

Spanningskwaliteit in Nederland

Resultaten 2022

Versie: 1.0

Kenmerk: KR-2023-03002

Datum: 17 april 2023

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 onder meer de structuur van de nettarieven. Netbeheer Nederland stelt ook de algemene voorwaarden op voor aansluiting en transport.

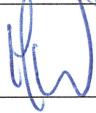
Netbeheer
Nederland



Autorisatieblad

Spanningskwaliteit in Nederland Resultaten 2022

Versie	Toelichting	Datum
0.9 (concept)	Ter review aangeboden aan leden werkgroep Spanningskwaliteit	22-03-2023
1.0 (definitief)	Oplevering eindversie na verwerking reacties	17-04-2023

	Naam	Paraaf
Opgesteld door:	Jayson de Bruin & Peter Grijpma	
Gecontroleerd door:	Hans Wolse	
Vrijgegeven door:	Rik Luiten	

Samenvatting

Tabel S.0.1 geeft een samenvatting van de meetresultaten over 2022. De tabel toont per net het aantal uitgevoerde weekmetingen. Ook laat de tabel zien bij hoeveel van deze metingen een overschrijding heeft opgetreden. Deze overschrijdingen zijn gesorteerd naar spanningsverschijnsel. In de bijlage van dit rapport worden alle overschrijdingen nader toegelicht. Het komt voor dat binnen eenzelfde weekmeting bij meerdere verschijnselen een overschrijding plaatsvindt.

Tabel S.0.1: Metingen en overschrijdingen continue verschijnselen, 2022

Net	Aantal meters	Aantal weekmetingen	Weekmetingen met overschrijding	Aantal overschrijdingen			
				Langzame spanningsvariatie	Spanningsasymmetrie	Snelle spanningsvariatie	Harmonische(n)
LS	262	262	6	0	0	2	4
MS	268	268	2	0	1	0	1
HS 50-66 kV	22	957	0	0	0	0	0
HS Net op Zee 66 kV	16	438	180	0	179	1	1
HS 110-150 kV	98	3794	5	0	5	0	0
EHS	16	762	13	1	12	0	0

De metingen in het LS- en MS-net zijn aselekt geselecteerd door middel van een steekproeftrekking. De resultaten worden statistisch vertaald naar landelijke proporties. Over 2022 kan met een betrouwbaarheid van 95% voor alle continue spanningsverschijnselen worden gesteld dat:

- Tussen de 95% en 99% van de LS-klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.
- Tussen de 97% en 100% van de MS-klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het HS- en EHS-net wordt geen steekproef uitgevoerd. Hier geldt als uitgangspunt dat alle klantaansluitingen gedurende het hele jaar worden bemeten. Op basis van de resultaten wordt gesteld dat, afgerond:

- 100% van de HS 50-66 kV HS-weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.
- 59% van de HS Net op Zee 66 kV weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.
- 100% van de 110-150 kV HS-weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.
- 98% van de 220-380 kV EHS-weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Binnen het project worden ook spanningsdips geregistreerd. Tabel S.0.2 toont per net het gemiddelde aantal geregistreerde hinderlijke spanningsdips in het MS-, HS- en EHS-net. Dit is het totaal aantal geregistreerde hinderlijke dips gedeeld door het aantal meters. In het MS-net wordt dit met een continu meetsysteem op 220 stationslocaties gedaan. De locaties zijn steekproefsgewijs geselecteerd (aselekt). Binnen het HS- en EHS-net worden spanningsdips bij 191 klantaansluitingen bemeten.

Tabel S.0.2: Gemiddeld aantal hinderlijke spanningsdips, 2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$
$90 > u \geq 80$	Niet hinderlijk			
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$	MS: 0,17 HS 50-66 kV: 0,15 HS Net op Zee 66 kV: 0 HS 110-150 kV: 0,04 EHS: 0	MS: 0,25 HS 50-66 kV: 0,25 HS Net op Zee 66 kV: 0 HS 110-150 kV: 0,05 EHS: 0,60	MS: 0,38 HS 50-66 kV: 0 HS Net op Zee 66 kV: 0 HS 110-150 kV: 0 EHS: 0	
$5 > u$				

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
1. Inleiding	5
2. Laagspanningsnet	6
2.1 Meetresultaten	6
2.2 Trendanalyses	7
3. Middenspanningsnet	11
3.1 Meetresultaten	11
3.2 Trendanalyses	12
3.3 Spanningsdips	15
4. Hoogspanningsnet	19
4.1 Meetresultaten	19
4.1.1 50-66 kV	19
4.1.2 Net op Zee 66 kV	20
4.1.3 110-150 kV	21
4.2 Trendanalyses	22
4.3 Spanningsdips	25
4.3.1 50-66 kV	25
4.3.2 Net op Zee 66 kV	25
4.3.3 110-150 kV	26
5. Extra hoogspanningsnet	29
5.1 Meetresultaten	29
5.2 Trendanalyses	30
5.3 Spanningsdips	33
Bijlagen	34
Bijlage A: Metingen en overschrijdingen, 2013 – 2022	35
Bijlage B: Toelichtingen overschrijdingen	36
Colofon	50

1. Inleiding

De netbeheerders voeren ieder jaar het project *Spanningskwaliteit in Nederland* uit via hun brancheorganisatie Netbeheer Nederland. De overheid stelt eisen aan de elektriciteitsnetten van Nederland door middel van wetten en regels, waaronder spanningskwaliteitscriteria. Controle op naleving van deze eisen wordt gedaan door de Autoriteit Consument & Markt (ACM). Dit project staat informeel bekend als het Power Quality Monitoring-project (kortweg: 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.

Dit rapport gaat per net in op de landelijke spanningskwaliteit in 2022. Eventuele overschrijdingen worden door de desbetreffende netbeheerder toegelicht. Daarnaast vindt een trendanalyse plaats op basis van de meetresultaten van de afgelopen tien jaar. In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de term 'klantaansluiting'. Hieronder wordt verstaan een aansluiting van een gebruiker, producent of gesloten distributiesysteem.

Binnen het project wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende netten:

- 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 vinden zowel in het LS- als het MS-net tenminste 250 weekmetingen plaats. Voor zowel de LS- als de MS-metingen is dit gerealiseerd. Spanningsdips in het MS-net worden geregistreerd op 220 stationslocaties met een continu meetsysteem. Vanwege een wijziging in de Netcode elektriciteit (hierna: Netcode) worden vanaf 2020 ook de spanningsdips over de, minimaal 250, MS-weekmetingen bewaakt, naast de 220 stationslocaties. In het HS- en het EHS-net wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem dat de spanningskwaliteit bewaakt op 191 klantaansluitingen.

In de Netcode is bepaald dat de spanningskwaliteit op klantaansluitingen moet voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria. Bij toetsing van de metingen zijn voor alle netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Voor de MS-, HS- en EHS-netten wordt verder aanvullend gerapporteerd over spanningsdips. Dit document is de rapportage over de spanningskwaliteit in Nederland zoals bedoeld in artikel 8.1 van de Netcode.

De volgende hoofdstukken richten zich op de presentatie van de meetresultaten en trends per net. Omwille van de leesbaarheid wordt beperkt op de opzet van het project ingegaan. Voor meer informatie over onder andere de meetsystemen, statistische opzet, kwaliteitscriteria en toetsingsmethodiek wordt verwezen naar het 'Achtergronddocument Spanningskwaliteit in Nederland'. Het rapport en het achtergronddocument worden jaarlijks tegelijk uitgebracht en zijn kosteloos te vinden via de website www.UwSpanningskwaliteit.nl. Op deze site worden ook de meetresultaten beschikbaar gesteld van alle individuele metingen die binnen dit project zijn uitgevoerd.

2. Laagspanningsnet

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de metingen die in het LS-net zijn uitgevoerd. De volgende verschijnselen worden beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Er zijn twee paragrafen. De eerste gaat in op de meetresultaten van 2022. In paragraaf twee wordt meetdata over de afgelopen tien jaar beschouwd.

2.1 Meetresultaten

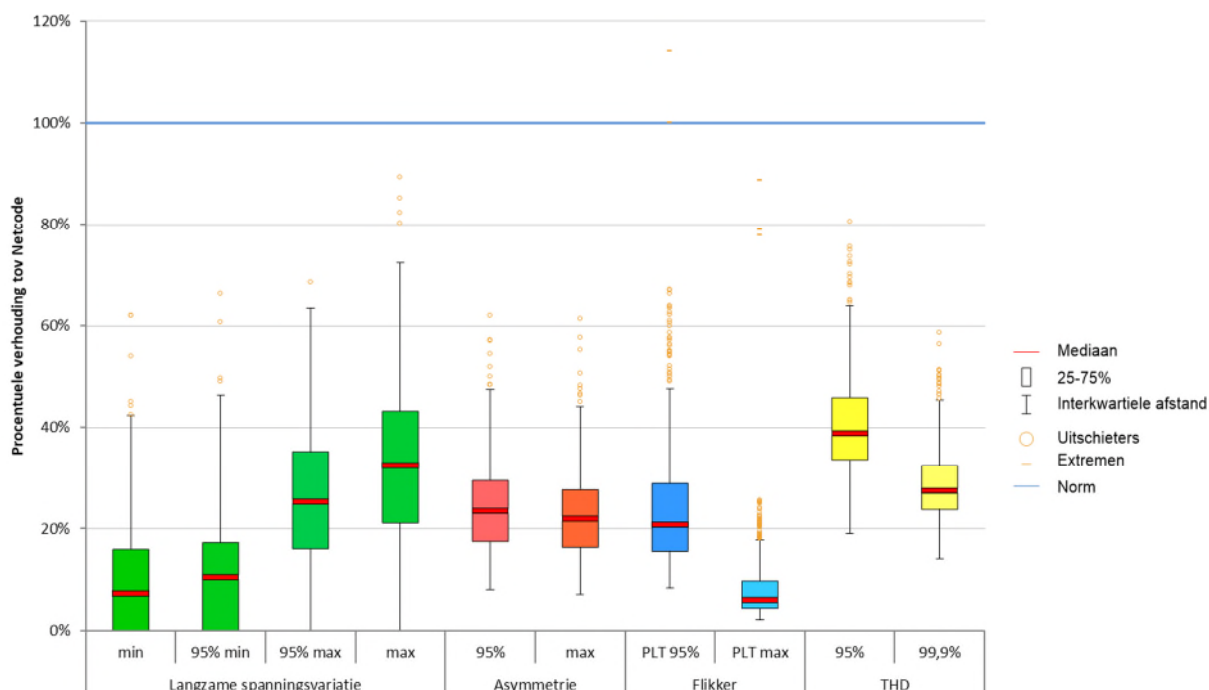
In 2022 zijn 262 weekmetingen uitgevoerd in het LS-net. Om een goede spreiding van de metingen over het jaar te waarborgen zijn alle metingen gekoppeld aan een startmaand. Door omstandigheden komt het voor dat het niet lukt om in de beoogde maand te starten. Bijvoorbeeld vanwege defecte meetapparatuur of ziekte van een meetspecialist. In 2022 zijn 10 van de 262 metingen niet in de juiste maand gestart (4%).

Tabel 2.1 toont een overzicht van het aantal metingen en de geconstateerde overschrijdingen. Uit de tabel blijkt dat in 2022 bij 6 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd bij de verschijnselen snelle spanningsvariatie en individuele harmonischen. De overschrijdingen van de harmonischen betreffen met name de 5^e, 9^e en 15^e harmonische. In de bijlage zijn deze overschrijdingen toegelicht door de desbetreffende netbeheerders. Bij de andere verschijnselen voldeden alle meetwaarden aan de norm. In de bijlage wordt een nadere toelichting op de overschrijdingen gegeven. Op basis van de meetresultaten is met een betrouwbaarheid van 95% te stellen dat in het LS-net in 2022 tussen de 95% en 99% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 2.1: Metingen en overschrijdingen continue verschijnselen LS, 2022

Weekmetingen	Aantal met overschrijding	Verschijnselen met overschrijdingen	
		Snelle spanningsvariatie	Individuele harmonische(n)
262	6	2	4

Figuur 2.1 maakt de meetresultaten voor de continue verschijnselen grafisch inzichtelijk. De boxplots tonen de verdeling van de toetswaarden. De 'box' zelf betreft de middelste 50% van de waarden en staat ook bekend als de interkwartiele afstand. Het streepje in de box is de mediaan, ook wel bekend als de centrummaat. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn per conventie nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Als waarden hierbuiten vallen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. De blauwe 100%-lijn geeft de norm aan.



Figuur 2.1: Continue verschijnselen LS, 2022

In Nederland wordt voor bepaling van de mate van stedelijkheid gebruik gemaakt van de Omgeving Adressen Dichtheid (OAD). De OAD van een adres is het aantal adressen binnen een cirkel met een straal van één kilometer rondom dat adres, gedeeld door de oppervlakte van de cirkel. 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

In tabel 2.2 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde weekmetingen gerelateerd aan de stedelijkheid. Uit de tabel blijkt dat de overschrijding van snelle spanningsvariatie binnen de subpopulatie 'niet stedelijk' heeft plaatsgevonden, de overschrijding van de asymmetrie binnen de subpopulatie 'sterk stedelijk' en de overschrijdingen van de individuele harmonischen binnen de subpopulaties 'sterk stedelijk' en 'zeer sterk stedelijk'.

Tabel 2.2: Meetresultaten versus stedelijkheid LS, 2022

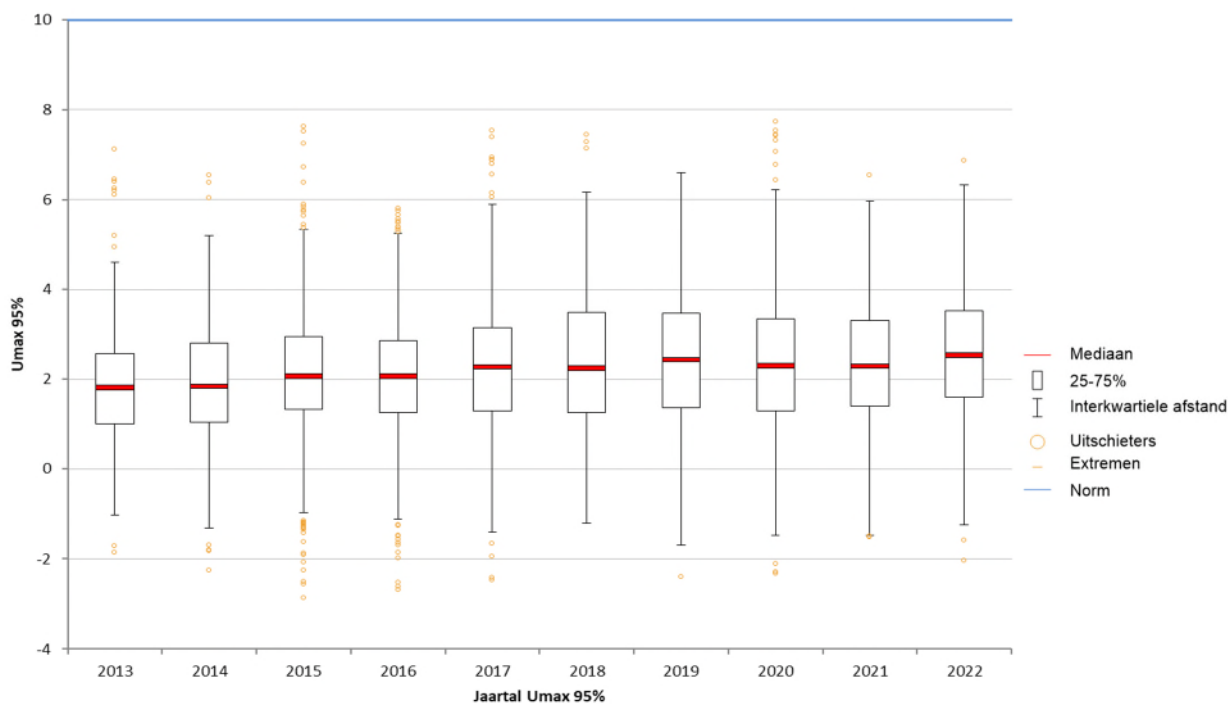
Mate van stedelijkheid	Aantal weekmetingen	Aantal met overschrijding	Verschijnselen met overschrijdingen		
			Spannings-asymmetrie	Snelle spanningsvariatie	Individuele harmonische(n)
Zeer sterk	57	1	-	-	1
Sterk	50		-	-	-
Matig	24	1	-	-	1
Weinig	39	-	-	-	-
Niet	92	4	-	2	2
Totaal	262	6	-	2	4

2.2 Trendanalyses

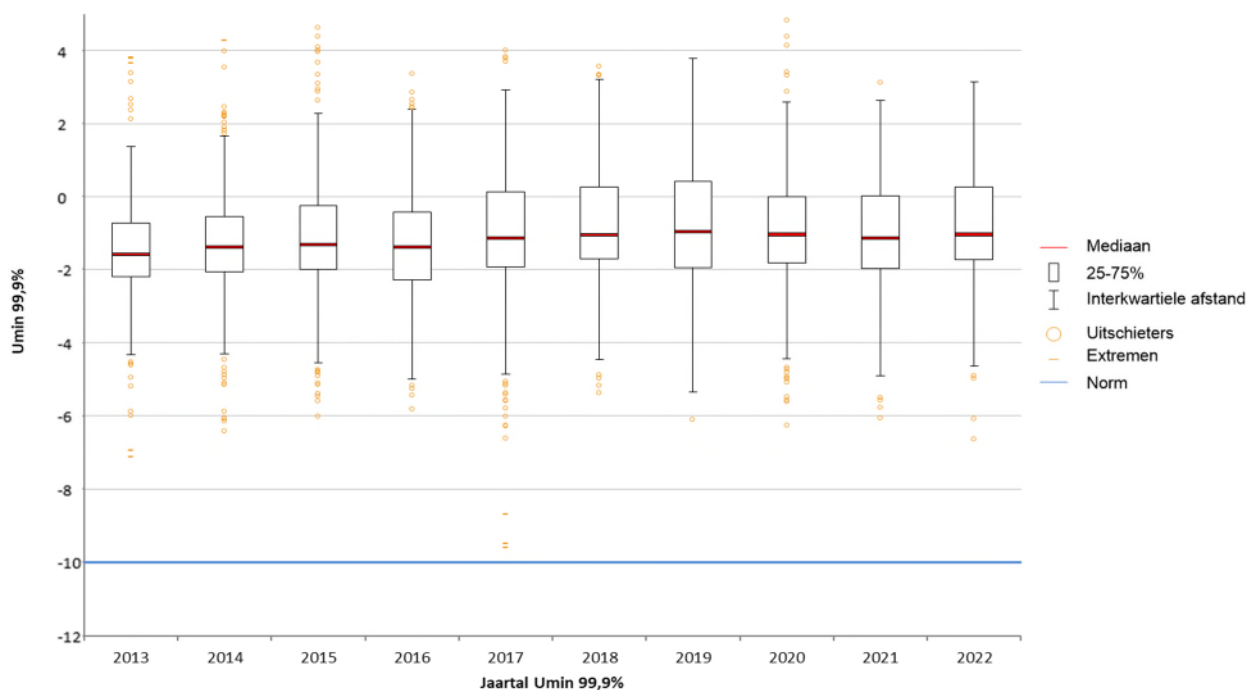
In deze paragraaf wordt de LS-meetdata over de afgelopen tien jaar beschouwd. Van diverse verschijnselen is per jaar een boxplot samengesteld. De streep in het midden van de boxplots is de centrummaat (mediaan). Deze kan goed worden gebruikt voor de bepaling van een eventuele trend. Voor de analyse wordt bij alle verschijnselen gebruik gemaakt van de 95%-toetswaarden.

De Nederlandse netbeheerders bewaken sinds 1989 de spanningskwaliteit van hun elektriciteitsnet. In de loop der jaren zijn binnen het PQM-project verschillende wijzigingen doorgevoerd. Soms op eigen initiatief door de netbeheerders, soms op verzoek van klanten of de toezichthouder. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. In het afgelopen decennium betreft de voornaamste wijziging binnen het LS-net een vergroting van de minimum steekproef van 50 naar 250 metingen. Deze vergroting heeft plaatsgevonden in 2014-2015.

De figuren 2.2 en 2.3 tonen de trendanalyses van langzame spanningsvariatie (Umax en Umin). Uit de figuren blijkt dat de meetresultaten ruim voldoen aan de norm (de blauwe lijn). De mediaan laat van 2013 tot 2022 een licht stijgende trend zien, waar de waarde in 2022, met iets meer dan 2,5%, de hoogste van het afgelopen decennium betreft.

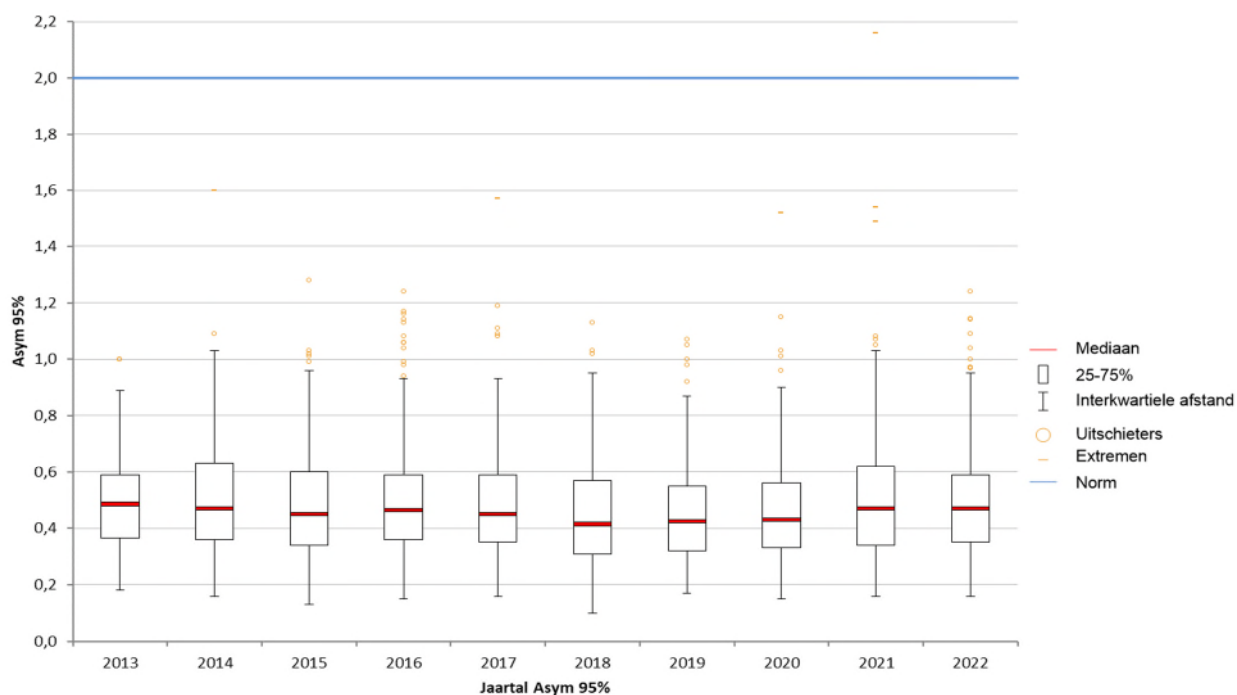


Figuur 2.2: Langzame spanningsvariatie Umax LS, 2013-2022



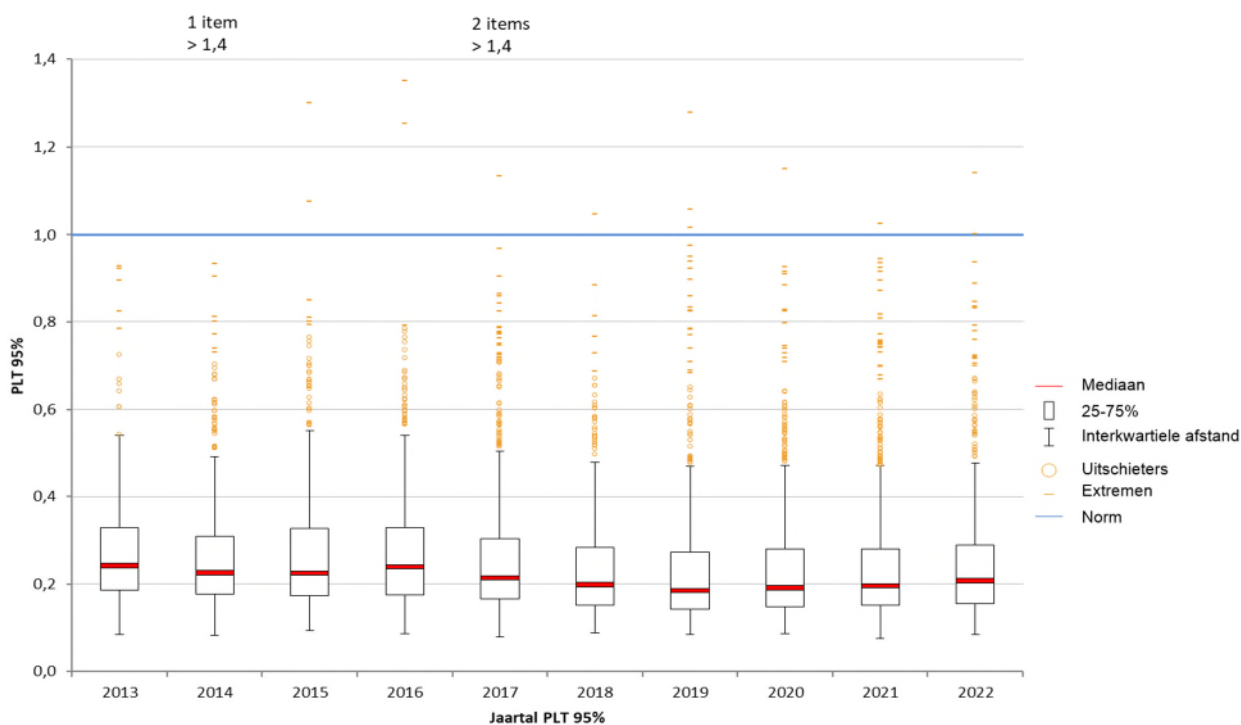
Figuur 2.3: Langzame spanningsvariatie Umin LS, 2013-2022

Figuur 2.4 laat de trendanalyse van spanningsasymmetrie zien. De figuur maakt duidelijk dat over het algemeen de resultaten ruim voldoen aan de norm. De mediaan fluctueert tussen de 0,4 en 0,5.



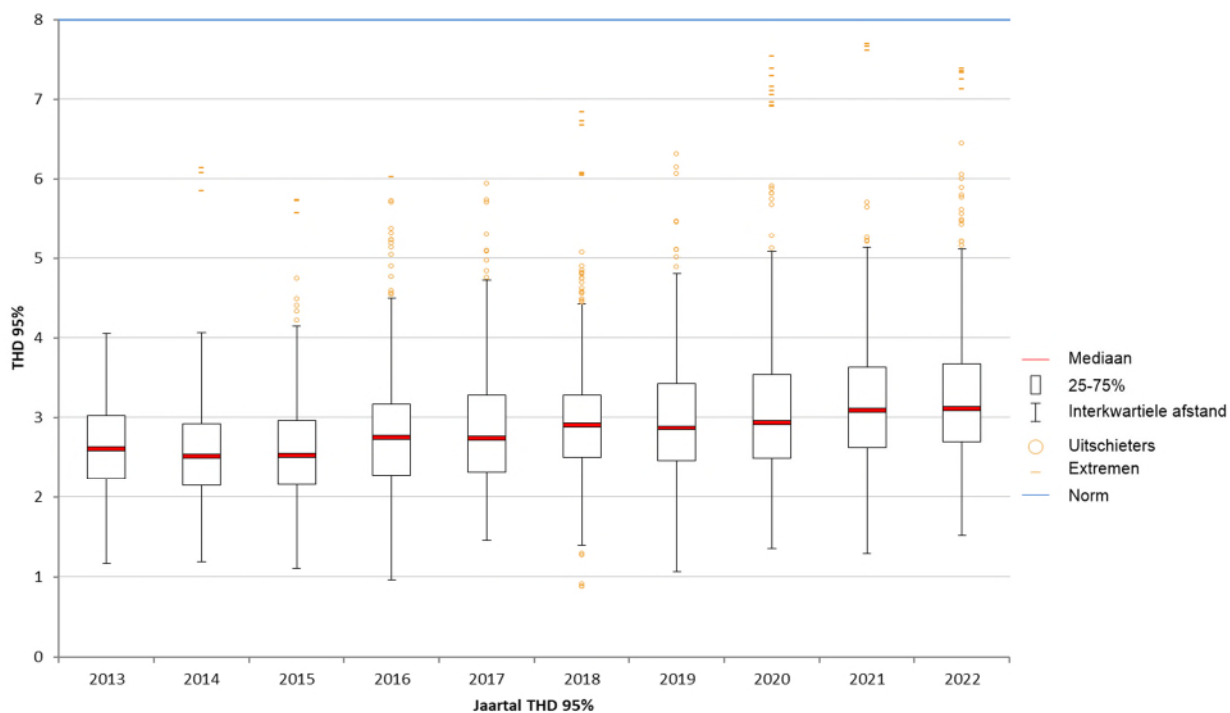
Figuur 2.4: Spanningsasymmetrie LS, 2013-2022

In figuur 2.5 is de trendanalyse van snelle spanningsvariatie weergegeven. Zichtbaar is dat een aantal extremen boven de norm uitkomt. Er is tussen 2016 en 2019 een licht dalende trend zichtbaar. Vanaf 2019 liggen de meetwaarden rond 0,2.



Figuur 2.5: Snelle spanningsvariatie PLT LS, 2013-2022

Figuur 2.6 geeft de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD) weer. Uit de figuur blijkt dat de resultaten voldoen aan de norm. Sinds 2015 zien we een constante, stijgende trend waarbij de mediaan stijgt van 2,5 naar 3,1.



Figuur 2.6: THD LS, 2013-2022

3. Middenspanningsnet

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de metingen die in het MS-net zijn uitgevoerd. De volgende verschijnselen worden beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie, harmonische vervorming en spanningsdips. Er zijn drie paragrafen. De eerste paragraaf gaat in op de meetresultaten van 2022. In de tweede wordt meetdata over afgelopen tien jaar beschouwd. Tot slot wordt in de laatste paragraaf over spanningsdips gerapporteerd.

3.1 Meetresultaten

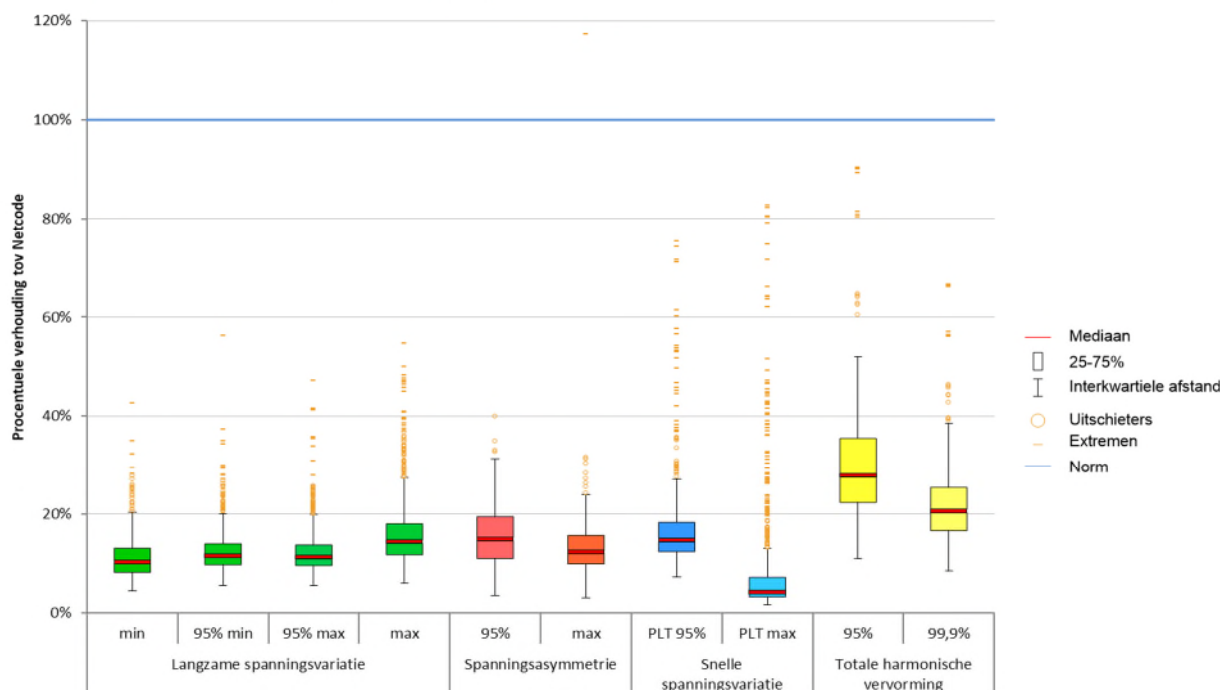
In 2022 zijn 268 weekmetingen uitgevoerd in het MS-net. Om een goede spreiding van de metingen over het jaar te waarborgen zijn alle metingen gekoppeld aan een startmaand. Door omstandigheden komt het voor dat het niet lukt om in de beoogde maand te starten. Bijvoorbeeld vanwege defecte meetapparatuur of ziekte van een meetspecialist. In 2022 zijn 3 van 268 metingen niet in de juiste maand gestart (1%).

Tabel 3.1 geeft een overzicht weer van het aantal metingen en de geconstateerde overschrijdingen. Bij twee van de weekmetingen is een overschrijding geconstateerd bij de verschijnselen spanningsasymmetrie en individuele harmonische. In de bijlage wordt een nadere toelichting op de overschrijdingen gegeven. Op basis van de meetresultaten wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2022 in het MS-net tussen de 97% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 3.1: Metingen en overschrijdingen continue verschijnselen MS, 2022

Weekmetingen	Aantal met overschrijding	Verschijnselen met overschrijdingen	
		Spanningsasymmetrie	Individuele harmonische(n)
268	2	1	1

Figuur 3.1 maakt de meetresultaten voor de continue verschijnselen grafisch inzichtelijk. De boxplots tonen de verdeling van de toetswaarden. De 'box' zelf betreft de middelste 50% van de waarden en staat ook bekend als de interkwartiele afstand. Het streepje in de box is de mediaan, ook wel bekend als de centrummaat. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn per conventie nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Als waarden hierbuiten vallen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. De figuur laat zien dat de meetwaarden voornamelijk ruim onder de norm (blauwe lijn) liggen.



Figuur 3.1: Continue verschijnselen MS, 2022

In Nederland wordt voor bepaling van de mate van stedelijkheid gebruik gemaakt van de Omgeving Adressen Dichtheid (OAD). De OAD van een adres is het aantal adressen binnen een cirkel met een straal van één kilometer rondom dat adres, gedeeld door de oppervlakte van de cirkel. 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

Tabel 3.2 geeft een overzicht van de uitgevoerde weekmetingen gerelateerd aan de stedelijkheid. Uit de tabel blijkt dat de overschrijdingen van de snelle spanningsvariatie en de individuele harmonische binnen de subpopulatie 'niet stedelijk' heeft plaatsgevonden.

Tabel 3.2: Metingen versus stedelijkheid MS, 2022

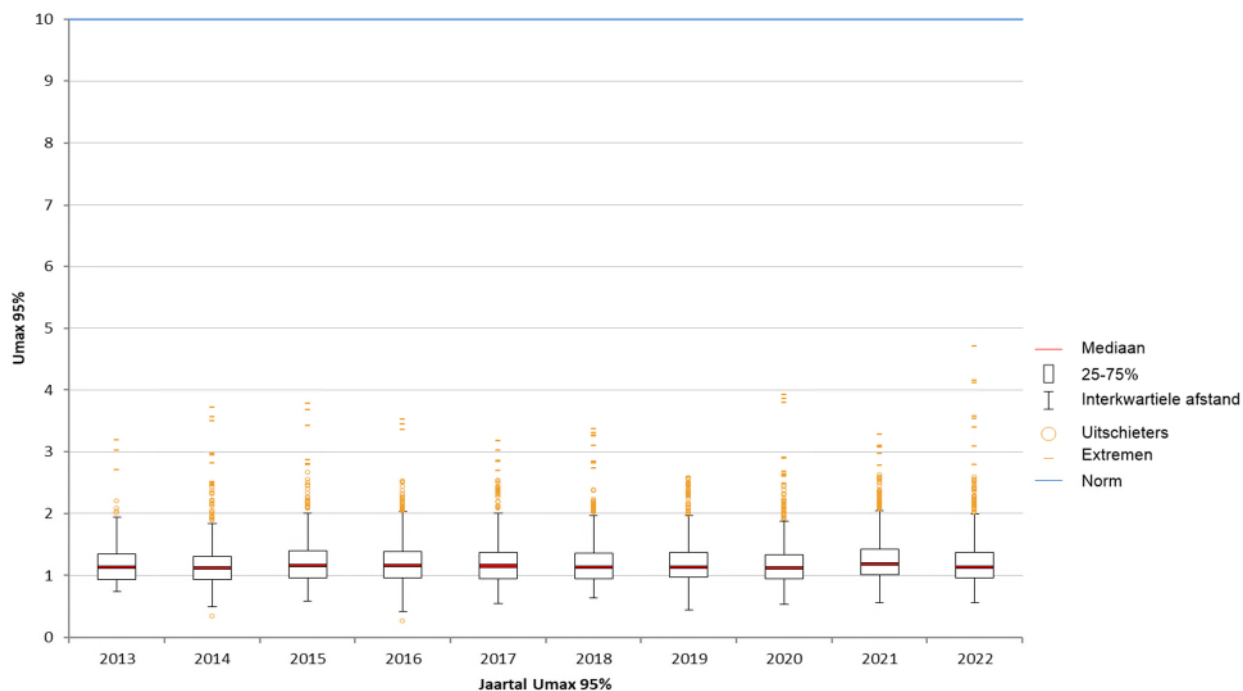
Mate van stedelijkheid	Aantal weekmetingen	Aantal met overschrijding	Verschijnselen met overschrijdingen	
			Spanningsasymmetrie	Individuele harmonische(n)
Zeer sterk	32	-	-	-
Sterk	36	1	1	-
Matig	24	-	-	-
Weinig	49	-	-	-
Niet	127	1	-	1
Totaal	268	2	1	1

3.2 Trendanalyses

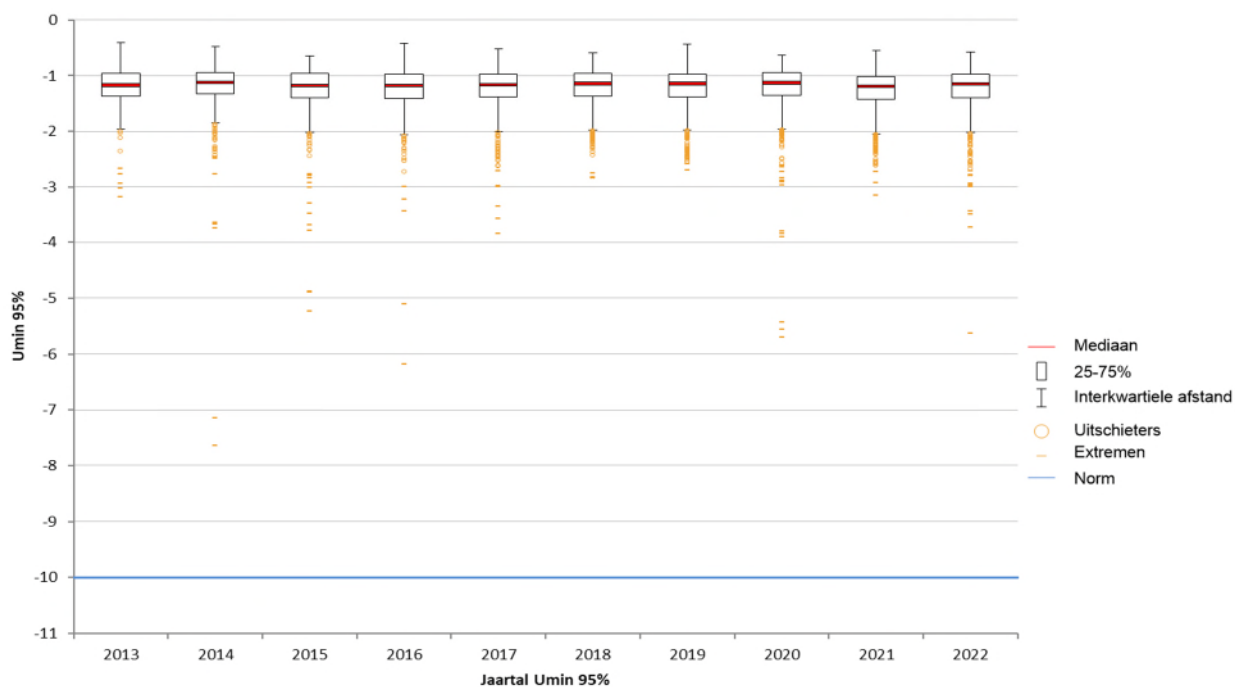
In deze paragraaf wordt de MS-meetdata over de afgelopen tien jaar beschouwd. Van diverse verschijnselen is per jaar een boxplot samengesteld. De streep in het midden van de boxplots is de centrummaat (mediaan). Deze kan goed worden gebruikt voor de bepaling van een eventuele trend. Voor de analyse wordt bij alle verschijnselen gebruik gemaakt van de 95%-toetswaarden.

De Nederlandse netbeheerders bewaken sinds 1989 de spanningskwaliteit van hun elektriciteitsnet. In de loop der jaren zijn binnen het PQM-project verschillende wijzigingen doorgevoerd. Soms op eigen initiatief door de netbeheerders, soms op verzoek van klanten of de toezichthouder. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. In het afgelopen decennium betreft de voornaamste wijziging binnen het MS-net een vergroting van de minimale steekproefomvang van 50 naar 250 metingen. Deze vergroting heeft plaatsgevonden in 2014-2015.

De figuren 3.2 en 3.3 tonen de trendanalyses van langzame spanningsvariatie (Umax en Umin). Uit de figuren blijkt dat de meetresultaten ruim voldoen aan de norm (de blauwe lijn). Op basis van de mediaan laten de figuren een constant beeld zien.

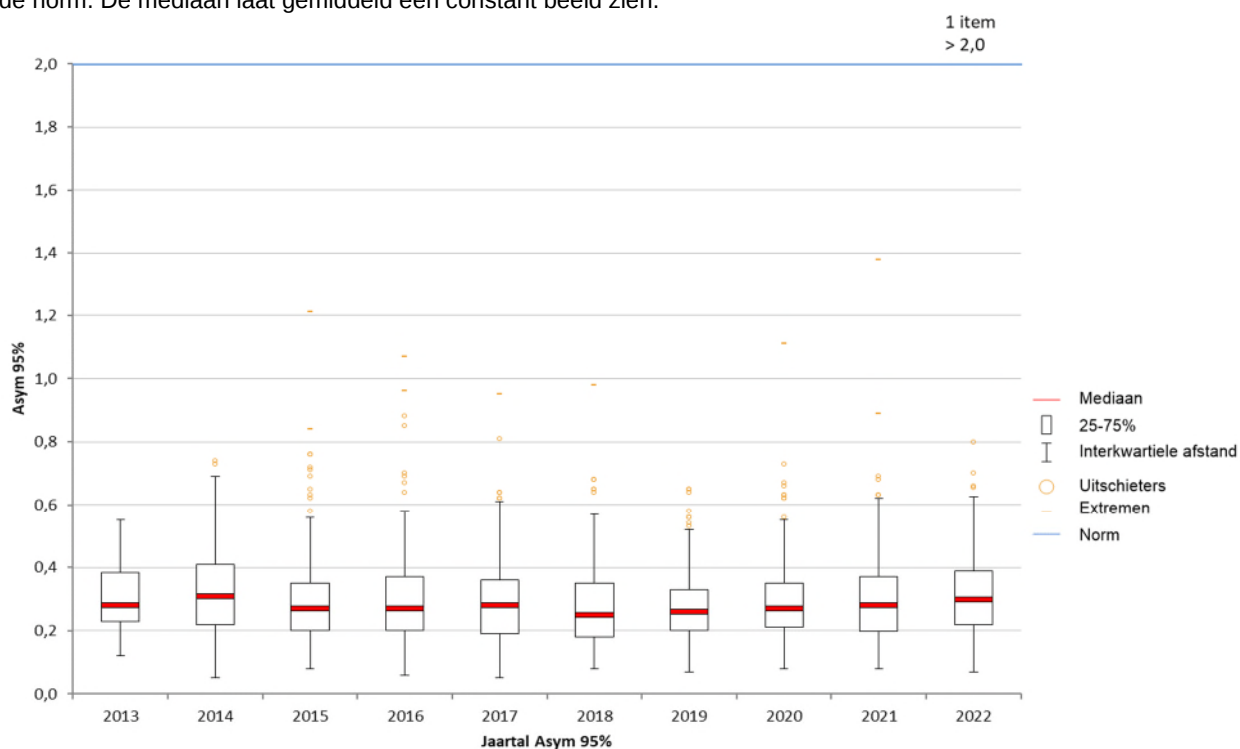


Figuur 3.2: Langzame spanningsvariatie Umax MS, 2013-2022



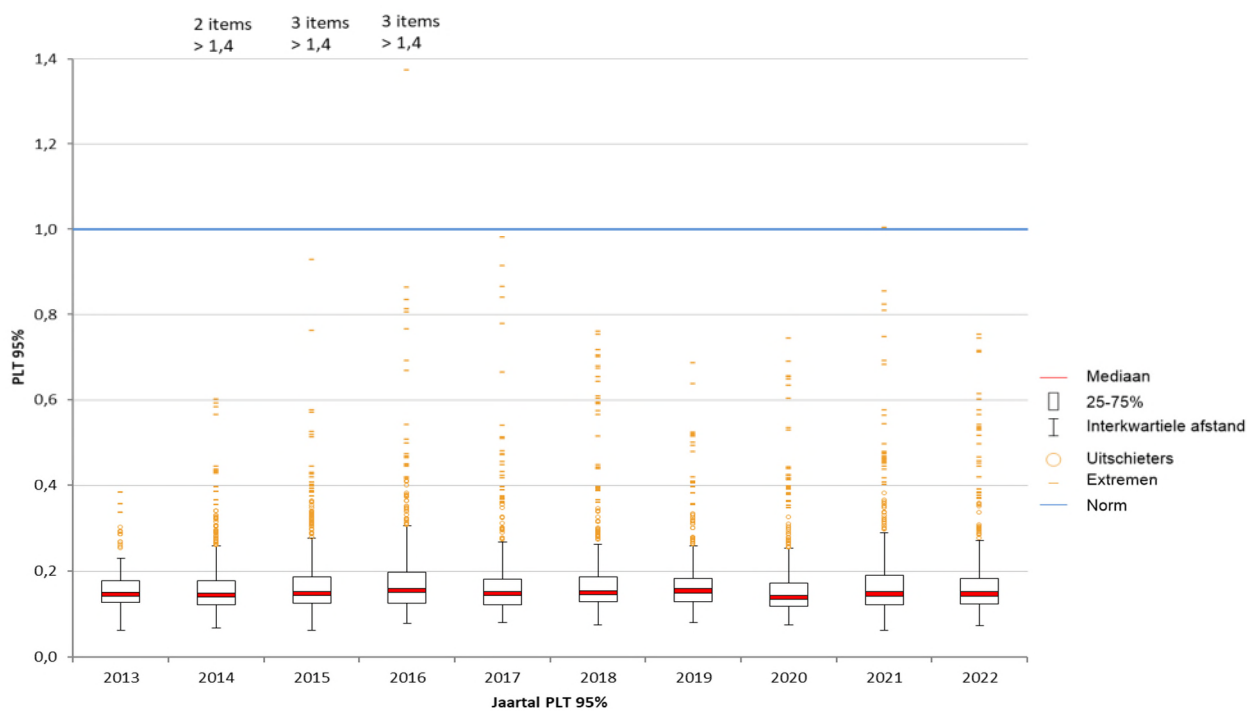
Figuur 3.3: Langzame spanningsvariatie Umin MS, 2013-2022

Figuur 3.4 toont de trendanalyse van spanningsasymmetrie. De figuur maakt duidelijk dat alle meetwaarden voldoen aan de norm. De mediaan laat gemiddeld een constant beeld zien.



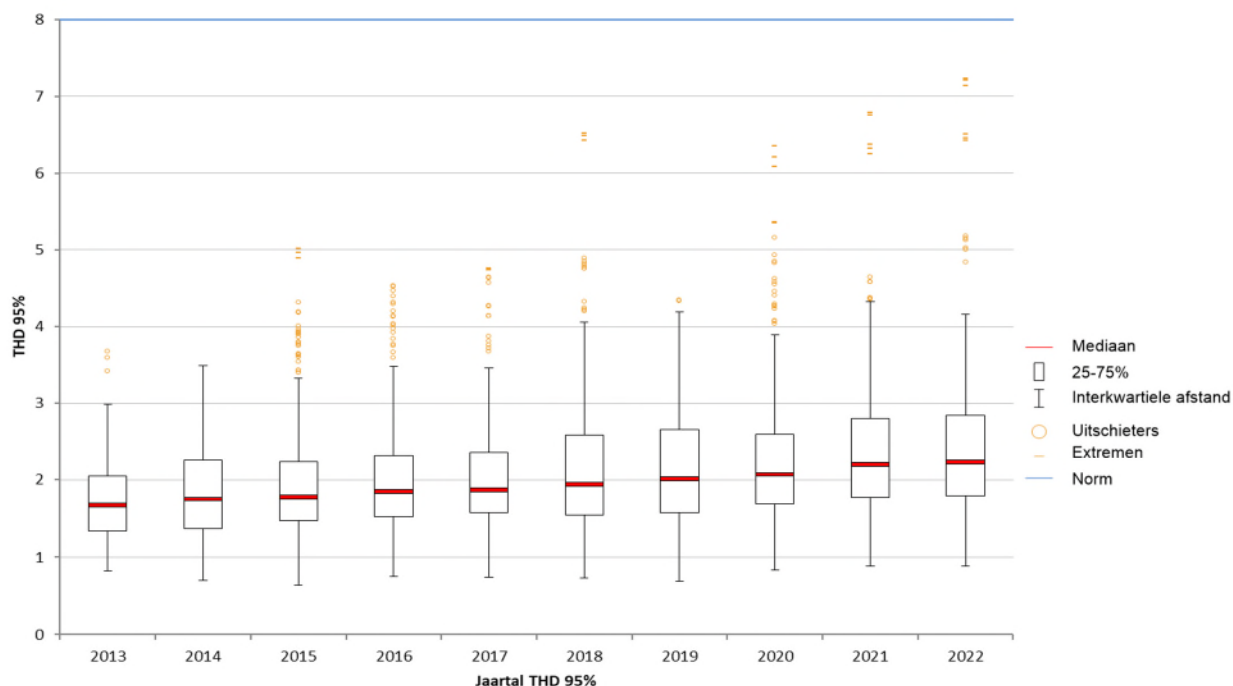
Figuur 3.4: Spanningsasymmetrie MS, 2013-2022

Figuur 3.5 bevat de trendanalyse van snelle spanningsvariatie. De extremen komen in verschillende jaren boven de norm uit. Dit zijn meetwaarden met een overschrijding. De mediaan laat een vrij constant beeld zien.



Figuur 3.5: Snelle spanningsvariatie (PLT) MS, 2013-2022

Figuur 3.6 laat de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD) zien. De figuur toont dat de meetresultaten voldoen aan de norm. Net als bij LS laat de mediaan een stijgende trend zien.



Figuur 3.6: THD MS, 2013-2022

3.3 Spanningsdips

In het MS-net zijn in 2022 op 216 meetlocaties gedurende het hele jaar spanningsdips geregistreerd. De locaties zijn steekproefsgewijs geselecteerd en aselekt getrokken. In 2022 zijn op alle meetlocaties in totaal 172 hinderlijke spanningsdips geregistreerd. Dit komt neer op een gemiddelde van 0,79 dips per locatie en een gemiddelde van 0,015¹ dips per continue meetlocatie per week. Deze 172 spanningsdips zijn toe te schrijven aan 157 gebeurtenissen. Een gebeurtenis is de oorzaak van een spanningsdip die op één of meerdere locaties geregistreerd kan worden. Het aantal geregistreerde spanningsdips ligt daardoor doorgaans hoger dan het aantal gebeurtenissen.

In tabel 3.3 worden de hinderlijke spanningsdips van de continue metingen verdeeld over drie subcategorieën weergegeven. Categorie A betreft niet-hinderlijke spanningsdips en de categorieën B1, B2 en C vormen tezamen de hinderlijke spanningsdips. In principe geldt: hoe lager de restspanning en hoe langer de duur, hoe groter de kans op hinder bij de klant. Spanningsdips in categorie A hebben over het algemeen weinig impact op de klantinstallatie. Veel elektrische apparatuur is zo ontworpen dat zij geen last heeft van spanningsdips in deze categorie. De klant kan desgewenst zelf maatregelen nemen om eventueel ongemak te voorkomen.

Tabel 3.3: Aantal hinderlijke spanningsdips MS, 2022

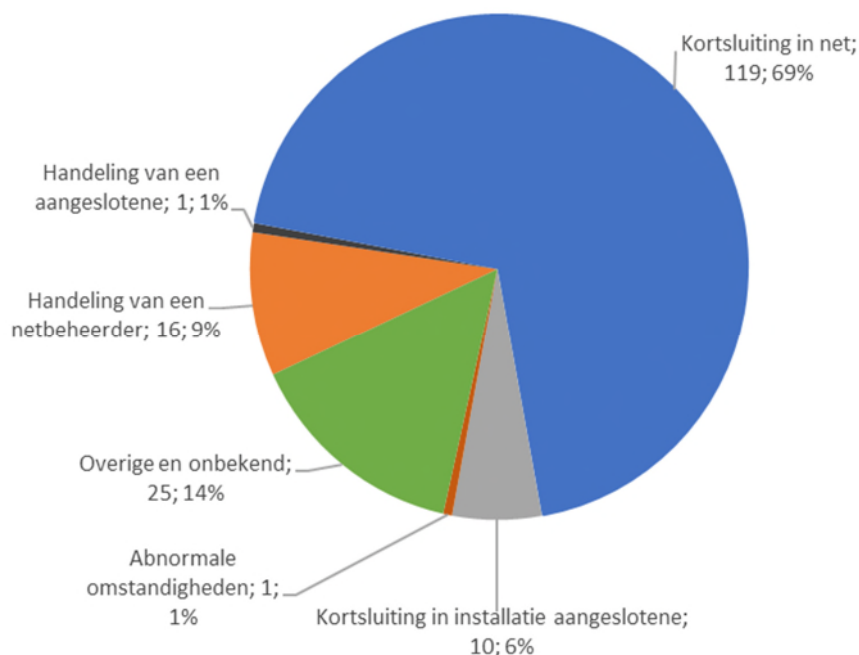
Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk			
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Categorie B1 Gemiddeld: 0,17 Totaal: 36 (31 gebeurtenissen)	Categorie B2 Gemiddeld: 0,25 Totaal: 54 (48 gebeurtenissen)	Categorie C Gemiddeld: 0,38 Totaal: 82 (78 gebeurtenissen)	
5 > u				

¹ In lijn met de geldende normering moeten spanningsdips gedurende het hele jaar worden geregistreerd. Om deze reden worden in dit rapport niet de spanningsdips van de MS weekmetingen opgenomen. Ter indicatie wordt in deze voetnoot wel gemeld hoeveel hinderlijke dips de weekmetingen hebben geregistreerd. In 2022 zijn er bij 2 weekmetingen in totaal 2 hinderlijke dips geregistreerd. Dit komt neer op gemiddeld 0,0075 dips per week per locatie.

Figuur 3.7 toont de oorzaken van de geregistreeerde hinderlijke spanningsdips. Uit de figuur blijkt dat 69% hiervan is veroorzaakt door een 'Kortsluiting in het net'. Circa 9% is verder afkomstig uit 'Handeling van een netbeheerder'. De overige spanningsdips vallen in de categorieën 'Overige en onbekend', 'Kortsluiting in de installatie van een aangeslotene' en 'Handeling van een aangeslotene' als genoemd in het zesde lid van de Netcode elektriciteit.

Het komt voor dat spanningsdips veroorzaakt zijn door dezelfde gebeurtenis. Voor de hinderlijke spanningsdips in 2022 geldt dat:

- De 119 dips met als oorzaak 'kortsluiting in net' herleidbaar zijn naar 107 gebeurtenissen.
- De 25 dips met als oorzaak 'overige en onbekend' herleidbaar zijn naar 23 gebeurtenissen.



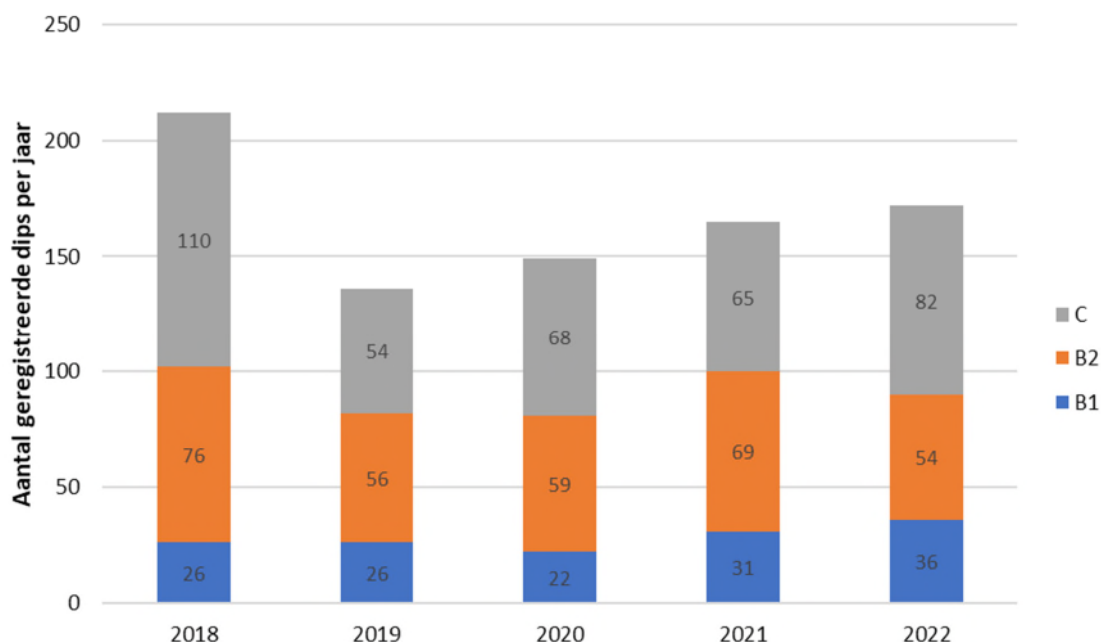
Figuur 3.7: Oorzaken hinderlijke spanningsdips MS, 2022

In de Netcode staat dat voor spanningsdips per meter getoetst moet worden over 5 aaneengesloten kalenderjaren. In *tabel 3.4* is het 5-jaar gemiddelde van alle meters weergegeven.

Tabel 3.4: Aantal hinderlijke spanningsdips MS, 2018-2022

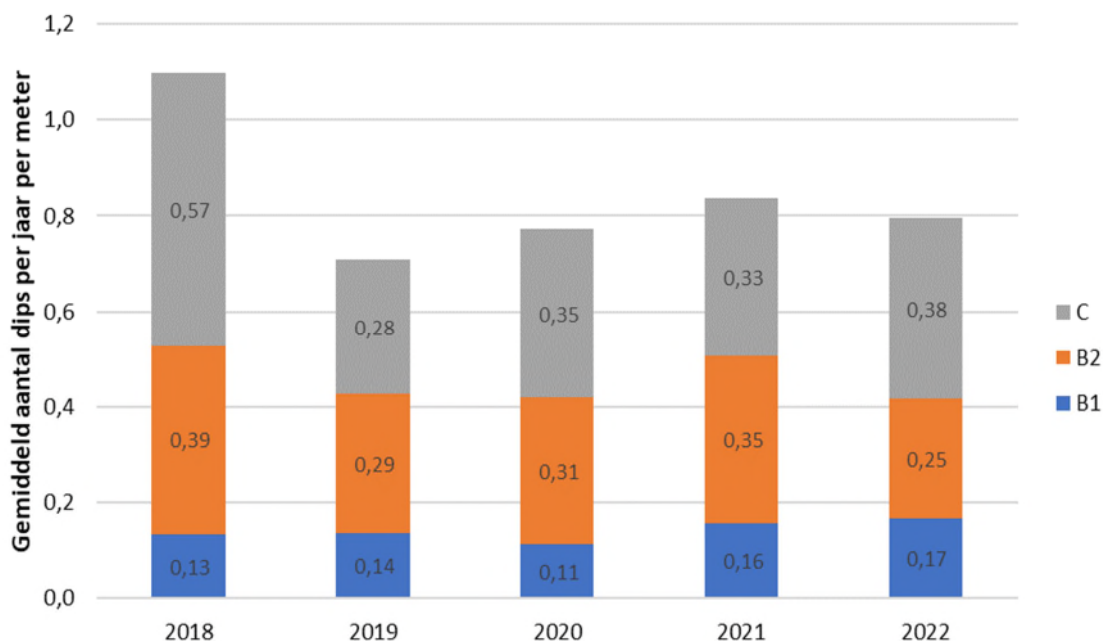
Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk			Categorie C Gemiddeld: 0,36 Totaal: 77,4
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Categorie B1 Gemiddeld: 0,13 Totaal: 29,2	Categorie B2 Gemiddeld: 0,29 Totaal: 63,0		

Figuur 3.8 bevat een weergave van het aantal hinderlijke spanningsdips dat per jaar is geregistreerd over de afgelopen vijf jaar. Het aantal dips is per categorie weergegeven.



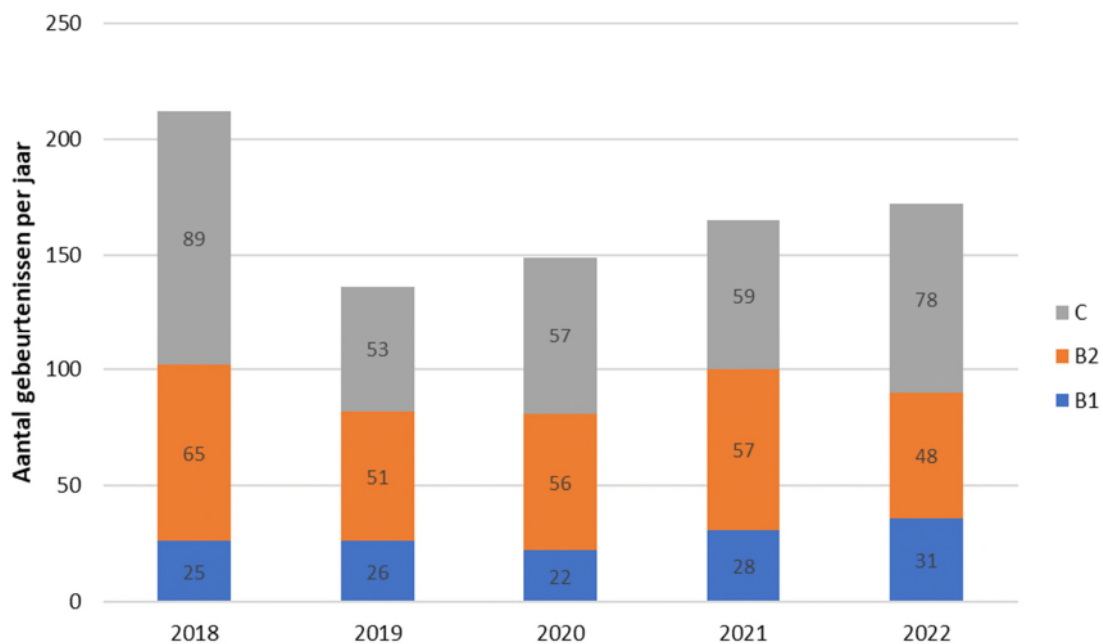
Figuur 3.8: Aantal geregistreerde spanningsdips per jaar MS, 2018-2022

Het aantal meetlocaties kan van jaar tot jaar veranderen en van invloed zijn op het aantal hinderlijke spanningsdips dat optreedt. Figuur 3.9 bevat een weergave van het gemiddelde aantal hinderlijke spanningsdips per categorie per meetlocatie over de afgelopen vijf jaar. De figuur laat zien dat het aantal dips per meetlocatie per jaar over de afgelopen vijf jaar een vergelijkbaar patroon vertoont als het totaal aantal dips per jaar, met uitzondering van een lichte daling in 2022 ten opzichte van 2021. Gegeven dat het aantal meetlocaties in 2022 ten opzichte van 2021 is toegenomen van 197 tot 216, is dit in lijn met de verwachting.



Figuur 3.9: Gemiddeld aantal hinderlijke spanningsdips per locatie per jaar MS, 2018-2022

Figuur 3.10 bevat een weergave van het aantal gebeurtenissen per categorie over de afgelopen vijf jaar.



Figuur 3.10: Aantal gebeurtenissen per jaar MS, 2018-2022

4. Hoogspanningsnet

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de metingen die in het HS-net zijn uitgevoerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het 50-66 kV, het 110-150 kV en het Net op Zee 66 kV. De volgende verschijnselen worden beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie, harmonische vervorming en spanningsdips. Er zijn drie paragrafen. De eerste gaat in op de meetresultaten van 2022. De tweede paragraaf beschouwd meetdata over de afgelopen tien jaar. In de laatste paragraaf wordt over spanningsdips gerapporteerd.

4.1 Meetresultaten

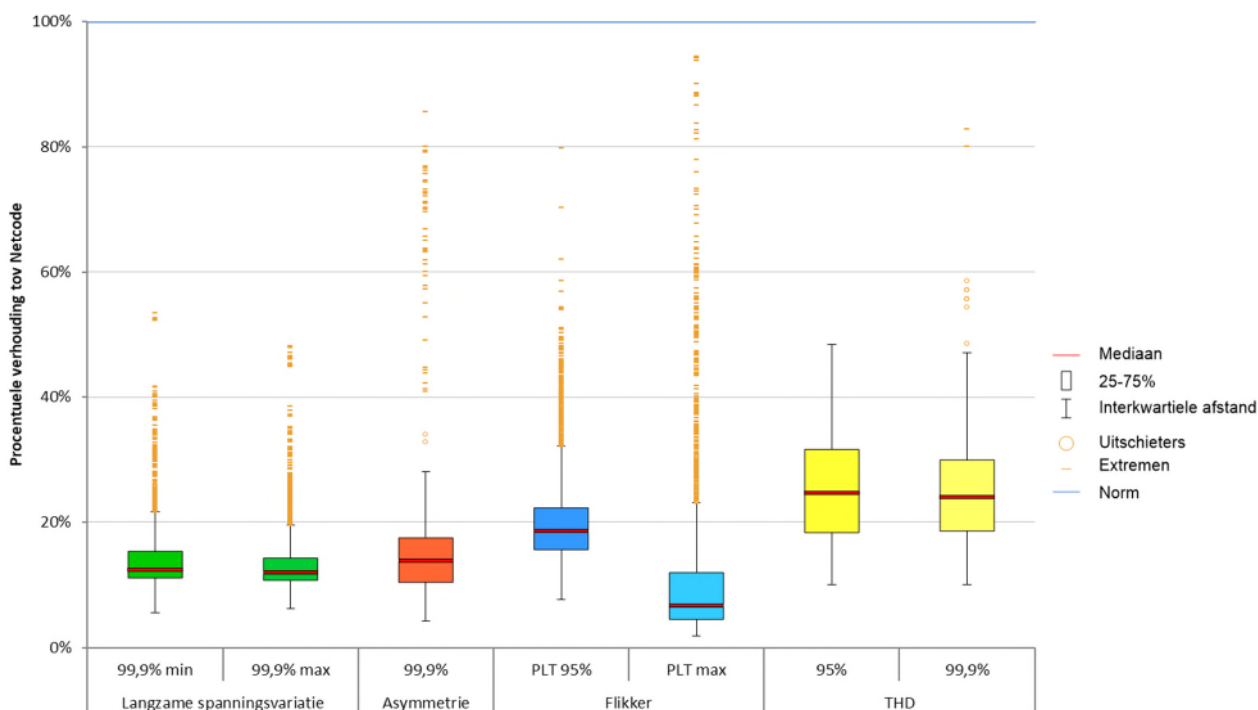
4.1.1 50-66 kV

Over de spanningskwaliteit in het 50-66 kV-net wordt gerapporteerd aan de hand van de meetresultaten van 22 meters. Meer informatie over deze meters bevindt zich in het achtergronddocument. De meters hebben in 2022 957 volledige weekmetingen geregistreerd. Bij geen van deze weekmetingen zijn overschrijdingen geconstateerd, zie *tabel 4.1*. Op basis van de meetresultaten wordt gesteld dat in 2022 in het 50-66 kV-net 100% van deze weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 4.1: Metingen en overschrijdingen continue verschijnselen 50-66 kV, 2022

	Aantal	Overschrijdingen
Weekmetingen	957	0
Meters	22	

Figuur 4.1 maakt de meetresultaten voor de continue verschijnselen grafisch inzichtelijk. De boxplots tonen de verdeling van de toetswaarden. De 'box' zelf betreft de middelste 50% van de waarden en wordt de interkwartiele afstand genoemd. Het streepje in de box is de mediaan, ook wel bekend als de centrummaat. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn per conventie nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Als waarden hierbuiten vallen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. De figuur laat zien dat de meetwaarden, inclusief de uitschieters en extremen, voldoen aan de norm (de blauwe lijn).



Figuur 4.1: Continue verschijnselen 50-66 kV, 2022

4.1.2 Net op Zee 66 kV

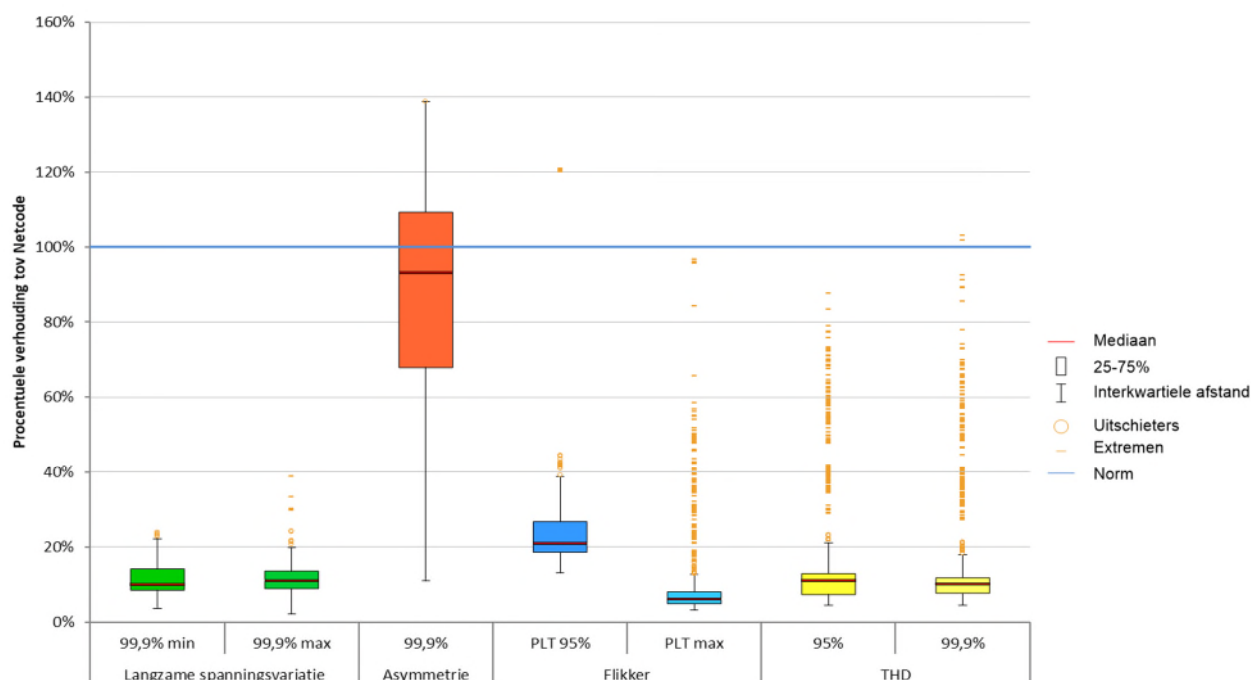
Over de spanningskwaliteit van het Net op Zee wordt gerapporteerd aan de hand van de meetresultaten van 16 meters. Deze zijn geïnstalleerd op 66 kV klantaansluitingen. Voor het Net op Zee geldt in alle situaties dat één meter de kwaliteit voor meerdere klantaansluitingen monitort. De vier platforms die het Net op Zee op dit moment telt, bevatten in totaal 49 klantaansluitingen. Het achtergronddocument bevat een overzicht van alle meters in het Net op Zee-meetsysteem. In 2022 hebben de meters 438 volledige weekmetingen geregistreerd. Bij 180 van deze weekmetingen is tenminste één overschrijding geconstateerd. In de bijlage worden de overschrijdingen nader toegelicht.

Tabel 4.2 bevat een samenvatting van het aantal metingen en overschrijdingen. Het komt voor dat binnen een weekmeting overschrijdingen van meerdere verschijnselen hebben plaatsgevonden. Op basis van de meetresultaten wordt gesteld dat in 2022 in het Net op Zee-net 59% van de weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 4.2: Metingen en overschrijdingen Net op Zee 66 kV, 2022

	Aantal	Overschrijdingen	Overschrijdingen per verschijnsel		
			Spannings-asymmetrie	Snelle spanningsvariatie	Individuele harmonische(n)
Weekmetingen	438	180	179	1	1
Meters	16	9	8	1	1

Figuur 4.2 maakt de meetresultaten voor de continue verschijnselen grafisch inzichtelijk. De boxplots tonen de verdeling van de toetswaarden. De 'box' zelf betreft de middelste 50% van de waarden en wordt de interkwartiele afstand genoemd. Het streepje in de box is de mediaan, ook wel bekend als de centrummaat. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn per conventie nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Als waarden hierbuiten vallen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. Uit de figuur blijkt dat een groot deel van de meetwaarden van de asymmetrie boven de norm uitkomen. De overschrijdingen uit tabel 4.2 zijn zichtbaar in de uitschieters die boven de norm liggen.



Figuur 4.2: Continue verschijnselen Net op Zee 66 kV, 2022

4.1.3 110-150 kV

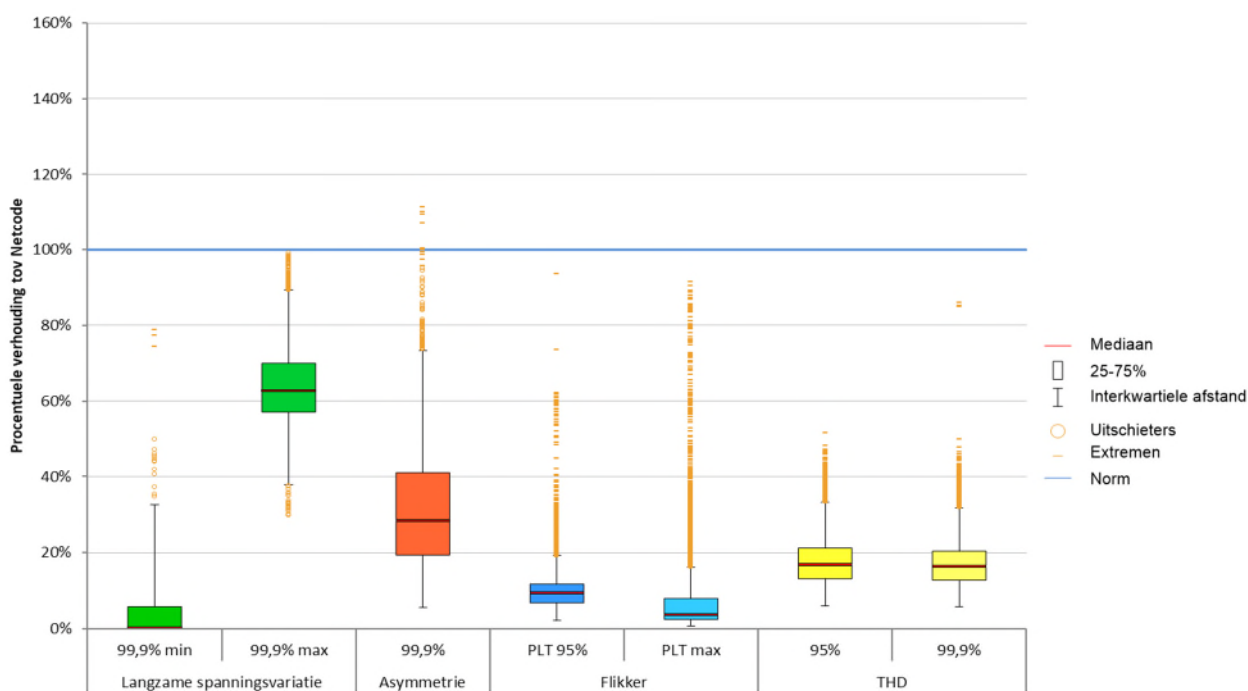
Over de spanningskwaliteit in het 110-150 kV-net wordt gerapporteerd aan de hand van de meetresultaten van 98 meters. In sommige situaties geldt dat een klantaansluiting door meerdere meters wordt bewaakt of juist dat één meter de kwaliteit voor meerdere klantaansluitingen monitort. Het achtergronddocument bevat een overzicht van alle meters in het 110-150 kV-meetsysteem. De meters hebben in 2022 3794 volledige weekmetingen geregistreerd. Bij 5 van deze weekmetingen is tenminste één overschrijding geconstateerd. In de bijlage worden de overschrijdingen nader toegelicht.

Tabel 4.3 bevat een samenvatting van het aantal metingen en overschrijdingen. Het komt voor dat binnen een weekmeting overschrijdingen van meerdere verschijnselen hebben plaatsgevonden. Op basis van de meetresultaten wordt gesteld dat in 2022 in het 110-150 kV-net afgerond 100% van deze weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 4.3: Metingen en overschrijdingen 110-150 kV HS, 2022

	Aantal	Overschrijdingen	Overschrijdingen per verschijnsel
			Spanningsasymmetrie
Weekmetingen	3.794	5	5
Meters	98	4	4

Figuur 4.3 maakt de meetresultaten grafisch inzichtelijk voor elk van de continue verschijnselen. De boxplots tonen de verdeling van de toetswaarden. De 'box' zelf betreft de middelste 50% van de waarden en staat ook bekend als de interkwartiele afstand. Het streepje in de box is de mediaan, ook wel bekend als de centrummaat. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn per conventie nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Als waarden hierbuiten vallen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. De overschrijdingen uit tabel 4.3 zijn zichtbaar in de uitschieters en extremen die boven de norm liggen.



Figuur 4.3: Continue verschijnselen 110-150 kV HS, 2022

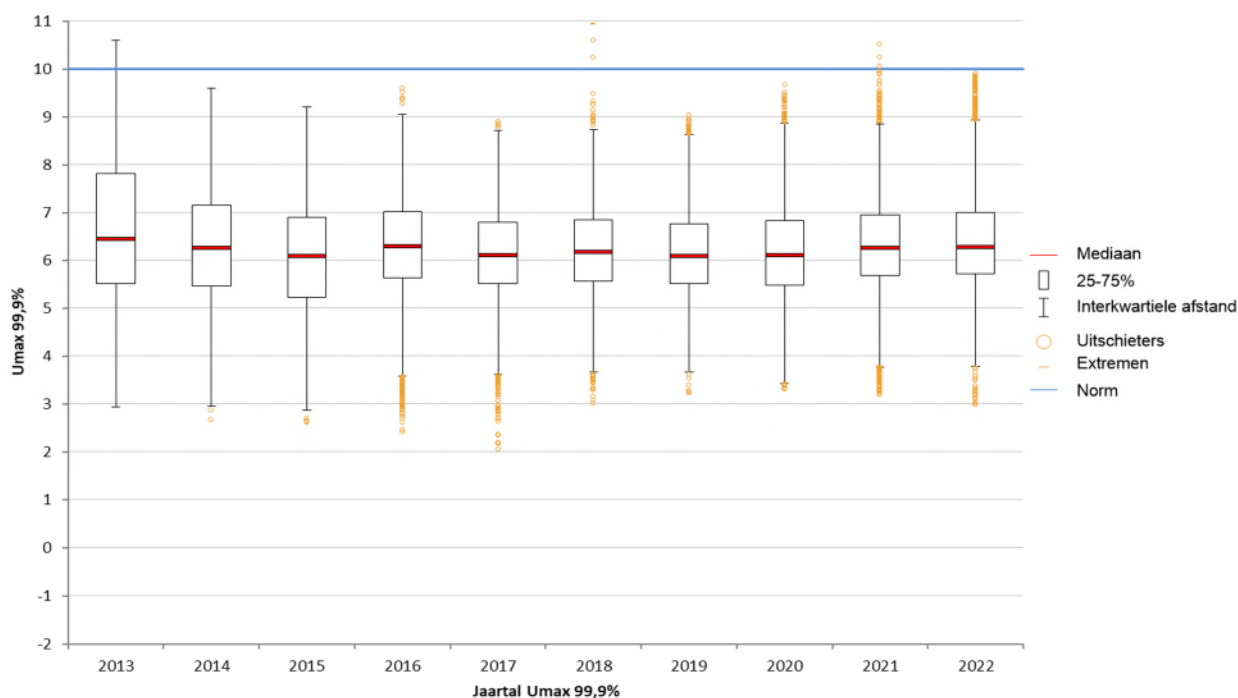
4.2 Trendanalyses

In deze paragraaf wordt de meetdata van het 110-150 kV-net over de afgelopen tien jaar beschouwd. Van diverse verschijnselen is per jaar een boxplot samengesteld. De streep in het midden van de boxplots is de centrummaat (mediaan). Deze kan goed worden gebruikt voor de bepaling van een eventuele trend. Voor de trendanalyse wordt bij de verschijnselen langzame spanningsvariatie en asymmetrie gebruik gemaakt van de 99,9%-toetswaarden. Bij de andere figuren zijn de 95%-toetswaarden toegepast. In het 50-66 kV-net wordt sinds 2019 op meerdere meetlocaties gemeten. Van voorgaande jaren is slechts een beperkte meterpopulatie beschikbaar. Voor Net op Zee 66 kV wordt dit jaar voor het tweede jaar gerapporteerd. Om deze redenen is alleen voor het 110-150 kV-net een trendanalyse uitgevoerd.

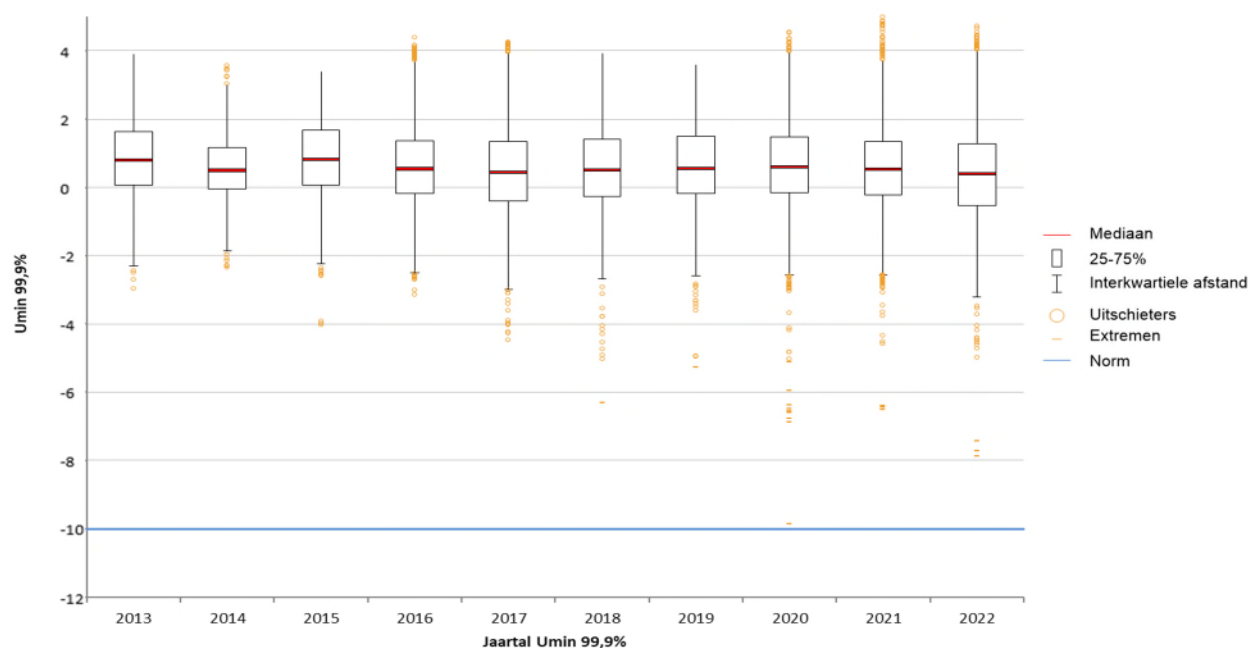
In de loop der jaren zijn binnen het PQM-project verschillende wijzigingen doorgevoerd. Soms op eigen initiatief van de netbeheerders, soms op verzoek van klanten of de toezichthouder. De voornaamste wijzigingen binnen het 110-150 kV-net over de afgelopen 10 jaar zijn:

- 2015-2017: de meetpopulatie wordt meer dan verdrievoudigd naar ruim 100 meters;
- 2016: acht meters zijn verkeerd aangesloten en zijn opnieuw geïnstalleerd;
- 2017-2018: circa vijf meters zonder klantaansluiting zijn uit de rapportagepopulatie verwijderd;
- 2020: per aansluiting wordt slechts één meter meegenomen (dubbele meters worden niet meer meegenomen).

De figuren 4.4 en 4.5 tonen de trendanalyses van de langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}). Uit de figuren blijkt dat een deel van de meetwaarden van 'U_{max}' in sommige jaren boven de norm (blauwe lijn) uitkomen. Zie bijvoorbeeld 2013, 2018 en 2021. De norm van 'U_{max}' is het gecontracteerde spanningsniveau plus 10% voor 99,9% van de tijd. Op basis van de mediaan laten beide figuren tussen 2013 en 2015 een daling zien. Vanaf 2015 is het beeld vrij constant.

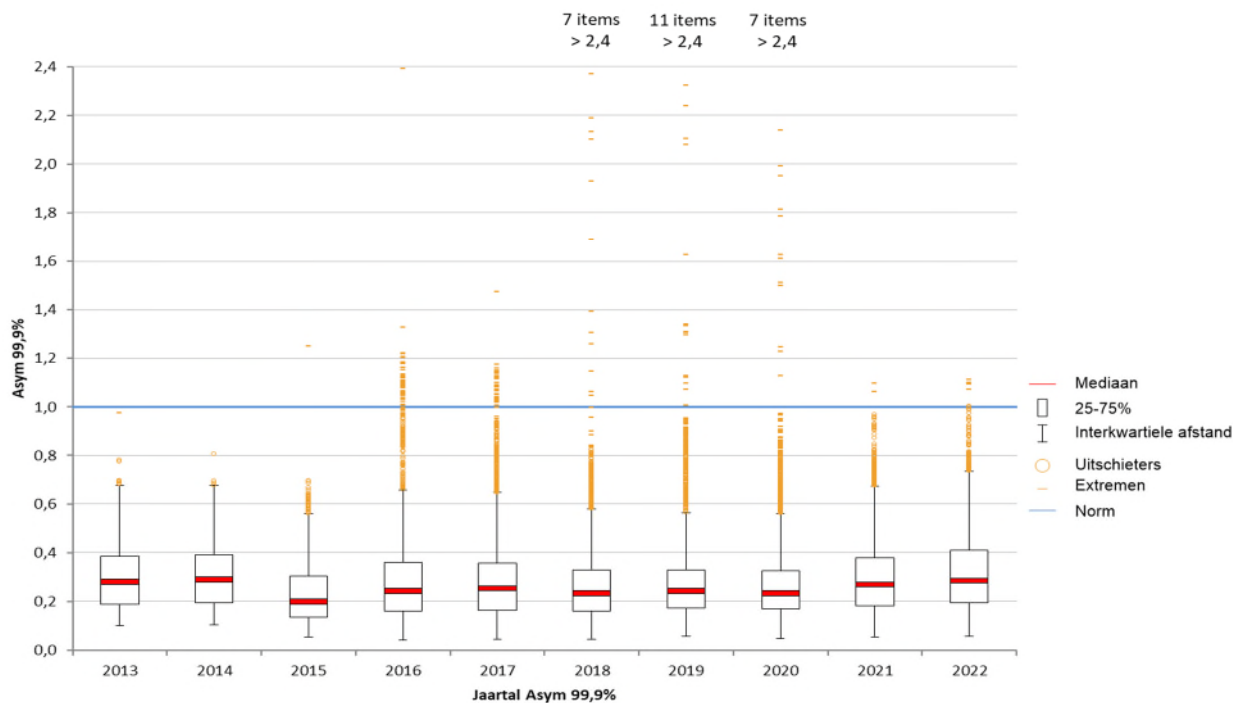


Figuur 4.4: Langzame spanningsvariatie U_{max} 110-150 kV-net, 2013-2022



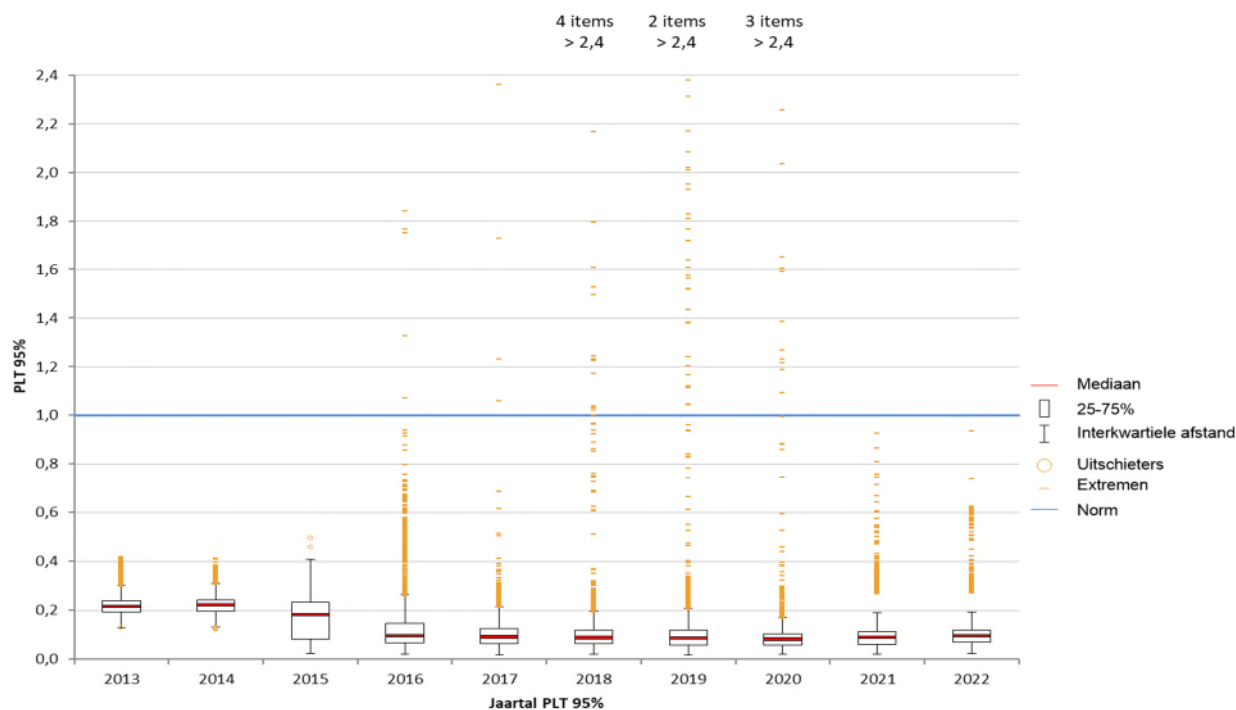
Figuur 4.5: Langzame spanningsvariatie Umin 110-150 kV-net, 2013-2022

Figuur 4.6 bevat de trendanalyse van spanningsasymmetrie. De figuur laat sinds 2021 een afname in het aantal overschrijdingen zien. Onderzoek heeft uitgewezen dat een groot deel van de uitschieters en extremen in de afgelopen jaren afkomstig zijn van één meetlocatie; Waalhaven te Rotterdam. De meter op deze locatie is vervangen en daarmee is het grootste deel van de uitschieters en extremen verdwenen.



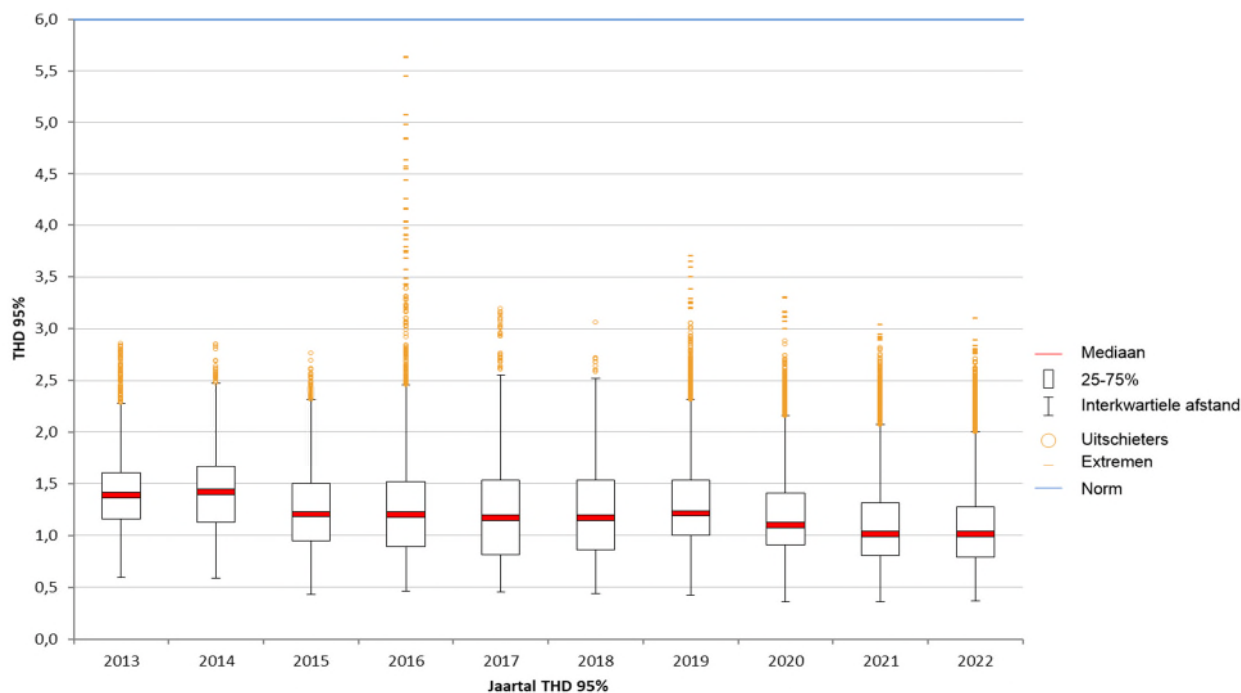
Figuur 4.6: Spanningsasymmetrie 110-150 kV-net, 2013-2022

In *figuur 4.7* is de trendanalyse van de snelle spanningsvariatie (PLT) weergegeven. De helft van de meetwaarden bevindt zich binnen de 'box' en ligt onder de 0,25. In de periode 2014-2016 zien we een daling van de mediaan naar 0,1. De extremen van de voorgaande jaren traden voornamelijk op één meetlocatie op (Waalhaven), zie ook de opmerking bij de vorige figuur.



Figuur 4.7: Snelle spanningsvariatie PLT 110-150 kV-net, 2013-2022

Figuur 4.8 geeft de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD) weer. Uit de figuur blijkt dat de resultaten voldoen aan de norm. De mediaan laat sinds 2019 een daling zien. Dit is in tegenstelling tot de THD bij LS en MS.



Figuur 4.8: THD 110-150 kV-net, 2013-2022

4.3 Spanningsdips

4.3.1 50-66 kV

In het 50-66 kV-net voldoen 20 meters aan de vereiste beschikbaarheid van minimaal 50% voor de registratie van spanningsdips over 2022. In het achtergronddocument is aangegeven welke meters dit zijn. In dit rapport wordt over deze meters gerapporteerd. Er zijn acht hinderlijke spanningsdips geregistreerd. Dit komt neer op een gemiddelde van 0,40 dips per meter.

Deze acht geregistreerde spanningsdips zijn toe te schrijven aan vier gebeurtenissen. Van deze vier gebeurtenissen zijn er twee veroorzaakt door een 'Kortsluiting in het net', één door een 'Kortsluiting in de installatie van een aangeslotene' en één door een 'Handeling van een netbeheerder' als genoemd in het zesde lid van de Netcode elektriciteit. Een gebeurtenis is de oorzaak van een spanningsdip die op één of meerdere locaties geregistreerd kan worden. Het aantal geregistreerde spanningsdips ligt daardoor doorgaans hoger dan het aantal gebeurtenissen.

In tabel 4.4 worden de hinderlijke spanningsdips verdeeld over drie subcategorieën weergegeven. Categorie A betreft niet-hinderlijke spanningsdips en de categorieën B1, B2 en C vormen tezamen de hinderlijke spanningsdips. In principe geldt: hoe lager de restspanning en hoe langer de duur, hoe groter de kans op hinder bij de klant. Spanningsdips in categorie A hebben over het algemeen weinig impact op de klantinstallatie. De klant kan zelf maatregelen nemen om eventueel ongemak te voorkomen.

Tabel 4.4: Aantal hinderlijke spanningsdips 50-66 kV-net, 2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)				
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk		<u>Categorie C</u> Gemiddeld: 0 Totaal: 0 (0 gebeurtenissen)		
80 > u ≥ 70					
70 > u ≥ 40					
40 > u ≥ 5	<u>Categorie B1</u> Gemiddeld: 0,15 Totaal: 3 (2 gebeurtenissen)	<u>Categorie B2</u> Gemiddeld: 0,25 Totaal: 5 (2 gebeurtenissen)			
5 > u					

In de Netcode staat dat voor spanningsdips per aansluiting getoetst moet worden over 5 aaneengesloten kalenderjaren. In tabel 4.5 is het 5-jaar gemiddelde van alle meters weergegeven. Vanwege het beperkte aantal spanningsdips is in deze paragraaf geen trendfiguur opgenomen.

Tabel 4.5: Aantal hinderlijke spanningsdips 50-66 kV-net, 2018-2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk		<u>Categorie C</u> Gemiddeld: 0,02 Totaal: 0,53	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	<u>Categorie B1</u> Gemiddeld: 0,09 Totaal: 2,01	<u>Categorie B2</u> Gemiddeld: 0,11 Totaal: 2,38		
5 > u				

4.3.2 Net op Zee 66 kV

In het Net op Zee-net voldoen alle 16 meters aan de vereiste beschikbaarheid voor de registratie van de spanningsdips. Voor 2022 geldt dat geen van deze meters een hinderlijke spanningsdip heeft geregistreerd. In tabel 4.6 worden de hinderlijke spanningsdips verdeeld over drie subcategorieën weergegeven.

Tabel 4.6: Spanningsdips Net op Zee 66 kV, 2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk			<u>Categorie C</u> Gemiddeld: 0 Totaal: 0
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	<u>Categorie B1</u> Gemiddeld: 0 Totaal: 0	<u>Categorie B2</u> Gemiddeld: 0 Totaal: 0		
5 > u				

In de Netcode staat dat voor spanningsdips per aansluiting getoetst moet worden over 5 aaneengesloten kalenderjaren. Gezien het feit dat er pas twee jaar over spanningsdips wordt gerapporteerd en er in die periode geen hinderlijke dips zijn opgetreden, kan deze tabel nog niet worden opgesteld.

4.3.3 110-150 kV

In het 110-150 kV-net voldoen 82 meters aan de vereiste beschikbaarheid voor de registratie van de spanningsdips over het jaar 2022. In het achtergronddocument is aangegeven welke meters dit zijn. In dit rapport wordt over deze meters gerapporteerd. Er hebben zes gebeurtenissen plaatsgevonden, die op de diverse locaties tot in totaal zeven registraties van een hinderlijke spanningsdip hebben geleid. Dit komt neer op een gemiddelde van 0,085 dips per meter (gemeten over het totaal aantal meters). Een gebeurtenis is de oorzaak van een spanningsdip die op één of meerdere locaties geregistreerd kan worden. Het aantal geregistreerde spanningsdips ligt daardoor doorgaans hoger dan het aantal gebeurtenissen.

In tabel 4.7 worden de hinderlijke spanningsdips verdeeld over drie subcategorieën weergegeven. Van de zes gebeurtenissen die hebben plaatsgevonden, zijn er twee veroorzaakt door een 'Kortsluiting in het net', twee door 'Externe invloeden', is er één afkomstig uit 'Handeling van een netbeheerder' en valt de laatste in de categorie 'Overige en onbekend' als genoemd in het zesde lid van de Netcode elektriciteit.

Tabel 4.7: Spanningsdips 110-150 kV-net, 2022

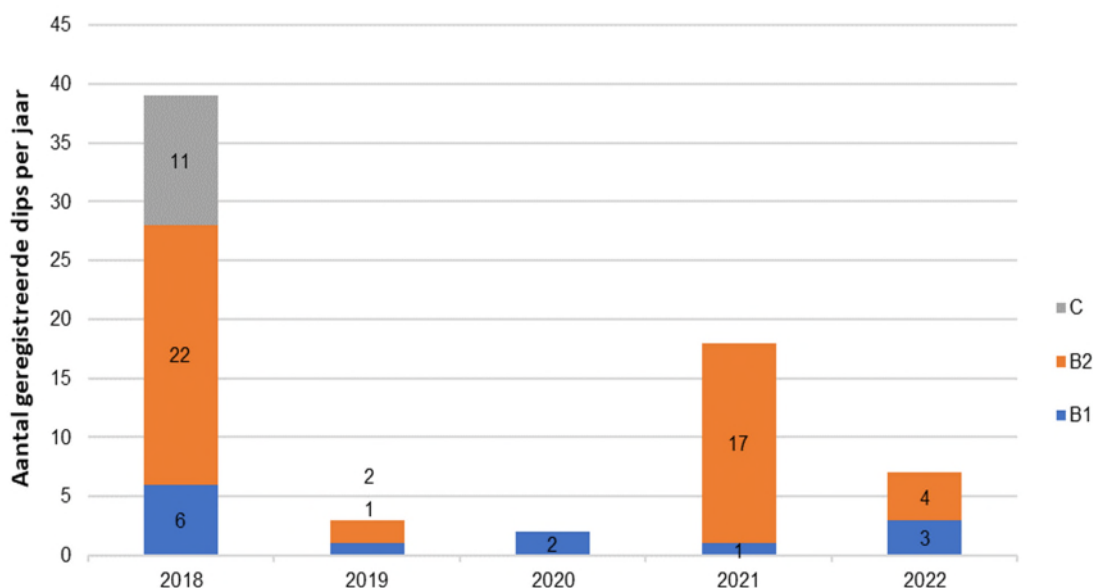
Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk		Categorie C Gemiddeld: 0 Totaal: 0	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Categorie B1 Gemiddeld: 0,04 Totaal: 3 (3 gebeurtenissen)	Categorie B2 Gemiddeld: 0,05 Totaal: 4 (3 gebeurtenissen)		
5 > u				

In de Netcode staat dat voor spanningsdips per aansluiting getoetst moet worden over 5 aaneengesloten kalenderjaren. In tabel 4.8 is het 5-jaar gemiddelde van alle meters weergegeven.

Tabel 4.8: Spanningsdips 110-150 kV-net, 2018-2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk			Categorie C Gemiddeld: 0,02 Totaal: 1,8
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Categorie B1 Gemiddeld: 0,03 Totaal: 2,3	Categorie B2 Gemiddeld: 0,1 Totaal: 9,3		
5 > u				

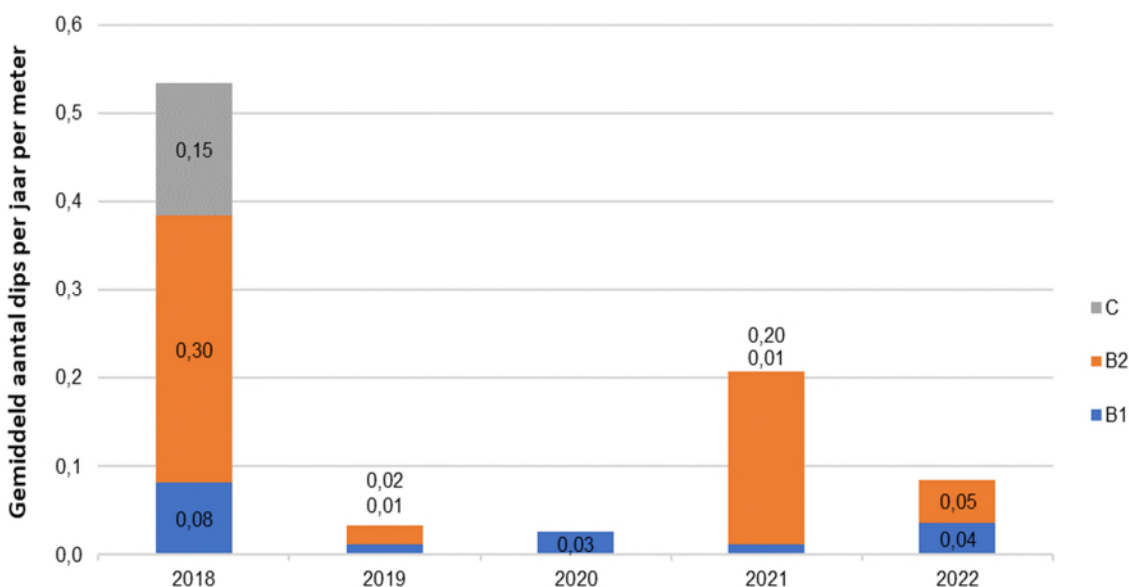
Figuur 4.9 bevat een weergave van het aantal hinderlijke spanningsdips dat per jaar is geregistreerd over de afgelopen vijf jaar in het 110-150 kV-net. Het aantal dips is per categorie weergegeven. De figuur maakt duidelijk dat het aantal dips per jaar sterk fluctueert.



Figuur 4.9: Aantal geregistreerde spanningsdips per jaar 110-150 kV HS, 2018-2022

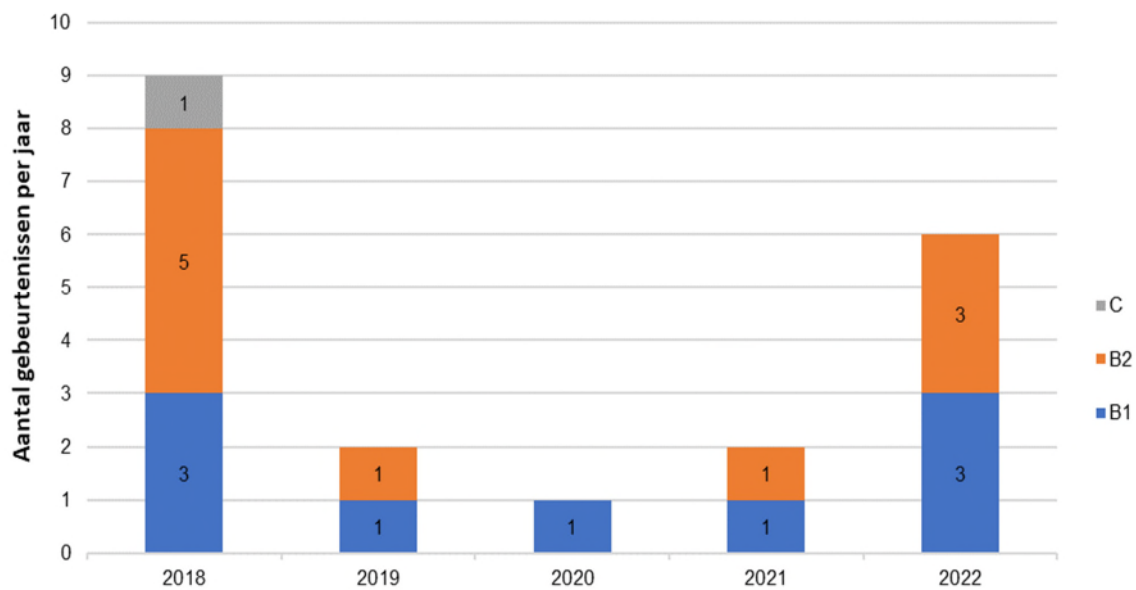
Het aantal hinderlijke spanningsdips in 2022 verschilt ten opzichte van 2021 en is meer te vergelijken met het aantal dips in de jaren 2018 en 2019. Ook de niet-hinderlijke spanningsdips worden geregistreerd en waar nodig geanalyseerd. Deze analyse laat een consistent beeld zien en dat de meters correct functioneren.

Het aantal meetlocaties kan van jaar tot jaar veranderen en van invloed zijn op het aantal hinderlijke spanningsdips dat per jaar wordt geregistreerd. *Figuur 4.10* bevat een weergave van het gemiddelde aantal hinderlijke spanningsdips per categorie per meetlocatie over de afgelopen vijf jaar. De figuur laat zien dat het aantal dips per meetlocatie per jaar over de afgelopen vijf jaar een vergelijkbaar patroon vertoont als het totaal aantal dips per jaar.



Figuur 4.10: Gemiddeld aantal hinderlijke spanningsdips per locatie 110-150 kV HS, 2018-2022

Figuur 4.11 bevat een weergave van het aantal gebeurtenissen per categorie over de afgelopen vijf jaar.



Figuur 4.11: Aantal gebeurtenissen per jaar 110-150 kV HS, 2018-2022

5. Extra hoogspanningsnet

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten en trendanalyses van de spanningskwaliteitsmetingen die in het EHS-net zijn uitgevoerd. De volgende verschijnselen worden beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie, harmonische vervorming en spanningsdips. Er zijn drie paragrafen. De eerste gaat in op de meetresultaten van 2022. In de tweede wordt meetdata over afgelopen tien jaar beschouwd. En in de laatste paragraaf wordt over spanningsdips gerapporteerd.

5.1 Meetresultaten

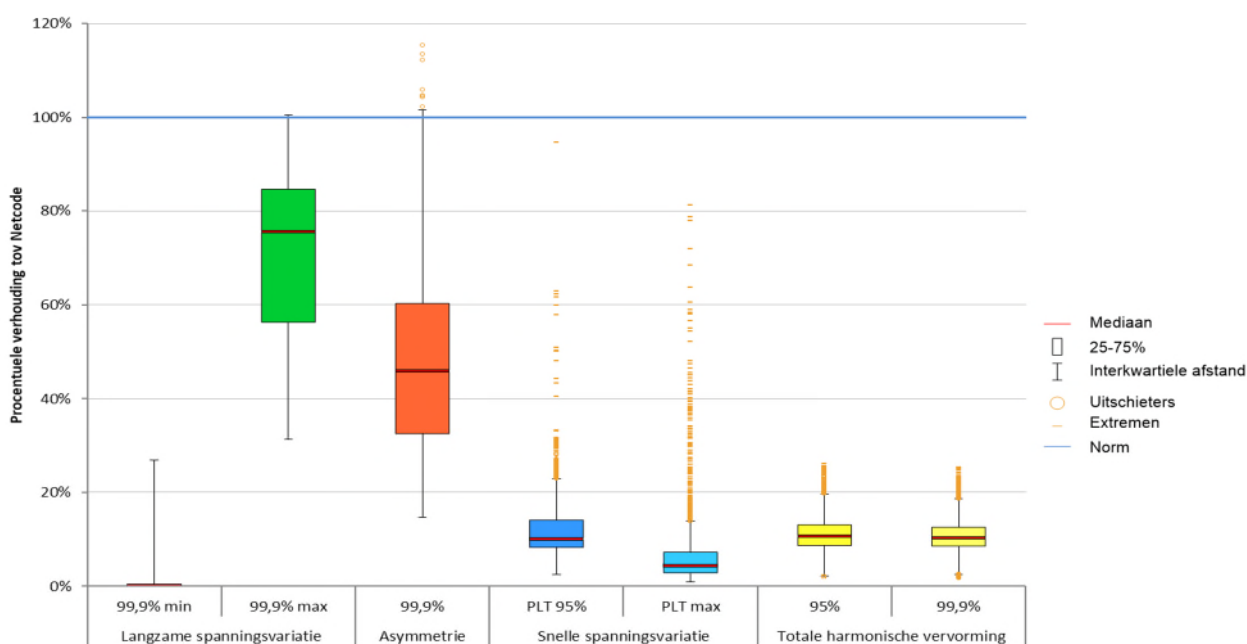
Over de spanningskwaliteit in het EHS-net wordt gerapporteerd aan de hand van de meetresultaten van 16 meters. In sommige situaties geldt dat een klantaansluiting door meerdere meters wordt bewaakt of juist dat één meter de kwaliteit op meerdere locaties monitort. Het achtergronddocument bevat een overzicht van alle meters in het EHS meetsysteem. De meters hebben in 2022 762 volledige weekmetingen geregistreerd. Bij 13 van deze weekmetingen is tenminste één overschrijding geconstateerd. Hiervan is bij 12 van deze weekmetingen door dezelfde meter een overschrijding op spanningsasymmetrie geconstateerd. In de bijlage worden de overschrijdingen nader toegelicht.

Tabel 5.1 bevat een samenvatting van het aantal metingen en overschrijdingen. Het komt voor dat binnen een weekmeting overschrijdingen van meerdere verschijnselen hebben plaatsgevonden. Op basis van de meetresultaten wordt gesteld dat in 2022 in het EHS-net 98% van deze weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 5.1: Metingen en overschrijdingen continue verschijnselen EHS, 2022

	Aantal	Overschrijdingen	Overschrijdingen per verschijnsel	
			Langzame spanningsvariatie	Spanningsasymmetrie
Weekmetingen	762	13	1	12
Meters	16	2	1	12

Figuur 5.1 maakt de meetresultaten voor de continue verschijnselen grafisch inzichtelijk. De boxplots tonen de verdeling van de toetswaarden. De 'box' zelf betreft de middelste 50% van de waarden en staat ook bekend als de interkwartiele afstand. Het streepje in de box is de mediaan, ook wel bekend als de centrummaat. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn per conventie nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Als waarden hierbuiten vallen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. De overschrijdingen uit tabel 5.1 zijn zichtbaar in de meetwaarden die boven de norm (blauwe lijn) liggen.



Figuur 5.1: Continue verschijnselen EHS, 2022

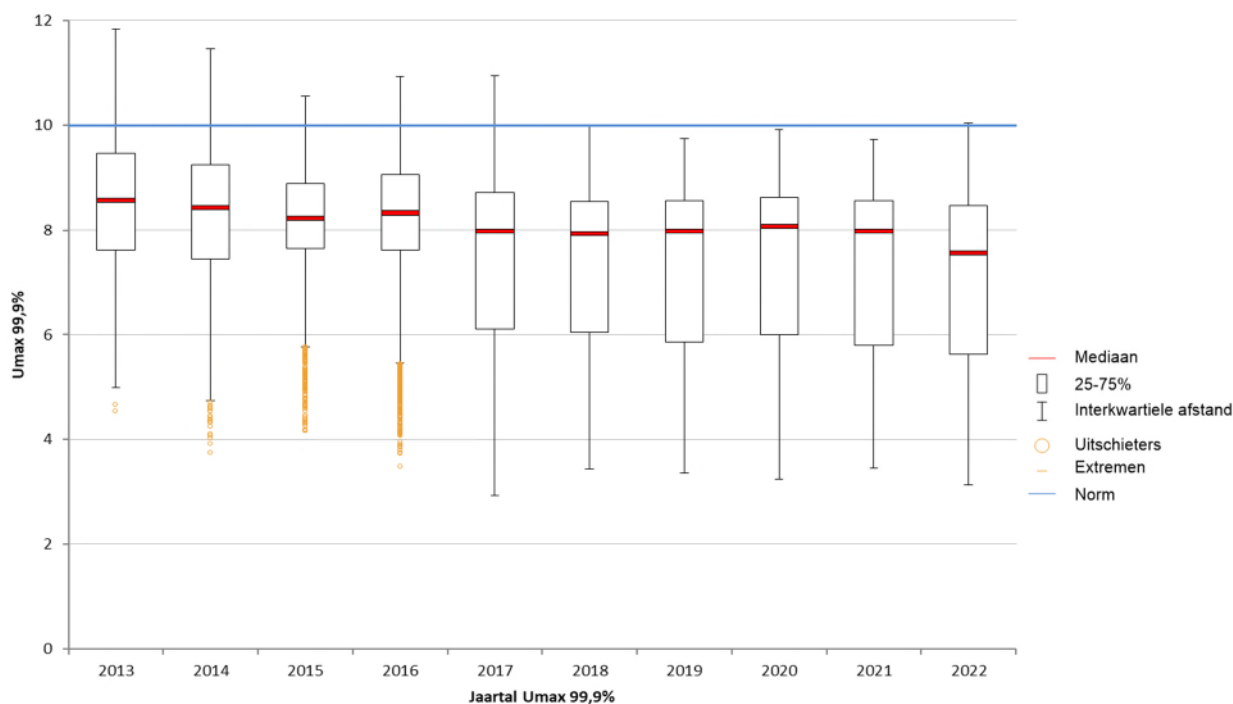
5.2 Trendanalyses

In deze paragraaf wordt de meetdata van het gehele EHS-net over de afgelopen tien jaar beschouwd. Van diverse verschijnselen is per jaar een boxplot samengesteld. De streep in het midden van de boxplots is de centrummaat (mediaan) en wordt gebruikt voor bepaling van een eventuele trend. Voor de trendanalyse wordt bij de verschijnselen langzame spanningsvariatie en asymmetrie gebruik gemaakt van de 99,9%-toetswaarden. Bij de andere figuren zijn de 95%-toetswaarden toegepast.

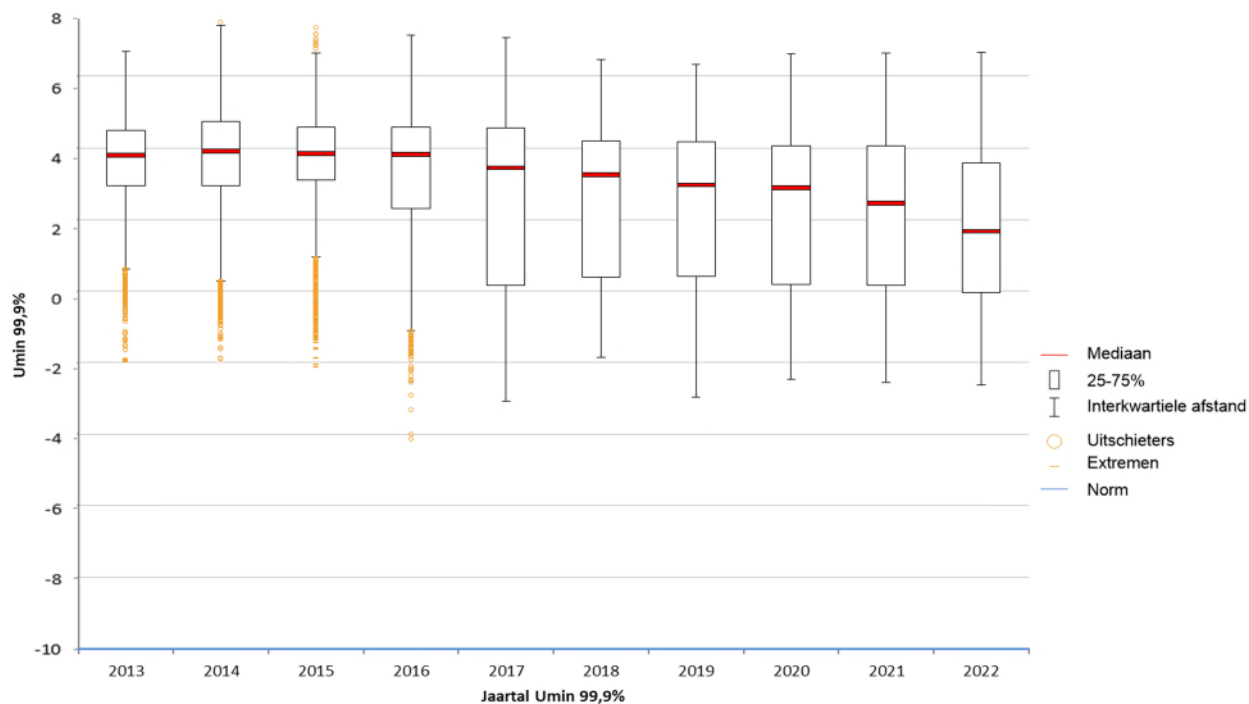
In de loop der jaren zijn binnen het PQM-project verschillende wijzigingen doorgevoerd. Soms op eigen initiatief van de netbeheerders, soms op verzoek van klanten of de toezichthouder. De voornaamste wijzigingen binnen het EHS-net over de afgelopen tien jaar zijn:

- 2015: overgang naar eenzelfde klasse A meetsysteem als het HS-net;
- 2016: drie meters blijken verkeerd aangesloten te zijn en zijn opnieuw geïnstalleerd;
- 2017: zes meters zonder klantaansluiting zijn uit de rapportagepopulatie verwijderd;
- 2020: per aansluiting wordt slechts één meter meegenomen, dubbele meters worden niet meer meegenomen.

De figuren 5.2 en 5.3 tonen de trendanalyses van de langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}). Uit de figuren blijkt dat een deel van de meetwaarden van 'U_{max}' in de meeste jaren boven de norm (blauwe lijn) uitkomen. De norm van 'U_{max}' is het gecontracteerde spanningsniveau, plus 10%, voor 99,9% van de tijd. Zowel de mediaan van 'U_{max}' als die van 'U_{min}' laat de laatste jaren een dalende trend zien.

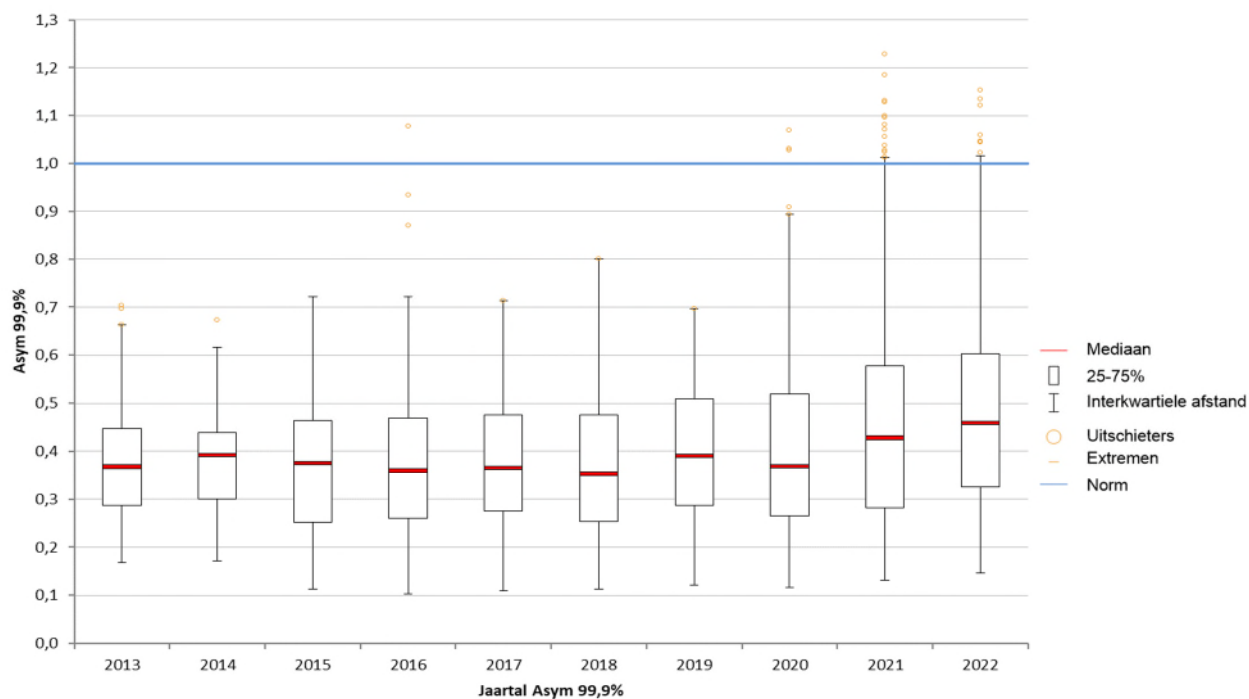


Figuur 5.2: Langzame spanningsvariatie U_{max} EHS, 2013-2022



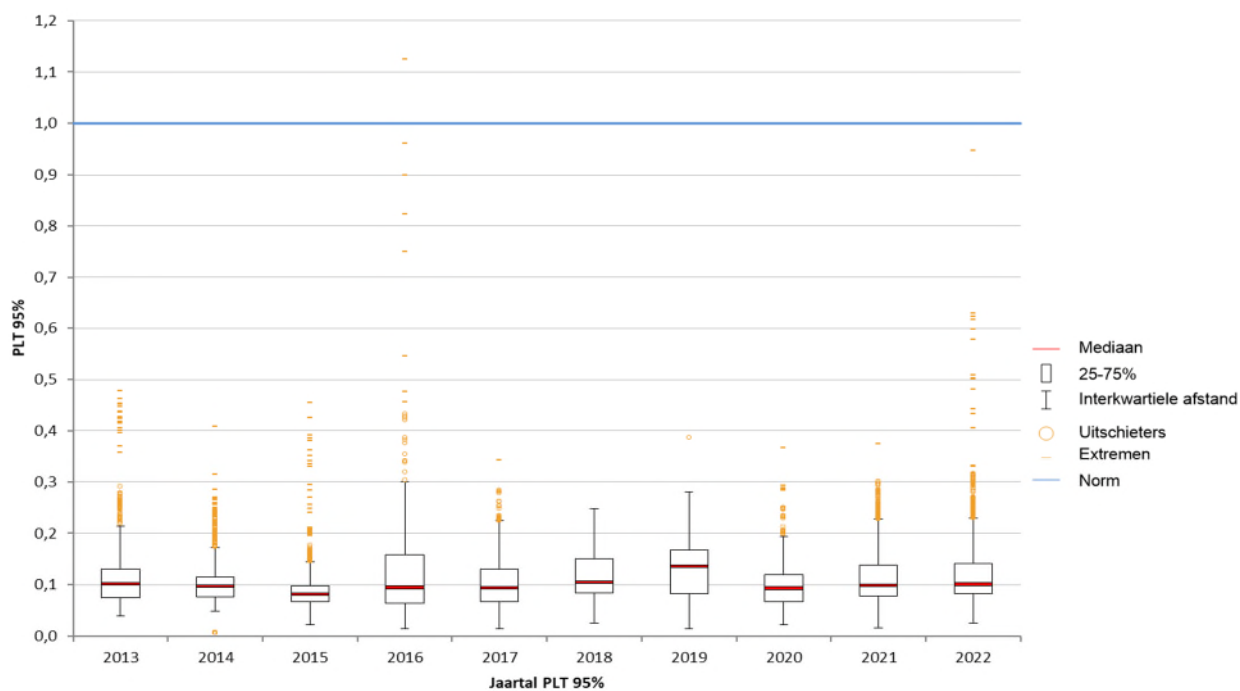
Figuur 5.3: Langzame spanningsvariatie Umin EHS, 2013-2022

Figuur 5.4 laat de trendanalyse van spanningsasymmetrie zien. De overschrijdingen zijn zichtbaar in de uitschieters die boven de norm liggen. De mediaan laat sinds 2020 een stijging zien.



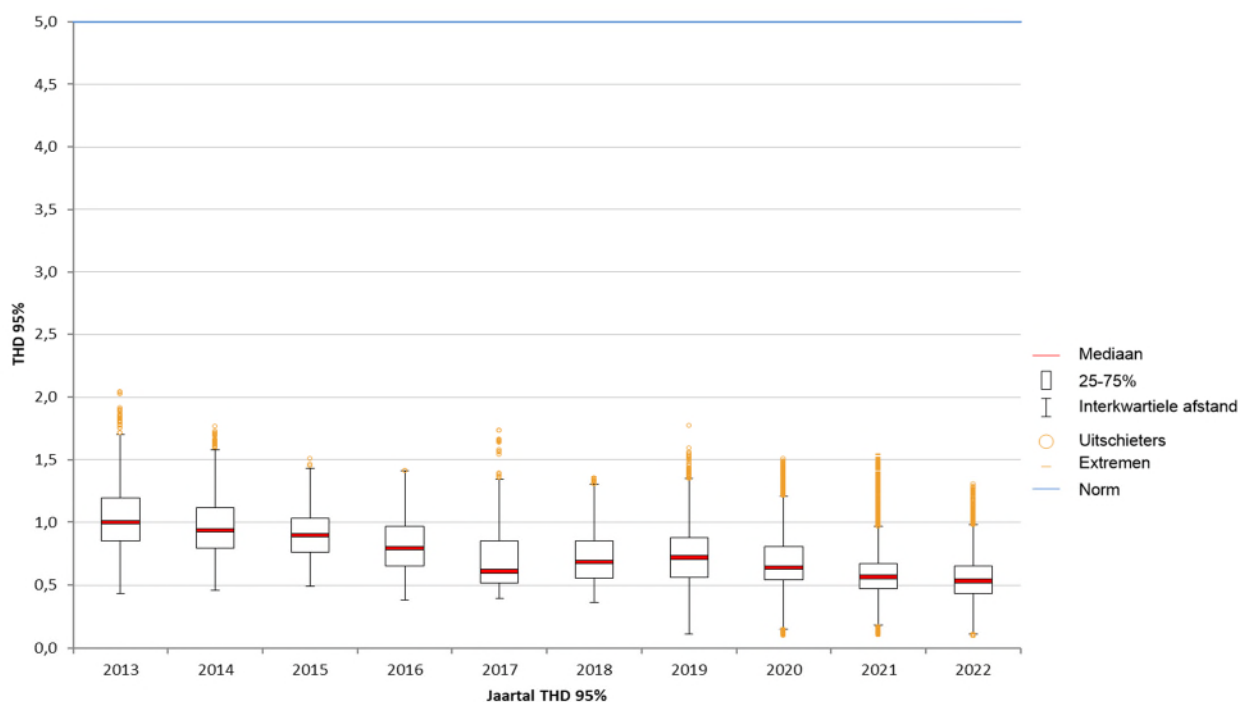
Figuur 5.4: Spanningsasymmetrie EHS, 2013-2022

Figuur 5.5 bevat de trendanalyse van het verschijnsel snelle spanningsvariatie (PLT). Uit de figuur blijkt dat de resultaten voldoen aan de norm en dat de mediaan schommelt rond de 0,1%. Er is geen eenduidige trend waarneembaar.



Figuur 5.5: Snelle spanningsvariatie PLT EHS, 2013-2022

Figuur 5.6 toont de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD). De meetwaarden liggen ruimschoots onder de norm. De mediaan laat, met een korte onderbreking gedurende de periode 2017-2019, sinds 2013 een dalende trend zien.



Figuur 5.6: THD EHS, 2013-2022

5.3 Spanningsdips

In het EHS-net voldoen 16 meters aan de vereiste beschikbaarheid voor de registratie van de spanningsdips. In het achtergronddocument is aangegeven welke meters dit zijn. In dit rapport wordt over deze meters gerapporteerd. Voor 2022 geldt dat geen van deze meters een hinderlijke spanningsdip heeft geregistreerd. In *tabel 5.2* is een overzicht weergegeven van het aantal hinderlijke spanningsdips per subcategorie.

Tabel 5.2: Spanningsdips EHS, 2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk		Categorie C Gemiddeld: 0 Totaal: 0	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Categorie B1 Gemiddeld: 0 Totaal: 0	Categorie B2 Gemiddeld: 0 Totaal: 0		
5 > u				

In de Netcode staat dat voor spanningsdips per aansluiting getoetst moet worden over 5 aaneengesloten kalenderjaren. In *tabel 5.3* is het 5-jaargemiddelde van alle meters weergegeven. Vanwege het beperkte aantal spanningsdips is in deze paragraaf geen trendfiguur opgenomen.

Tabel 5.3: Spanningsdips EHS, 2018-2022

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Categorie A: niet-hinderlijk		<u>Categorie C</u> Gemiddeld: 0 Totaal: 0	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	<u>Categorie B1</u> Gemiddeld: 0,01 Totaal: 0,2	<u>Categorie B2</u> Gemiddeld: 0,12 Totaal: 1,86		
5 > u				

Bijlagen

Bijlage A: Metingen en overschrijdingen, 2013-2022

35

Bijlage B: Toelichtingen overschrijdingen

36

Bijlage A: Metingen en overschrijdingen, 2013 – 2022

Tabel A.1: Metingen en overschrijdingen continue verschijnselen per net, 2013 – 2022

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
			Langzame spanningsvariatie	Spannings-asymmetrie	Snelle spanningsvariatie	Harmonische(n) (incl. THD)
2022	LS	262	-	-	2	4
	MS	268	-	1	-	1
	HS 50-66 kV	957	-	-	-	-
	HS Net op Zee	438	-	179	1	1
	HS 110-150 kV	3794	-	5	-	-
	EHS	762	1	12	-	-
2021	LS	264	-	1	1	3
	MS	264	-	-	1	1
	HS 50-66 kV	803	-	-	-	-
	HS Net op Zee	312	-	143	4	-
	HS 110-150 kV	3891	2	2	-	-
	EHS	688	-	15	-	-
2020	LS	241	-	-	1	1
	MS	258	-	-	-	1
	HS 50-66 kV	863	-	-	1	-
	HS 110-150 kV	3.655	-	19	9	-
	EHS	697	-	3	-	-
2019	LS	268	-	-	3	.*
	MS	260	-	-	-	-
	HS 50-66 kV	589	-	-	-	-
	HS 110-150 kV	3707	-	22	16	-
	EHS	863	-	-	-	-
2018	LS	266	-	1	-	52
	MS	268	-	-	-	2
	HS 50-66 kV	192	-	-	-	-
	HS 110-150 kV	3423	1	10	19	-
	EHS	834	-	-	-	-
2017	LS	264	-	-	2	45
	MS	265	-	-	-	-
	HS 50-66 kV	176	-	-	-	3
	HS 110-150 kV	3567	-	53	4	-
	EHS	888	68	-	-	-
2016	LS	263	-	-	2	60
	MS	264	-	1	2	1
	HS	3439	-	53	5	24
	EHS	1010	121	1	1	-
2015	LS	266	-	-	2	58
	MS	269	-	-	2	-
	HS	1265	-	1	-	-
	EHS	650	35	-	18	-
2014	LS	244	-	-	3	41
	MS	246	1	1	1	2
	HS	883	-	-	-	-
	EHS	614	80	-	11	-
2013	LS	60	-	-	-	13
	MS	56	-	-	-	-
	HS	964	-	-	-	-
	EHS	708	149	-	6	-

* In 2019 is het addendum NEN-EN 50160/A3 verschenen. Deze bevat nieuwe voorwaarden voor de 15^e en 21^e harmonischen in het LS-net. Hierdoor zijn er geen overschrijdingen (meer) bij dit verschijnsel. Zie het achtergronddocument voor meer informatie.

Bijlage B: Toelichtingen overschrijdingen

In deze bijlage worden de overschrijdingen per net en spanningsverschijnsel nader toegelicht. De inhoud voor de toelichtingen is door desbetreffende netbeheerder aangeleverd.

LS Snelle spanningsvariatie: 1 overschrijding			
	Meetperiode: 01 - 08 augustus 2022	Locatie: Mill	
	Grenswaarde PLT 95%: 1	Stedelijkheid: Niet stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 1,19	Klantaansluiting: Huishoudelijk	
Wat gebeurde er? Bij een weekmeting in het laagspanningsnet bij een klantaansluiting is een overschrijding op het gebied van snelle spanningsvariatie (PLT) geconstateerd bij één van de fasen. De overschrijding betreft de 95%-waarde.			
Welke gevolgen had dit voor klanten? Snelle spanningsvariatie kan leiden tot zogenaamde 'flikker'. Flikker is een verschijnsel dat kan leiden tot zichtbare snelle veranderingen van de intensiteit van elektrische verlichting. Flikker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel voor irritatie bij klanten zorgen, bijvoorbeeld tijdens het lezen. Zie het achtergronddocument voor meer informatie over dit verschijnsel. In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijding hebben ondervonden.			
Wat was de oorzaak? Er is in oktober 2022 een hermeting uitgevoerd. Hieruit bleek de overschrijding niet meer aanwezig te zijn en de overschrijding was dus tijdelijk van aard. Bij de hermeting lag de maximale PLT 95%-waarde op 0,75.			
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? Op basis van de hermeting is geen vervolgonderzoek noodzakelijk.			

LS Snelle spanningsvariatie: 1 overschrijding			
	Meetperiode: 24 - 31 augustus 2022	Locatie: Oudekerk aan den IJssel	
	Grenswaarde PLT 95%: 1	Stedelijkheid: Niet stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 1,001	Klantaansluiting: Agrarisch	

Wat gebeurde er?

Bij een weekmeting in het laagspanningsnet bij een klantaansluiting is een kleine overschrijding op het gebied van snelle spanningsvariatie (PLT) geconstateerd in één van de fasen. De overschrijding betreft de 95%-waarde.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

Snelle spanningsvariatie kan leiden tot zogenaamde 'flikker'. Flikker is een verschijnsel dat kan leiden tot zichtbare snelle veranderingen van de intensiteit van elektrische verlichting. Flikker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel voor irritatie bij klanten zorgen, bijvoorbeeld tijdens het lezen. Zie het achtergronddocument voor meer informatie over dit verschijnsel.

In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijding hebben ondervonden.

**Wat was de oorzaak?**

Door een LS-storing was het net tijdelijk omgeschakeld. Er is in december een hermeting uitgevoerd. Hieruit bleek de overschrijding niet meer aanwezig te zijn.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

De uitgevoerde hermeting voldeed aan de norm. Echter de gemeten waarden waren hoger dan verwacht. De netbeheerder doet verder aanvullend onderzoek.



LS 5 ^e Harmonische: twee fase overschrijding			
	Meetperiode: 06 - 13 juli 2022	Locatie: Schijndel	
	Grenswaarden 95%: 5 ^e Harmonische: 6%	Stedelijkheid: Weinig stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 6,47%	Klantaansluiting: Huishouden	

Wat gebeurde er?

Bij een weekmeting in het laagspanningsnet bij een huishoudelijke klant is een overschrijding geconstateerd op de 5^e harmonische bij twee van de fasen. De overschrijding betreft de 95%-waarde. De klant heeft geen enkel probleem met de spanningskwaliteit ervaren.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

De spanning is sinusvorming en heeft een basisfrequentie van 50 Hz. Er is sprake van harmonische vervorming wanneer er in de spanning andere frequenties met een veelvoud van deze basisfrequentie aanwezig zijn. Mogelijke gevolgen van deze vervorming zijn extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. Hogere harmonischen kunnen schade aan apparatuur veroorzaken.

In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijding hebben ondervonden. Ook zijn er geen spanningsklachten in de buurt geregistreerd in 2022.

**Wat was de oorzaak?**

In oktober 2022 is er een hermeting uitgevoerd op dezelfde locatie. Hieruit bleek de overschrijding nog steeds aanwezig te zijn en dus niet tijdelijk van aard. Bij de hermeting is er een overschrijding van de 7^e harmonische waarde geconstateerd (5,15% terwijl de normgrenswaarde 5,00% is). De gemeten waarde van de 5^e harmonisch en de THD liggen net onder de normgrenswaarden.

Er is een continu PQ monitoring aanwezig op de MS-distributiering (o.a. op 10 kV-rail van het station Eerde). Uit deze monitoring zijn ook relatief hogere waarden van de harmonischen (o.a. de 5^e, 7^e, 15^e en de THD) zichtbaar. Dit is een industrieel gebied waarop een aantal MS klanten aangesloten zijn. Daarom is het mogelijk dat één of meerdere van deze klanten een vervuiler van deze harmonischen zijn. De andere mogelijkheid is dat de bron ergens anders ligt (b.v. hoger of een ander netdeel). Dit moet nog onderzocht worden.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

Op dit moment zijn er geen klachten over harmonischen in dit gebied. Omdat hogere harmonische waarden ook op het MS-station Eerde (dat ook in dezelfde distributiering ligt) gemeten zijn, komt er een vervolgonderzoek (en een meetprogramma) in de loop van 2023 om de vermoedelijke probleembron(nen) te ontdekken. Zodra dit ontdekt wordt, zullen de nodige maatregelen worden genomen om het probleem op te lossen.



LS Harmonischen: 5 ^e , 7 ^e , 9 ^e en 15 ^e Harmonische			
	Meetperiode: 04 - 11 november 2022	Locatie: Venlo	
	Grenswaarden: 5 ^e Harmonische 95%: 6% 7 ^e Harmonische 95%: 5% 9 ^e Harmonische 99,9%: 2,25% 9 ^e Harmonische 95%: 1,5% 15 ^e Harmonische 99,9%: 1,5% 15 ^e Harmonische 95%: 1%	Stedelijkheid: Niet stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 5 ^e Harmonische 95%: 8,13% 7 ^e Harmonische 95%: 6,64% 9 ^e Harmonische 99,9%: 2,86% 9 ^e Harmonische 95%: 2,60% 15 ^e Harmonische 99,9%: 1,61% 15 ^e Harmonische 95%: 1,42%	Klantaansluiting: Huishouden	
Wat gebeurde er? Bij een weekmeting in een huisinstallatie zijn er overschrijdingen geconstateerd op meerdere individuele harmonischen.			
Welke gevolgen had dit voor klanten? De spanning is sinusvorming en heeft een basisfrequentie van 50 Hz. Er is sprake van harmonische vervorming wanneer er in de spanning andere frequenties met een veelvoud van deze basisfrequentie aanwezig zijn. Mogelijke gevolgen van deze vervorming zijn extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. Hogere harmonischen kunnen schade aan apparatuur veroorzaken. De bemeeten klant ervaart geen spanningsprobleem. In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijdingen hebben ondervonden. Ook zijn er geen spanningsklachten in de nabije buurt geregistreerd in 2022.			
Wat was de oorzaak? Een hermeting is uitgevoerd in februari 2023. Hieruit bleek dat de overschrijdingen van de harmonischen niet meer aanwezig zijn. De hoogste waarde voor de 5 ^e harmonische is 5%, voor de 7 ^e harmonische is 4%, voor de 9 ^e is 1,45%, en voor de 15 ^e is 0,5%. Verder heeft de klant geen spanningsproblemen ervaren en zijn er geen spanningsklachten bekend in de omgeving. Hiermee lijken de overschrijdingen van tijdelijke aard.			
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? Op basis van de hermeting is geen vervolgonderzoek noodzakelijk.			

LS 5 ^e Harmonische: op 1 fase			
	Meetperiode: 18 - 25 mei 2022	Locatie: St. Nicolaasga	
	Grenswaarden 95%: 5 ^e Harmonische: 6%	Stedelijkheid: Niet stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 6,05 %	Klantaansluiting: Huishouden	

Wat gebeurde er?

Bij een weekmeting in het laagspanningsnet bij een klant is een overschrijding geconstateerd op de 5^e harmonische bij de derde fase. De overschrijding betreft de 95%-waarde.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

De spanning is sinusvorming en heeft een basisfrequentie van 50 Hz. Er is sprake van harmonische vervorming wanneer er in de spanning andere frequenties met een veelvoud van deze basisfrequentie aanwezig zijn. Mogelijke gevolgen van deze vervorming zijn extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. Hogere harmonischen kunnen schade aan apparatuur veroorzaken.

In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijding hebben ondervonden.

**Wat was de oorzaak?**

Een grootverbruiker dat gevoed wordt door hetzelfde middenspanningsstation is de veroorzaker van deze harmonische overschrijdingen. Deze oorzaak is naar aanleiding van PQM metingen geconstateerd. De overschrijding van meting MS124 werd gevoed vanuit ditzelfde onderstation.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

- Aanvullende metingen zijn uitgevoerd om zeker te stellen dat de klant de bron van de overschrijding is
- Bij nader onderzoek blijkt een grootverbruiker dat ook op dit onderstation is aangesloten de veroorzaker van de overschrijding van de 5e harmonische. Hierover is inmiddels contact geweest.
- De veroorzaker van de overschrijding aanspreken op de harmonische vervuiling en aanmanen om deze te verlagen.
- De schakelsituatie op het onderstation is zodanig aangepast dat de veroorzaker van de overschrijding is gescheiden van andere harmonische bronnen. Hiermee is de overschrijding niet meer aanwezig.



LS 9 ^e en 15 ^e Harmonische			
	Meetperiode: 1 - 8 juli 2022	Locatie: Rotterdam	
	Grenswaarden 95%: 9 ^e Harmonische: 1,5% 15 ^e Harmonische: 1%	Stedelijkheid: Zeer sterk stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 9 ^e Harmonische: 1,63 % 15 ^e Harmonische: 1,05%	Klantaansluiting: Overig	

Wat gebeurde er?

Bij een weekmeting bij een klantaansluiting is een overschrijding geconstateerd op de 9^e harmonische op alle drie de fasen en de 15^e op één van de fasen. De overschrijding betreft de 95%-waarde.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

De spanning is sinusvorming en heeft een basisfrequentie van 50 Hz. Er is sprake van harmonische vervorming wanneer er in de spanning andere frequenties met een veelvoud van deze basisfrequentie aanwezig zijn. Mogelijke gevolgen van deze vervorming zijn extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. Zie het achtergronddocument voor meer informatie.

In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijding hebben ondervonden.

**Wat was de oorzaak?**

Tijdens de meetperiode werden er in de directe omgeving twee grote torens gebouwd. De netbeheerder heeft het vermoeden dat deze activiteiten een mogelijke oorzaak kunnen zijn van de overschrijdingen.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

Er is een hermeting uitgevoerd, bij deze hermeting zijn geen overschrijdingen geconstateerd.



MS 5 ^e Harmonische: op alle fasen			
	Meetperiode: 18 - 25 februari 2022	Locatie: St. Nicolaasga	
	Grenswaarden 95%: 5 ^e Harmonische: 6%	Stedelijkheid: Niet stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 6,77%	Klantaansluiting: Industrie	

Wat gebeurde er?

Bij een weekmeting bij een industriële klant is een overschrijding geconstateerd op de 5^e harmonische op alle drie de fasen. De overschrijding betreft de 95%-waarde.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

De spanning is sinusvorming en heeft een basisfrequentie van 50 Hz. Er is sprake van harmonische vervorming wanneer er in de spanning andere frequenties met een veelvoud van deze basisfrequentie aanwezig zijn. Mogelijke gevolgen van deze vervorming zijn extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. Hogere harmonischen kunnen schade aan apparatuur veroorzaken.

In het geval van deze overschrijding leert navraag bij klanten in de omgeving dat zij geen hinder van de overschrijding hebben ondervonden.

**Wat was de oorzaak?**

Een grootverbruiker dat gevoed wordt door hetzelfde middenspanningsstation is de veroorzaker van deze harmonische overschrijdingen. Deze oorzaak is naar aanleiding van PQ metingen geconstateerd. De overschrijding van meting LS133 werd gevoed vanuit ditzelfde onderstation.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

- Aanvullende metingen zijn uitgevoerd om zeker te stellen dat de klant de bron van de overschrijding is
- Bij nader onderzoek blijkt een grootverbruiker dat ook op dit onderstation is aangesloten de veroorzaker van de overschrijding van de 5e harmonische. Hierover is inmiddels contact geweest.
- De veroorzaker van de overschrijding aanspreken op de harmonische vervuiling en aanmanen om deze te verlagen.
- De schakelsituatie op het onderstation is zodanig aangepast dat de veroorzaker van de overschrijding is gescheiden van andere harmonische bronnen. Hiermee is de overschrijding niet meer aanwezig.



MS Spanningsasymmetrie			
	Meetperiode: 14 - 21 oktober 2022	Locatie: Amersfoort	
	Grenswaarden: Spanningsasymmetrie 100%: 3% Spanningsasymmetrie 95%: 2%	Stedelijkheid: Sterk stedelijk	
	Hoogste meetwaarde: 100%: 3,52% 95%: 3,47%	Klantaansluiting: Overig	

Wat gebeurde er? Bij een meting bij een op een aansluiting in Amersfoort is een overschrijding van de spanningsasymmetrie geconstateerd.	
Welke gevolgen had dit voor klanten? We spreken over asymmetrie wanneer de fasespanningen in onbalans zijn. In het achtergronddocument wordt nader ingegaan op de mogelijke oorzaken en gevolgen van het verschijnsel. Er zijn bij de netbeheerder geen klachten ontvangen van klanten op het aansluitpunt of uit de omgeving.	
Wat was de oorzaak? De vermoedelijke oorzaak is een niet symmetrische belasting. Bij de netbeheerder zijn geen spanningsklachten uit de omgeving bekend.	
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? Er is een hermeting uitgevoerd, bij deze hermeting is eveneens een spanningsasymmetrie boven de norm gemeten. De netbeheerder doet vervolgonderzoek om de oorzaak te achterhalen.	

EHS				Langzame spanningsvariatie: overschrijdingen			
	Meetperiode: Week 45		Locatie: Diemen (EHS003)				
	Grenswaarde 99,9%: 110,00%		Stedelijkheid: Niet van toepassing				
	Hoogste meetwaarde: 110,04%		Klantaansluiting: Elektriciteitsproductie-eenheid				

Wat gebeurde er? In de nacht van 7 november is op het 380 kV-station te Diemen gedurende 2 tijdsintervallen van 10 minuten de spanning gemiddeld hoger geweest dan de limiet.							
Welke gevolgen had dit voor klanten? Langzame spanningsvariatie is een verhoging of verlaging van het spanningsniveau. De Netcode elektriciteit definieert daarvoor een bandbreedte. In het achtergronddocument wordt nader op de mogelijke oorzaken en gevolgen van het verschijnsel ingegaan. De internationaal vastgestelde maximale systeemspanning voor apparatuur van is niet overschreden. Er zijn bij de netbeheerder van het landelijk hoogspanningsnet geen klachten van aangeslotenen ontvangen.							
Wat was de oorzaak? De lage belasting in het net in combinatie met de grote hoeveelheid en het capacitieve gedrag van de kabels zorgden voor een stijging van de spanning.							
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? De bedrijfsvoering heeft zowel infrastructurele (inclusief het afschakelen van kabels) als niet-infrastructurele middelen (afroepen blindvermogen bij aangeslotenen) ingezet om de spanningen te verlagen.							

(E)HS Spanningsasymmetrie: overschrijdingen			
	Meetperiode: 2022	Locatie: Zeeland en Net op Zee	
	Grenswaarde 99,9%: 1%	Stedelijkheid: Niet van toepassing	
	Hoogste meetwaarde: EHS001 : 1,15% HS303 : 1,08% HS304 : 1,10% HS311 : 1,11% HS312 : 1,23% HS319 : 1,13% HS320 : 1,14% HS328 : 1,26% HS329 : 1,23%	Klantaansluiting: Meerdere elektriciteitsproductie-eenheden	
Wat gebeurde er? Diverse PQ meters op de offshore-platforms van Borssele en één PQ meter op het aangrenzende 380 kV onshore station hebben gedurende het hele jaar overschrijdingen gemeten van de asymmetrie.			
Welke gevolgen had dit voor klanten? We spreken over asymmetrie wanneer de fasespanningen in onbalans zijn. In het achtergronddocument wordt nader op de mogelijke oorzaken en gevolgen van het verschijnsel ingegaan. Er zijn bij de netbeheerder geen klachten van klanten op het aansluitpunt of uit de omgeving ontvangen.			
Wat was de oorzaak? Het is aannemelijk dat de asymmetrie ontstaan is door de beïnvloeding uit het 380 kV-net.			
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? TenneT bestudeert diverse mogelijke maatregelen en is hierover ook in contact met de betreffende offshore-aangeslotenen. Het is de verwachting dat deze overschrijdingen over een langere periode nog kunnen optreden. Het gemeten maximum zal waarschijnlijk niet veel veranderen de komende tijd.			

HS	Spanningsasymmetrie: overschrijdingen		
	Meetperiode: Week 40	Locatie: Bargermeer (HS048)	
	Grenswaarde 99,9%: 1%	Stedelijkheid: Niet van toepassing	
	Hoogste meetwaarde: 1,09%	Klantaansluiting: Grootverbruiker	

Wat gebeurde er?

De meter in Bargermeer heeft overschrijdingen geregistreerd van spanningsasymmetrie. Op 7 oktober is tussen 11:40 en 13:00 gedurende 9 tijdsintervallen van 10 minuten een gemiddelde gemeten hoger dan 1%.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

We spreken over asymmetrie wanneer de fasespanningen in onbalans zijn. In het achtergronddocument wordt nader op de mogelijke oorzaken en gevolgen van het verschijnsel ingegaan. Er zijn bij de netbeheerder geen klachten van klanten op het aansluitpunt of uit de omgeving ontvangen.

**Wat was de oorzaak?**

Nader onderzoek naar de overschrijding in Bargermeer heeft het volgende opgeleverd:

- In dit gedeelte van het 110 kV-net zijn in het verleden beperkt fasewisselingen (transposities) uitgevoerd.
- Eind 2020 is er een groot zonnepark in bedrijf genomen wat veel invloed heeft op de vermogenshuishouding in de omgeving.
- Ten tijde van de overschrijding was een 110 kV verbinding in (gepland) onderhoud.
- In de omgeving worden 110 kV en 380 kV-circuits over een lange lengte in één mast gecombineerd. Ook dat veroorzaakt in het 110 kV-net asymmetrie.

De combinatie van bovengenoemde aspecten is de oorzaak van de overschrijding.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

In dit gebied zal de komende jaren veel veranderen. Daarbij worden ook de asymmetrie en het toepassen van nieuwe fasewisselingen bestudeerd.



HS	Spanningsasymmetrie: overschrijdingen		
	Meetperiode: Week 5 en 8	Locatie: Westermeerdijk	
	Grenswaarde 99,9%: 1%	Stedelijkheid: Niet van toepassing	
	Hoogste meetwaarde: HS062: 1,07% HS063: 1,10% HS064: 1,11%	Klantaansluiting: Elektriciteitsproductie-eenheid (Wind)	

Wat gebeurde er?

Gemeten wordt de 10 minuten gemiddelde waarde van de asymmetrie op de 110kV-locatie Westermeerdijk. Op deze locaties bevinden zich 3 PQ-meters waarvan de meetwaarden nagenoeg hetzelfde zijn.

- Op 31 januari heeft 1 PQ-meter gedurende 2 intervallen een asymmetrie gemeten van 1,003%.
- Op 19 februari 2022 hebben alle drie de PQ meters gedurende 8 intervallen een asymmetrie gemeten van meer dan 1%. Het maximum bedroeg 1,11%.

**Welke gevolgen had dit voor klanten?**

We spreken over asymmetrie wanneer de fasespanningen in onbalans zijn. In het achtergronddocument wordt nader op de mogelijke oorzaken en gevolgen van het verschijnsel ingegaan. Er zijn bij de netbeheerder geen klachten van klanten op deze aansluiting of uit de omgeving ontvangen.

**Wat was de oorzaak?**

Er is een nader onderzoek naar de overschrijding in Westermeerdijk uitgevoerd. De asymmetrie die gemeten wordt, is de optelling van de asymmetrie veroorzaakt in het 110kV-net en het 380kV-net.

- In het 110kV-net is de verbinding tussen Westermeerdijk en Emmeloord uitgevoerd in kabels in een plat vlak, wat met name bij een hoge belasting een grote asymmetrie tot gevolg heeft.
- De asymmetrie uit het 380kV-net propageert naar het 110kV-net via het nabijgelegen onderstation Ens.

De overschrijding is ontstaan toen kortstondig beide 380kV-circuits tussen Diemen en Lelystad uit bedrijf waren. Dat gaf een relatief grote verhoging van de asymmetrie in het 380kV-net, waardoor in Westermeerdijk de limiet overschreden is.

**Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen?**

TenneT heeft het beleid om voor nieuwe verbindingen transposities (fasewisselingen) toe te passen. Er wordt overwogen om dit ook in dit deel van de bestaande 380kV-verbindingen te realiseren.



HS	Snelle spanningsvariatie: overschrijding		
	Meetperiode: Week 3	Locatie Net op Zee: Borssele Beta platform (HS320)	
	Grenswaarde 95%: 1%	Stedelijkheid: Niet van toepassing	
	Hoogste meetwaarde: 1,21%	Klantaansluiting: Elektriciteitsproductie-eenheid (Wind)	
Wat gebeurde er? De spanningskwaliteitsmeter HS320 heeft in week 3 van het jaar 2022 een overschrijding gemeten van de snelle spanningsvariatie (PLT). De spanningskwaliteitsmeter HS320 staat op het offshore-platform Borssele Bèta, onderdeel van het Net op Zee.			
Welke gevolgen had dit voor klanten? Snelle spanningsvariatie (PLT) kan leiden tot zogenaamde 'flikker'. Flikker is een verschijnsel dat kan leiden tot zichtbare snelle veranderingen van de intensiteit van elektrische verlichting. Flikker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel zorgen voor irritatie bij klanten, bijvoorbeeld tijdens het lezen. Zie het achtergronddocument voor meer informatie. Uit navraag bij de aangeslotenen blijkt dat men geen hinder heeft ondervonden.			
Wat was de oorzaak? In het jaar 2021 heeft TenneT samen met de aangeslotene een soortgelijke overschrijding van 2021 onderzocht. Dit onderzoek heeft een onvolkomenheid in de spanningsregelingen van de aangeslotene aan het licht gebracht.			
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? De spanningsregeling van de aangeslotene is in mei 2022 volgens de inbedrijfstellingsplanning van de aangeslotene gerepareerd. De snelle spanningsvariatie PLT is na de reparatie binnen de grenswaarden gebleven.			

HS	Totale harmonische vervuiling (THD): overschrijding		
	Meetperiode: Week 52	Locatie Net op Zee: Hollandse kust zuid Beta (HS361)	
	Grenswaarde 99,9%: 7%	Stedelijkheid: Niet van toepassing	
	Hoogste meetwaarde: 7,2%	Klantaansluiting: nog niet aanwezig	
Wat gebeurde er? Op één van de PQ-meters op offshore-platform Hollandse kust zuid Bèta is een overschrijding van de THD gemeten.			
Welke gevolgen had dit voor klanten? Dit had geen gevolgen voor klanten. De overschrijding is gemeten in de periode tussen de oplevering van het offshore-platform aan TenneT en het daadwerkelijk aansluiten van de klantaansluiting (van de windparken) op het offshore-platform. Op het moment van het meten van de overschrijding waren er dus nog geen klantaansluitingen op dit offshore-platform operationeel.			
Wat was de oorzaak? Omdat de klantaansluitingen op dit offshore-platform nog niet zijn opgeleverd, is verder geen onderzoek gedaan naar de oorzaak van de gemeten overschrijding en of er wel sprake was van een overschrijding. Wel is naar aanleiding van deze gemeten overschrijding de vraag gerezen of de inbedrijfnamedatum van het station van TenneT inclusief de daarin gesitueerde PQ-meting (in dit geval het offshore-platform) wel een geschikt moment is om de formele PQ-meting te laten starten. De voorlopige conclusie is dat de datum van de inschakelbedrijfsvoeringsnotificatie (EON) van de desbetreffende elektriciteitsproductieinstallatie of verbruiksinstallatie een beter moment is. Dat is immers het moment waarop voor het eerst daadwerkelijk spanning op de klantaansluiting wordt gezet.			
Zijn er maatregelen genomen om de overschrijding op te lossen? Nee.			

Colofon

Project	Spanningskwaliteit in Nederland, Resultaten 2022
Projectnummer	PQM 2023
Opdrachtgever	Netbeheer Nederland
Opdrachtnemer	Krado B.V.
Uitgave	Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.
Projectmanager	Hans Wolse
Auteurs	Jayson de Bruin & Peter Grijpma
Kenmerk	KR-2022-03002 / Versie 1.0
Datum	17 april 2023
Contactgegevens	Netbeheer Nederland Laurens Baas Postbus 90608 2509 LP Den Haag 070 - 205 50 00 secretariaat@netbeheernederland.nl