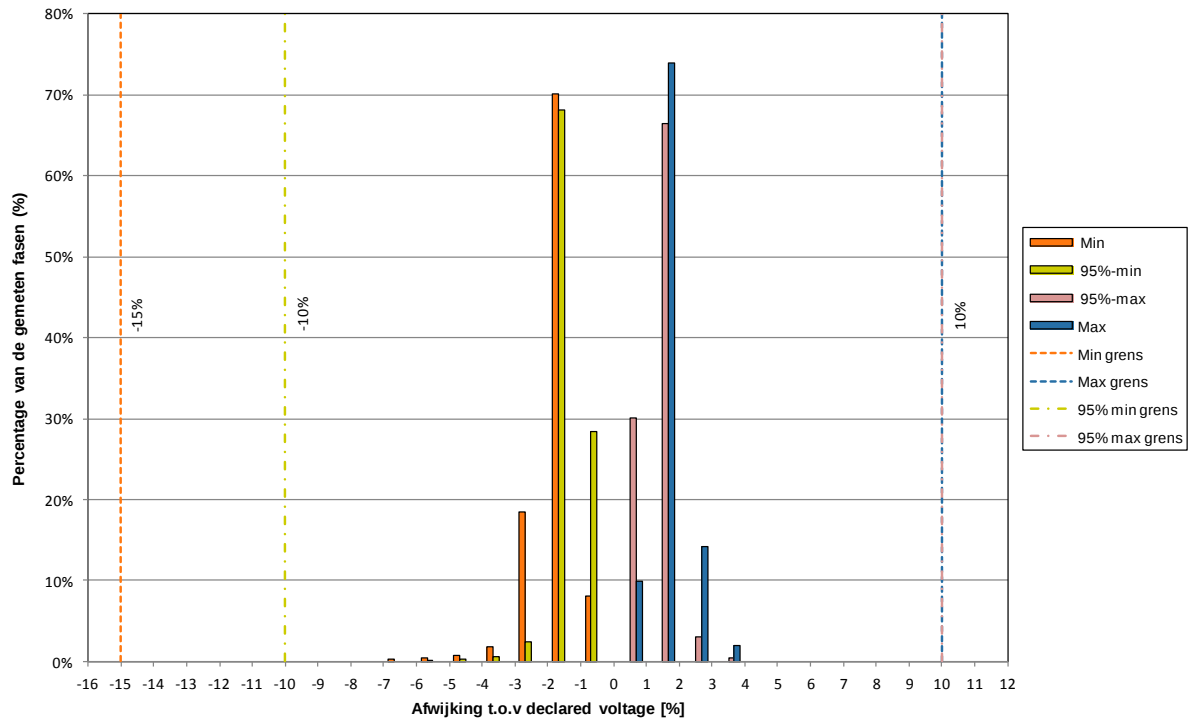


Figuur A7: 9^e harmonische LS-netvlak

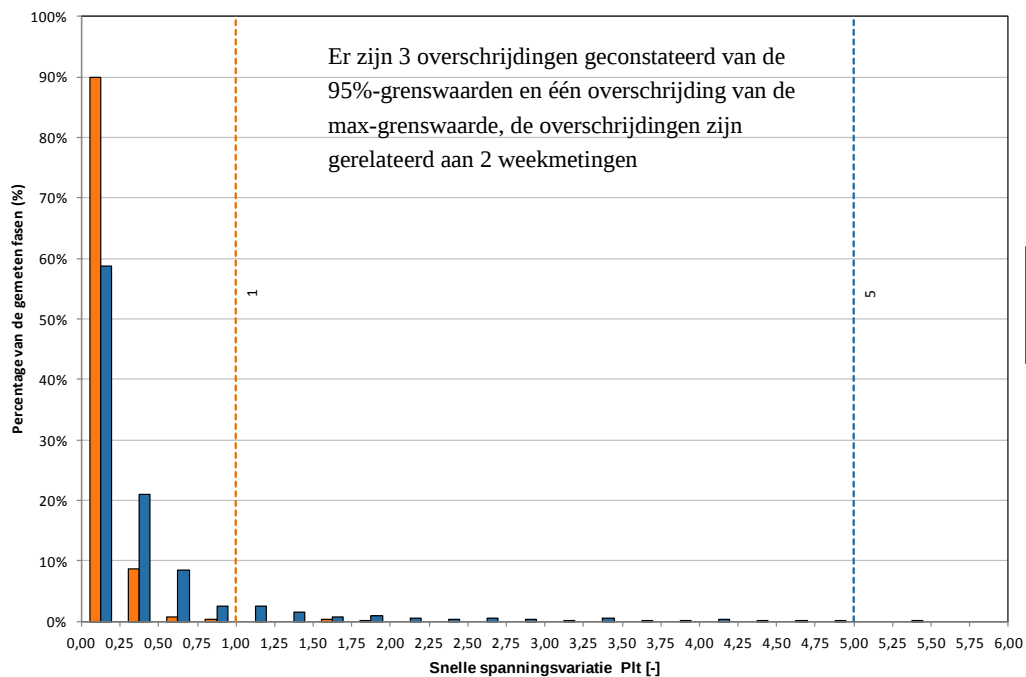


Figuur A8: 15^e harmonische LS-netvlak

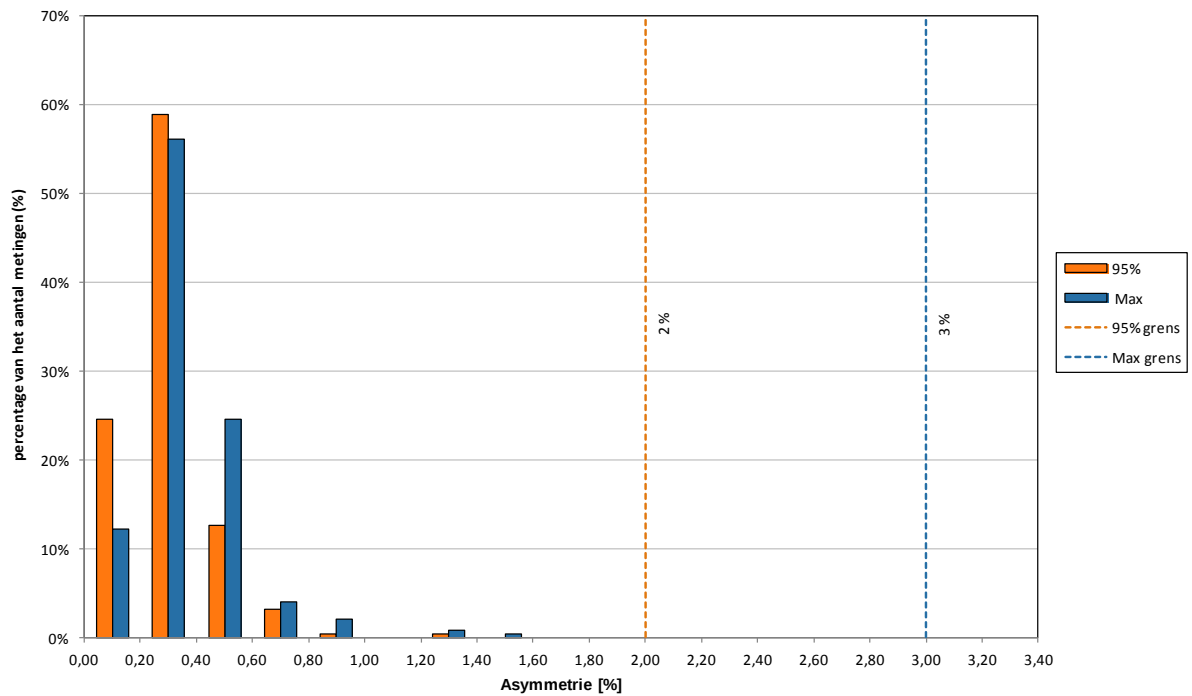
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak



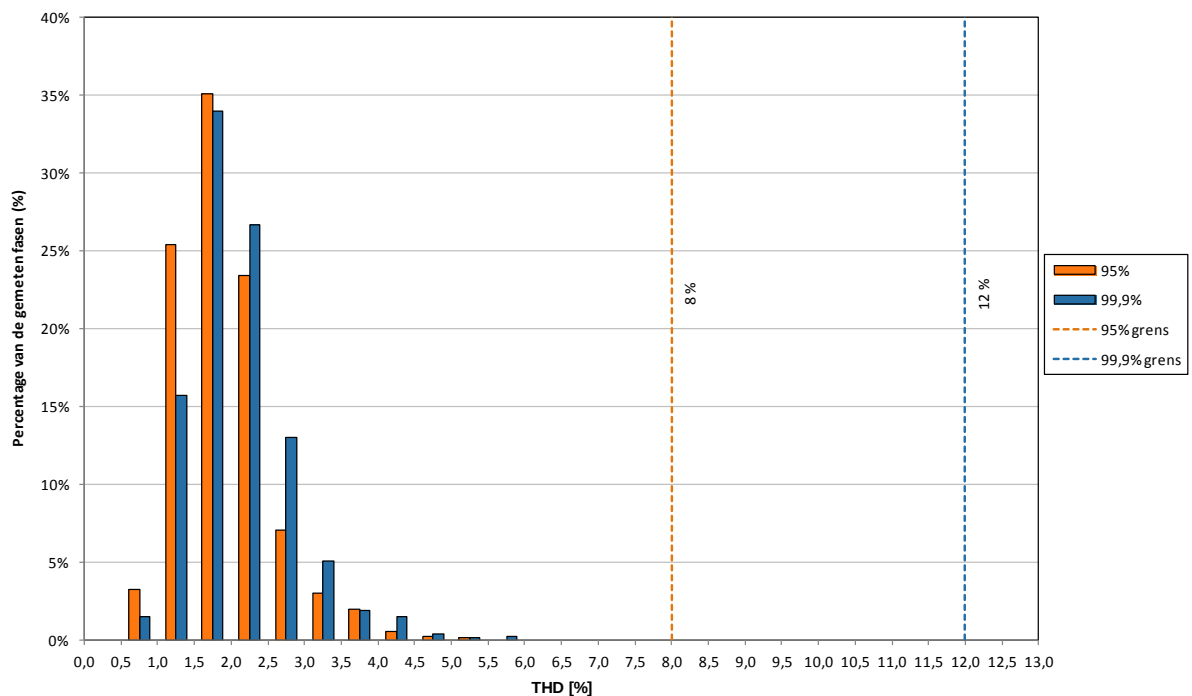
Figuur B1: Langzame spanningsvariatie MS-netvlak



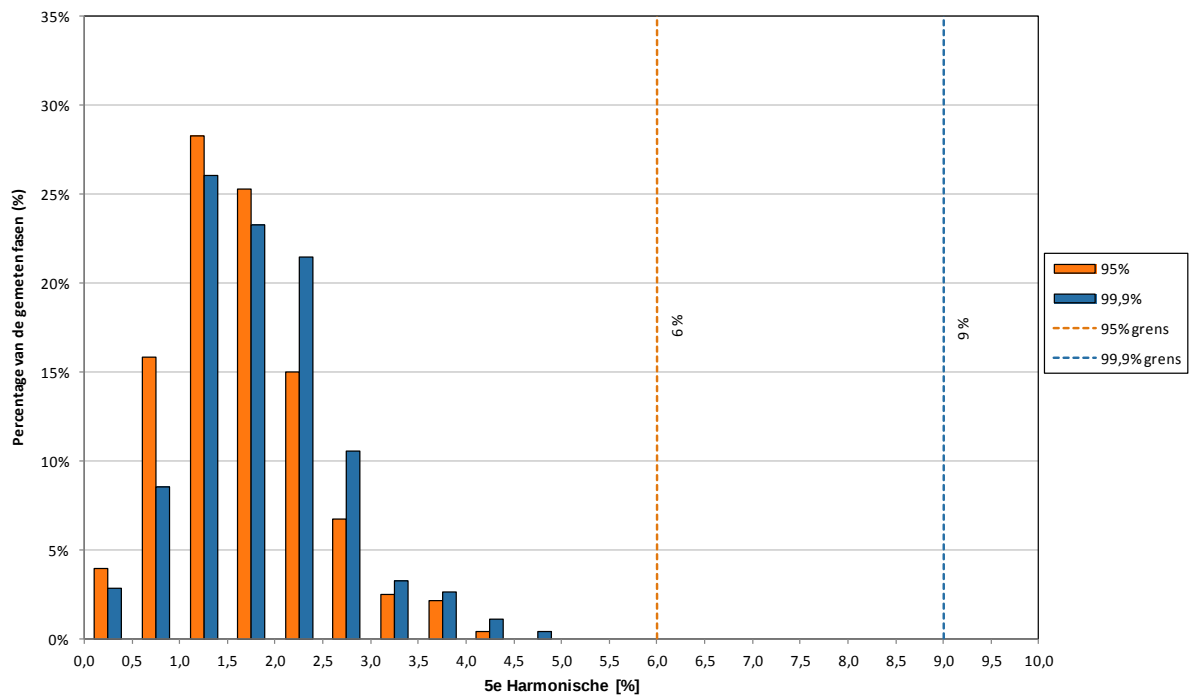
Figuur B2: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak



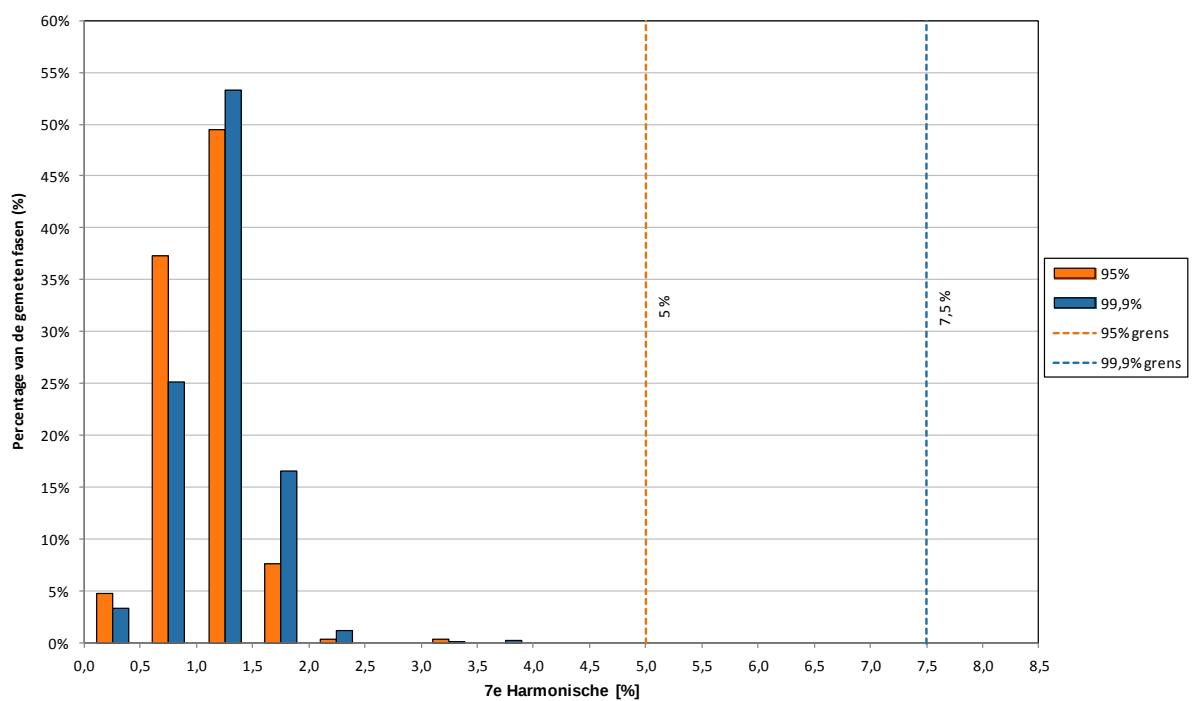
Figuur B3: Asymmetrie MS-netvlak



Figuur B4: Totale harmonische vervorming MS-netvlak

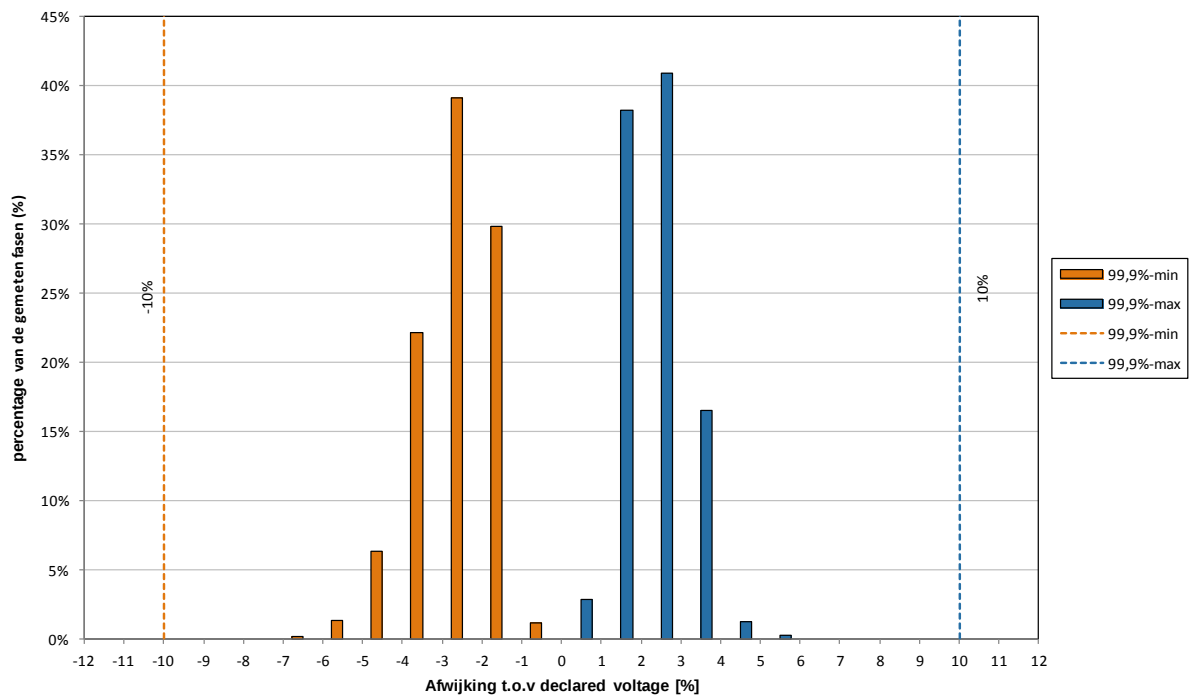


Figuur B5: 5^e harmonische MS-netvlak

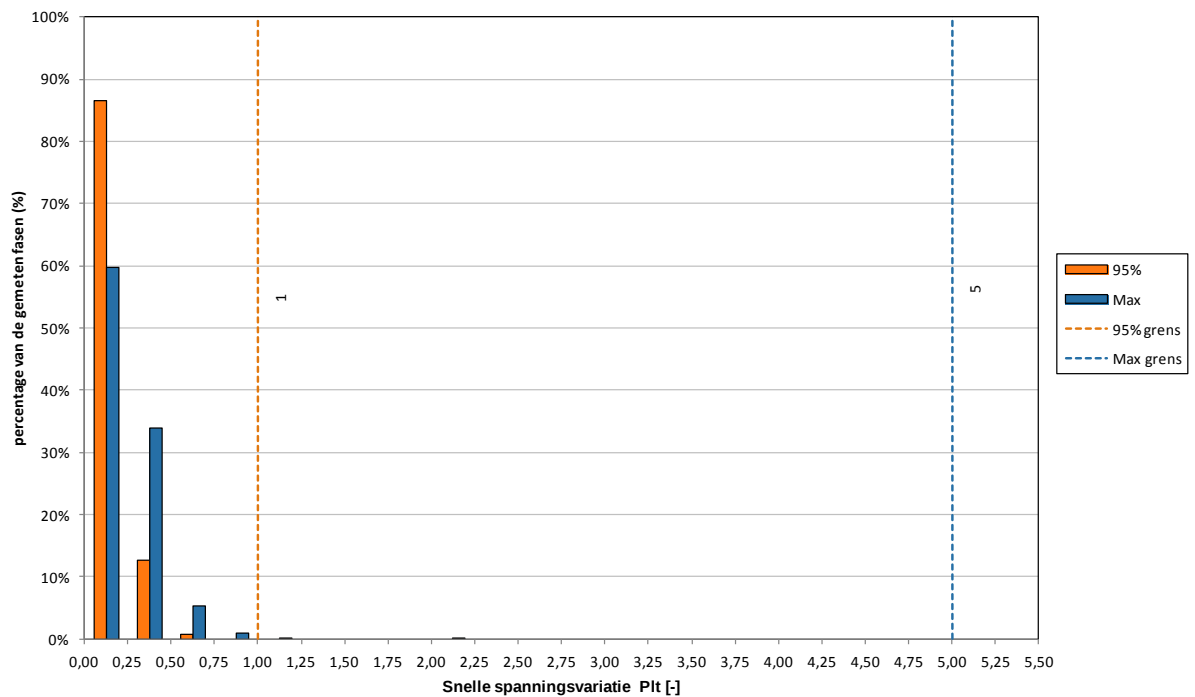


Figuur B6: 7^e harmonische MS-netvlak

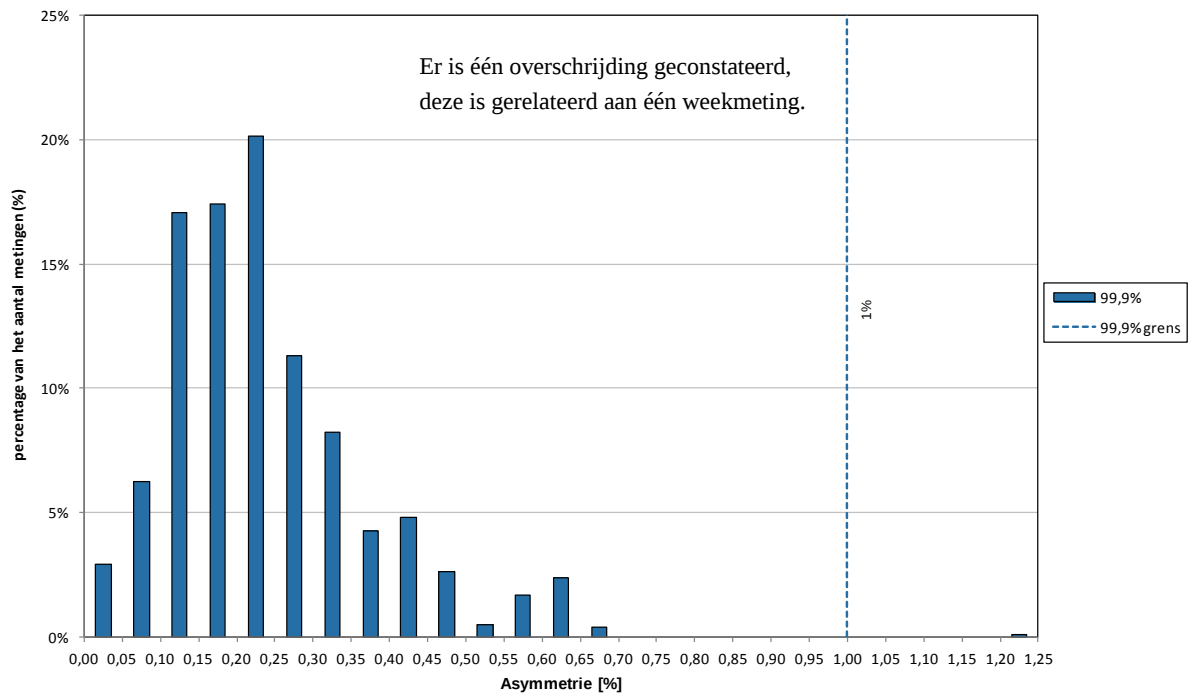
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak



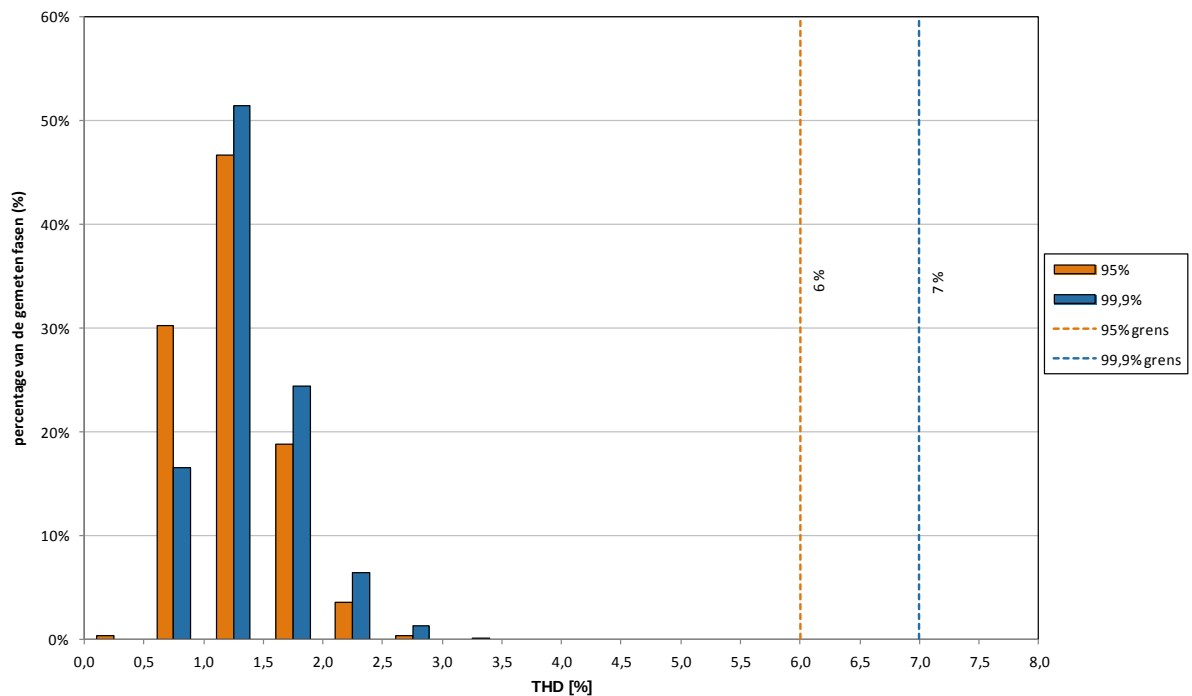
Figuur C1: Langzame spanningsvariatie HS-netvlak



Figuur C2: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak



Figuur C3: Asymmetrie HS-netvlak



Figuur C4: Totale harmonische vervorming HS-netvlak

Bijlage D: Spanningsdips hoogspanningsnetvlak

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel D1 deze tabel is gebaseerd op de norm NEN-EN 50160 [2] en sluit aan bij het PREGO onderzoek [5]. Spanningsdips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de genoemde norm aangemerkt als onderbreking en zijn in de tabel licht blauw gekleurd weergegeven. In de tabel zijn de spanningsdips verdeeld over twintig diptypen; elk met een eigen restspanning en duur.

Per diptype 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 D1: Geregistreerde spanningsdips HS-netvlak

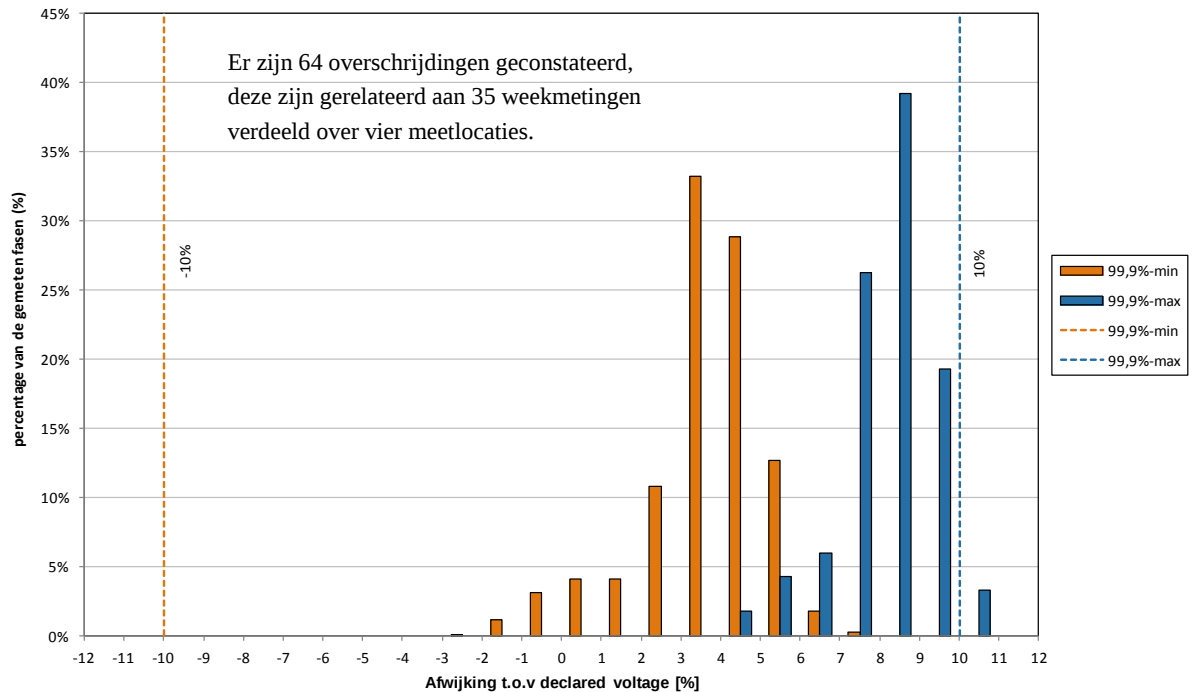
Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	2,4	18	0,1	1	0,1	1	0,0	0
	85	20	4	4	3	3	0	0
80 > u ≥ 70	0,7	5	0,0	1	0,0	1	0,0	0
	25	11	1	1	1	1	0	0
70 > u ≥ 40	0,1	2	0,1	1	0,0	1	0,1	1
	4	3	2	2	1	1	2	2
40 > u ≥ 5	0,1	1	0,0	0	0,0	1	0,0	1
	4	4	0	0	1	1	1	1
5 > u	0,0	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0

Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2015. Vervolgens zijn de spanningsdips per meter gecorrigeerd aan de hand van de beschikbaarheidsfactor. De gemiddelde beschikbaarheid van het HS meetsysteem (voor de 36 meters) was in 2015 80%. Tabel D2 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het HS-netvlak.

Tabel D2: Gecorrigeerde spanningsdips HS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	2,5	18,3	0,1	1,7	0,1	1,0	0,0	0,0
	91,1	20	4,7	4	3,0	3	0,0	0
80 > u ≥ 70	0,7	5,1	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0
	26,2	11	1,0	1	1,0	1	0,0	0
70 > u ≥ 40	0,1	2,0	0,1	1,0	0,0	1,0	0,1	1,0
	4,0	3	2,0	2	1,0	1	2,0	2
40 > u ≥ 5	0,2	1,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,8
	5,7	4	0,0	0	1,0	1	1,8	1
5 > u	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1,0	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0

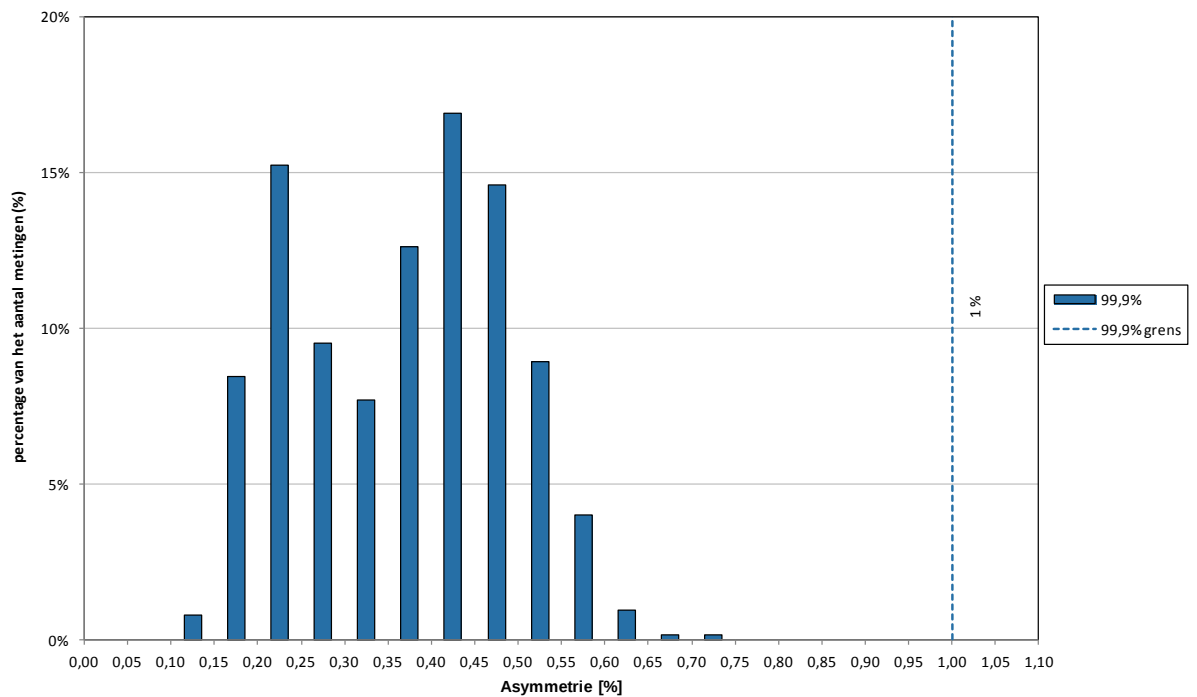
Bijlage E: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak



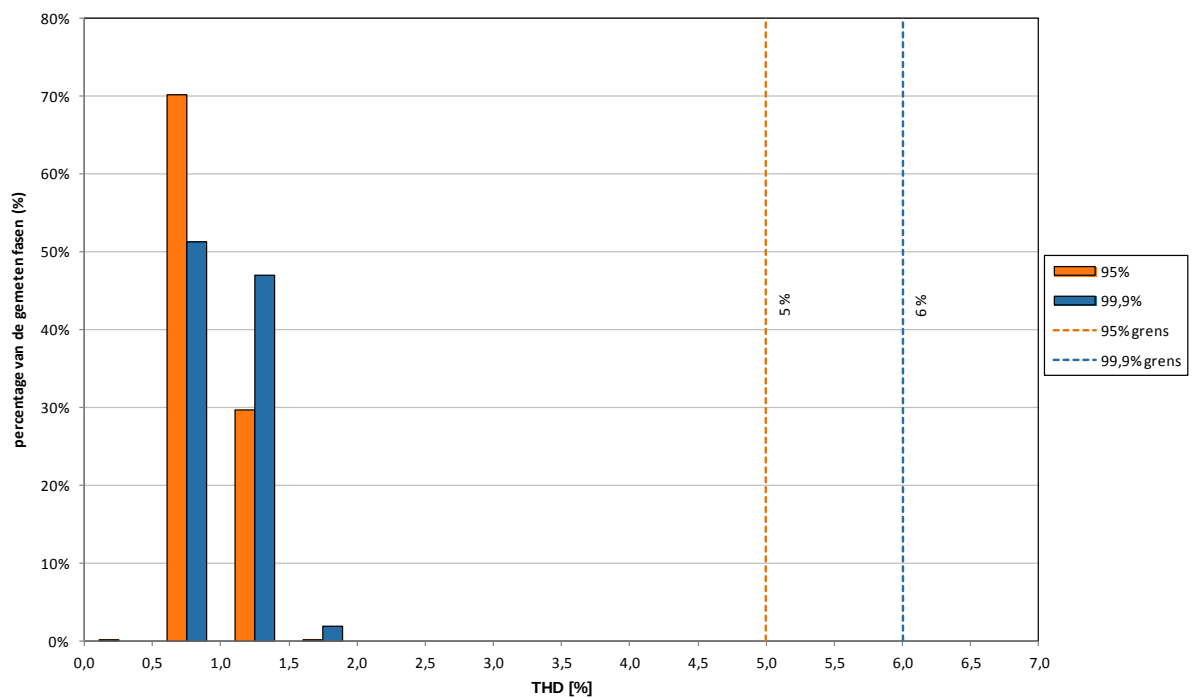
Figuur E1: Langzame spanningsvariatie EHS-netvlak



Figuur E2: Snelle spanningsvariatie EHS-netvlak



Figuur E3: Asymmetrie EHS-netvlak



Figuur E4: Totale harmonische vervorming EHS-netvlak

Bijlage F: Spanningsdips extra hoogspanningsnetvlak

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel D1 deze tabel is gebaseerd op de norm NEN-EN 50160 [2] en sluit aan bij het PREGO onderzoek [5]. Spanningsdips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de genoemde norm aangemerkt als onderbreking en zijn in de tabel licht blauw gekleurd weergegeven. In de tabel zijn de spanningsdips verdeeld over twintig diptypen; elk met een eigen restspanning en duur.

Per diptype 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 F1: Geregistreerde spanningsdips EHS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	2,5	8	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	35	9	0	0	0	0	0	0
80 > u ≥ 70	0,8	7	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	11	3	0	0	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	0,4	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	5	4	0	0	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
5 > u	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2015. Voor de 14 locaties zijn de spanningsdips per meter gecorrigeerd aan de hand van de beschikbaarheidsfactor. De gemiddelde beschikbaarheid van het EHS meetsysteem was in 2015 99,5% (excl. locaties met een beschikbaarheid van lager dan 50%). Tabel F2 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak.

Tabel F2: Gecorrigeerde spanningsdips EHS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	2,5	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	35,3	9	0,0	0	0,0	0	0,0	0
80 > u ≥ 70	0,8	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	11,0	3	0,0	0	0,0	0	0,0	0
70 > u ≥ 40	0,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5,0	4	0,0	0	0,0	0	0,0	0
40 > u ≥ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
5 > u	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0

Bijlage G: Toelichting overschrijdingen

G1: Overschrijdingen snelle spanningsvariatie LS-netvlak			
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)		
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (95%-grenswaarde)		
Aantal metingen	2 metingen		
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>
	Meting 1	28-01-2015	04-02-2015
	Meting 2	02-12-2015	09-12-2015
Grenswaarde	Plt - 95%	1	
	Plt - 100%	5	
Toetswaarden		<u>95%-toetswaarden</u>	
	Meting 1	-	1,30
	Meting 2	-	1,08

Beschrijving

Op twee meetlocaties is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie. Eén overschrijding heeft plaatsgevonden in januari en één in december. Geografisch gezien liggen de meetlocatie niet bij elkaar in de buurt. Bij beide metingen betreft het een overschrijding van de 95%-grenswaarde voor één van de drie fasen.

Oorzaak

In beide gevallen is de oorzaak van de overschrijding van de snelle spanningsvariatie onbekend. Op beide locaties zijn hermetingen uitgevoerd om vast te stellen wat de oorzaak van de overschrijdingen is. Bij deze hermetingen zijn er geen overschrijdingen meer geconstateerd, de overschrijdingen waren van tijdelijke aard.

Oplossing

Men heeft de oorzaak van de overschrijdingen niet vast kunnen stellen. De overschrijdingen lijken van voorbijgaande aard. Er is geen nadere oplossing bekend.

G2: Overschrijdingen individuele harmonischen LS-netvlak				
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)			
Kenmerk	Individuele harmonischen (95%-grenswaarden)			
Aantal metingen	1 meting			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	Meting 1	19-11-2015	26-11-2015	
Grenswaarde	H9 - 95%	1,5%		
Toetswaarden	<u>95%-toetswaarden 9^e harmonische</u>			
	Meting 1	1,78	1,52	-

Beschrijving

Bij deze laagspanningsmeting zijn er overschrijdingen geconstateerd t.a.v. de 95%-grenswaarden van de 9^e harmonische. Er zijn naast deze overschrijding geen andere verschijnselen overschreden in de betreffende meetperiode.

Oorzaak

Bij de eerste meting op deze locatie zijn overschrijdingen geconstateerd van de 95%-grenswaarde van de 9^e harmonische. Er is vervolgens nog een meting uitgevoerd om vast te stellen of de geconstateerde overschrijding van tijdelijke aard zijn geweest. Bij deze meting heeft men wederom overschrijdingen geconstateerd van de 95%-grenswaarde van de 9^e harmonische. In de betreffende woonwijk is veel PV-opwekking geïnstalleerd. Mogelijk worden de overschrijdingen veroorzaakt door een niet correct functionerende PV-inverter.

Oplossing

De betreffende netbeheerder overweegt een schouwing te doen bij aangeslotenen met een PV-systeem om de bron van de 9^e harmonische te identificeren. Tevens kijkt men dan naar de verdeling van de PV-systemen over de verschillende fasen van het net.

G3: Overschrijdingen 15e harmonische LS-netvlak	
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)
Kenmerk	15e harmonische
Aantal metingen	58 metingen
Meetperiode	Metingen verspreid over het jaar uitgevoerd
Grenswaarden	H15 - 95% 0,5 H15 - 99,9% 0,75
Toetswaarden per fase	58 weekmetingen met een overschrijding van de 95%-grenswaarde voor één of meerdere fasen. Bij 10 van de 58 weekmetingen is tevens een overschrijding geconstateerd van de 99,9%-grenswaarde voor één of meerdere fasen.

Beschrijving

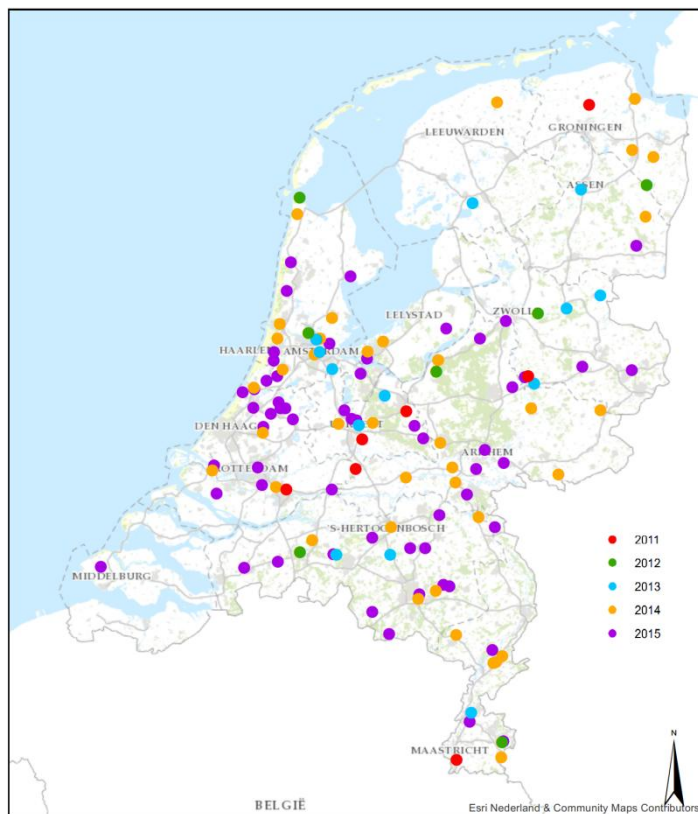
Bij 58 van de 266 geanalyseerde LS-metingen is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van de 95%-grenswaarde. Bij 10 van deze metingen is daarnaast ook de 99,9%-grenswaarde overschreden. Het aantal overschrijdingen betreft 22% van het aantal bruikbare LS-metingen. Dit percentage is gelijk aan het jaar 2013 en ligt 6% hoger dan vorig jaar (zie bijlage H).

Oorzaak

Voor zover bekend ondervinden klanten geen overlast met betrekking tot de overschrijdingen van bovengenoemde grenswaarden. Er zijn de afgelopen jaren geen klachten in relatie tot de betreffende meetlocaties ontvangen. Desondanks is de PQM-contactgroep in 2011 gestart met onderzoek naar het verschijnsel. Hieronder volgt een samenvatting van de resultaten.

Geografische spreiding

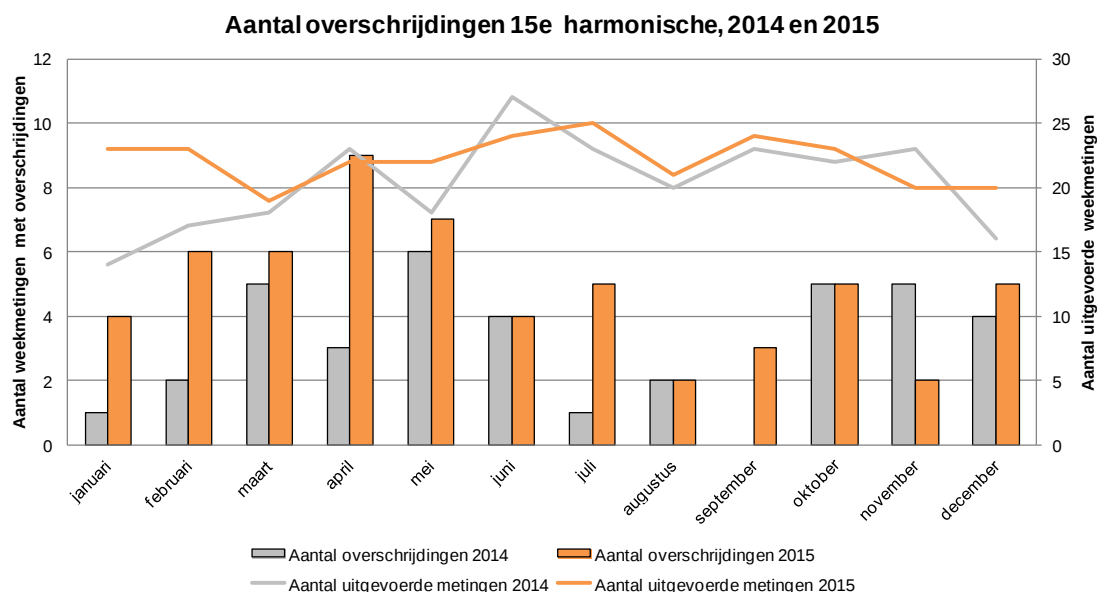
Er is een onderzoek uitgevoerd naar de geografische spreiding van de overschrijdingen. Zijn de overschrijdingen toe te schrijven aan een bepaalde regio? Uit het onderzoek blijkt dat er niet een specifieke regio is waar significant meer overschrijdingen voorkomen. Wat wel opvalt, is dat er in midden en zuid Nederland relatief meer overschrijdingen voorkomen. In figuur G1 zijn de locaties met overschrijdingen grafisch weergegeven op een kaart van Nederland.



Figuur G1: Geografische spreiding overschrijdingen 15^e harmonische

Tijd- of seizoensgebonden

Er is onderzocht of de overschrijdingen (vooral) in een bepaald seizoen of rondom een bepaald tijdstip plaatsvinden. De overschrijdingen vinden zowel in de zomer als winter plaats en zowel overdag als 's nachts. In de maanden maart, april en mei zijn er relatief gezien meer overschrijdingen opgetreden, in de maanden augustus en september ligt het aantal overschrijdingen lager. Ter informatie zijn in figuur G2 de overschrijdingen van 2014 en 2015 uitgezet over de verschillende kalendermaanden. Tevens is in de figuur aangegeven hoeveel metingen er in de maanden zijn uitgevoerd.



Figuur G2: Spreiding overschrijdingen 15^e harmonische over kalendermaanden

Mate van stedelijkheid

Tabel G1 geeft het aantal en percentage van het aantal weekmetingen met een overschrijding weer binnen de verschillende categorieën van stedelijkheid. Overschrijdingen komen relatief meer voor in sterk, matig en weinig stedelijk gebied. In zeer sterk stedelijke en niet stedelijke gebieden ligt het aantal overschrijdingen lager. Er zijn verhoudingsgewijs iets meer metingen uitgevoerd in sterk stedelijk gebied, ca. 24% van het totaal. Voor de andere stedelijkheidsklassen ligt dit percentage tussen de 18 en 20%.

Tabel G1: Overschrijdingen 15^e harmonische naar mate van stedelijkheid

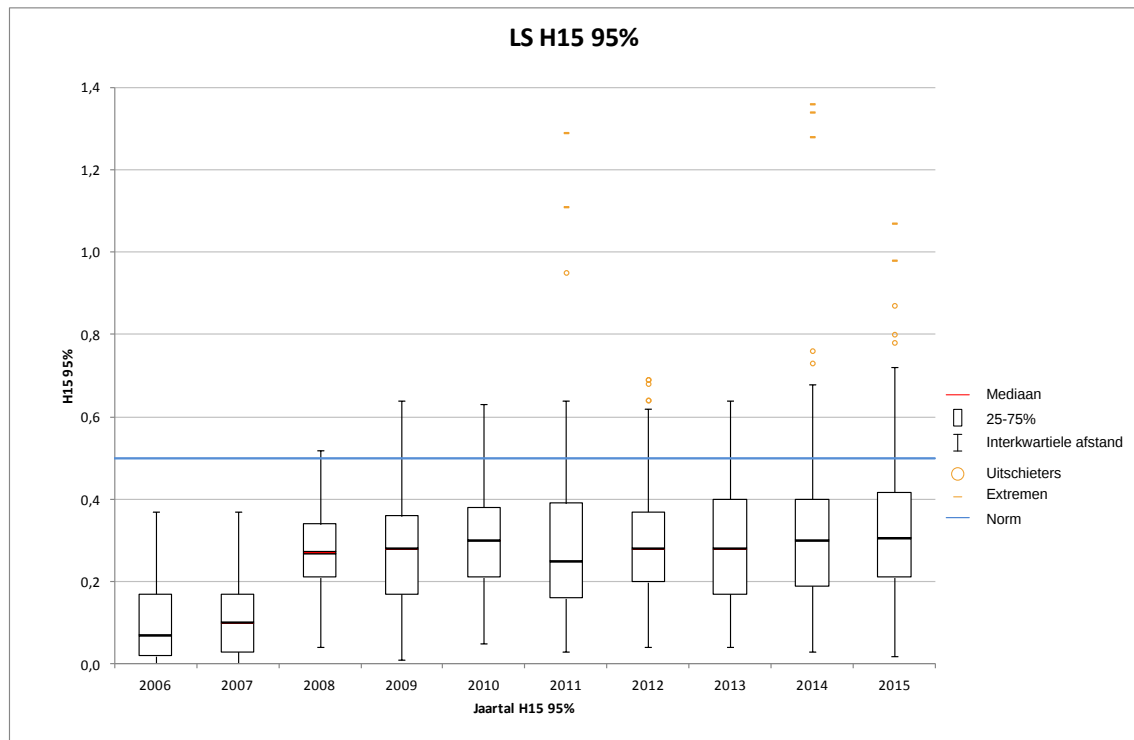
Overschrijdingen 15 ^e harmonische - stedelijkheid		
Stedelijkheid	Weekmetingen met overschrijding(en)	Percentage weekmetingen met overschrijding binnen categorie van stedelijkheid
Zeer sterk stedelijk	8	15%
Sterk stedelijk	14	22%
Matig stedelijk	12	25%
Weinig stedelijk	16	30%
Niet stedelijk	8	17%
Totaal	58	22%

Normeisen

In 2011 is een promotieonderzoek afgerond aan de TU Eindhoven met als titel 'Power Quality Requirements and Responsibilities at the Point of Connection' [9]. Uit het onderzoek is gebleken dat er steeds meer toestellen op de markt komen, waarbij harmonischen prominent aanwezig zijn. Een belangrijk onderdeel van het onderzoek betrof de uitvoering van representatieve simulaties met betrekking tot harmonische vervuiling. Hieruit blijkt dat van alle harmonische grenswaarden alleen die van de 15^e en de 21^e worden overschreden. Eén van de verklaringen hiervoor is dat de normeisen voor de 15^e en 21^e harmonischen relatief streng zijn ten opzichte van de andere individuele harmonischen.

Trendanalyse

Uit een trendanalyse blijkt dat er tussen 2007 en 2008 een sprong heeft plaatsgevonden in de meetwaarden (zie figuur G3). Deze sprong is statistisch zeer significant. Movares heeft in 2012 onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen de trendbreuk [10] en de overstap naar een nieuw meetinstrument per 1 januari 2008. Vanaf deze datum is de Fluke 435 toegepast, voorheen werd gebruik gemaakt van de Memobox.



Figuur G3: Trendanalyse 15^e harmonische, 2006-2015

Een belangrijke conclusie uit het onderzoek is dat de Memobox bij de registratie van harmonischen gebruik maakt van een gemiddelde waarde van alle metingen binnen een 10-minuten meetinterval en de Fluke 435 van een RMS-gemiddelde. Dit leidt tot verschillen bij variërende harmonische inhoud. Daarnaast blijken er verschillende hard- en softwarematige verschillen te zijn, onder andere m.b.t. de sampling rate (specificatie Fluke: 200 kHz, specificatie Memobox: 10,25 kHz) en het gebruik van FFT filter.

Om zeker te stellen dat het nieuwe meetinstrument voldoet aan de meeteisen en onnauwkeurigheden zoals gesteld in de normen IEC 61000-4-30 [7] Class A en IEC 61000-4-7 [8], is een Statement of Compliance aangevraagd en controlemeting uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat het meetinstrument ruimschoots aan de gestelde criteria voldoet.

De onderzoeksresultaten maken het aannemelijk dat de trendbreuk is ontstaan door de overstap naar het nieuwe meetinstrument die voldoet aan de huidige normen. De Memobox voldoet niet aan de normen die op dit moment geldig zijn. De Fluke 435 is aantoonbaar beter in staat om een representatief beeld te geven van de golfvorm van het net.

Oplossing

Afgelopen jaren is verder onderzoek uitgevoerd naar eventuele trends of correlaties tussen de overschrijdingen en locatie/tijdstip/seizoen/stedelijkheid/type aangeslotene. In 2015 is de paper Evaluation and updating of harmonic voltage limits [4] verschenen, in deze paper wordt ingegaan op een eventuele aanpassing van de huidige grenswaarden.

Overschrijdingen van de 15e harmonische worden niet alleen in Nederland geconstateerd, maar ook in het buitenland komt deze overschrijding voor [11]. Via de normcommissie Systeemaspecten van de elektriciteitsvoorziening (NEC 8) is richting CEN-CENELEC (opnieuw) kenbaar gemaakt dat de normering (NEN-EN 50160) met betrekking tot de individuele harmonischen onderzocht en mogelijk aangepast moet worden.

G4: Overschrijdingen diverse spanningsverschijnselen MS-netvlak				
Spanningsniveau	10/11 kV (middenspanning)			
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (95%- en 100%-grenswaarden)			
Aantal metingen	2 metingen			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	Meting 1	05-10-2015	12-10-2015	
	Meting 2	02-02-2015	09-02-2015	
Grenswaarde	Plt - 95%	1		
	Plt - 100%	5		
Toetswaarden	95%-toetswaarden snelle spanningsvariatie			
	Meting 2	1,61	1,57	1,83
	100%-toetswaarden snelle spanningsvariatie			
	Meting 1	5,33	-	-

Beschrijving

Op twee meetlocaties is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie. Eén overschrijding heeft plaatsgevonden in februari en één in oktober. Geografisch gezien liggen de meetlocatie niet bij elkaar in de buurt. Bij meting 1 betreft het een overschrijding van de maximale grenswaarde voor één van de drie fasen. Bij meting 2 betreft het overschrijdingen van de 95%-grenswaarde voor alle drie de bemeten fasen.

Oorzaak

Meting 1 is uitgevoerd op een overdrachtspunt bij een agrarisch bedrijf. Tijdens de meetperiode van meting 1 zijn er werkzaamheden uitgevoerd in het voedende HS/MS-station. Bij deze werkzaamheden zijn er diverse schakelhandelingen uitgevoerd (inschakelen van transformator), deze schakelhandelingen hebben de overschrijding van de snelle spanningsvariatie veroorzaakt. De overschrijdingen van meting 2 zijn veroorzaakt door meerdere korte MS-storingen (aardfouten) in het onderliggende 10 kV-net van 110 kV-station Vollenhove.

Oplossing

Bij meting 1 is de oorzaak bekend, het gaat hier om werkzaamheden van tijdelijke aard. Er worden door de betreffende netbeheerder geen maatregelen getroffen.

Bij meting 2 heeft de betreffende netbeheerder als oplossing voor de overschrijdingen aangegeven, de component die de aardfouten veroorzaakt te vervangen.

G5: Overschrijdingen asymmetrie HS-netvlak	
Spanningsniveau	110 kV (hoogspanning)
Kenmerk	Asymmetrie (99,9%-max)
Aantal weekmetingen	1
Aantal meetlocaties	1
Meetperiode	19-03-2015 t/m 25-03-2015
Grenswaarde	99,9%-grenswaarde: 1%
Toetswaarden	Asymmetrie 1,25%

Beschrijving

Er is één overschrijdingen geconstateerd op 110kV-station Veenoord.

Oorzaak

Na onderzoek blijkt geen oorzaak te zijn gevonden.

Oplossing

Voor de overschrijding van de asymmetrie is geen oorzaak gevonden. Hierdoor is het niet mogelijk om een oplossing te formuleren.

G6: Overschrijdingen binnen hinderlijke categorie spanningsdips HS-netvlak	
Spanningsniveau	50 en 150 kV (hoogspanning)
Kenmerk	Spanningsdips
Aantal weekmetingen	n.v.t.
Aantal meetlocaties	2
Meetperiode	2015
Grenswaarde	Aantal dips dat volgens de Netcode mag optreden in de categorie 'restspanning tussen 70% en 40%, duur tussen de 1.000 en 5.000 ms' bedraagt 0.
Toetswaarden	Op beide locaties is één spanningsdip in de bovengenoemde categorie opgetreden.

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- HS003 – 50 kV Boschpoort;
- HS004 – 150 kV Graetheide.

Oorzaak

De oorzaak was een kortsluiting in het net.

Oplossing

Het component dat de kortsluiting in het net heeft veroorzaakt is gerepareerd volgens de instructies van het onafhankelijk instituut dat de storingsonderzoek heeft uitgevoerd. De aanbevelingen uit het storingsonderzoek wordt opgevolgd voor de componenten die tot dezelfde populatie horen.

G7: Overschrijdingen langzame spanningsvariatie EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (extra hoogspanning)
Kenmerk	Langzame spanningsvariatie (99,9%-max)
Aantal weekmetingen	35
Aantal meetlocaties	4
Meetperiode	Verdeeld over het jaar
Grenswaarde	99,9%-grenswaarde: 10%
Toetswaarden	Allen tussen de 10% en 11%

Beschrijving

In het noorden van Nederland komt het in Eemshaven (Eems-EOS Wit en Eems-EOS Zwart) regelmatig voor dat de spanning boven de toegestane waarden van 10% uit stijgt. Dit fenomeen doet zich ook voor in de Bleiswijk/Wateringen. In 2015 zijn bij weekmetingen overschrijding geconstateerd. Deze overschrijdingen zijn gerelateerd aan 4 meetlocaties waarbij op één station twee meetlocaties zijn.

Oorzaak

De beschikbaarheid van het gecontracteerde blindvermogen op de productiemiddelen was enigszins hoger dan afgelopen jaren, waardoor de spanningshuishouding beter doch nog steeds moeilijk was te regelen. Met name is de beschikbaarheid van het blindvermogen laag omdat gasgestookte productiemiddelen niet in bedrijf zijn, of omdat centrales uit de markt worden gedrukt als gevolg het grote aanbod aan duurzame energie uit Duitsland. De spanningshuishouding was beter te regelen omdat extra blindvermogenscontracten zijn afgesloten waarmee de beschikbare blindvermogenscapaciteit werd vergroot. Verder is vastgesteld dat in Centraal West Europa (CWE) de problemen met een te hoge spanningen door meer TSO's wordt ervaren. De problematiek van een te hoge spanning is verwoord in artikel [11]

Oplossing

Om te hoge netspanningen te voorkomen is naast het inzetten van compensatiespoelen gebruik gemaakt van additionele spanningsverlagende maatregelen. Deze maatregelen zijn onder andere: het uitschakelen van circuits, het afroepen van blindvermogenscontracten onder verplichte inzet condities voor de betreffende productiemiddelen. Om de beschikbaarheid van blindvermogen te verhogen zijn reeds een aantal jaren geleden compensatiespoelen aangebracht in Crayestein en Simonshaven, en zijn er investeringen in uitvoering om 750 Mvar blindvermogenscompensatie op te stellen in het noorden van het land.

G8: Overschrijdingen snelle spanningsvariatie EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (extra hoogspanning)
Kenmerk	Snelle spanningsvariates (Plt-100%)
Aantal weekmetingen	18
Aantal meetlocaties	1
Meetperiode	Verdeeld over het jaar
Grenswaarde	Plt-100%: 5
Toetswaarden	Tussen de 5 en 17

Beschrijving

Er zijn 18 overschrijdingen geconstateerd. Allen zijn gerelateerd aan één meetlocatie, namelijk station Bleiswijk.

Oorzaak

Het inschakelen en respectievelijk uitschakelen van één van de circuits van de verbinding 380kV Wateringen – Bleiswijk.

Oplossing

Op station Bleiswijk zijn geen klanten aangesloten. De snelle spanningsvariates hebben niet geleid tot verstoringen bij aangeslotenen die op grotere afstand zitten. Vooralsnog is er geen aanleiding om maatregelen te nemen om deze snelle spanningsvariates te beperken. Het meetcircuit van deze meter zal worden na gekeken om na te gaan dit niet de oorzaak is van de snelle spanningsvariates.

Bijlage H: Metingen en overschrijdingen, 2006 – 2015

Tabel H1: Aantal metingen en overschrijdingen, 2006 – 2015

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
			Langzame spannings- variatie	Snelle spannings- variatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
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 ²	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
2006	LS	58	-	2	-	2
	MS	57	-	-	-	-
	HS	941	-	-	-	-

² Het is voor het eerst dat de rapportage voor het extra hoogspanningsnet is geïntegreerd in de jaarrapportage van Netbeheer Nederland. Voorgaande jaren werd de rapportage voor EHS door TenneT zelf opgesteld.

Colofon

Project Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2015

Projectnummer RM131458

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

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

Uitgave Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.

Projectmanager Rik Luiten

Auteurs Luuk Derksen, Hans Wolse & Tom Bogaert

Kenmerk ME-LD-160002555 / Versie 1.0

Datum 15 april 2016

Contactgegevens **Netbeheer Nederland**
Martijn Boelhouwer (woordvoerder)
Postbus 90608
2509 LP Den Haag

070 - 205 50 00
secretariaat@netbeheernederland.nl