

## 6. Netberekeningen

De functie van het hoogspanningsnet is het op betrouwbare wijze faciliteren van door marktpartijen gewenste leveringen en afnamen van elektrische energie. Het resultaat van deze leveringen en afnamen zijn vermogenstransporten in het hoogspanningsnet inclusief resulterende importen en exporten. Om te bepalen of deze vermogenstransporten in de toekomst met het huidige net zijn te realiseren worden over het algemeen netberekeningen zoals load-flow berekeningen (bepalen van stationsspanningen en vermogensstromen) uitgevoerd. Aanvullend zijn ook kortsluitberekeningen (bepalen van kortsluitstromen) en stabiliteitsberekeningen (bepalen van de dynamische stabiliteit van het systeem) uitgevoerd.

### 6.1 Load-flow berekeningen

Voor de toetsing van het huidige net aan de daarvoor in de Netcode gegeven criteria zijn in dit kader voor alle planningsituaties load-flow berekeningen uitgevoerd, waarmee de te verwachten maximale vermogensstromen zijn berekend. Vermogensstromen in hoogspanningsnetten zijn afhankelijk van de topologie, de schakeltoestand van het hoogspanningsnet, de inzet van productiemiddelen en de verdeling van belastingen over de hoogspanningsstations. Elke wijziging in topologie (bijvoorbeeld onderhoud of uitval van netelementen), productie-inzet of belasting resulteert in andere vermogensstromen die voor elke nieuwe situatie opnieuw moeten worden berekend.

Een vermogensstroom over een circuit of transformator wordt als toelaatbaar aangemerkt als deze niet meer bedraagt dan 100% van de nominale transportcapaciteit van het betreffende circuit of transformator. Dit betekent nog niet dat als deze waarde boven de grenswaarde van 100% komt al meteen maatregelen noodzakelijk zijn. Omdat de berekeningen gebaseerd zijn op verschillende scenario's met onzekerheden in de prognoses zitten er in de resultaten de nodige marges. Samen met de overbelastbaarheid van componenten, leidt dit er in het algemeen toe dat er pas voorstellen voor maatregelen zijn geformuleerd indien de overbelasting meer dan 10% bedraagt. Van deze regel wordt afgeweken als overbelasting optreedt bij enkelvoudige uitval van een netcomponent binnen de zichtperiode van de komende 5 jaar.

Uitzondering op deze grenswaarde van 10% vormt de uitval van een railsysteem, waarbij voor transformatoren aangesloten op het parallelle railsysteem, vanwege de beperkte tijdsduur, tijdelijk vermogensstromen tot 150% van de nominale transportcapaciteit voor de meeste transformatoren toelaatbaar zijn.

Met load-flow berekeningen worden ook de spanningen op stations berekend. Wanneer de spanningen meer dan 10% afwijken van de nominale waarde is dat ontoelaatbaar.

Voor dit plan is de hoeveelheid door te rekenen momenten beperkt tot een aantal relevante plannings situaties voor de steekjaren 2013, 2016 en 2020.

In de Netcode zijn voor het 220kV- en 380kV-net inclusief de transformator koppelingen tussen de 220kV- en 380kV-netten enerzijds en de 110kV- en 150kV-netten anderzijds de volgende netontwerpcriteria gedefinieerd:

#### **criterium A**

"Bij een volledig in bedrijf zijnd net moeten de door de aangeslotenen gewenste leveringen respectievelijk afnamen kunnen worden gerealiseerd onder handhaving van de enkelvoudige storingsreserve." Op basis van bovenstaande uitwerking is het in de Netcode opgenomen criterium A als volgt doorgerekend.

Bij toetsing aan criterium A wordt de enkelvoudige storingsreserve (ook wel als 'n-1' aangeduid) getoetst bij een volledig in bedrijf zijnd net. Voor de planningsituaties zijn de vermogensstromen berekend bij uitval van achtereenvolgens alle voor de berekeningen relevante circuits, transformatoren en productie-eenheden. In

het landelijke net zijn dit alle Nederlandse 220kV- en 380kV-circuits (inclusief de grensoverschrijdende circuits), de 380/220kV-transformatoren en alle in Nederland ingezette productie-eenheden groter dan 60 MW (ook in het geval deze zich in een regionaal net bevinden).

Bij de berekeningen ten aanzien van de aansluiting van de regionale netten zijn dit per regio: de 220kV- en 380kV-circuits aangesloten op de koppelpunten waarmee het betreffende regionale net met het landelijke net is verbonden, de opgestelde transformatoren (380/150kV, 380/110kV en 220/110kV) bij de betreffende koppelpunten en de ingezette productiemiddelen in het regionale net.

Onder enkelvoudige storing in het 220kV- en 380kV-net wordt ook de uitval van een railsysteem in een station begrepen. Uitval van een railsysteem is alleen doorgerekend voor 220kV- en 380kV-stations waar meer dan één transformator op uitsluitend één rail is geschakeld. Dit is het geval in de stations Hessenweg, Bleiswijk, Diemen, Krimpen, Eindhoven en Hengelo. In alle andere stations leidt railuitval tot uitval van één transformator en is daarmee voor de aankoppeling niet onderscheidend ten opzichte van andere uitvalsituaties. Weliswaar vallen bij railsluiting ook enkele circuits in het 220kV- en/of 380kV-net uit, maar ook dat is niet onderscheidend bij de netanalyse.

### **Criterium B**

"Bij het voor onderhoud niet beschikbaar zijn van een willekeurig circuit, dan wel een willekeurige transformator, dan wel een willekeurige productie-eenheid, dan wel een grote gebruiker, moeten de door de aangesloten gewenste leveringen respectievelijk afnamen kunnen worden gerealiseerd onder handhaving van enkelvoudige storingsreserve. Hierbij hoeft alleen rekening te worden gehouden met de als gevolg van de leveringen dan wel afnamen optredende belastingen tijdens de onderhoudsperiode." Op basis van bovenstaande uitwerking is het in de Netcode opgenomen criterium B als volgt doorgerekend.

Bij toetsing aan criterium B wordt de enkelvoudige storingsreserve getoetst tijdens onderhoud (ook wel als 'n-2' aangeduid). Voor de planningsituaties is het niet beschikbaar zijn van alle mogelijke combinaties van relevante railsystemen, circuits, transformatoren en productie-eenheden doorgerekend.

Uitval van een railsysteem tijdens onderhoud aan een ander railsysteem hoeft volgens de Netcode niet beschouwd te worden en is dan ook niet meegenomen.

### **Criterium C**

"Bij de hoogste belasting en bij het uit bedrijf zijn van een willekeurig circuit, dan wel een willekeurige transformator, dan wel twee willekeurige productie-eenheden, dan wel een grote gebruiker, moet door een aangepaste productieverdeling of door andere (vooraf overeengekomen) maatregelen de enkelvoudige storingsreserve kunnen worden gewaarborgd."

Op basis van deze criteria zijn de 220kV- en 380kV-netten en de koppelingen met de onderliggende netten doorgerekend. De resultaten van de koppelingen met de onderliggende netten is opgenomen bij de betreffende regio.

Essentieel bij de toetsing aan de criteria is het gekozen scenario voor belasting en productie. Bij de criteria A en B is dat een combinatie van verwachte levering en afname op een bepaald moment. Voor criterium C is dit de verwachte maximale belasting zoals in het scenario voorzien en een daarna aangepaste productieverdeling om levering mogelijk te maken.

Toetsing aan criterium C voor de aansluiting van de regionale netten is uitgevoerd door voor elk regionaal net alle productie-eenheden als ingezet te veronderstellen, met uitzondering van de twee grootste, en vervolgens te toetsen of de enkelvoudige storingsreserve kan worden gehandhaafd.

Criterium C is voor het landelijk net niet uitgevoerd omdat er door de toename van het productievermogen aangesloten op het 220kV- en 380kV-net de inzet van alle productie-eenheden niet mogelijk is zonder de NTC-waardes met België en Duitsland te overschrijden. Er zijn dan ook geen knelpunten te verwachten.

Ten behoeve van de presentatie van de resultaten is het net opgesplitst gedacht in de volgende delen:

- De circuits van het landelijke 220kV- en 380kV-net inclusief de koppelingen met de buitenlandse netbeheerders;
- De aansluitingen van de 110kV- en 150kV-netten van de regionale transportnetten met het landelijk 220kV- en 380kV-net. Deze aansluitingen maken functioneel deel uit van het regionale transportnet en worden in de paragrafen met betrekking tot de betreffende regio behandeld.
- De circuits van de regionale 110kV- en 150kV-netten die ook in de paragrafen met betrekking tot de betreffende regio worden behandeld.

### Presentatie van de rekenresultaten

De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in staafdiagrammen met gedetailleerde weergaven van de optredende belasting (als percentage van de nominale transportcapaciteit) in verbindingen en transformatoren in de uitgangssituatie en de condities onder criterium A (n-1) en B (n-2).

Bij de presentatie van de resultaten van de 380kV-wisselstroomverbindingen zijn de resultaten van de interconnectoren met België en Duitsland weggelaten omdat voor alle planningssituaties kon worden vastgesteld dat op basis van de vooronderstelde NTC-waardes er voldoende capaciteit op deze verbindingen beschikbaar was om een enkelvoudige storing op te vallen.

## 6.2 Kortsluitvastheid

Om de netveiligheid en persoonlijke veiligheid in de nabijheid van installaties te garanderen zijn kortsluitberekeningen uitgevoerd. Hiertoe zijn de maximaal optredende stromen tijdens kortsluiting berekend en getoetst aan de kortsluitvastheid van de installaties. De berekeningswijze en de beoordeling van de resultaten zijn uitgevoerd conform het binnen TenneT vastgestelde beleid 'Kortsluitvastheid transportnetten 110kV en hoger'.

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de zogenaamde 'Complete methode' C(012), waarbij eerst de werkelijk in het net heersende spanning is berekend. Dit levert een nauwkeurig beeld van de werkelijke situatie op en vergemakkelijkt de interpretatie van de berekeningsresultaten, omdat overschrijdingen zonder marge als knelpunt kunnen worden aangemerkt. Bij de berekeningen is uitgegaan van een volledig beschikbaar en in bedrijf zijnd net vanaf 110kV, inclusief de zich daartussen bevindende transformatoren. Alle productie-eenheden met een aansluitovereenkomst op voornoemde netten zijn als in bedrijf voorondersteld, alsmede alle geplande productie-eenheden waarvan redelijkerwijze wordt verwacht dat ze zullen worden gebouwd. Productie-eenheden aangesloten op 50- en 25kV-netten zijn voor zover bekend in bedrijf voorondersteld, hoewel de invloed hiervan op de totale kortsluitstroom gering is. Er wordt geen rekening gehouden met bijdragen aan de kortsluitstroom uit windmolenparken en HVDC-verbindingen en decentrale opwekking in de lagere netten, omdat de bijdrage van deze installaties gering is. De bijdrage van kortsluitstromen vanuit Duitsland en België via de interconnectoren is gebaseerd op opgaven van de buitenlandse TSO's, deze zijn per verbinding opgenomen in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Bijdrage aan de kortsluitstroom via de interconnectoren

Verbinding	Station	2013		2016, 2020	
		3-fase	1-fase	3-fase	1-fase
		Ik " [kA]	Ik " [kA]	Ik " [kA]	Ik " [kA]
Meeden - Diele	Meeden	11,6	4,3	11,6	4,3
Hengelo - Gronau	Hengelo	18,2	15,2	18,2	15,2
Maasbracht - Van Eyck	Maasbracht	9,5	7,8	9,6	7,9
Maasbracht - Selfkant	Maasbracht	17,0	12,8	18,7	14,1
Kreekrak - Zandvliet	Zandvliet	22,1	15,5	22,1	15,5
Doetinchem - Wesel	Doetinchem	n.v.t.	n.v.t.	16,4	13,2

De berekeningen zijn uitgevoerd voor het landelijke scenario Business as Usual en de planningssituatie Windstil, omdat in dit scenario de meeste conventionele eenheden in bedrijf zijn en daarmee de werkelijk heersende spanning in het net het best wordt benaderd.

De maximale kortsluitstromen treden op in de stations in geval van een railsluiting. Zowel de 1-fase als 3-fase kortsluitstromen worden berekend. Voor de beoordeling van de kortsluitvastheid van de installatie is de 3-fase kortsluitstroom maatgevend. In het geval de 1-fase kortsluitstroom tot overschrijding leidt, wordt een oplossing gezocht in wijziging van het aardsysteem. De berekeningen van de maximaal optredende kortsluitstroom zijn uitgevoerd voor de drie steekjaren 2013, 2016 en 2020, waarbij rekening is gehouden met de in dit document vermelde netaanpassingen gedurende de zichtperiode, alsmede met amovering van productie-eenheden.

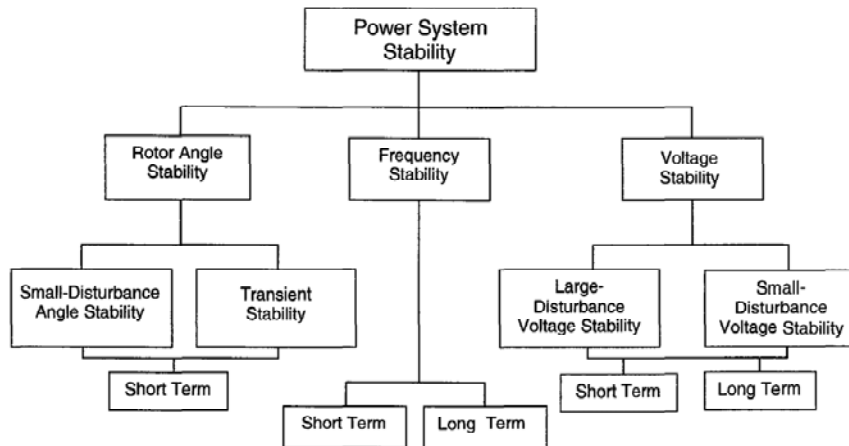
De kortsluitvastheid van de installaties is opgedeeld in de kortsluitvastheid van de vermogensschakelaar en die van het railsysteem. Dit is nodig omdat deze niet altijd aan elkaar gelijk zijn. Wanneer uit een berekening een overschrijding blijkt, wordt een toelichting gegeven op de waarschijnlijkheid en ernst. De oplossingsrichtingen bij overschrijding zijn: operationele maatregelen (niet alles gelijktijdig in bedrijf), aanbrengen van net-openingen (netsplitsing) of in uiterste geval verzwaring van de installaties. Bij een geconstateerde overschrijding vindt eerst een nadere bestudering van de problematiek plaats, omdat verhoging van de kortsluitvastheid van bestaande installaties zowel technisch als financieel ingrijpende maatregelen zijn.

### 6.3 Stabiliteitsberekeningen

In uitzonderlijke gevallen kan het vermogenstransport worden beïnvloed of beperkt ten gevolge van de elektrische instabiliteit van opwekeenheden. In deze paragraaf wordt een beschouwing gegeven van de verschijnselen in het net gerelateerd aan stabiliteit van opwekeenheden.

#### Definitie van stabiliteit

Met het begrip "stabiliteit van het net" wordt een breed scala verschijnselen in het net aangeduid die te maken hebben met vermogensslingeringen in het elektrische systeem als geheel waarbij ook de tijdsduur en de aard en omvang van de verstoring een belangrijke rol kunnen spelen. Eenduidige en algemeen aanvaarde definities van dynamische verschijnselen in het net zijn gegeven in "Definition and Classification of Power System Stability, IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, 2002". In Figuur 6-1 is een overzicht gegeven van de indeling van de stabiliteitsonderwerpen in een elektriciteitsvoorzieningsstelsel uit dit IEEE/Cigré document.



**Figuur 6-1: Classificatie van de stabiliteit in een elektriciteitssysteem**

De hoofdindeling uit deze figuur is kort als volgt te omschrijven:

- "Rotor Angle Stability": De rotorhoek stabiliteit is een maat voor het vermogen van synchrone generatoren om synchroon gekoppeld te blijven aan het net al of niet na een elektrische verstoring van dit net. De primaire verantwoordelijkheid voor het stabiele gedrag van een opwekseenheid ligt bij de producent door de toepassing van adequate regelingen op iedere opwekseenheid.
- "Frequency Stability": De frequentiestabiliteit is een maat voor het vermogen van een elektriciteitssysteem om een stabiele frequentie te handhaven na een grote verstoring in het net waarbij een grote onbalans tussen opwekking en belasting is ontstaan.
- "Voltage Stability": Spanningsstabiliteit is een maat voor het vermogen van een elektriciteitssysteem om een stabiele spanning te handhaven in het elektriciteitssysteem na het ontstaan van een verstoring en de sequentiële opheffing ervan. Een verder onderscheid is nog gemaakt naar de grootte van de verstoring en de tijdsduur van het verschijnen.

Rotorhoekstabiliteit is vaak gerelateerd aan het gedrag van één of meerdere generatoren in een klein deel van het elektriciteitssysteem ten opzichte van de rest van het systeem. Het kan worden veroorzaakt door een slechte demping van slingeringen ten gevolge van een zwakke koppeling met de rest van het net. Soms is er sprake van een slingering van een grote groep van generatoren ten opzichte van een andere groep generatoren (interarea oscillations). Ook wordt er gesproken van rotorhoekstabiliteit bij een grote verstoring in het net waarbij grote rotorslingeringen optreden en generatoren asynchroon kunnen geraken.

Frequentie-instabiliteit in het net kan optreden als door uitval van productie-eenheden of ten gevolge van splitsing van netdelen er een groot verschil ontstaat tussen opwekking en belasting. Frequentiestabiliteit is hiermee voornamelijk gerelateerd aan het niet kunnen vormen van een nieuw evenwicht tussen opwekking en belasting na een grote verstoring. Dit kan bijvoorbeeld een gevolg zijn van een slechte coördinatie van beveiligingen of het niet adequaat afschakelen van belastingen door onderfrequentie relais.

Spanningsinstabiliteit kan ontstaan als het na een verstoring in het net niet lukt de spanning weer te herstellen tot een acceptabele waarde. Dit kan worden veroorzaakt door de spanningsafhankelijkheid van de belasting onder andere het opnieuw aanlopen van motorische belasting in het net. Hierdoor kunnen de grenzen van de levering van blindvermogen in het net worden bereikt en kan de spanning zich niet voldoende herstellen, mogelijk gevolgd door een volledige instorting van de spanning in het net (Voltage Collapse).

Zo zijn er een groot aantal verstoringen in het net die uiteindelijk zouden kunnen leiden tot instabiliteiten in het elektriciteitssysteem, gevolgd door afschakeling van belasting of opwekking. In zeldzame gevallen kan

een gedeeltelijke of een totale black-out volgen. Dit betekent dat de stabiliteit een belangrijk aandachtspunt is tijdens de bedrijfsvoering en het ontwerp van het net. Om die reden is stabiliteit een voortdurend onderwerp geweest van studies gedurende de uitbouw van het hoogspanningsnet. In de volgende paragraaf is kort de historische ontwikkeling van stabiliteitsstudies in het Nederlandse net aangestipt.

In een gekoppeld Europees elektriciteitsvoorzieningsstelsel speelt ook het buitenlandse elektriciteitsnet een grote rol. Stabiliteitsproblemen kunnen worden veroorzaakt door slingeren van ver weg gelegen generatoren ten opzichte van generatoren in andere delen van het Europese net. Een probleem in het Nederlandse hoogspanningsnet kan ook gevolgen hebben voor de stabiliteit van de netten in andere landen. Om die reden wordt ook in ENTSO-E verband samengewerkt om vermogensslingeringen te analyseren en passende maatregelen uit te werken voor een voortdurend stabiel elektriciteitsnet.

## **Stabiliteitsanalyse Nederlandse net**

### Historie

Tot eind jaren zeventig, begin jaren tachtig werden stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met behulp van analoge netmodellen. Dientengevolge was het slechts mogelijk zeer beperkte netdelen met de hieraan verbonden opwekeenheden te simuleren. Met de opkomst van digitale computers werd het mogelijk steeds grotere netten te simuleren. Vanaf midden jaren tachtig is door Sep (Samenwerkende Elektriciteit Productiebedrijven, voorganger TenneT) gestart met het opstellen van een dynamisch rekenmodel van het Nederlandse elektriciteitsnet. Hiervoor zijn van alle grote productie-eenheden van dat moment dynamische modellen opgesteld van generatoren, spannings- en turbineregelingen, inclusief stoomkleppen, turbines en herverhitters. Om te kunnen beschikken over correcte dynamische modellen van bestaande eenheden, is destijds een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd. Door middel van onder andere ruismetingen zijn de overdrachtsfuncties van de belangrijkste elektromechanische omzeters en regelingen in kaart gebracht. Met dit dynamische model zijn eind jaren tachtig de eerste stabiliteitsanalyses uitgevoerd. Nieuwe eenheden die na het gereed komen van dit model op het net kwamen, zijn eveneens gemodelleerd om voortdurend te kunnen beschikken over de meest actuele gegevens en modellen. Op de volgende pagina wordt uitgebreider ingegaan op een aantal uitgevoerde studies.

Begin 2009 is gestart met een volledige update van het dynamische model van Nederland. Doordat in veel centrales aanpassingen hebben plaatsgevonden in het kader van einde levensduur van componenten of vanwege levensduurverlenging, was een herziening van de modellen nodig. Om aan te kunnen sluiten bij de internationale wens van uitwisseling van dynamische modellen van opwekeenheden, is gekozen voor een gewijzigde aanpak. Aangezien Nederland deel uitmaakt van het West-Europese deel van het ENTSO-E net, kan niet worden volstaan met alleen het Nederlandse elektriciteitsnet. Ook de dynamische modellen van buitenlandse eenheden moeten voor een deel opgenomen worden in het rekenmodel. Om onderlinge uitwisseling van modellen mogelijk te maken, is gekozen voor de toepassing van spannings- en turbineregelingen volgens afspraken gemaakt binnen IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Door deze organisatie zijn standaardmodellen van spannings- en turbineregelingen gedefinieerd en beschreven in diverse Standards. Door gebruik te maken van standaardmodellen is internationale afstemming en uitwisseling mogelijk. Tevens wordt door producenten van nieuwe eenheden de dynamische modellen volgens IEEE Standards beschikbaar gesteld. Ook rekensoftware voor stabiliteitsanalyses maakt gebruik van deze internationale modellen. In 2010 zijn deze modellen gereed gekomen en de eerste stabiliteitsanalyses zijn ermee uitgevoerd.

Binnen de ENTSO-E organisatie is een werkgroep actief, Network Modelling and Data, die o.a. als doel heeft een dynamisch model van het Europese elektriciteitsnet op te stellen. TenneT participeert actief binnen deze werkgroep.

### Opbouw en toepassingsgebied dynamisch model

Het huidige dynamische model van het Nederlandse elektriciteitsnet bestaat niet alleen uit het Nederlandse

elektriciteitsnet, maar ook uit de elektriciteitsnetten van de ons omringende landen. Van Nederland is het 110kV-, 150kV-, 220kV en 380kV-net gemodelleerd. Alle opwekeenheden groter dan 200 MVA zijn voorzien van een IEEE model van spannings- en turbineregeling. Kleinere eenheden, tussen 200 en 50 MVA, zijn alleen voorzien van een eenvoudig model van een spannings- en turbineregeling. Eenheden beneden 50 MVA zijn niet voorzien van een regeling.

Voor België en Duitsland is het 220kV- en 380kV-net in detail opgenomen. Voor Frankrijk, Zwitserland en Oostenrijk is het 380kV-net opgenomen als een equivalent model. Voor Italië, Spanje en Oost-Europa zijn alleen de grensknooppunten gemodelleerd. Een beperkt aantal eenheden in het buitenland, in de nabijheid van de grenzen met Nederland, zijn gemodelleerd met een eenvoudige spannings- en turbineregeling. De overige buitenlandse eenheden zijn alleen voorzien van een spanningsregeling. Deze methodiek is een geaccepteerde werkwijze in internationaal verband.

Het aldus gevormde dynamische model is geschikt voor het simuleren van dynamische verschijnselen in het elektriciteitsnet die zich de eerste 10 à 15 seconden afspelen (short term stability volgens IEEE indeling). Voor simulaties waarbij langere tijden van belang zijn, zal ook de invloed van bijvoorbeeld turbinebeveiligingen en de ketelregeling moeten worden gemodelleerd.

#### Uitgevoerde studies

In Nederland hebben instabiliteiten in het net zelden geleid tot problemen. Door de beperkte vermogensstromen in verhouding tot de lengte en transportcapaciteit van de verbinding is ook niet te verwachten dat er snel problemen optreden. Echter, op voorhand het net op structurele basis beoordelen op stabiliteit is een onmogelijke zaak aangezien er oneindig veel bedrijfstoestanden van het net en de aangesloten eenheden mogelijk zijn. Door de beperkte geografische omvang van het Nederlandse net zullen instabiliteiten die hun oorzaak binnen Nederland vinden nooit worden opgelost door investeringen in de primaire infrastructuur. Deze zullen worden opgelost enerzijds door aanpassingen in de regelingen van opwekeenheden te eisen en/of door het bedrijfsgebied van generatoren opnieuw te waarden of anderzijds door onwenselijke netconfiguraties tijdens de bedrijfsvoering te vermijden. Over het algemeen kan worden gesteld dat naarmate het net sterker is vermaasd, bedrijfssituaties die tot instabiliteit leiden minder snel zullen optreden mits de regelingen op opwekeenheden adequaat zijn uitgevoerd en ingesteld.

Beoordeling van de stabiliteit dient plaats te vinden aan de hand van de berekende demping na een verstoring in het net. Is de demping klein, bijvoorbeeld bij een "zwakker" net, dan bestaat er een potentieel risico op instabiel gedrag. Gegeven de complexiteit wordt analyse van de netstabiliteit, uitgevoerd door op basis van kennis, inzicht en ervaring potentieel risicovolle netconfiguraties te beschouwen en deze aan een stabiliteitsanalyse te onderwerpen. Bij een mogelijk dynamisch knelpunt of een geconstateerde slecht gedempte slingering in de praktijk, wordt de specifieke netconfiguratie beschouwd en onderzocht hoe de demping kan worden verbeterd of de specifieke netconfiguratie kan worden vermeden. In het verleden is deze aanpak gevolgd.

Voorbeelden van studies die in het verleden zijn uitgevoerd:

- Stabiliteitsanalyse na geconstateerde slingering van de productie-eenheden in Zeeland ten opzichte van de productie-eenheid in Eemshaven (jaren 80).
- Dynamische simulaties van de eenheden in het noorden van het land rond de eenheden in Harculo, de Hunze eenheden en de centrale in Eemshaven (jaren 90).
- Dynamische simulaties rond de Maasvlakte eenheden ter voorkoming van dynamische instabiliteit bij onderbreking van de 380kV-verbinding naar Maasvlakte (2002).
- Dynamische simulaties in Zeeland na een geconstateerde slingering van de eenheden tijdens een specifieke netconfiguratie en inzet van eenheden (2010).
- Evaluatie van de situatie rond Maasvlakte bij het in bedrijf nemen van BritNed en nieuwe productie-eenheden voordat de Zuidring van Randstad380 gesloten is (2011).

Al deze studies hebben geleid tot specifieke maatregelen ter voorkoming van kritieke bedrijfssituaties waarbij dynamische instabiliteit zou kunnen voorkomen. De studie van Maasvlakte uit 2002 heeft geresulteerd in de toepassing van een tripschakeling op de Maasvlakte eenheden tijdens onderhoud op de 380kV-verbinding tussen Crayestein en Maasvlakte. De Zeelandstudie uit 2010 is aanleiding geweest voor het in bedrijf nemen van Power System Stabilizers (PSS) op enkele eenheden in Zeeland en een verder onderzoek naar de mogelijke toepassing van PSS op andere eenheden in dat gebied. Ook heeft dit geresulteerd in een nader onderzoek naar de noodzakelijke toepassing van PSS op andere (nieuwe) eenheden in Nederland.

De studie rond Maasvlakte laat zien dat, voordat de Zuidring zal zijn gesloten, situaties kunnen optreden waarbij in bepaalde opwekscenario's beperking van de inzet van eenheden noodzakelijk kan zijn.

#### Toekomstige studies

Op basis van "engineering judgement" en op basis van ervaring met risicovolle netconfiguraties uit het verleden, worden potentieel instabiele situaties gesignaleerd. Aan de hand hiervan worden stabiliteitsstudies geïnitieerd. Voorbeelden van dit soort situaties zouden kunnen zijn:

- Zwakke koppeling van grote productielocaties met de rest van het net. Gedurende onderhoud van een circuit zouden dit soort situaties kunnen optreden.
- Schakelen van hoog belaste circuits waarbij grote variaties in blindvermogens en daarmee van de spanning kunnen optreden.

Op basis van bovenstaande overwegingen worden stabiliteitsstudies alleen opgezet indien hiertoe voldoende aanleiding is. Dit is voldoende om er voor te zorgen dat de stabiliteit van het hoogspanningsnet ook in de toekomst kan worden gegarandeerd.

## 6.4 Bepalen waarschijnlijkheid van optreden van knelpunten

In de Regeling Kwaliteitsaspecten netbeheer elektriciteit en gas, artikel 14, lid 5, sub b, wordt gesteld dat de procedure voor het ramen van capaciteitsknelpunten een onderdeel bevat dat zich richt op de waarschijnlijkheid waarmee, de termijn waarbinnen en de omstandigheden waaronder een capaciteitsknelpunt zich naar verwachting voordoet.

In de onderliggende delen van het 220kV- en 380kV-net en de regionale hoofdstukken wordt via de toegepaste scenario's en de verschillende onderliggende planningssituaties inzicht gegeven in de omstandigheden waaronder en binnen welke tijdstermijn een capaciteitsknelpunt zich voordoet. De methodiek voor het bepalen van de waarschijnlijkheid is echter generiek van toepassing en zal in de nu volgende paragraaf nader toegelicht worden.

### **Factoren bij waarschijnlijkheid**

Bij het vaststellen van de waarschijnlijkheid van het optreden van een knelpunt spelen een aantal factoren een rol:

- De waarschijnlijkheid van het toegepaste scenario;
- de waarschijnlijkheid van de toegepaste, onderliggende planningssituatie;
- bij welk toetsingscriterium het knelpunt wordt vastgesteld;
- het moment in de tijd dat het knelpunt actueel wordt.

#### De waarschijnlijkheid van het toegepaste scenario

TenneT hanteert een tweetal type scenario's. Eén is gebaseerd op extrapolatie van de huidige situatie, de ander betreft een normatief scenario. Het extrapolatiescenario verkent de toekomst door huidige trends te extrapoleren. Het normatief scenario schetst een mogelijke eindsituatie of te realiseren doelstelling in de tijd waarbij een transitie of ontwikkelingstraject geschetst wordt.



Bij het extrapolatiescenario is de waarschijnlijkheid dat een huidige ontwikkeling zich de eerstkomende jaren op gelijke wijze voortzet groot. Immers, op korte termijn worden geen significante wijzigingen in productie en belasting verwacht. Daarentegen neemt die waarschijnlijkheid in de tijd gezien af omdat de ontwikkelingen die ten grondslag liggen aan het scenario minder zeker worden.

Bij het normatief scenario is de waarschijnlijkheid van optreden van de eindsituatie (of een deel daarvan) in de eerste jaren niet zo groot gegeven de relatief lange looptijd van (energie)transitie, terwijl in de loop der tijd de waarschijnlijkheid groeit naar maximaal de waarschijnlijkheid van optreden van de in het scenario geschetste eindsituatie.

#### De waarschijnlijkheid van de toegepaste planningssituatie

De gehanteerde planningssituaties onder een bepaald scenario kan men zien als 'verkenkende paden' die binnen een specifiek scenario kunnen optreden, afhankelijk van de omstandigheden. De planningssituaties proberen de belangrijkste trends en onzekerheden binnen een bepaald scenario inzichtelijk te maken, hebben allemaal een gelijkmatig realiteitsgehalte en daarmee een gelijke kans van optreden.

#### Bij welk toetsingscriterium het knelpunt wordt vastgesteld

Het hoogspanningsnet wordt getoetst aan de hand van de gestelde netontwerpcriteria in de netcode. Dit zijn deterministische criteria waar 'een kans van voorkomen' van de situatie niet nader beschouwd wordt. Echter, binnen deze criteria is een duidelijk onderscheid te maken tussen het resultaat van het toetsen van het net aan het criterium A (enkelvoudig storingsreserve, ook wel N-1), het toetsen aan criterium B (enkelvoudig storingsreserve bij het uitvoeren van onderhoud, ook wel N-2) en het toetsen aan criterium C (enkelvoudig storingsreserve op een koppelpunt naar het regionale net bij de hoogste belasting van het regionale net en het niet beschikbaar zijn van een netelement danwel de twee grootste productie-eenheden).

Het resultaat van toetsing aan criterium A wordt verkregen door binnen een planningssituatie steeds één netelement uitbedrijf te veronderstellen en dan het gehele net te toetsen op overschrijdingen. Het verkregen knelpunt is zeer waarschijnlijk binnen de toegepaste planningssituatie.

Het resultaat van toetsing aan criterium B wordt verkregen door binnen een planningssituatie steeds twee willekeurige netelementen uitbedrijf te veronderstellen en dan het gehele net te toetsen op overschrijdingen. Op deze manier wordt het net 'worst case' getoetst. Immers, in de praktijk zal bij het plannen van onderhoud altijd rekening gehouden worden met afdoende redundantie in termen van storingsreserve, zodat het net bij het uitvoeren van werkzaamheden vaak "N-1" veilig zal zijn. Het knelpunt dat inzichtelijk wordt bij toetsing aan criterium B heeft daarmee een lagere kans van optreden ten opzichte van knelpunten die optreden bij toetsing aan criterium A.

Het resultaat van toetsing aan criterium C wordt verkregen door voor elk regionaal net alle productie-eenheden als ingezet te veronderstellen, met uitzondering van de twee grootste, en vervolgens te toetsen of de enkelvoudige storingsreserve kan worden gehandhaafd. Vergelijkbaar met criterium B wordt in deze situatie een 'worst case' situatie getoetst (in de praktijk zal bij het toetsen van markt transacties altijd rekening gehouden worden met afdoende redundantie in termen van storingsreserve). Het knelpunt dat inzichtelijk wordt bij toetsing aan criterium C heeft daarmee een vergelijkbare kans van optreden als criterium B knelpunten.

#### Het moment in de tijd dat het knelpunt actueel wordt

De berekeningen van knelpunten vindt plaats voor een tijdsperiode waarvan de zekerheid van een aantal uitgangspunten in de tijd gezien kan veranderen (zie ook de bijlagen). Hiermee kan tevens de waarschijnlijkheid van het optreden van een knelpunt bij eenzelfde scenario of planningssituatie in de loop der tijd wijzigen.

### **Methode voor bepalen waarschijnlijkheid knelpunt**

Zoals hierboven uiteengezet hangt de mate van waarschijnlijkheid van een knelpunt af van de aantallen planningssituaties waarbij het betreffende knelpunt naar voren komt, de relatieve (tijdsafhankelijke) kans van optreden van die planningssituaties en het type criterium waaraan wordt getoetst. In de bijlagen wordt aan de hand van een voorbeeld de methodiek nader toegelicht.

## 7. Capaciteitsknelpunten en maatregelen 220kV- en 380kV-net

### 7.1 Rekenmodel

De berekeningen voor het landelijk transportnet zijn opgedeeld in het scenario Business as Usual, het scenario 3\*20 en het scenario Nucleair. Voor deze scenario's zijn in totaal zes planningssituaties doorgerekend.

Bij het doorrekenen van de planningssituaties is uitgegaan van het rekenmodel van het jaar 2011. De instelling van dwarsregeltransformatoren op de interconnectoren naar België is zodanig gekozen dat de grensoverschrijdende transporten binnen de bandbreedte blijven van de ENTSO-E waarden voor de Net Transfer Capacity (NTC). De instelling van dwarsregeltransformatoren in sommige Duits-Nederlandse interconnectoren (te Meeden en Gronau) zijn zodanig ingesteld dat de verdeling van de transporten over alle Duits-Nederlandse interconnectoren zoveel mogelijk gelijkmatig is.

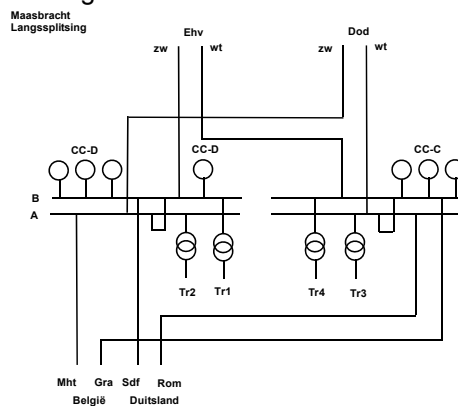
Voor het Nederlandse deel van het transportnet is een gedetailleerd model (110 kV tot en met 380 kV) ingebracht dat de situatie van dit net per 1 januari 2011 weergeeft inclusief de aanpassingen over de periode 2010-2011. Het KCD is bedoeld om capaciteitsknelpunten aan te tonen en oplossingsrichtingen aan te geven. Indien alle plannen voor de uitbreiding van het net in het rekenmodel zouden worden meegenomen, zullen er minder knelpunten optreden maar is tevens de kans groot dat de noodzaak voor netuitbreiding niet in het KCD kan worden vastgesteld. Voor de steekjaren van de berekeningen (2013, 2016 en 2020) is het model uitgebreid met de meeste projecten die komende jaren in bedrijf zullen gaan. Dit zijn voornamelijk de projecten die al in een vergevorderd stadium van ontwikkeling zijn. Hierbij is uitgegaan van de planning van de projecten zoals op 1 januari 2011 bekend was. In de zichtperiode wordt uitgegaan van de realisatie van de volgende wijzigingen in het 220kV- en 380kV-net.

#### Wijzigingen tot en met het steekjaar 2013:

- Stations en Transformatoren:
  - Eemshaven Oudeschip, uitbreiding met een nieuw 380kV-station.
  - Wateringen, uitbreiding met een nieuw 380kV-station en drie 380/150kV-transformatoren 500 MVA en drie blindstroomcompensatiespoelen van ieder 100 MVAR in het kader van het project Randstad380
  - Bleiswijk, uitbreiding tot 380kV-dubbelrailstation en twee 380/150kV-transformatoren 500 MVA en drie blindstroomcompensatiespoelen van elk 100 MVAR in het kader van het project Randstad380
  - Simonshaven, uitbreiding met een blindstroomcompensatiespoel van 100 MVAR
  - Crayestein, uitbreiding met twee blindstroomcompensatiespoelen van ieder 100 MVAR
- Verbindingen:
  - Eemshaven Oudeschip-Eemshaven, uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding met een capaciteit 2×2.635 MVA
  - Eemshaven Oudeschip-Eemshaven, uitbreiding met een derde 380kV-circuit met een capaciteit van 1×2.635 MVA dat rechtstreek wordt aangesloten op één circuit van de 380kV-verbinding Eemshaven-Meeden en uitgelust in Eemshaven.
  - Westerlee-Wateringen, verhogen van de spanning van de bestaande 150kV-verbinding naar 380kV en daarmee de capaciteit van 2×2.635 MVA in het kader van het project Randstad380
  - Wateringen–Bleiswijk, uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding met een capaciteit van 2×2.635 MVA in het kader van het project Randstad380
  - Maasvlakte-Westerlee, uitbreiding met seriespoelen 2×4,0 kA, impedantie 8,5 ohm (= 15,5% bij 380 kV)
  - Vierverlaten-Hessenweg, vergroting van de transportcapaciteit van de bestaande 220kV-verbinding naar 2×950 MVA

#### Wijzigingen na 2013 tot en met het steekjaar 2016:

- Verbindingen met het buitenland:
  - Doetinchem-Wesel (naar station Niederrhein in Duitsland) uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding met een transportcapaciteit van  $2 \times 2.635$  MVA.
- Stations en Transformatoren:
  - Breukelen, uitbreiding met een nieuw 380kV-station en één 380/150kV-transformator met een capaciteit van 500 MVA.
  - Beverwijk, uitbreiding tot 380kV-dubbelrailstation met in totaal twee 380/150kV-transformatoren met ieder een capaciteit van 500 MVA en twee blindstroomcompensatiespoelen van elk 100 MVar in het kader van het project Randstad380 Noord
  - Vijfhuizen, uitbreiding met een nieuw 380kV-station en drie 380/150kV-transformatoren met ieder een capaciteit van 500 MVA en drie blindstroomcompensatiespoelen van elk 100 MVar in het kader van het project Randstad380 Noord
  - Moerdijk, uitbreiding met een nieuw 380kV-station in de bestaande 380kV-circuits Borssele-Geertruidenberg en Zandvliet-Geertruidenberg die een transportcapaciteit behouden van 1.645 MVA. Dit station verandert slechts in beperkte mate de netconfiguratie en is alleen relevant indien de locatie Moerdijk verder wordt uitgebreid met grootschalige opwekking.
  - Splitsing 380kV-station Maasbracht waarbij de verbindingen symmetrisch over beide rails zijn verdeeld volgens het schema uit Figuur 7-1.



**Figuur 7-1: Eenlijnschema station Maasbracht**

- Tilburg, uitbreiding met een nieuw 380kV-station in de 380kV-verbinding Geertruidenberg-Eindhoven in het kader van het project ZuidWest380
- Verbindingen:
  - Oostzaan-Krimpen, inlossen van het 380kV-circuit in station Diemen
  - Beverwijk–Oostzaan, van 150kV naar 380kV brengen van het tweede circuit van de verbinding Beverwijk–Oostzaan in het kader van het project Randstad380 Noord;
  - Beverwijk–Vijfhuizen, uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding  $2 \times 1.900$  MVA in het kader van het project Randstad380 Noord
  - Bleiswijk–Vijfhuizen, uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding  $1 \times 1.900$  MVA in het kader van het project Randstad380 Noord met handhaving van de 150kV-verbinding met 3 circuits van Zoetermeer naar Leiden en handhaving van de netopening Sassenheim-Haarlemmermeer
  - Borssele-Tilburg, uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding  $2 \times 2.635$  MVA in het kader van het project ZuidWest380

### Wijzigingen na 2016 tot en met het steekjaar 2020:

- Verbindingen:
  - Eemshaven Oudeschip-Ens uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding  $2 \times 2.635$  MVA in het kader van het project NoordWest380.

## Wijzigingen in uitgangspunten netberekeningen ten opzichte van KCD 2010- 2016

Ten opzichte van het KCD 2010-2016 zijn de volgende aanpassingen in de uitgangspunten voor de netberekeningen aangebracht:

- Stations:
  - Eemshaven: De derde 380/220kV-transformator 750 MVA is niet in bedrijf.
  - Weiwerd 220kV: De tweede 220/110kV-transformator 370 MVA is niet in bedrijf.
  - Borssele 380kV: De derde 380/150kV-transformator 500 MVA is niet in bedrijf.
- Verbindingen:
  - Bleiswijk-Vijfhuizen: Het tweede 380kV-circuit is niet in bedrijf.
  - Diemen-Lelystad-Ens: Transportcapaciteit blijft gehandhaafd op 1.645 MVA en de nieuwe 380kV-verbinding in het kader van het project NoordWest380 is niet in bedrijf
  - Robbenplaat-Vierverlaten: Het 220kV-circuit wit bestaat uit één geleider.

## 7.2 Uitgangspunten voor de netanalyse

### Basisgegevens van de planningssituaties ten behoeve van netberekeningen

Voor de netberekeningen wordt gebruik gemaakt van de topologie van het transportnet in het betreffende steekjaar en de prognoses van belasting en opwekking voor de verschillende scenario's en planningssituaties. Het totaal aan ingezette productie in Nederland wordt besteed aan het voeden van de belasting en het compenseren van netverliezen. Het overschot dan wel tekort aan geproduceerd vermogen leidt tot export respectievelijk import. De gegevens over belasting, import en export en inzet van productiemiddelen voor de drie scenario's en bijbehorende planningssituaties zijn in onderstaande tabellen gepresenteerd. Bij deze tabellen moet opgemerkt worden dat:

- De toename van productievermogen door de realisatie van kleinschalige windprojecten is verrekend met de belastingvraag. Grootschalige projecten zijn separaat opgenomen. Voor de inzet van windvermogen op land en op zee is een vermogensfactor van 94% respectievelijk 89% gehanteerd.
- De hogere transportcapaciteit met Duitsland vanaf 2016 het gevolg is van de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Doetinchem-Wesel.

Tabel 7-1: Overzicht belasting, import en export in scenario's en bijbehorende planningssituaties

	Scenario Business as Usual									Scenario 3*20						Scenario Nuclear
	Kustwind			Landwind			Windstil			Kustwind			Landwind			
	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2020
<b>Piekbelasting</b>																
Belasting	18.167	18.975	20.120	18.291	19.114	20.293	18.231	19.104	20.263	18.048	18.449	18.941	18.091	18.444	18.973	18.921
Netverliezen	316	352	393	192	213	220	252	223	250	289	276	314	246	281	282	334
Subtotaal belastingvraag	18.483	19.327	20.513	18.483	19.327	20.513	18.483	19.327	20.513	18.337	18.725	19.255	18.337	18.725	19.255	19.255
<b>AC export</b>																
Duitsland	2.580	3.395	3.595	- 3.000	- 4.590	- 3.960	2.235	3.595	3.305	2.130	3.670	3.130	- 2.770	- 4.630	- 4.410	3.250
België	1.270	1.955	1.755	- 850	- 760	- 1.390	1.615	1.755	2.045	1.950	2.020	2.230	- 1.070	- 710	- 1.210	2.100
Subtotaal AC export	3.850	5.350	5.350	- 3.850	- 5.350	- 5.350	3.850	5.350	5.350	4.080	5.690	5.360	- 3.840	- 5.340	- 5.620	5.350
<b>DC export</b>																
Noorwegen	- 700	- 700	- 1.400	- 700	- 700	- 1.400	- 700	- 700	- 1.400	- 700	- 700	- 1.400	- 700	- 700	- 1.400	- 1.400
Groot-Brittannië	- 1.000	- 1.000	- 1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	- 1.000	- 1.000	- 1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Denemarken		600	600		- 600	- 600		600	600		600	600		- 600	- 600	600
Subtotaal DC export	- 1.700	- 1.100	- 1.800	300	- 300	- 1.000	300	900	200	- 1.700	- 1.100	- 1.800	300	- 300	- 1.000	1.800
<b>Totale belasting</b>	<b>20.633</b>	<b>23.577</b>	<b>24.063</b>	<b>14.933</b>	<b>13.677</b>	<b>14.163</b>	<b>22.633</b>	<b>25.577</b>	<b>26.063</b>	<b>20.717</b>	<b>23.315</b>	<b>22.815</b>	<b>14.797</b>	<b>13.085</b>	<b>12.635</b>	<b>22.805</b>

Tabel 7-2: Overzicht ingezet productievermogen in scenario's en bijbehorende planningssituaties

Locatie	Scenario Business as Usual									Scenario 3*20						+BSL Nucleair 2020
	Kustwind			Landwind			Windstil			Kustwind			Landwind			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6				
	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2013	2016	2020	2020
<b>Productie (&gt;200 MW)</b>																
Eemshaven																
Subtotaal	2.781	3.870	3.774	780	1.560	1.560	3.270	4.050	4.050	3.804	4.584	2.490	3.270	2.771	2.847	534
Flevoland, Gelderland en Utrecht																
Subtotaal	467	1.060	1.060	1.060	467	981	1.060	1.060	1.060	467	467	467	467	467	467	467
Noord-Holland																
Subtotaal	1.677	1.677	1.677	1.677	1.508	1.677	1.677	1.784	2.107	1.477	1.047	2.984	1.047	1.047	1.047	2.984
Maasvlakte en omgeving																
Subtotaal	4.137	4.137	4.137	4.113	3.089	3.089	4.137	4.137	4.497	3.271	3.089	4.057	3.089	3.089	3.089	3.390
Noord-Brabant en Limburg																
Subtotaal	2.488	2.488	2.488	2.248	2.248	2.248	2.792	5.097	5.097	2.319	2.097	1.010	1.125	1.010	1.010	1.010
Zeeland																
Subtotaal	1.347	1.347	1.347	1.055	1.055	1.055	2.198	2.198	2.198	1.794	2.762	1.912	1.794	944	944	4.412
<b>Totaal productie &gt;200 MW</b>	<b>12.897</b>	<b>14.579</b>	<b>14.483</b>	<b>10.933</b>	<b>9.927</b>	<b>10.610</b>	<b>15.134</b>	<b>18.326</b>	<b>19.009</b>	<b>13.132</b>	<b>14.046</b>	<b>12.920</b>	<b>10.792</b>	<b>9.328</b>	<b>9.404</b>	<b>12.797</b>
<b>Centrale productie &lt;200 MW</b>	<b>3.539</b>	<b>3.747</b>	<b>4.204</b>	<b>2.449</b>	<b>2.187</b>	<b>2.020</b>	<b>2.448</b>	<b>2.187</b>	<b>2.021</b>	<b>3.171</b>	<b>3.402</b>	<b>2.891</b>	<b>2.455</b>	<b>2.194</b>	<b>1.699</b>	<b>3.004</b>
<b>Decentrale productie</b>	<b>4.197</b>	<b>5.251</b>	<b>5.376</b>	<b>1.551</b>	<b>1.564</b>	<b>1.533</b>	<b>5.051</b>	<b>5.064</b>	<b>5.033</b>	<b>4.414</b>	<b>5.867</b>	<b>7.004</b>	<b>1.551</b>	<b>1.564</b>	<b>1.533</b>	<b>7.004</b>
<b>Totale productie</b>	<b>20.633</b>	<b>23.577</b>	<b>24.063</b>	<b>14.933</b>	<b>13.677</b>	<b>14.163</b>	<b>22.633</b>	<b>25.577</b>	<b>26.063</b>	<b>20.717</b>	<b>23.315</b>	<b>22.815</b>	<b>14.797</b>	<b>13.085</b>	<b>12.635</b>	<b>22.805</b>

Bij de beschrijving van de overbelastingen is als indeling aangehouden:

1. Geringe overbelastingen liggen tussen de 100% en 110%
2. Matige overbelastingen liggen tussen de 110% en 120%
3. Serieuze overbelastingen zijn groter dan 120%.

Knelpunten die in de loop van de tijd verdwijnen door reeds in gang gezette uitbreidingsplannen van het net leiden niet tot voorstellen voor oplossingen.

### 7.3 Huidige knelpunten

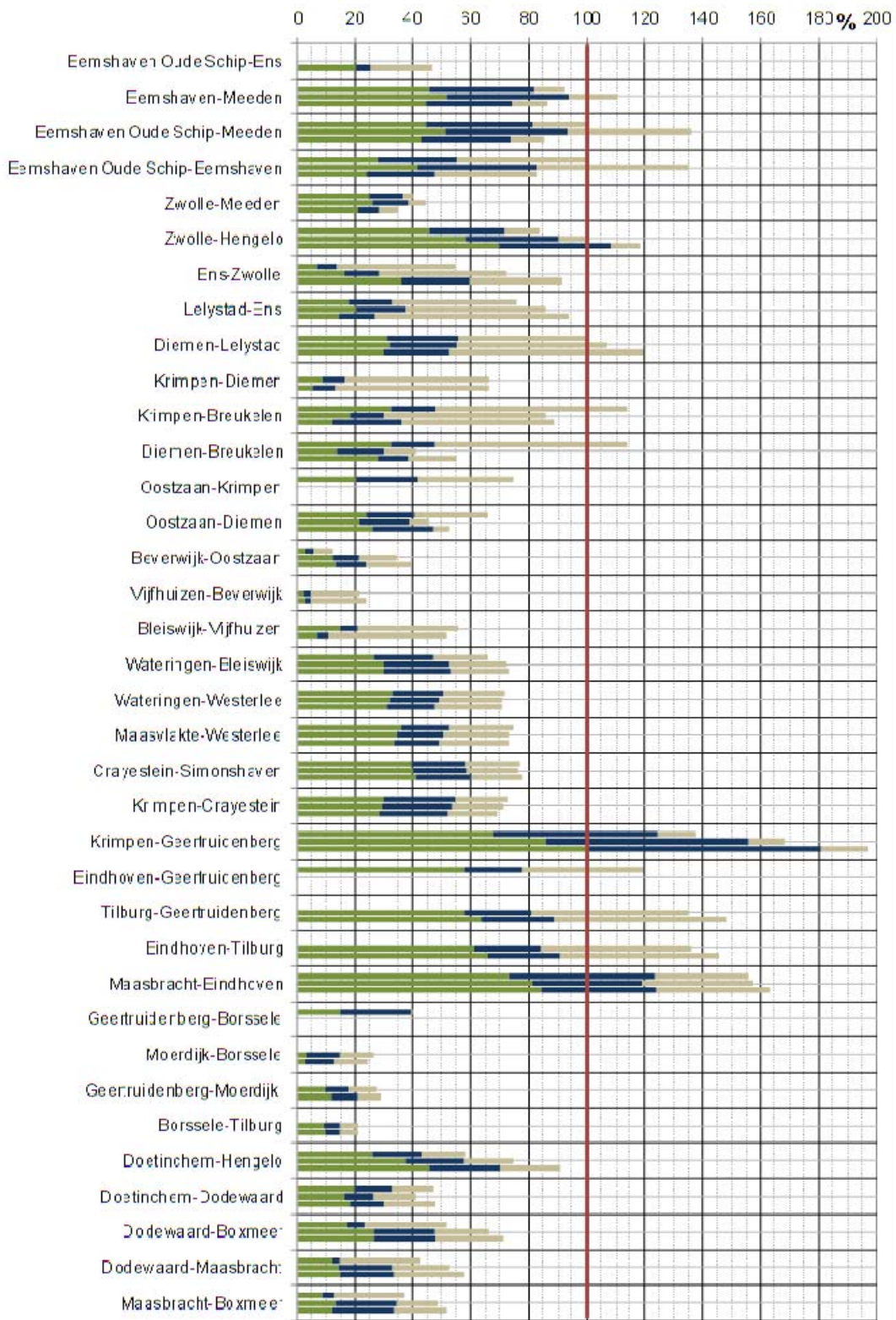
In 2011 kende het 220kV- en 380kV-net twee beperkingen die niet meer altijd opgevangen kunnen worden door operationele maatregelen. Deze knelpunten zijn:

- Op de 380kV-verbindingen Maasvlakte-Simonshaven-Crayestein-Krimpen is geen enkelvoudige storingsreserve tijdens onderhoud meer mogelijk zonder beperkingen op te leggen aan de productie en/of de interconnector met Engeland (BritNed).
- Op de 380kV-verbinding Borssele-Geertruidenberg is geen enkelvoudige storingsreserve tijdens onderhoud meer mogelijk zonder beperkingen op te leggen aan de productie in Borssele.

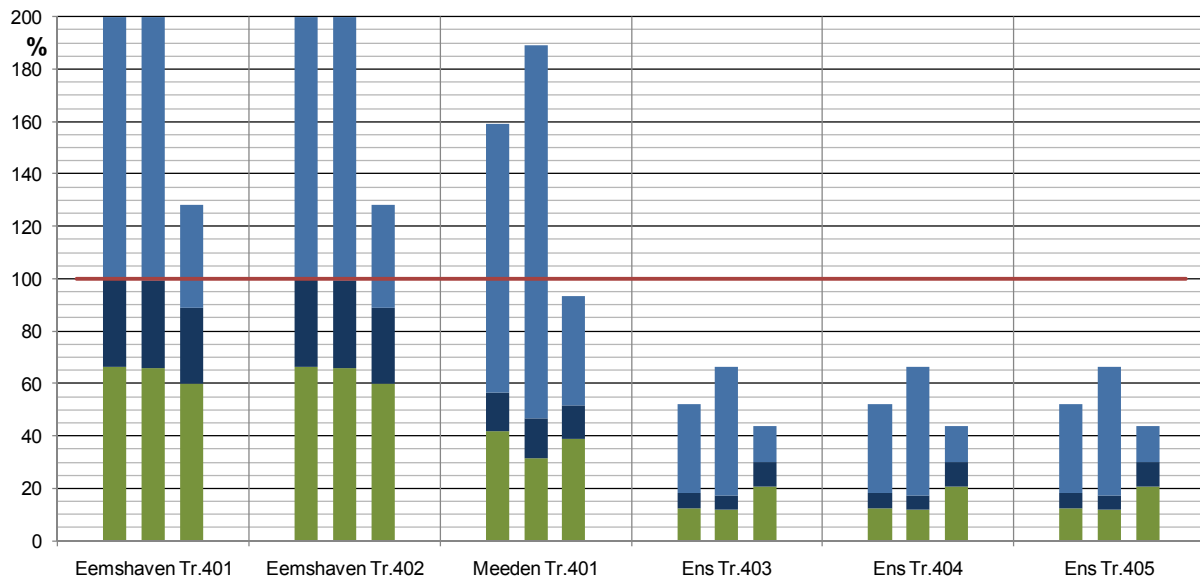
### 7.4 Scenario Business as Usual, planningssituatie Kustwind

Uitgangspunt voor deze planningssituatie is een hoge belasting en een hoge export naar België en Duitsland door een hoge invoeding van windvermogen in Nederland en Groot-Brittannië en een lage windinvoeding in Duitsland. (Zie Tabel 7-1 en Tabel 7-2 voor details over belasting, import/export en inzet productie)

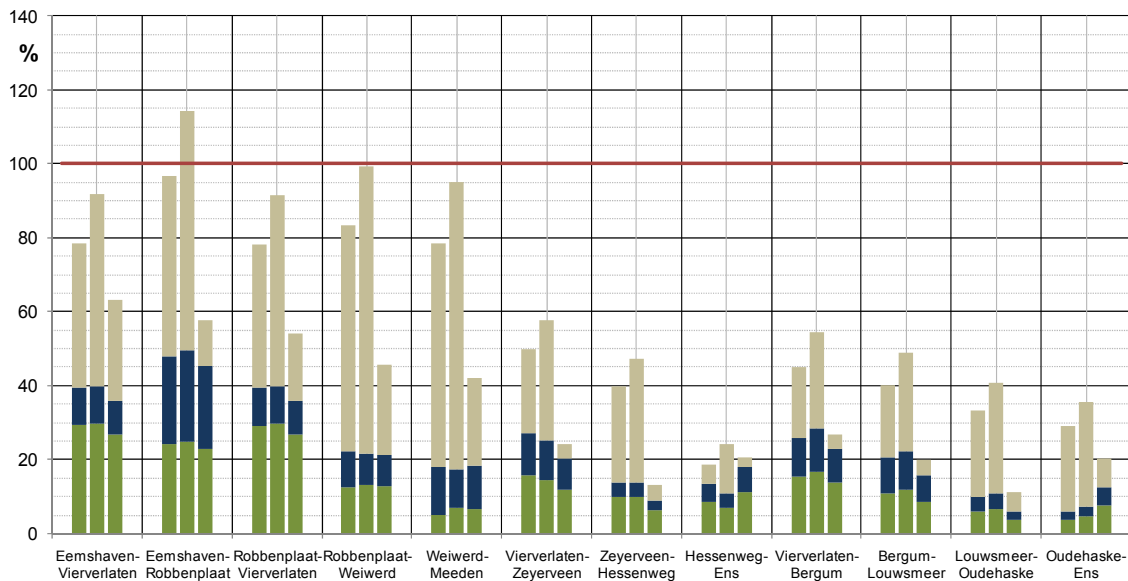
#### Berekeningsresultaten BaU-Kustwind



Grafiek 7-1: Belasting 380kV-verbindingen voor 2013, 2016 en 2020 in BaU-Kustwind



Grafiek 7-2: Belasting 380/220kV-transformatoren in 2013, 2016 en 2020 in BaU-Kustwind



Grafiek 7-3: Belasting 220kV-verbindingen in 2013, 2016 en 2020 in BaU-Kustwind

## Knelpunten en maatregelen in het 220kV- en 380kV-net voor BaU-Kustwind

### Knelpunten in het 380kV-net

#### Algemeen

In deze planningssituatie wordt voor de locatie Maasvlakte en omgeving de hoogste inzet van productie voorzien. Hierdoor geeft dit ook de hoogste productie van centrale eenheden in de totale Randstad waarvan in het steekjaar 2013 circa 3.410 MW naar het oosten wordt afgevoerd via de 380kV-verbindingen Diemen-Lelystad en Krimpen-Geertruidenberg en door het 150kV-net via de 380/150kV-transformator in Breukelen (na 2013). Door de hoeveelheid windenergie die invoedt op de onderliggende netten bedraagt in 2020 de schijnbare belasting in de Randstad, gezien vanaf het 380kV-net, nog slechts 535 MW. Vanwege de voor-



onderstelde export naar Duitsland leidt deze productie- en belastingsituatie in 2020 tot hoge transporten van west naar oost door het 380kV-net en eventuele parallelverbindingen in het 150kV-net.

### **Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven-Maasbracht**

In het steekjaar 2013 treden er op de verbindingen Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht zowel bij criterium A als B serieuze overbelastingen op. Vanwege de ernst van dit knelpunt is in 2011 reeds een studie gestart naar de haalbaarheid van het vergroten van de transportcapaciteit van de verbinding Krimpen-Geertruidenberg naar 2.635 MVA. In 2016 en 2020 nemen de overbelastingen toe en laten ook de verbindingen Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven serieuze overbelastingen zien. Al deze overbelastingen zijn het gevolg van de afvoer van vermogen uit de Randstad richting Duitsland. Om dit vermogen in 2020 veilig vanuit de Randstad naar het oosten te transporteren, zijn waarschijnlijk vijf circuits met een transportcapaciteit van 2.635 MVA per circuit nodig terwijl nu slechts 4×1.645 MVA beschikbaar is. Er zijn verschillende oplossingsrichtingen mogelijk die in een in 2011 gestarte studie nader onderzocht worden:

- Het vergroten van de transportcapaciteit van bestaande verbindingen van 2×1.645 MVA naar 2×2.635 MVA. In deze planningssituatie is dit voor de verbinding Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht onvoldoende om enkelvoudige storingsreserve tijdens onderhoud in 2020 te garanderen. Een dergelijke oplossing zal zeker 2 à 3 jaar in beslag nemen.
- Een extra 380kV-circuit Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht van 2.635 MVA. Hiermee ontstaat een driecircuit verbinding tussen Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht van 3×2.635 MVA. Om een volledige driecircuit verbinding met een capaciteit van 3×2.635 MVA te verkrijgen tussen Krimpen en Maasbracht, moet dan ook de driecircuit verbinding tussen Geertruidenberg en Eindhoven worden opgewaardeerd naar 3×2.635 MVA. Aangezien het hier nieuwe te realiseren circuits betreft zal de doorlooptijd 7 à 10 jaar bedragen.
- Een 380kV-verbinding vanuit de Randstad naar Dodewaard waardoor er tevens een noodzakelijke ontlasting van de 380kV-verbindingen Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven-Maasbracht kan worden bewerkstelligd. Deze verbinding kan tevens de export via de nieuwe interconnectoren Doetinchem-Wesel verbeteren. Aangezien het hier nieuwe te realiseren verbindingen betreft zal de doorlooptijd 7 à 10 jaar bedragen.

Een oplossing hoeft zich niet te beperken tot één van bovenstaande punten, een combinatie van twee of alle drie de opties is hoogstwaarschijnlijk noodzakelijk. In 2012 zal hierover duidelijkheid ontstaan

### **Krimpen-Diemen**

In 2013 is er voor de verbinding Krimpen-Breukelen-Diemen een matige overbelasting onder criterium B geconstateerd die daarna verdwijnt doordat het circuit Oostzaan-Krimpen in 2015 zal worden ingelust in het 380kV-station Diemen.

### **Diemen-Lelystad-Ens**

In 2016 is er voor de verbinding Diemen-Lelystad onder criterium B een geringe overbelasting geconstateerd die zich in 2020 heeft ontwikkeld tot een matig knelpunt. De oplossing bestaat in eerste instantie uit het uitbreiden van de transportcapaciteit van deze verbinding naar 1.975 MVA in 2015. Indien ook de eenheden aangesloten op het 150kV- en 380kV-station Lelystad in bedrijf zijn, zal naar verwachting ook de transportcapaciteit van de 380kV-verbinding Lelystad-Ens te worden uitgebreid. In het kader van project Noord-West380 moeten en kunnen deze knelpunten adequaat opgelost worden.

### **Eemshaven Oudeschip-Meeden en Eemshaven-Meeden**

In 2016 is er een ernstige overbelasting op de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Meeden vastgesteld onder criterium B. Voor de verbinding Eemshaven-Meeden is voor 2016 een matige overbelasting voor criterium B geconstateerd. Deze knelpunten verdwijnen met de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van het project NoordWest380.

### Zwolle-Hengelo

In 2020 ontstaat voor criterium B mogelijk een matige overbelasting in de verbinding Zwolle-Hengelo tijdens onderhoud aan één circuit van de verbinding Krimpen-Geertruidenberg. De overbelasting kan worden ondervangen door de transportcapaciteit van de verbinding uit te breiden naar 1.975 MVA door aanpassingen in beide stations uit te voeren.

### Knelpunten in het 220kV-net

In het steekjaar 2013 is er voor het 220kV-net slechts één matige overbelasting op basis van criterium B vastgesteld. Dit knelpunt betreft de 220kV-verbinding Eemshaven-Robbenplaat en verdwijnt met de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van het project NoordWest380.

### Knelpunten over de 380/220kV-koppelingen

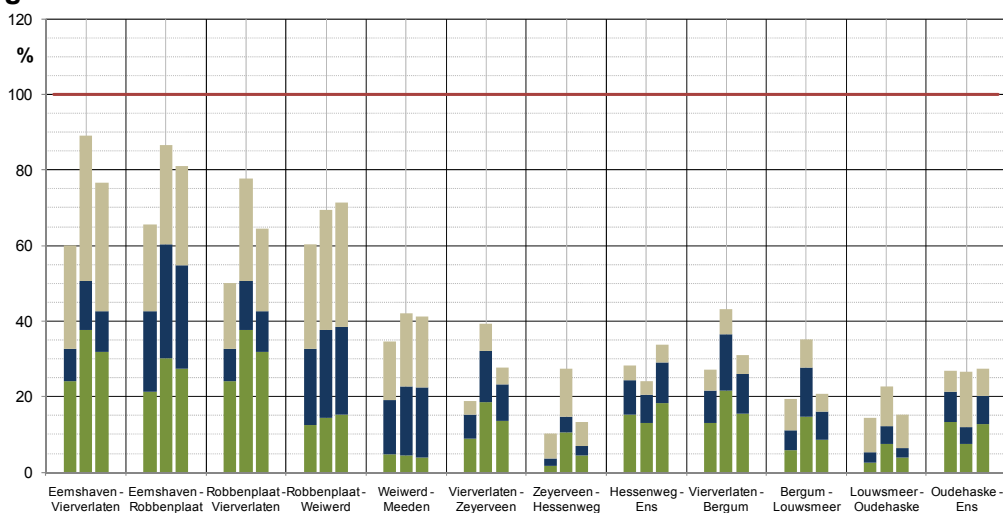
Vanaf 2013 wordt een serieuze overbelasting onder criterium B geconstateerd voor de 380/220kV-transformatoren in Eemshaven en Meeden tijdens onderhoud aan één 380kV-circuit van de verbinding Eemshaven-Meeden en de uitval van het parallelle circuit. Deze circuits zijn erg belangrijk voor het afvoeren van productievermogen vanuit het noorden van Nederland. De situatie zal in eerste instantie worden opgelost door plaatsing van een derde transformator in het 380kV-station Eemshaven die in 2014 in bedrijf moet zijn en door operationele maatregelen tijdens onderhoud.

Ondanks de inbedrijfname van de nieuwe verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in 2018 wordt er voor de transformatoren in Eemshaven in 2020 nog steeds een serieuze overbelasting geconstateerd, omdat er geen productie in het 220kV-net als ingezet is voorondersteld. Een oplossing kan worden gevonden door plaatsing van een derde transformator in het 380kV-station Eemshaven of toekomstige productie in deze regio bij voorkeur aan te sluiten op het 220kV-station Eemshaven.

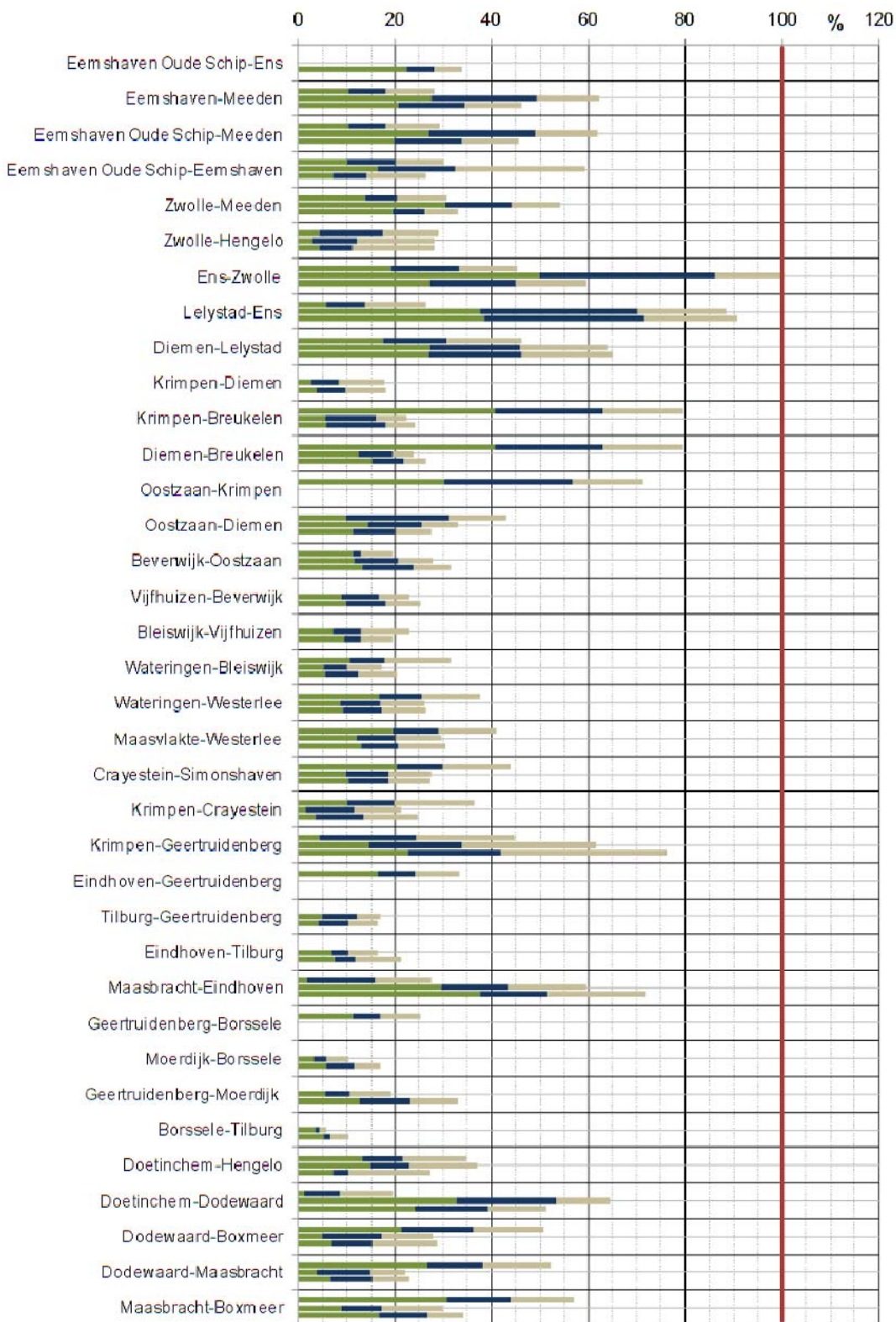
## 7.5 Scenario Business as Usual, plannings situatie Landwind

Uitgangspunt voor deze plannings situatie is een hoge invoeding van windvermogen in Duitsland en Denemarken in combinatie met een gering windaanbod in Nederland en Groot-Brittannië waardoor een hoge import vanuit België, Denemarken en Duitsland optreedt. Dit leidt tot de laagste inzet van productie-eenheden binnen het Business as Usual scenario in Eemshaven (2013), Noord-Holland (2016), Maasvlakte (2016 en 2020) en Borssele. (Zie Tabel 7-1 en Tabel 7-2 voor details over belasting, import/export en inzet productie)

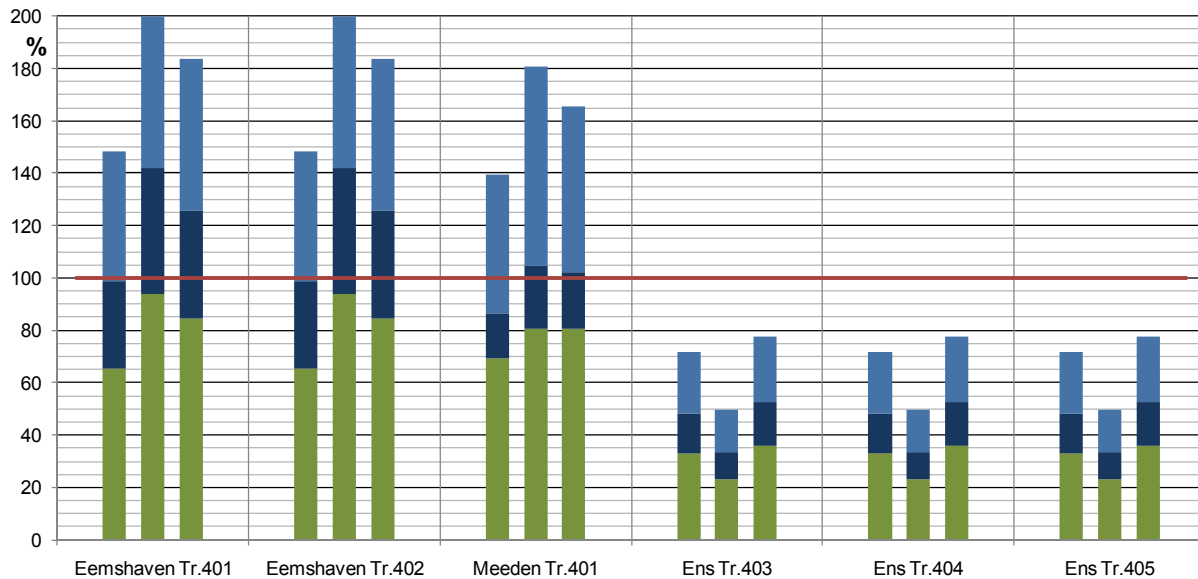
### Berekeningsresultaten BaU-Landwind



Grafiek 7-4: Belasting 220kV-verbindingen in 2013, 2016 en 2020 in BaU-Landwind



Grafiek 7-5: Belasting 380kV-verbindingen voor 2013, 2016 en 2020 in BaU-Landwind



Grafiek 7-6: Belasting 380/220kV-transformatoren in 2013, 2016 en 2020 in BaU-Landwind

## Knelpunten en maatregelen in het 220kV- en 380kV-net voor BaU-Landwind

### Knelpunten in het 380kV-net

In deze planningssituatie wordt een lage inzet van productievermogen in Nederland voorondersteld waardoor er geen knelpunten in het 380kV-net worden geconstateerd.

### Knelpunten in het 220kV-net

Om dezelfde reden als voor het 380kV-net treden er in deze planningssituatie ook geen knelpunten op in het 220kV-net.

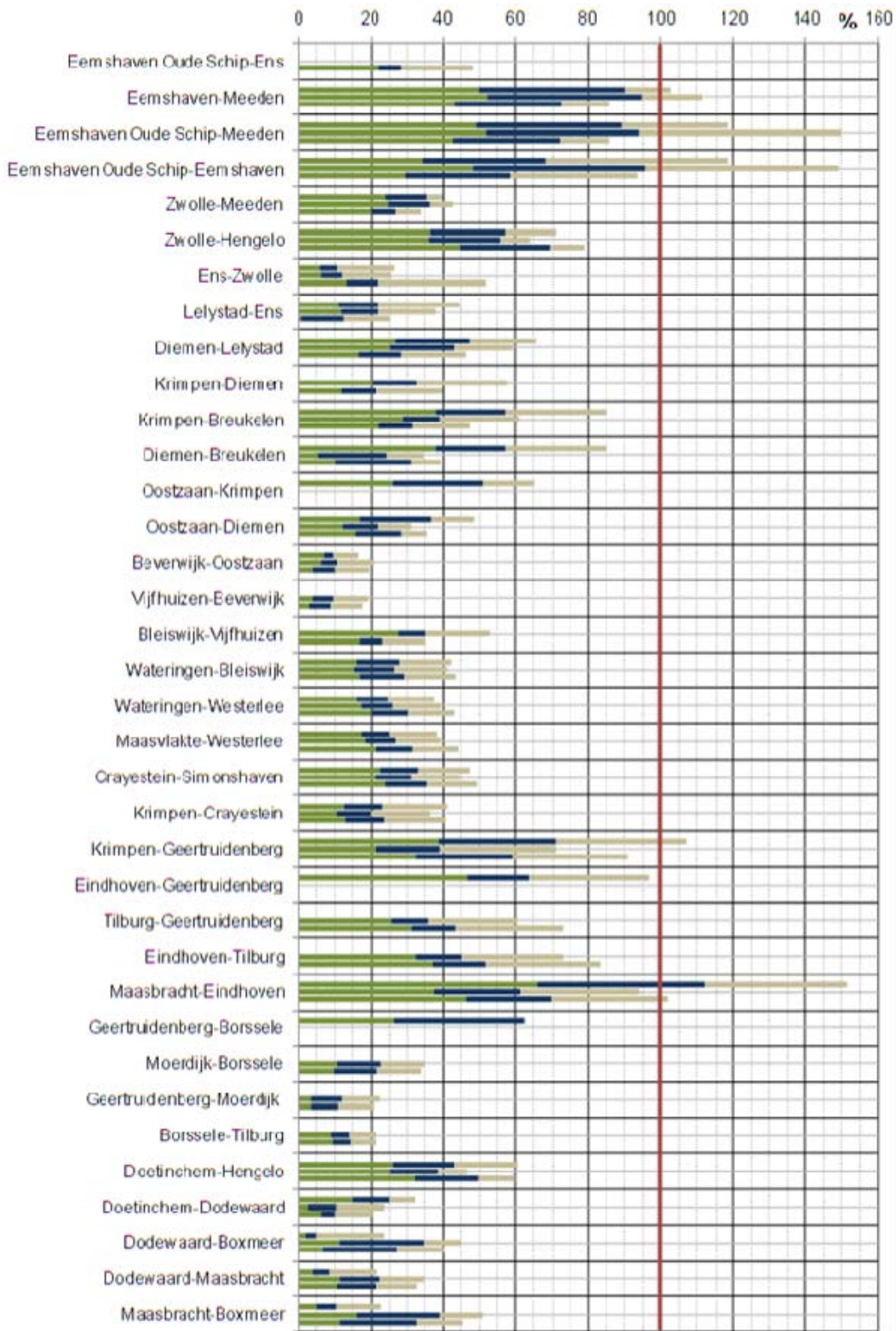
### Knelpunten over de 380/220kV-koppelingen

Vanaf 2013 wordt voor criterium A een serieuze overbelasting gevonden op de drie 380/220kV-transformatoren in Eemshaven en Meeden tijdens onderhoud aan één van de drie transformatoren. Dit is een gevolg van het niet inzetten van productie-eenheden aangesloten op het 220kV-net en het ontbreken van de invoeding van windenergie ten opzichte van de voorgaande planningssituatie. Dit knelpunt verdwijnt daarom niet in 2018 na inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380. De oplossing bestaat uit plaatsing van een derde transformator in het 380kV-station Eemshaven die in 2014 in bedrijf moet zijn.

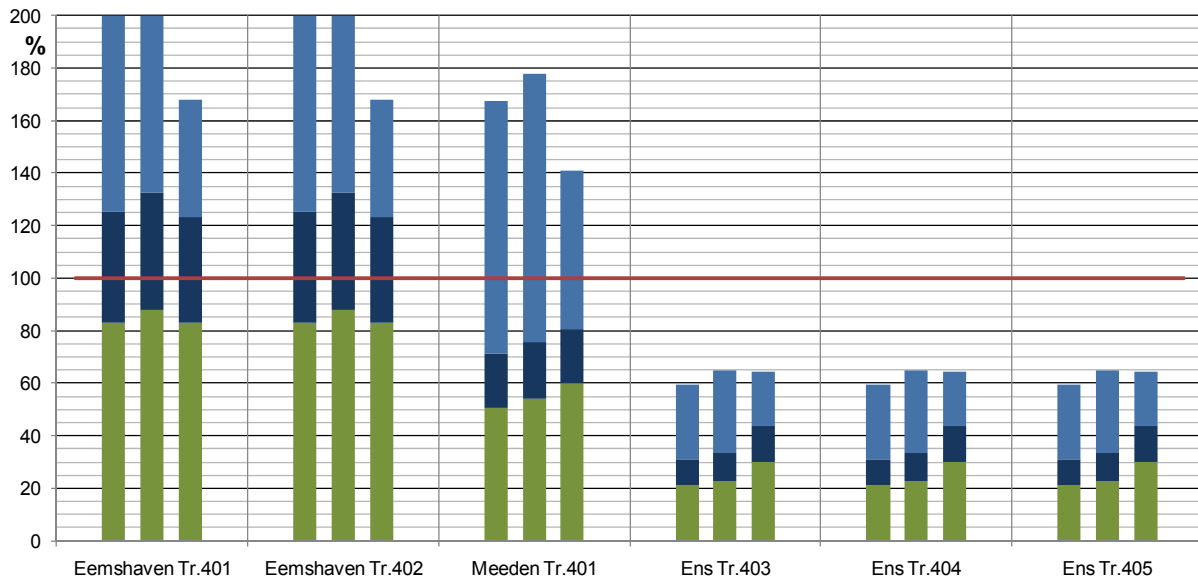
## 7.6 Scenario Business as Usual, planningssituatie Windstil

Uitgangspunt voor deze planningssituatie is een weersituatie met weinig windaanbod in noordwest Europa waardoor Nederland, maximaal exporteert naar België, Duitsland, Groot-Brittannië en Denemarken. Deze export is het gevolg van een hoge inzet van het gasvermogen in Nederland, waaronder het warmtekrachtvermogen in de glastuinbouw. (Zie Tabel 7-1 en Tabel 7-2 voor details over belasting, import/export en inzet productie)

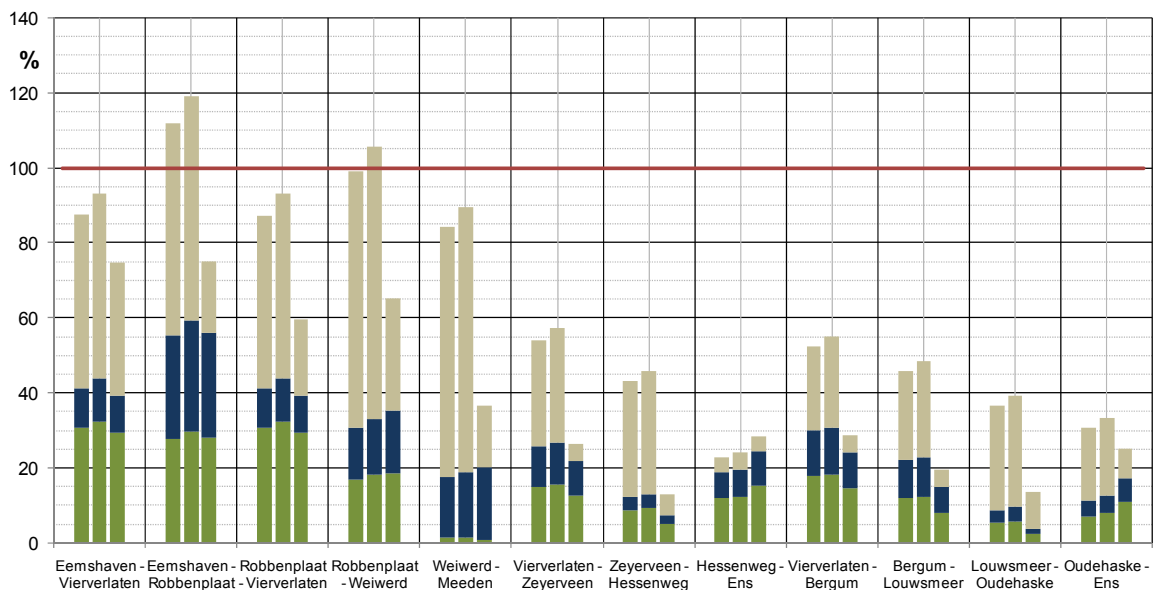
## Berekeningsresultaten BaU-Windstil



Grafiek 7-7: Belasting 380kV-verbindingen voor 2013, 2016 en 2020 in BaU-Windstil



Grafiek 7-8: Belasting 380/220kV-transformatoren in 2013, 2016 en 2020 in BaU-Windstil



Grafiek 7-9: Belasting 220kV-verbindingen in 2013, 2016 en 2020 in BaU-Windstil

## Knelpunten en maatregelen in het 220kV- en 380kV-net voor BaU-Windstil

### Knelpunten in het 380kV-net

#### Algemeen

In deze planningssituatie treedt binnen het Business as Usual scenario de hoogste productie op voor:

- Eemshaven, doordat ook de Eemsmund Energie als ingezet is voorondersteld;
- Noord-Brabant en Limburg door ook voor de opwekeenheden Claus-C en Claus-D, samen goed voor ruim 2.600 MW, aan te nemen dat zij zullen produceren;
- Zeeland door ook de Sloecentrale als ingezet te vooronderstellen.

De knelpunten liggen in deze planningssituatie voornamelijk rond Eemshaven.

#### **Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven-Maasbracht**

In het steekjaar 2013 is er op basis van criterium A en B op de verbinding Eindhoven-Maasbracht een matige respectievelijk serieuze overbelasting. Dit knelpunt verdwijnt in de jaren daarna vanwege de inzet van de productie-eenheden Claus-C en Claus-D terwijl de export van de Randstad niet toeneemt en ook aanmerkelijk lager ligt dan in planningssituatie BaU-Kustwind. Deze planningssituatie geeft geen aanleiding tot investeringen in genoemde verbindingen.

Op de verbinding Krimpen-Geertruidenberg treedt in 2013 een geringe overbelasting op tijdens onderhoud. Dit knelpunt verdwijnt eveneens in de jaren er na vanwege bovengenoemde reden.

#### **Eemshaven Oudeschip-Meeden en Eemshaven Meeden**

In 2013 ontstaat er een matige overbelasting op de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Eemshaven en Eemshaven Oudeschip-Meeden tijdens onderhoud door de volledige inzet van alle productie-eenheden aangesloten op het 380kV-station Eemshaven Oudeschip. Dit ontwikkelt zich tot een serieus knelpunt in 2016 dat echter in 2020 is verdwenen vanwege de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380.

#### Knelpunten in het 220kV-net

In het steekjaar 2013 is er voor het 220kV-net slechts één matige overbelasting op basis van criterium B. Dit knelpunt betreft de 220kV-verbinding Eemshaven-Robbenplaat en verdwijnt in 2020 met de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380.

In 2016 ontstaat mogelijk ook een geringe overbelasting tijdens onderhoud op de verbinding Robbenplaat-Weiwerd en verdwijnt eveneens in 2020 met de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380.

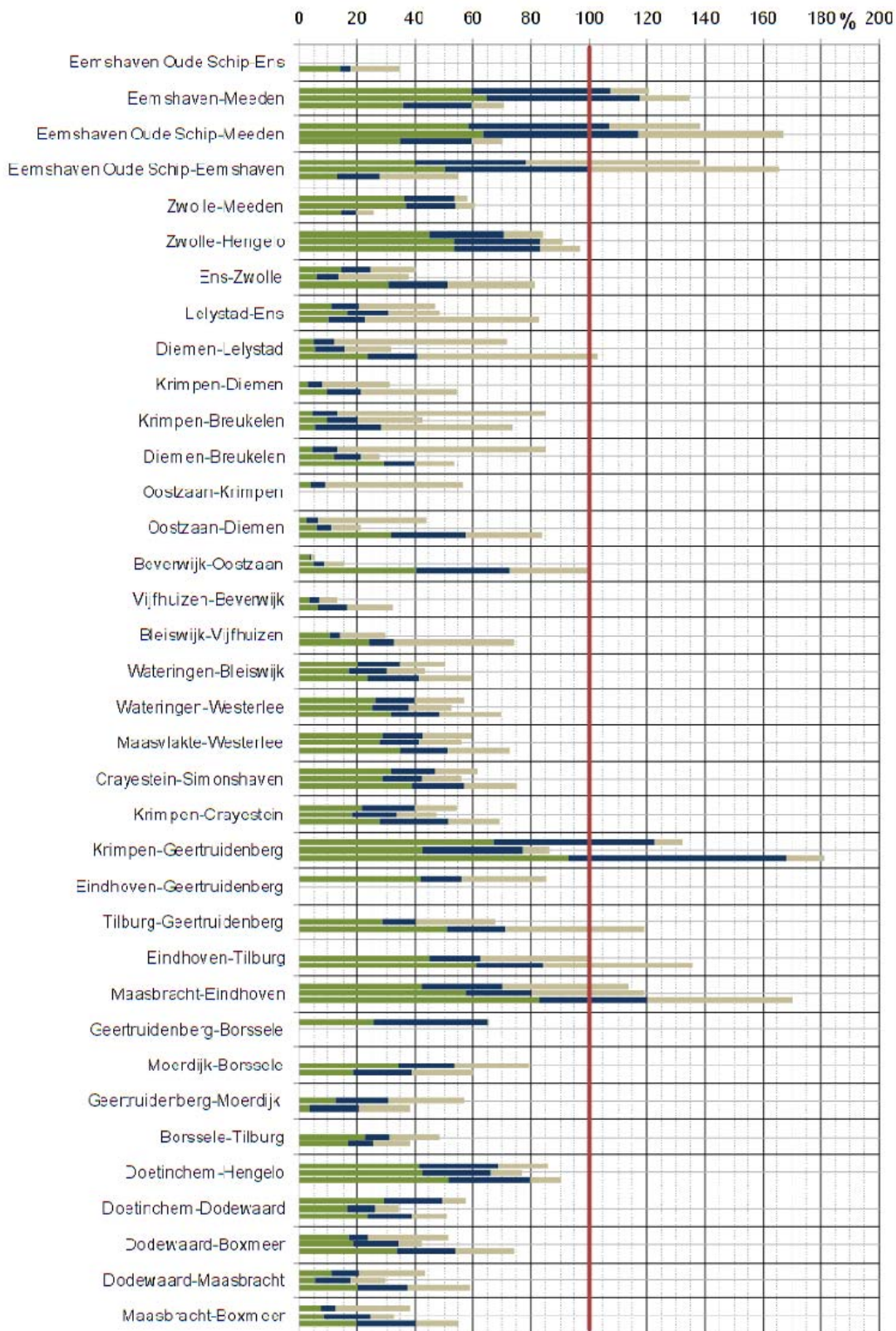
#### Knelpunten over de 380/220kV-koppelingen

Vanaf 2013 is er geen enkelvoudige storingsreserve over de twee 380/220kV-transformatoren in Eemshaven en treedt er een serieuze overbelasting op. Dit hangt samen met de hoge productie in Eemshaven en het ontbreken van productie-inzet in het 220kV-net. Er is dan mogelijk ook een serieuze overbelasting op de 380/220kV-transformator in Meeden tijdens onderhoud. De overbelasting over deze drie transformatoren neemt in 2016 nog verder toe. Hoewel na het gereedkomen van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380 de overbelastingen afnemen blijft dit toch een serieus probleem dat wordt opgelost door het plaatsen van een derde transformator in het 380kV-station Eemshaven uiterlijk 2014 in bedrijf en nieuwe productie bij voorkeur aan te sluiten op het 220kV-station Eemshaven.

## **7.7 Scenario 3\*20 planningssituatie Kustwind**

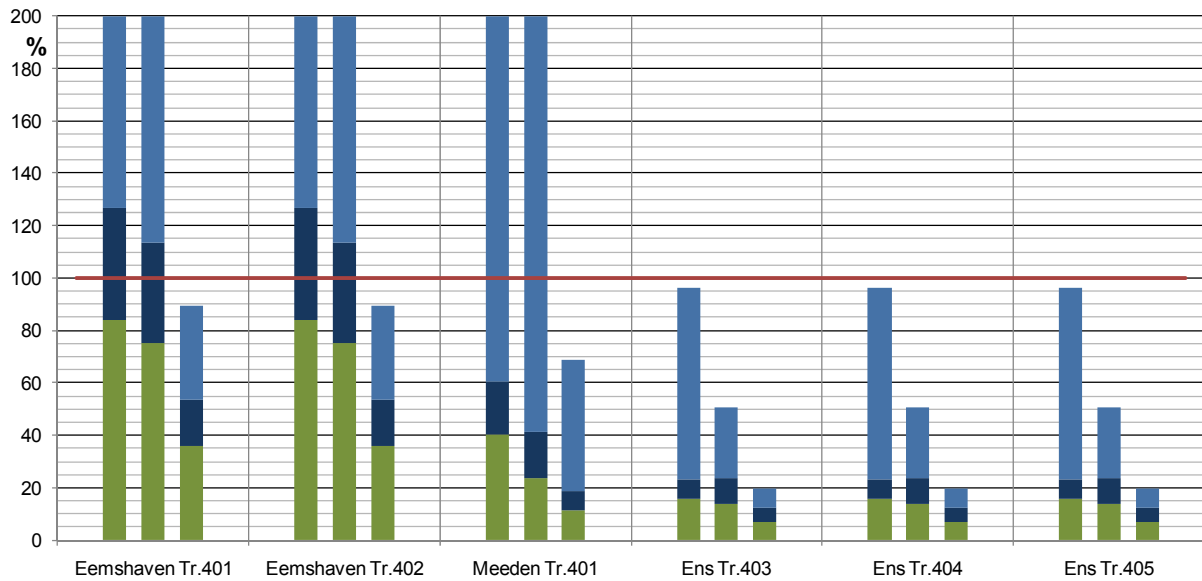
Voor deze planningssituatie is eenzelfde weerssituatie aangenomen als voor de planningssituatie Kustwind in het scenario Business as Usual. Hierdoor zal ook in deze planningssituatie maximaal geëxporteerd worden naar België, Denemarken en Duitsland. Daarnaast neemt in deze variant de totale invoeding van windenergie toe van 3.690 MW in 2013 tot 11.250 MW in 2020 waardoor over de beschouwde periode de inzet van thermisch vermogen daalt. Bovendien is voor deze planningssituatie aangenomen dat het kolenvermogen dat vóór 2000 is gebouwd in de merit order wordt verdrongen door gasvermogen van na 2008. (Zie Tabel 7-1 en Tabel 7-2 voor details over belasting, import/export en inzet productie)

### **Berekeningsresultaten 3\*20-Kustwind**

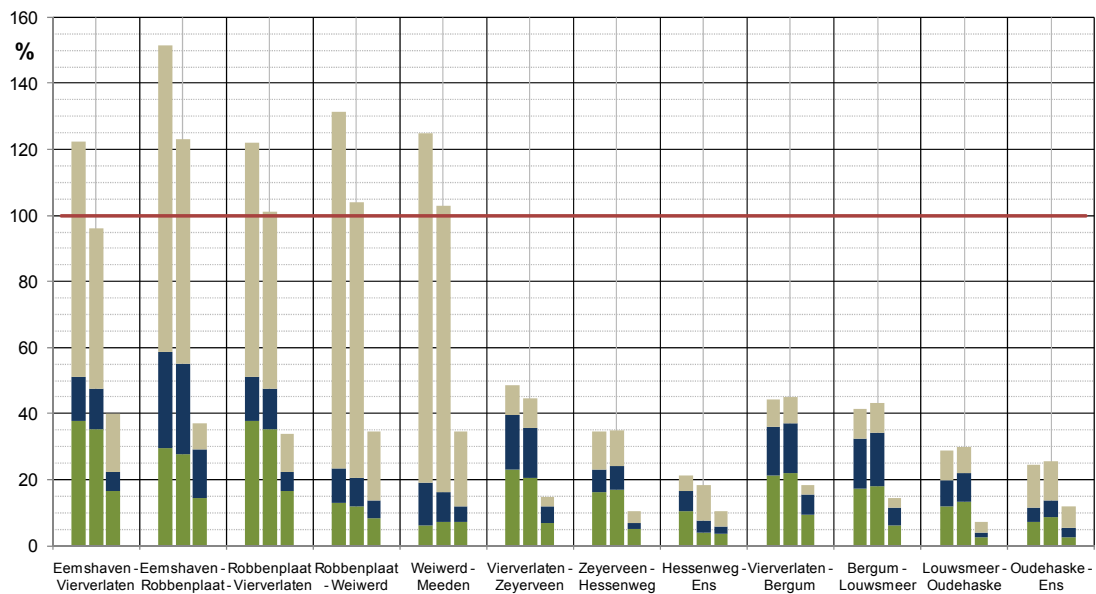


Grafiek 7-10: Belasting 380kV-verbindingen voor 2013, 2016 en 2020 in 3\*20-Kustwind





Grafiek 7-11: Belasting 380/220kV-transformatoren in 2013, 2016 en 2020 in 3\*20-Kustwind



Grafiek 7-12: Belasting 220kV-verbindingen in 2013, 2016 en 2020 in 3\*20-Kustwind

## Knelpunten en maatregelen in het 220kV- en 380kV-net voor 3\*20-Kustwind

### Knelpunten in het 380kV-net

#### Algemeen

In deze planningssituatie treedt op de belangrijke productielocaties zoals Eemshaven, Noord-Holland, Maasvlakte, Maasbracht en Borssele een grote variatie aan centrale productie op over de onderzochte steekjaren. Dit levert in vele gevallen de hoogste centrale productie op binnen dit scenario zoals in Noord-Holland (3.128 MW in 2020) Maasvlakte (5.057 MW in 2020) Maasbracht (1.309 MW in 2013) en Borssele (2.762 MW in 2016). Door de veranderde productieverdeling in het Zuiden zijn er minder knelpunten dan in

dezelfde planningssituatie van het Business as Usual scenario. De knelpunten liggen voornamelijk rond Eemshaven. Ondanks de enorme hoeveelheid windvermogen die voorzien wordt aangesloten te worden op het 380kV-net in de Randstad hoeft er door de lagere inzet van thermische eenheden in deze regio minder vermogen naar het oosten te worden afgevoerd als voor de planningssituatie BaU-Kustwind.

#### **Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven-Maasbracht**

In het steekjaar 2013 treedt er op basis van criterium A een serieuze overbelasting op de verbinding Krimpen-Geertruidenberg. Door een gewijzigde productie-inzet is dit knelpunt in 2016 niet aanwezig maar komt in versterkte mate terug in 2020. Op basis van criterium B is er een serieuze overbelasting voor alle drie de steekjaren over het genoemde tracé. In 2020 wordt voor de 380kV-verbinding Maasbracht-Eindhoven een matige en serieuze overbelasting onder respectievelijk criterium A en B geconstateerd. .

In 2020 worden ook voor de verbindingen Geertruidenberg-Tilburg en Tilburg-Eindhoven matige respectievelijk serieuze overbelastingen voor criterium B geconstateerd. Deze overbelastingen hangen samen met de export vanuit de Randstad en het niet inzetten van productie in Maasbracht.

Voor het oplossen van deze knelpunten geldt dezelfde aanpak als beschreven voor deze verbinding in het Business as Usual scenario voor de planningssituatie Landwind.

#### **Diemen-Lelystad**

Voor de verbinding Diemen-Lelystad als onderdeel van de koppeling Diemen-Ens is voor criterium B een lichte overbelasting geconstateerd tijdens onderhoud aan één 380kV-circuit van de verbinding Krimpen-Geertruidenberg en de uitval van het parallelle circuit. De overbelasting is te gering om hierop actie te ondernemen.

#### **Eemshaven Oudeschip-Meeden, Eemshaven Oudeschip-Eemshaven en Eemshaven-Meeden**

In 2013 is voor criterium A een geringe overbelasting op de 380kV-verbindingen Eemshaven Oudeschip-Meeden en Eemshaven-Meeden geconstateerd. Deze overbelastingen zijn het gevolg van de volledige inzet van alle productie-eenheden aangesloten op het 380kV-station Eemshaven Oudeschip en de hoge invoeding van windenergie op deze locatie. Deze overbelastingen ontwikkelen zich tot matige overbelastingen in 2016 die echter in 2020 zijn verdwenen vanwege de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van het project NoordWest380. Voor criterium B worden voor alle drie de verbindingen in 2013 en 2016 serieuze overbelastingen geconstateerd die door de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in 2020 zijn verdwenen.

#### Knelpunten in het 220kV-net

Door de hoge productie in Eemshaven op 380kV-net en het ontbreken van inzet van productie-eenheden op 220 kV kunnen er tijdens onderhoud in 2013 serieuze overbelastingen optreden in het 220kV-net. Dit betreft de verbindingen Eemshaven-Robbenplaat, Robbenplaat-Weiwerd, Weiwerd-Meeden en Eemshaven/Robbenplaat-Vierverlaten. Deze knelpunten verdwijnen met de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380.

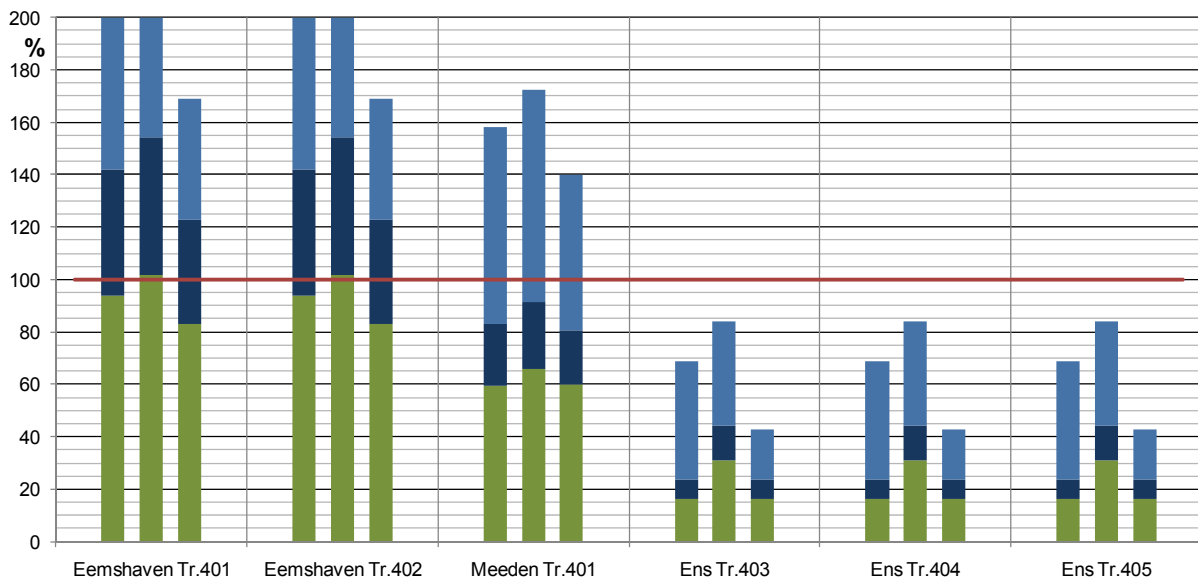
#### Knelpunten over de 380/220kV-koppelingen

In 2013 en 2016 worden voor de twee 380/220kV-transformatoren in Eemshaven serieuze overbelastingen voor criterium A geconstateerd. Dit hangt samen met de hoge productie in Eemshaven en het ontbreken van productie-inzet in het 220kV-net. Er is dan ook sprake van een serieuze overbelasting voor de 380/220kV-transformator in Meeden voor criterium B. De overbelasting over deze drie transformatoren neemt in 2016 niet toe. In tegenstelling tot de andere planningssituaties verdwijnen na het gereedkomen van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380 de overbelastingen geheel dankzij de lage inzet van de productie op 380 kV in Eemshaven in 2020 in deze planningssituatie.

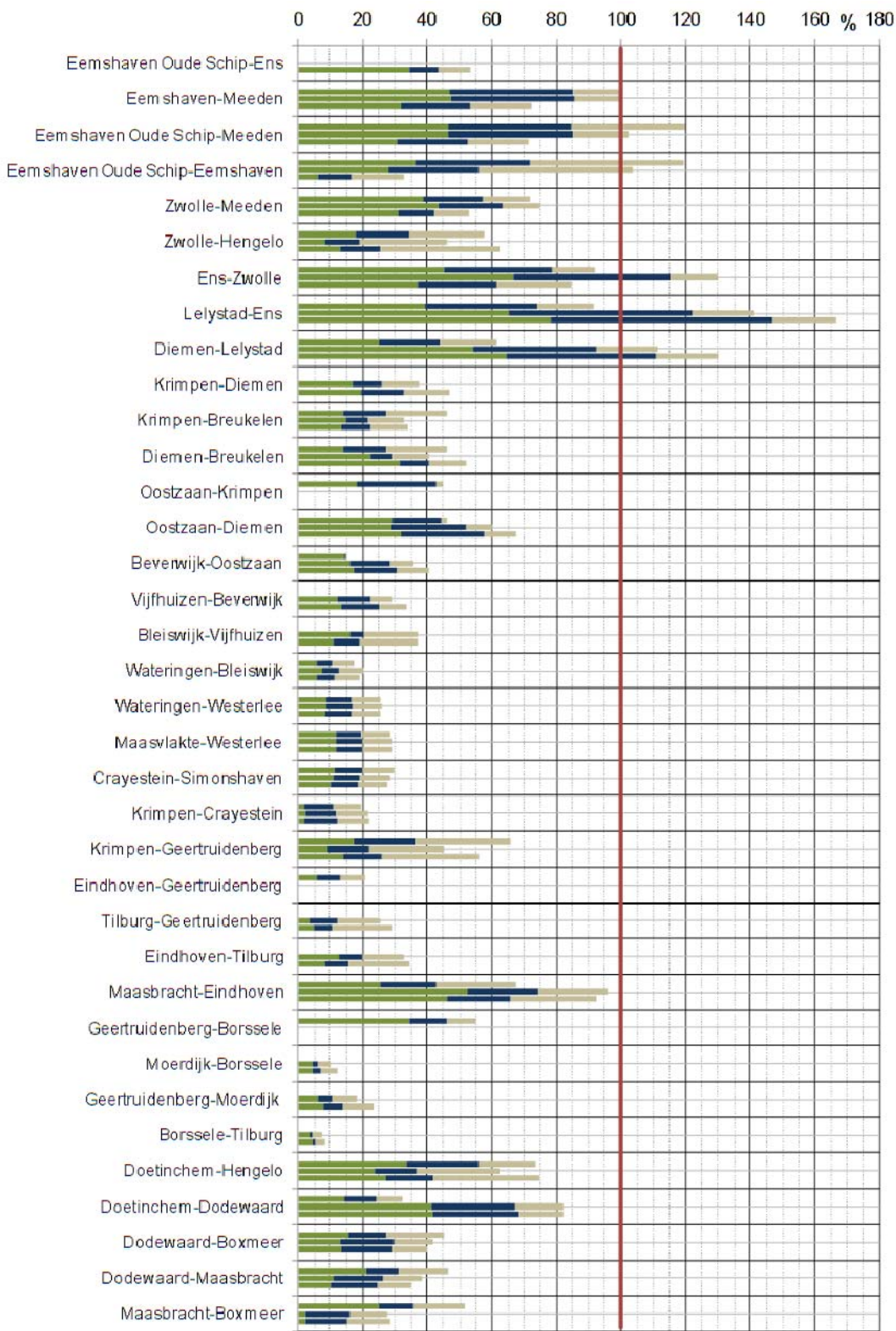
## 7.8 Scenario 3\*20 planningssituatie Landwind

Voor deze planningssituatie is eenzelfde weerssituatie aangenomen als voor de planningssituatie Landwind in het scenario Business as Usual waardoor er een maximale import vanuit België, Denemarken en Duitsland optreedt. Daarnaast neemt in deze variant de totale invoering van windenergie toe van 3.690 MW in 2013 tot 11.250 MW in 2020 waardoor over de beschouwde periode de inzet van thermisch vermogen daalt. Bovendien is voor deze planningssituatie aangenomen dat het kolenvermogen dat vóór 2000 is gebouwd in de merit order wordt verdrongen door gasvermogen van na 2008. (Zie Tabel 7-1 en Tabel 7-2 voor details over belasting, import/export en inzet productie)

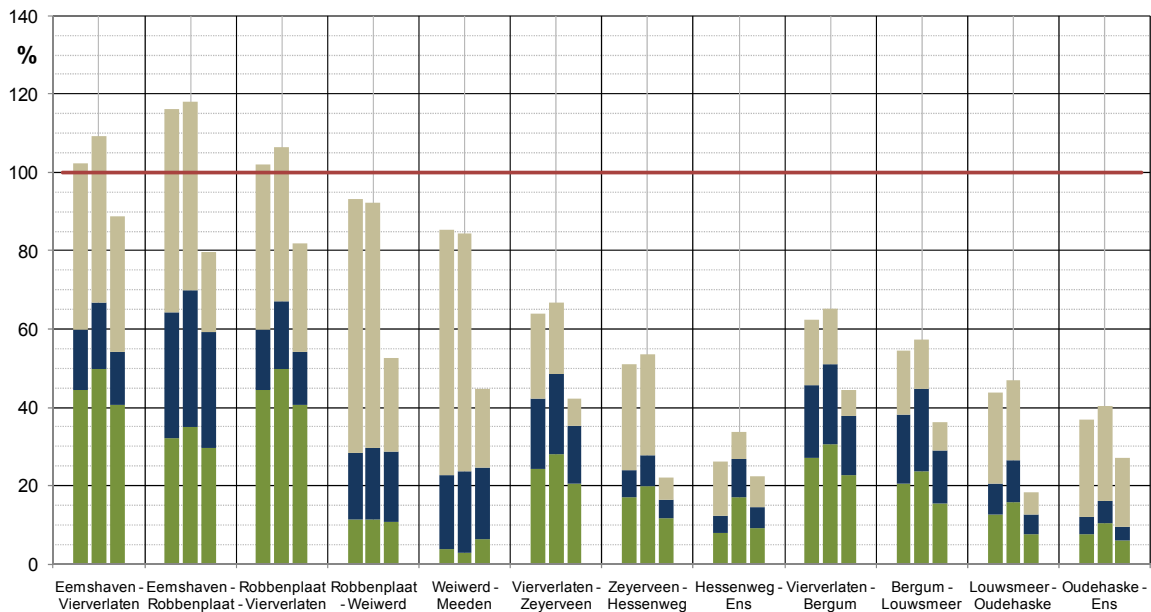
### Berekeningsresultaten 3\*20-Landwind



Grafiek 7-13: Belasting 380/220kV-transformatoren in 2013, 2016 en 2020 in 3\*20-Landwind



Grafiek 7-14: Belasting 380kV-verbindingen voor 2013, 2016 en 2020 in 3\*20-Landwind



Grafiek 7-15: Belasting 220kV-verbindingen in 2013, 2016 en 2020 in 3\*20-Landwind

## Knelpunten en maatregelen in het 220kV- en 380kV-net voor BaU-Landwind

### Knelpunten in het 380kV-net

In deze planningssituatie wordt over de onderzochte steekjaren een grote variatie van de inzet van thermische productie op Eemshaven en Borssele voorzien. Door de combinatie van import en het ontbreken van windenergie levert dit binnen het 3\*20-scenario in vele gevallen de laagste centrale productie op, zoals in Noord-Holland (1.191 MW), Maasvlakte (2.089 MW) en Borssele (944 MW). Door de geringe productie in de Randstad moet elektriciteit naar deze regio worden getransporteerd, waardoor andere knelpunten in het 380kV-net optreden. Zo liggen de knelpunten in deze planningssituatie voornamelijk op de verbindingen Zwolle-Ens-Lelystad-Diemen en zijn de in planningssituatie BaU-Kustwind optredende knelpunten op de 380kV-ring in het Zuiden niet meer aanwezig.

### Diemen-Lelystad-Ens-Zwolle

Vanwege de lage productie in de Randstad treedt er voor criterium A voor de verbinding Lelystad-Ens een serieuze overbelasting op in 2016 en 2020. Op de verbinding Ens-Zwolle is dit voor criterium A een matige overbelasting in 2020. Voor criterium B kan zich dit ontwikkelen tot een serieuze overbelasting voor beide verbindingen en een matige overbelasting op de verbinding Diemen-Lelystad. In het kader van project NoordWest380 moeten en kunnen deze knelpunten adequaat opgelost worden.

### Eemshaven Oudeschip-Eemshaven en Eemshaven Oudeschip-Meeden

Toetsing aan criterium B laat voor 2013 en 2016 respectievelijk een matige en geringe overbelasting zien op de 380kV-verbindingen Eemshaven Oudeschip-Eemshaven en Eemshaven Oudeschip-Meeden. Vanwege de inbedrijfname van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van het project NoordWest380 is de overbelasting op beide lijnverbindingen in 2020 geheel verdwenen.

### Knelpunten in het 220kV-net

Door de hoge productie in Eemshaven op 380kV en het ontbreken van inzet van productie-eenheden op 220 kV worden voor criterium B in 2013 en 2016 matige en geringe overbelastingen voor het 220kV-net geconstateerd. Dit betreft dan de verbindingen Eemshaven-Robbenplaat respectievelijk Eemshaven/Robbenplaat-Vierverlaten. Deze knelpunten verdwijnen met de inbedrijfname van de 380kV-verbinding

Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van het project NoordWest380.

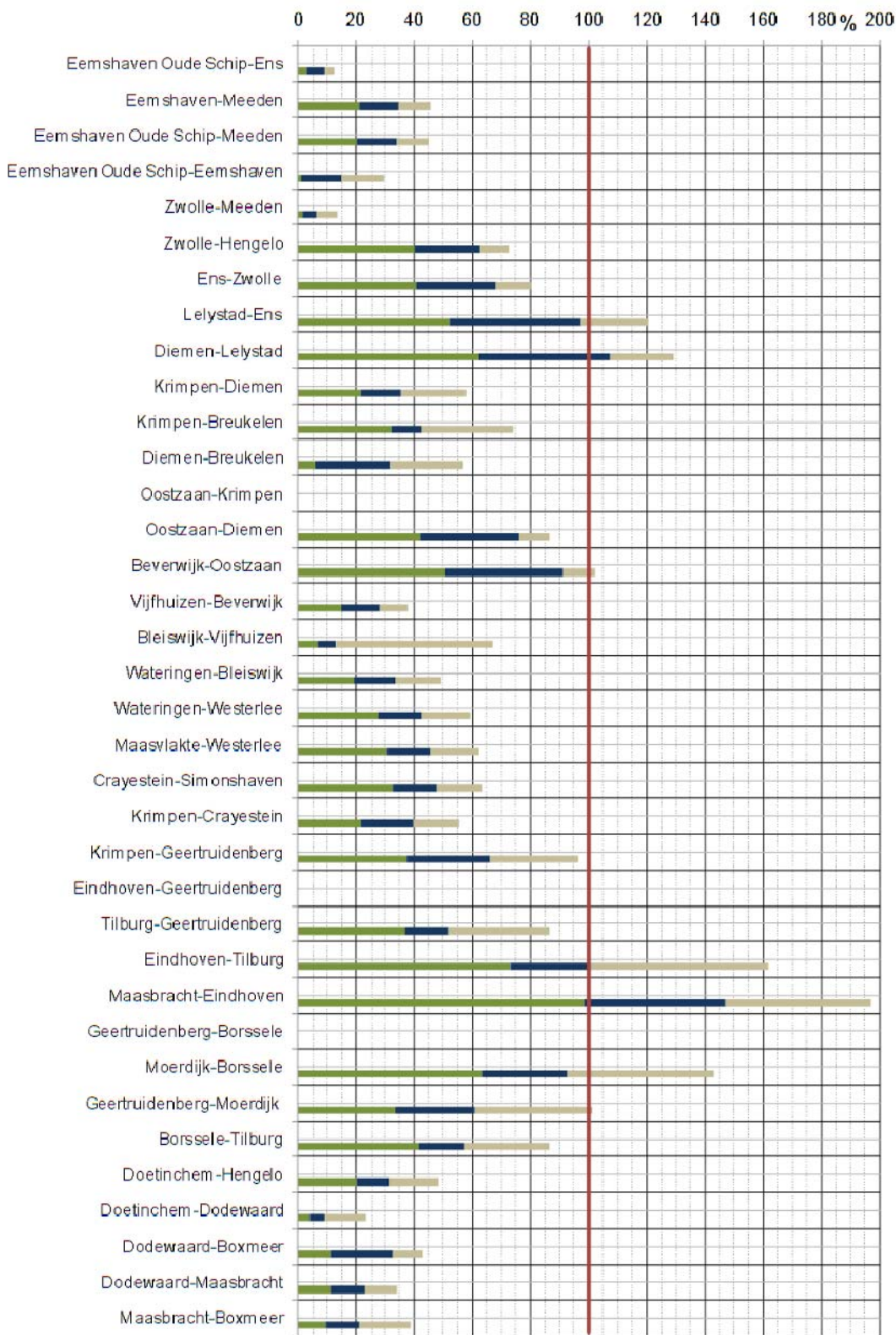
### **Knelpunten over de 380/220kV-koppelingen**

Bij toetsing aan criterium A worden er, als gevolg van de hoge productie in Eemshaven en het ontbreken van productie-inzet in het 220kV-net, vanaf 2013 voor de twee 380/220kV-transformatoren in Eemshaven serieuze overbelastingen geconstateerd. Voor de 380/220kV-transformator in Meeden worden voor de drie steekjaren serieuze overbelastingen voor criterium B berekend. Na het gereedkomen van de 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens in het kader van NoordWest380 blijven de overbelastingen door het ontbreken van de inzet van productie in het 220kV-net bestaan. Om deze reden dient er in 2014 een derde 380/220kV-transformator in Eemshaven opgesteld te zijn.

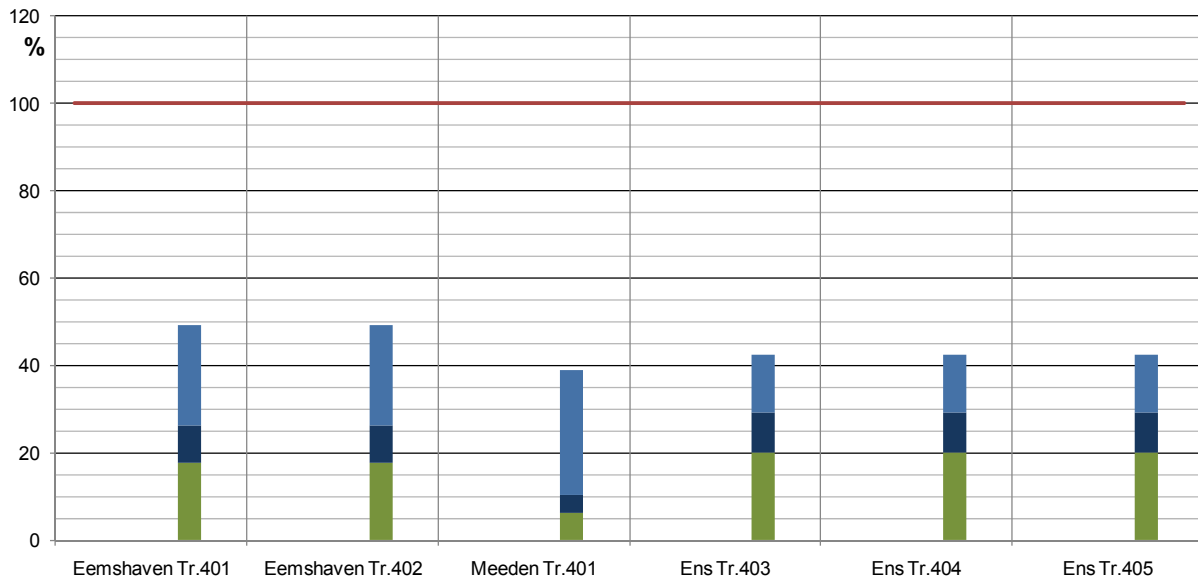
## **7.9 Scenario Nucleair planningssituatie Kustwind**

Deze planningssituatie is identiek aan de planningssituatie 3\*20-Kustwind met als enige wijziging dat voor 2020 de inbedrijfname van een kerncentrale van 2.500 MW op Borssele is voorondersteld. (Zie Tabel 7-1 en Tabel 7-2 voor details over belasting, import/export en inzet productie)

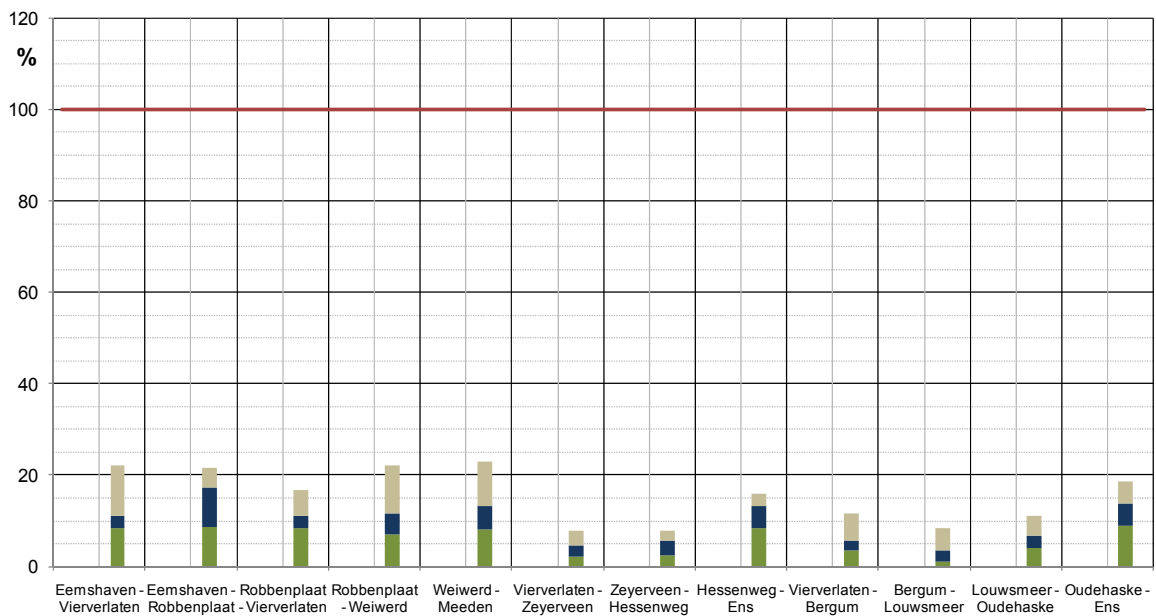
### **Berekeningsresultaten Nucleair-Kustwind**



Grafiek 7-16: Belasting 380kV-verbindingen voor 2020 in Nucleair-Kustwind



Grafiek 7-17: Belasting 380/220kV-transformatoren in 2020 in Nucleair-Kustwind



Grafiek 7-18: Belasting 220kV-verbindingen in 2020 in Nucleair-Kustwind

## Knelpunten en maatregelen in het 220kV- en 380kV-net -transportnet

### Knelpunten 380kV-net

Deze planningssituatie heeft tot doel de effecten van een hoge productie op de locatie Borssele te laten zien. De productie bedraagt circa 4.000 MW. De hoge productie in Zeeland valt samen met een hoge productie in de Randstad waardoor vanuit de Randstad circa 4.000 MW vermogen moet worden afgevoerd. De belangrijkste knelpunten hangen samen met deze twee uitgangspunten.



### Tilburg-Eindhoven-Maasbracht

In het steekjaar 2020 is er op basis van criterium A een serieuze overbelasting op de verbinding Eindhoven-Maasbracht die zou kunnen worden opgelost door uitbreiding van de transportcapaciteit naar 2.635 MVA. Op basis van criterium B neemt de overbelasting dermate hoge vormen aan dat uitbreiding van de transportcapaciteit van de verbinding onvoldoende is. Voor de verbinding Tilburg-Eindhoven wordt bij toetsing aan criterium B eveneens een serieuze overbelasting in 2020 geconstateerd. Deze overbelasting kan opgelost worden door de transportcapaciteit van de drie circuits Tilburg-Eindhoven uit te breiden naar 2.635 MVA.

Een oplossing voor bovenstaande twee knelpunten zou mogelijk ook kunnen worden gevonden door de maatregelen zoals in Business as Usual planningssituatie Kustwind beschreven voor de verbinding Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven-Maasbracht.

### Diemen-Lelystad-Ens

In 2020 ontstaat een matige overbelasting op de 380kV-verbinding Diemen-Lelystad bij toetsing aan criterium B bij uitval van één van de twee circuits van deze verbinding. De overbelasting is te vermijden door de transportcapaciteit van de verbinding uit te breiden naar 1.975 MVA. Tijdens onderhoud kan er echter een serieuze overbelasting ontstaan op de gehele verbinding Diemen-Lelystad-Ens. Onderhoud tijdens lage transporten biedt hiervoor de oplossing. Met de voorziene uitbreiding van de transportcapaciteit van de verbinding naar 2.635 MVA in 2020 is een definitieve oplossing voor deze overbelasting gevonden.

### Borssele-Moerdijk

Toetsing aan criterium B laat een serieuze overbelasting voor beide circuits van de verbinding Borssele-Moerdijk zien. Dit hangt volledig samen met het transport vanuit Borssele naar de 380kV-ring die circa 4.500 MW bedraagt. Deze overbelasting is te ondervangen door de transportcapaciteit van beide circuits uit te breiden naar 1.975 MVA en onderhoud te plegen bij lage transporten.

#### Knelpunten in het 220kV-net

In deze planningssituatie zijn geen knelpunten in het 220kV-net te verwachten.

#### Knelpunten over de 380/220kV-koppelingen

In deze planningssituatie zijn geen knelpunten over de 380/220kV-transformatoren te verwachten.

## 7.10 Overzicht knelpunten en maatregelen voor 220kV- en 380kV-net.

### Algemeen

De in de vorige paragrafen beschreven knelpunten op de 220kV- en 380kV-verbindingen en over de 380/220kV-transformatoren zijn samengevat in Tabel 7-3 en Tabel 7-4. In de eerste tabel zijn de overbelastingen gedurende normaal bedrijf bij enkelvoudige uitval (criterium A of n-1) weergegeven. Overbelastingen in deze categorie dienen zwaarder te worden gewogen dan overbelastingen op basis van enkelvoudige uitval tijdens onderhoud (criterium B of n-2). Dat komt omdat onderhoud kan worden gepland en omdat de scenario's die zijn doorgerekend op criterium B niet bij uitstek zijn gekozen op basis van hun geschiktheid om op een bepaalde locatie in het net onderhoud te kunnen plegen.

De knelpunten in het landelijke transportnet zijn geografisch te verdelen in drie groepen:

- Het noorden van het land laat vóór 2020 sterke overbelastingen zien tijdens onderhoud. Met de inbedrijfname van de nieuwe 380kV-verbinding Eemshaven Oudeschip-Ens verdwijnen al deze knelpunten met uitzondering van de geconstateerde knelpunten over de 380/220kV-transformatoren in Eemshaven en Meeden. De knelpunten over deze transformatoren zijn het gevolg van het niet inzetten van bestaande productie-eenheden aangesloten op het 220kV-net. Oplossing voor dit knelpunt vormt de uitbreiding van de transformatorcapaciteit in het 380kV-station Eemshaven door het aldaar opstellen van en derde transformator van 750 MVA uiterlijk 2014 in bedrijf.

- De noordkant van de 380kV-ring van Diemen tot aan Hengelo. Overbelastingen van enige betekenis zijn vrijwel allemaal gerelateerd aan de planningssituatie Landwind van het scenario 3\*20. Dit is een importsituatie met weinig opwekking in de Randstad alsmede in Zeeland, Noord-Brabant en Limburg. Dit leidt tot vermogensstromen van oost naar west. In het kader van project NoordWest380 moeten en kunnen deze knelpunten adequaat opgelost worden.
- De zuidkant van de 380kV-ring van Krimpen tot aan Maasbracht. Overbelastingen zijn gerelateerd aan de planningssituaties Kustwind uit zowel het Business as Usual als het 3\*20-scenario waarin een hoge opwekking in de Randstad, veel export en geen opwekking in Maasbracht is voorondersteld waardoor de vermogensstromen van west naar oost voornamelijk via de zuidkant verlopen. De afvoer vanuit de Randstad is dermate hoog dat waarschijnlijk nieuwe 380kV-verbindingen noodzakelijk zijn. Om tot een optimale configuratie te komen zijn aanvullende studies noodzakelijk waarmee een toekomstvaste net-configuratie kan worden opgesteld die rekening houdt met de ontwikkeling van wind op zee. Er dient een afweging te worden gemaakt tussen uitbreiding van de transportcapaciteit van de bestaande verbindingen en nieuwbouw waarbij de toekomstige ontwikkelingen optimaal worden gefaciliteerd. In een studie die in 2012 gereed zal zijn, zullen de volgende oplossingsrichtingen worden onderzocht:
  - Het vergroten van de transportcapaciteit van de bestaande verbindingen van 2x1.645 MVA naar 2x2.635 MVA. In deze planningssituatie is dit voor de verbinding Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht onvoldoende om enkelvoudige storingsreserve tijdens onderhoud in 2020 te garanderen. Een dergelijke oplossing zal zeker 2 à 3 jaar in beslag nemen.
  - Een extra 380kV-circuit Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht van 2.635 MVA. Hiermee ontstaat een driecircuit verbinding tussen Krimpen-Geertruidenberg en Eindhoven-Maasbracht van 3x2.635 MVA. Om een volledige driecircuit verbinding met een capaciteit van 3x2.635 MVA te verkrijgen tussen Krimpen en Maasbracht, moet dan ook de driecircuit verbinding tussen Geertruidenberg en Eindhoven worden opgewaardeerd naar 3x2.635 MVA. Aangezien het hier nieuwe te realiseren circuits betreft zal de doorlooptijd 7 à 10 jaar bedragen.
  - Een 380kV-verbinding vanuit het Westen naar Dodewaard waardoor er tevens een noodzakelijke ontlasting van de 380kV-verbindingen Krimpen-Geertruidenberg-Tilburg-Eindhoven-Maasbracht kan worden bewerkstelligd. Deze verbinding kan tevens de export via de nieuwe interconnectoren Doetinchem-Wesel verbeteren. Aangezien het hier nieuwe te realiseren verbindingen betreft zal de doorlooptijd 7 à 10 jaar bedragen.

Een oplossing hoeft zich niet te beperken tot één van bovenstaande punten, een combinatie van twee of alle drie is hoogstwaarschijnlijk noodzakelijk.

### Overzicht bekende additionele maatregelen

Onderstaande tabellen geven een overzicht van de knelpunten die niet worden opgelost door reeds in gang gezette netuitbreidingen zoals beschreven in paragraaf 7.1 en waarvoor de aanvullende maatregelen reeds zijn geïdentificeerd. In Tabel 7-3 zijn de oplossingen beschreven van de knelpunten die optreden bij toetsing aan criterium A. In Tabel 7-4 zijn voor criterium B de maatregelen vermeld die mogelijkerwijs noodzakelijk zijn. Het pakket aan oplossingen voor de knelpunten aan de zuidkant van de transportring is nog niet volledig in de tabellen opgenomen, omdat verschillende maatregel nog onderwerp van studie zijn.

Tabel 7-3: Voorziena maatregelen voor het 220kV- en 380kV-net op basis van criterium A

nr.	Verbinding / koppeling	Ontstaan	Maatregel	Opgelost
1	Zwolle-Hengelo	2020	Uitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Zwolle en Hengelo	2019
2	Zwolle-Ens	2016	Uitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Zwolle en Hengelo	2015
3	Ens-Lelystad	2016	Uitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Ens	2015
3a	Ens-Lelystad	2020	Uitbreiden transportcapaciteit naar 2635 MVA	2020
4	Lelystad-Diemen	2020	Uitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Diemen	2019
6	Krimpen - Geertruidenberg	2013	Uitbreiden transportcapaciteit naar 2635 MVA	2018
9	Eindhoven - Maasbracht	2013	Uitbreiden transportcapaciteit naar 2635 MVA, haalbaarheidsonderzoek heeft aangetoond dat maatregel uitvoerbaar is	2018
12	Eemshaven, 380/220kV-transformator	2013	Plaatsing van een derde 380/220kV-transformator, 750 MVA in Eemshaven	2014
13	Meeden, 380/220kV-transformator	2016	Plaatsing van een derde 380/220kV-transformator, 750 MVA in Meeden	2015

Tabel 7-4 Voorziene maatregelen voor het 220kV- en 380kV-net op basis van criterium B

nr.	Verbinding / koppeling	Ortstaan	Maatregel	Ongelofst
1	Zwolle-Hengelo	2020	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Zwolle en Hengelo	20:9
2	Zwolle-Ens	2016	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Zwolle en Hengelo, onderhoud bij lage transporten	20:5
3	Ens-Lelystad	2016	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Ens, onderhoud bij lage transporten	20:5
3a	Ens-Lelystad	2020	Jitbreiden transportcapaciteit naar 2635 MVA, onderhoud bij lage transporten	20:0
4	Lelystad-Diemen	2016	Onderhoud bij lage transporten	20:0
5	Krimpen-Diemen	2013	Onderhoud bij lage transporten	20:3
6	Krimpen-Geertruidenberg	2013	Jitbreiden transportcapaciteit naar 2635 MVA, onderhoud bij lage transporten	20:8
7	Geertruidenberg-Tilburg	2013	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Geertruidenberg, onderhoud bij lage transporten	20:8
8	Tilburg-Eindhoven	2013	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Eindhoven, onderhoud bij lage transporten	20:8
9	Eindhoven-Maasbracht	2013	Jitbreiden transportcapaciteit naar 2635 MVA, onderhoud bij lage transporten	20:0
10	Borssele-Moerdijk/Geertruidenberg	2020	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Borssele en Geertruidenberg, onderhoud bij lage transporten	20:0
11	Borssele Kreekrak	2020	Jitbreiden transportcapaciteit naar 1975 MVA door aanpassing in Borssele, onderhoud bij lage transporten	20:0
12	Eemshaven, 380/220kV-transformator	2013	Plaatsing van een derde 380/220kV-transformator, 750 MVA in Eemshaven	20:5
13	Meeden, 380/220kV-transformator	2013	Plaatsing van een derde 380/220kV-transformator, 750 MVA in Eemshaven	20:5

## 7.11 Vergelijking met het voorgaande Kwaliteits- en Capaciteitsdocument

Alle verschillen tussen de resultaten van het huidige Kwaliteits- en Capaciteitsdocument ten opzichte van het Kwaliteits- en Capaciteitsplan 2010-2016 zijn terug te voeren op een veranderde inzet van productie-eenheden (Zie hoofdstuk 3 voor de onderbouwing van de wijzigingen in de scenario's).

De verschillen in de gevonden knelpunten ten opzichte van het vorige KCD zijn weergegeven in onderstaande tabel. Daarin zijn alleen de knelpunten opgenomen die door het huidige investeringsprogramma zover dat in het model is meegenomen, niet binnen de zichtperiode van het huidige KCD verdwijnen.

Tabel 7-5: Wijzigingen ten opzichte van Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2010-2016

Verschil huidige en vorige KCD (alleen knelpunten die blijven bestaan ondanks netuitbreidingen zijn opgenomen)	Cat.	Maximale belasting				Opmerkingen knelpunten
		Huidig KCD		Vorig KCD		
		n-1	n-2	n-1	n-2	
<b>380kV-verbindingen</b>						
Eemshaven Oudeschip-Eemshaven	III			105		Door lagere productie en derde circuit in model niet meer in huidige KCD
Eemshaven-Meeden	III			104	118	
Zwolle-Hengelo	I	108	108	146	155	Door lagere productie Noorden grotendeels verdwenen
Zwolle-Ens	II	115	130			
Ens-Lelystad	II	147	167			Hangt samen met zeer lage productie Randstad (PS-5)
Lelystad-Diemen	II	111	130			
Oostzaan-Diemen	III				117	In huidige KCD door weglaten van Ens-Diemen (NoordWest380) uit model in combinatie met lage productie Randstad (PS-5)
Krimpen-Diemen	I		114		108	
Krimpen-Geertruidenberg	I	168	197	113	130	Verdwenen door inlissing Oostzaan-Krimpen in het station Diemen
Geertruidenberg-Tilburg	I		148		108	
Tilburg-Eindhoven	I		162		111	Hoger geworden door meer export Randstad
Eindhoven-Maasbracht	I	147	197	125	145	
Moerdijk-Geertruidenberg	II		101			Hoger geworden door meer export Randstad en kernenergie
Borssele-Moerdijk	II		143			
Borssele-Kreekrak	II		142			
<b>380/220kV-transformatoren</b>						
Eemshaven	II	154	398			Huidige KCD door ontbreken productie in het 220kV-net, vorige KCD door extreem hoge productie Noorden van het land
Meeden	I	105	263		140	

Betekenis van de categorieën

I: Knelpunt in beide KCD's

II: Knelpunt in huidige en niet in voorgaande KCD

III: Knelpunt in voorgaande en niet in huidige KCD

## 7.12 Lopende 380kV-projecten onder de Rijks Coördinatie Regeling.

Voor de vier projecten op 380 kV waarvoor momenteel de Rijks Coördinatie Regeling loopt is ook voor de periode buiten de zichtperiode van het KCD gekeken naar ontwikkelingen om de gewenste toekomstvastheid van de voorziene maatregelen te verkennen.

Dit is uitgevoerd voor de volgende vier projecten:

- NoordWest380: De aanleg van nieuwe verbindingen tussen Eemshaven en de transportring (Ens) tot aan Diemen;
- Randstad380-Noordring: De aanleg van een nieuwe verbinding tussen Beverwijk en Bleiswijk;
- ZuidWest380. De aanleg van een nieuwe verbinding tussen Borssele en de landelijke transportring (Tilburg);
- Doetinchem-Wesel. De aanleg van een nieuwe verbinding met Duitsland.

Voor het project NoordWest380 kan gegeven de verkenningen aangegeven worden dat de uitbreiding tussen Eemshaven en de transportring (Ens) noodzakelijk is en de voorziene uitbreiding van de transportcapaciteit van de huidige verbinding Ens – Lelystad – Diemen tot een vermogen van 2.635 MVA ook op langere termijn voldoet.

Voor het project Randstad380-Noordring is op basis van de uitgangspunten voor de berekening vastgesteld dat na 2020 extra knelpunten kunnen ontstaan in de afvoer van vermogen vanuit Beverwijk. Gezien de door de Rijksoverheid voorziene ontwikkeling van windvermogen offshore en onshore in Noord Holland moet in het kader van een toekomstvast net rekening gehouden worden met meer invoeding. Uitbreiding van transportcapaciteit op de bestaande verbinding Beverwijk – Oostzaan - Diemen wordt niet als een reële mogelijkheid gezien. Ontsluiting van Beverwijk met viercircuits tot de landelijke transportring levert een toekomst vaste oplossing. Voorziene oplossing in het kader van Randstad380-Noordring door middel van een dubbelcircuit kan en moet hiervoor een adequate maatregel bieden.

Voor de andere twee projecten zijn geen nadere opmerkingen

## 8. Capaciteitknelpunten en maatregelen 110kV-net regio Noord

In dit hoofdstuk worden de netberekeningen toegelicht die voor regio Noord zijn uitgevoerd bij toetsing van de regionale scenario's aan de netontwerp criteria. Voor geconstateerde knelpunten worden tevens de mogelijke maatregelen beschreven om deze op te lossen.

### 8.1 Uitgangspunten voor de netanalyse

In de netberekeningen is voor de drie steekjaren 2013, 2016 en 2020 rekening gehouden met de netconfiguratie geldend in 2011, waarbij:

- Voor het steekjaar 2013 en later rekening is gehouden met de volgende netaanpassingen:
  - Bouw van een nieuw 110kV-station te IJsselmuiden, Klazienaveen en Luttelgeest.
  - Tussen de stations Emmeloord en Luttelgeest is een dubbelcircuit kabelverbinding van 2 x 175 MVA aangelegd.
- voor het steekjaar 2016 en later rekening is gehouden met de volgende netaanpassingen:
  - Nieuwe 110kV-stations te Ens, Westermeerdijk en Emmeloord, waarbij Ens uitgerust zal worden met circa 225 MVar aan blindstroom compensatiespoelen.
  - Tussen de stations Vollenhove en Zwartsluis is een tweede circuit aangelegd.
  - Een aanpassing van de 110kV-enkelcircuit verbindingen tussen de 110kV-stations Vollenhove en Emmeloord, en tussen Vollenhove en Kampen, en tussen Emmeloord en Kampen; de verbinding tussen de 110kV-stations Vollenhove en Kampen wordt een dubbelcircuit verbinding.
  - Het 110kV-station Emmeloord wordt via een viercircuit kabelverbinding van 4 x 290 MVA aangesloten op het nieuwe 110kV-station Ens;
  - Tussen de stations Emmeloord en Westermeerdijk wordt een driecircuit kabelverbinding van 3 x 270 MVA aangelegd.
- Voor het steekjaar 2020 en later, rekening is gehouden met de volgende netaanpassingen:
  - Eemshaven Oudeschip – Ens, uitbreiding met een nieuwe 380kV-verbinding 2x 2.635 MVA in het kader van het project NoordWest380; deze netaanpassing wordt hier genoemd in verband met de verwachte verandering in vermogenstransporten in en door het 110kV-net.

### 8.2 Beschrijving scenario's en planningssituaties

Aangezien de 110kV-netwerken in de provincies Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel samen met Noordoostpolder één geïntegreerd netwerk vormen (netwerk regio Noord) is hiervoor één set van scenario's gehanteerd.

In aansluiting op het landelijk scenario Business as Usual als meest waarschijnlijke scenario voor regio Noord, zijn binnen de twee scenario's een drietal planningssituaties gedefinieerd en geanalyseerd bij een hoge belasting en is er één planningssituatie gedefinieerd en geanalyseerd bij een lage belasting. In de berekeningen is voor de drie hooglast belastingsituaties gebruik gemaakt van respectievelijk de landelijke planningssituaties Kustwind (Regio Noord 1, afgekort RN-1), Landwind (RN-2) en Windstil (RN-3). Voor de laaglast belasting situatie is gebruik gemaakt van de landelijke planningssituatie Landwind (RN-4).

In Tabel 8-1 zijn de combinaties van invoervariabelen voor de planningssituaties weergegeven:

**Tabel 8-1: Overzicht planningssituaties regio Noord**

Scenario	Planningssituatie	Belasting	Productie conventioneel	Decentraal wind	Decentraal warmtekracht	Landelijke planningssituatie
BaU	RN-1	hoog	standaard	hoog	geen	Kustwind
BaU	RN-2	hoog	hoog	geen	geen	Landwind
BaU	RN-3	hoog	laag	laag	hoog	Windstil
3*20	RN-4	laag	standaard	hoog	standaard	Landwind

**Toelichting:**

- In de belastingsituatie "hoog" wordt voor Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder 100% van de opgegeven belastingprognoses opgenomen, met een gelijktijdigheid van 1,0 voor Friesland en 0,84 voor Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder. De situatie "laag" wordt gekenmerkt door van de belastingprognoses 30% te nemen voor de belasting van Friesland en Drenthe en 40% te nemen voor de belasting van Groningen, Overijssel en Noordoostpolder.
- Bij de inzet van conventionele productiemiddelen wordt onderscheid gemaakt tussen de procesgerelateerde eenheden (laag), procesgerelateerde en basislast productie-eenheden (standaard) en de procesgerelateerde, basislast- en middenlast productie-eenheden (hoog).
- De inzet van decentrale wind kenmerkt zich door de situatie: geen, laag, en hoog. In de situatie "geen" is er geen inzet. Bij "laag" wordt 20%, en bij "hoog" wordt 94% van het opgestelde en geprognosticeerde windvermogen meegenomen.
- De inzet van decentrale warmtekracht (WKK) kenmerkt zich door de situatie: geen, standaard en hoog. In de situatie "geen" is er geen inzet. Bij "standaard" wordt 60% en bij "hoog" wordt 100% van het opgestelde en geprognosticeerde warmtekracht vermogen meegenomen.
- Conform de landelijke planningssituatie is alleen import van elektriciteit uit Noorwegen aangenomen.

### 8.3 Buiten de scenario's optredende knelpunten

Voor regio Noord treden er buiten de scenario's geen knelpunten op.

### 8.4 Scenario Business as Usual, Planningssituatie RN-1

Planningssituatie RN-1 is gekozen om te onderzoeken of het transportnet geschikt is om de vermogenstromen in en naar regio Noord binnen de gestelde netontwerp criteria te kunnen transporteren, bij de situatie van:

- een hoge (dag) belasting;
- de inzet van het procesgerelateerde productievermogen en de basislast eenheden;
- een hoge inzet van decentraal windvermogen;
- geen inzet van warmtekracht vermogen.

#### Belasting

De geprognosticeerde maximale belastingontwikkeling, zoals per station opgegeven door de onderliggende netbeheerders is verwerkt in het model, met in acht name van de eerder genoemde gelijktijdigheidfactoren van 1,0 voor Friesland en 0,84 voor Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder.

**Tabel 8-2: Gesommeerde belasting per regio deelnet (MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	539	540	542	543	545	546	548	550	551	553
Gron./Drent.	1144	1193	1220	1238	1257	1276	1295	1311	1328	1344
Overijssel	1084	1102	1122	1141	1160	1179	1197	1215	1232	1250
<b>Totaal</b>	<b>2766</b>	<b>2835</b>	<b>2884</b>	<b>2923</b>	<b>2962</b>	<b>3001</b>	<b>3040</b>	<b>3075</b>	<b>3111</b>	<b>3147</b>

#### Productie

Tabel 8-3 en Tabel 8-4 geven een overzicht van de inzet van het conventioneel productievermogen aangesloten op 110 kV en het decentraal productie vermogen.

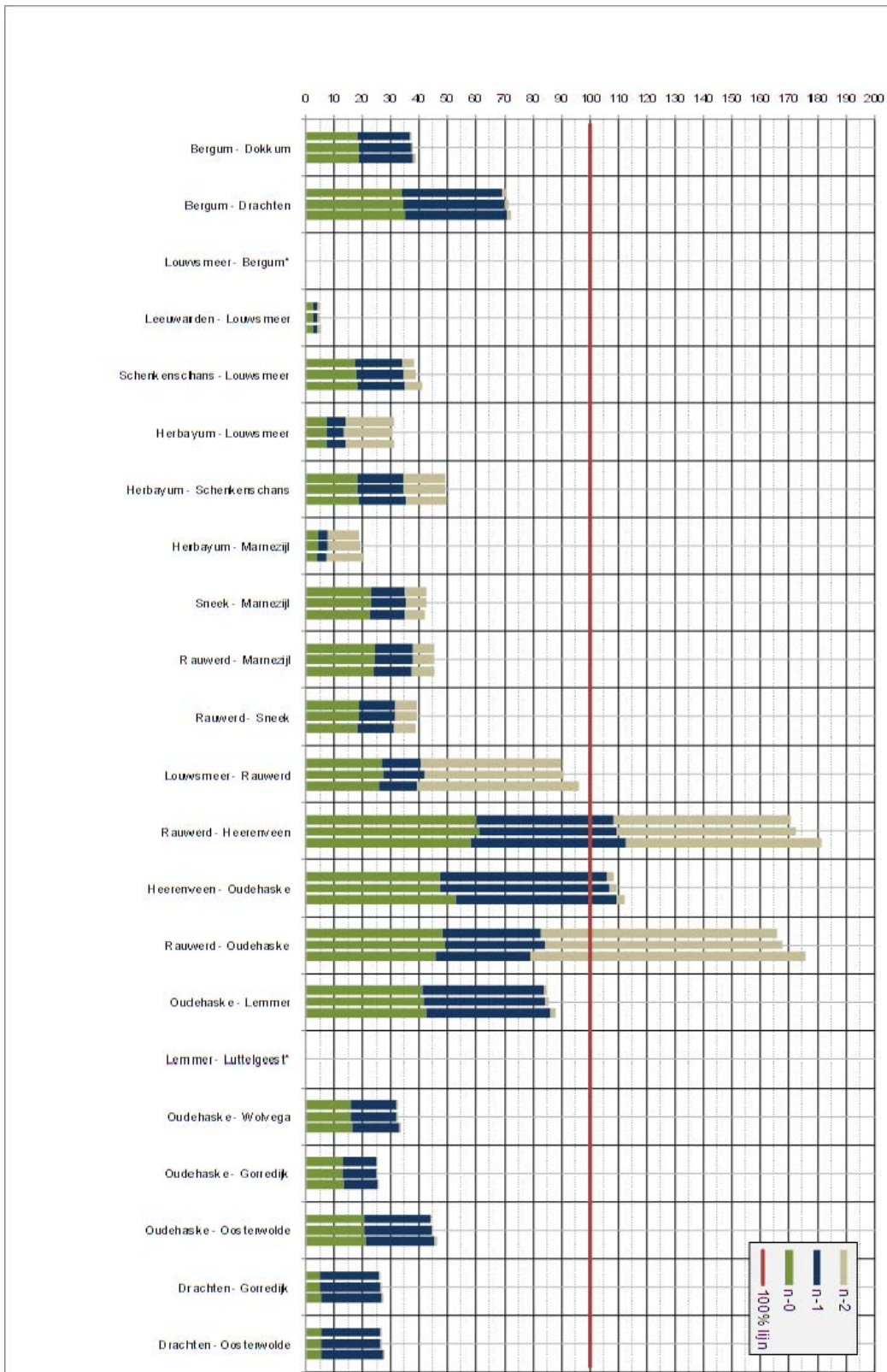
**Tabel 8-3: Inzet conventioneel productievermogen aangesloten op 110 kV(MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gron./Drent.	682	710	710	710	710	710	710	710	710	710
Overijssel	479	479	479	479	479	479	479	216	216	216
<b>Totaal</b>	<b>1161</b>	<b>1189</b>	<b>1189</b>	<b>1189</b>	<b>1189</b>	<b>1189</b>	<b>1189</b>	<b>926</b>	<b>926</b>	<b>926</b>

**Tabel 8-4: Decentraal productievermogen (MW)**

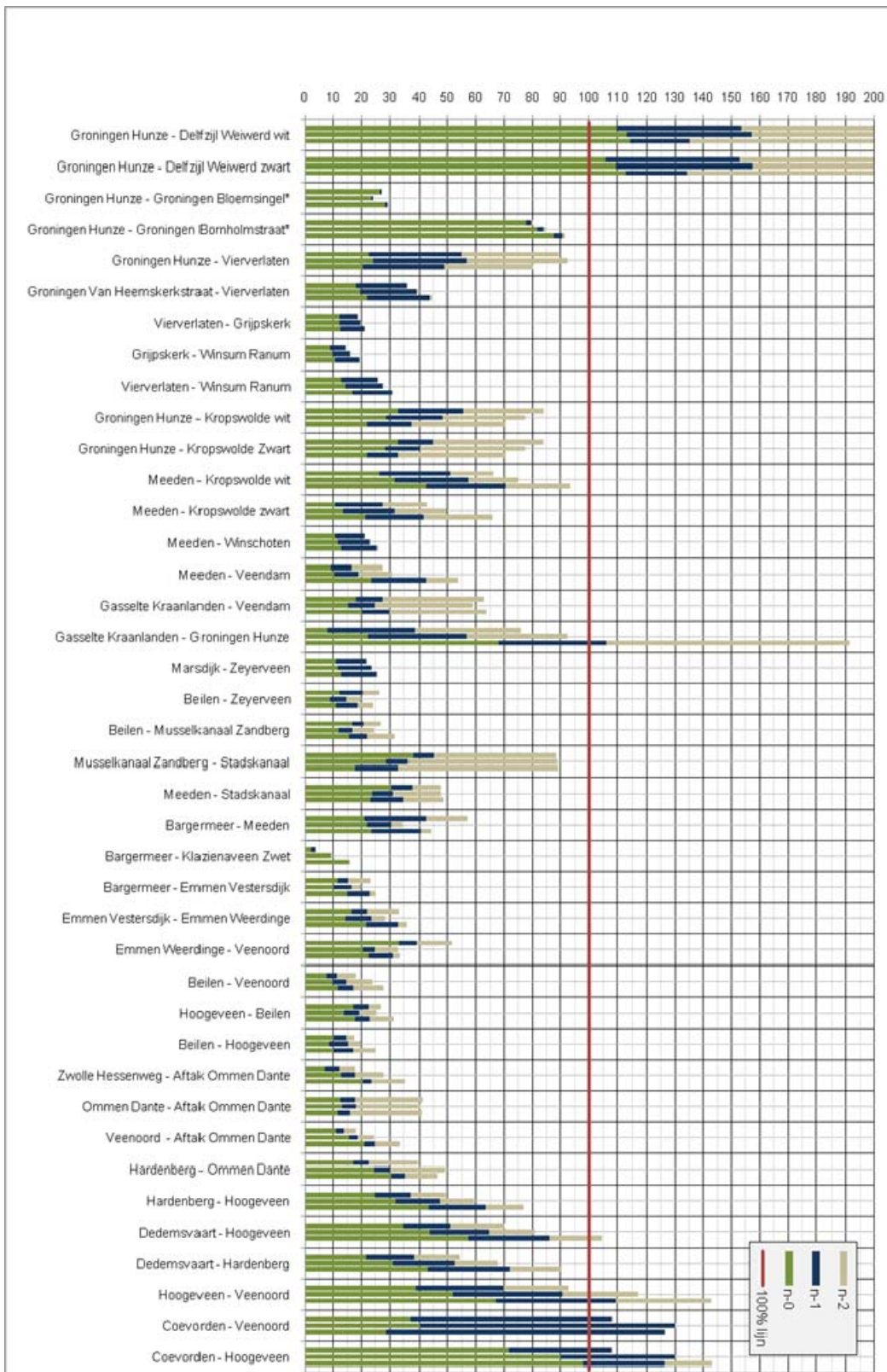
Regio/type	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesl.: Wind	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181
WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overig	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Gr./ Dr.: Wind	113	125	133	168	228	276	312	341	347	348
WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overig	113	167	168	168	169	171	172	174	175	177
Overijs.: Wind	43	52	62	380	366	366	366	366	366	366
WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overig	25	35	35	35	35	35	35	35	35	35
<b>Totaal</b>	<b>508</b>	<b>593</b>	<b>612</b>	<b>966</b>	<b>1012</b>	<b>1062</b>	<b>1099</b>	<b>1129</b>	<b>1137</b>	<b>1140</b>

**Berekeningsresultaten regio Noord, planningssituatie RN-1**

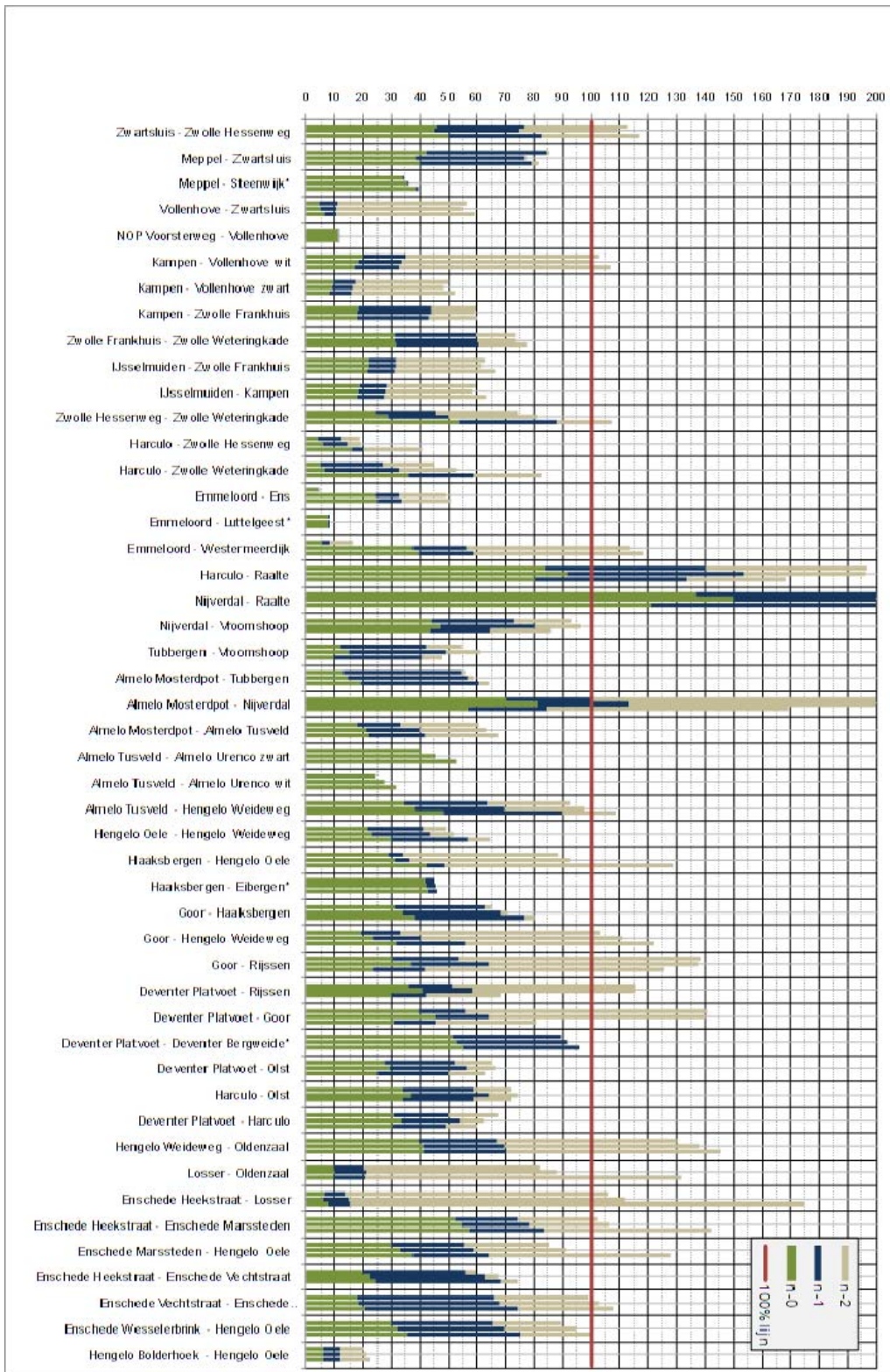


Grafiek 8-1: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Friesland voor de drie steekjaren planningssituatie RN-1





Grafiek 8-2: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Groningen en Drenthe voor de drie steekjaren planningsituatie RN-1



Grafiek 8-3: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren plannings situatie RN-1

### Maatregelen bij knelpunten voor Regio Noord, planningssituatie RN-1

Hieronder worden de geconstateerde knelpunten van de planningssituatie RN-1 in Friesland, Groningen/Drenthe en Overijssel/Noordoostpolder toegelicht, te nemen maatregelen vermeld alsmede het jaar van oplossen.

**Tabel 8-5: Knelpunten Friesland criterium A; planningssituatie RN-1**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Oudehaske	2013	De overbelasting ontstaat bij uitval van het circuit Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015
2	Heerenveen-Rauwerd	2013	De overbelasting ontstaat door uitval van het circuit Heerenveen-Oudehaske. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-6: Knelpunten Friesland criterium B; planningssituatie RN-1**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Oudehaske	bestaand	De grootste overbelasting ontstaat door een combinatie van uitval van één koppeltransformator in station Oudehaske en het circuit Oudehaske-Rauwerd of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door het uitvoeren van onderhoud bij lage netbelasting	2015
2	Heerenveen-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Oudehaske-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren. Tevens moeten de stroomtransformatoren op beide stations worden verzwaaard.	2015
3	Oudehaske-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-7: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium A; planningssituatie RN-1**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Coevorden-Hoogeveen	2013	Op station Coevorden is relatief veel DCO aangesloten en productie van een vuilverbrander. Uitval van een circuit Coevorden-Veenoord of Zwolle Hessenweg-Veenoord leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door station Coevorden aan te sluiten op de circuits Zwolle Hessenweg-Veenoord en de aanleg van een kabel Coevorden-Hardenberg.	2014
2	Coevorden-Veenoord	2013	Zie 1. Met uitval van het circuit Coevorden-Hoogeveen.	2014
3	Hoogeveen-Veenoord	2016	Zie 1. Met uitval van het circuit Coevorden-Hoogeveen	2014
4	Gasselte-Groningen Hunze circuits wit en zwart	2020	Dit knelpunt ontstaat door invoedend windvermogen op het station Gasselte. Uitval van het nevencircuit leidt tot overbelasting. Het knelpunt kan worden opgelost door het verhogen de ophangingen van de fasegeleiders of een extra circuit Gasselte-Veendam aan te leggen. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregelen uitvoerbaar zijn. Studie gereed medio 2014.	
5	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uit bedrijf is, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014

**Tabel 8-8: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium B; planningssituatie RN-1**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Coevorden-Hoogeveen	2013	Op station Coevorden is relatief veel DCO aangesloten en productie van een vuilverbrander. Uitval van Coevorden-Veenoord en Zwolle Hessenweg-Veenoord leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door station Coevorden aan te sluiten op de circuits Zwolle Hessenweg-Veenoord en de aanleg van een kabel Coevorden-Hardenberg.	2014
2	Coevorden-Veenoord	bestaand	Zie 1. Met uitval van Coevorden-Hoogeveen.	2014
3	Hoogeveen-Veenoord	bestaand	Zie 1. Met uitval van het circuit Coevorden-Hoogeveen.	2014
4	Gasselte-Groningen Hunze, circuits wit en zwart	2020	Dit knelpunt ontstaat door invoedend windvermogen op het station Gasselte. Uitval van het nevencircuit en Gasselte-Veendam leidt tot overbelasting. Het knelpunt kan worden opgelost door het verhogen van de fasegeleiders of een extra circuit Gasselte-Veendam aan te leggen. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregelen uitvoerbaar zijn. Studie gereed medio 2014.	
5	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uitvalt en de 220/110kV-koppeltransformator te Weiwerd, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014

**Tabel 8-9: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium A; planningssituatie RN-1**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van de verbinding Nijverdal-Vroomshoop treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. Voorts wordt de ophanging van de fasegeleiders van Almelo Mosterdpot-Nijverdal verhoogd.	2014
2	Harculo-Raalte circuits, wit en zwart	bestaand	Zie 1. Met uitval van het nevencircuit. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2014
3	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Zie 1. Met uitval van het nevencircuit. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2014

Tabel 8-10: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium B; planningssituatie RN-1

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van de verbinding Nijverdal-Vroomshoop treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. De pockets worden gerealiseerd door railsplitsing in Nijverdal en Goor en de aanleg van een kabelverbinding Nijverdal-Goor. Voorts moeten de fasegeleiders van Almelo Mosterdpot-Nijverdal worden verzwaard.	2014
2	Deventer Platvoet-Goor	bestaand	Zie 1. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets.	2014
3	Deventer Platvoet-Rijssen	bestaand	Zie 1. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets.	2014
4	Emmeloord-Westermeerdijk	2016	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee nevencircuits. Het knelpunt wordt opgelost door het uitvoeren van onderhoud tijdens lage netbelasting	2016
5	Enschede van Heekstraat-Losser	2016	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Het knelpunt wordt opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg (kabelverbinding $\geq 325$ MVA). Tevens moeten de railscheiders en stroomtransformatoren van station van Heekstraat worden verzwaard.	2017
6	Enschede Marssteden-Hengelo Oele	2020	Zie 5. Het knelpunt kan worden opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele - Hengelo Weideweg. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregel uitvoerbaar is. Studie gereed medio 2012.	
7	Goor-Hengelo Weideweg, circuits wit en zwart	2016	Zie 5. Het knelpunt wordt opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele - Hengelo Weideweg.	2017
8	Goor-Rijssen	bestaand	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets.	2014
9	Harculo-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Harculo-Raalte.	2014
10	Hengelo Weideweg-Oldenzaal, circuits wit en zwart	bestaand	De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de circuits Enschede van Heekstraat-Enschede Marssteden en Enschede Wesselerbrink-Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door een verhoogde ophanging van de fasegeleiders en het verzwaren van de veldverbindingen in station Hengelo Weideweg.	2014
11	Losser-Oldenzaal	2020	Zie 5. Het knelpunt wordt opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele - Hengelo Weideweg.	2017
12	Nijverdal-Raalte circuits wit en zwart	2013	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Nijverdal-Raalte	2014
13	Zwartsluis-Zwolle Hessenweg circuits wit en zwart	bestaand	De overbelasting ontstaat bij uitval van het nevencircuit en het circuit Kampen-Vollenhove. Het knelpunt wordt opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting.	

## 8.5 Business as Usual, Planningssituatie RN-2

Planningssituatie RN-2 is gekozen om te onderzoeken of het transportnet geschikt is de vermogenstromen in en naar regio Noord binnen de gestelde netontwerp criteria te kunnen transporteren, bij de situatie van:

- een hoge (dag)belasting;
- de inzet van procesgerelateerd productievermogen en basislast- en middenlast productie-eenheden (hoog);
- geen inzet van windvermogen;

- geen inzet van warmtekrachtvermogen.

### Belasting

De geprognosticeerde maximale belastingontwikkeling, zoals per station opgegeven door de onderliggende netbeheerders, is verwerkt in het model. Dit met in acht name van de eerder genoemde gelijktijdigheidfactoren van 1,0 voor Friesland en 0,84 voor Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder.

**Tabel 8-11: Gesommeerde belasting per regio deelnet (MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	539	540	542	543	545	546	548	550	551	553
Gron./Drent.	903	993	1014	1029	1044	1062	1080	1096	1112	1129
Overijssel	1094	1116	1136	1155	1174	1193	1215	1232	1250	1267
<b>Totaal</b>	<b>2536</b>	<b>2650</b>	<b>2692</b>	<b>2728</b>	<b>2763</b>	<b>2801</b>	<b>2842</b>	<b>2877</b>	<b>2913</b>	<b>2949</b>

### Productie

Tabel 8-12 en Tabel 8-13 geven een overzicht van de inzet van het conventioneel productievermogen aangesloten op 110 kV en het decentraal productievermogen.

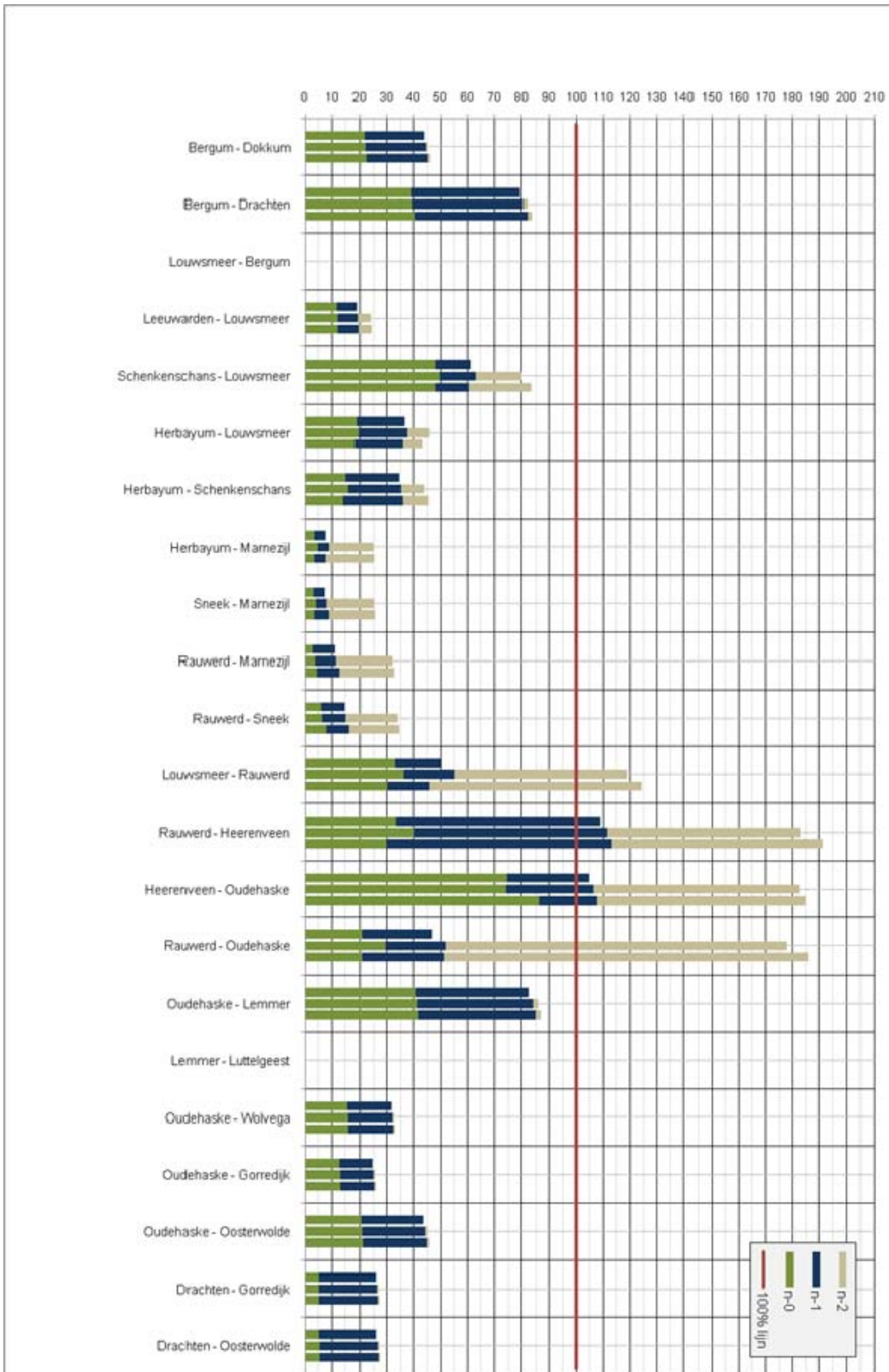
**Tabel 8-12: Inzet conventioneel productievermogen aangesloten op 110 kV(MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gron./Drent.	759	787	787	787	787	787	787	787	787	787
Overijssel	479	479	479	479	479	479	479	216	216	216
<b>Totaal</b>	<b>1238</b>	<b>1266</b>	<b>1266</b>	<b>1266</b>	<b>1266</b>	<b>1266</b>	<b>1266</b>	<b>1003</b>	<b>1003</b>	<b>1003</b>

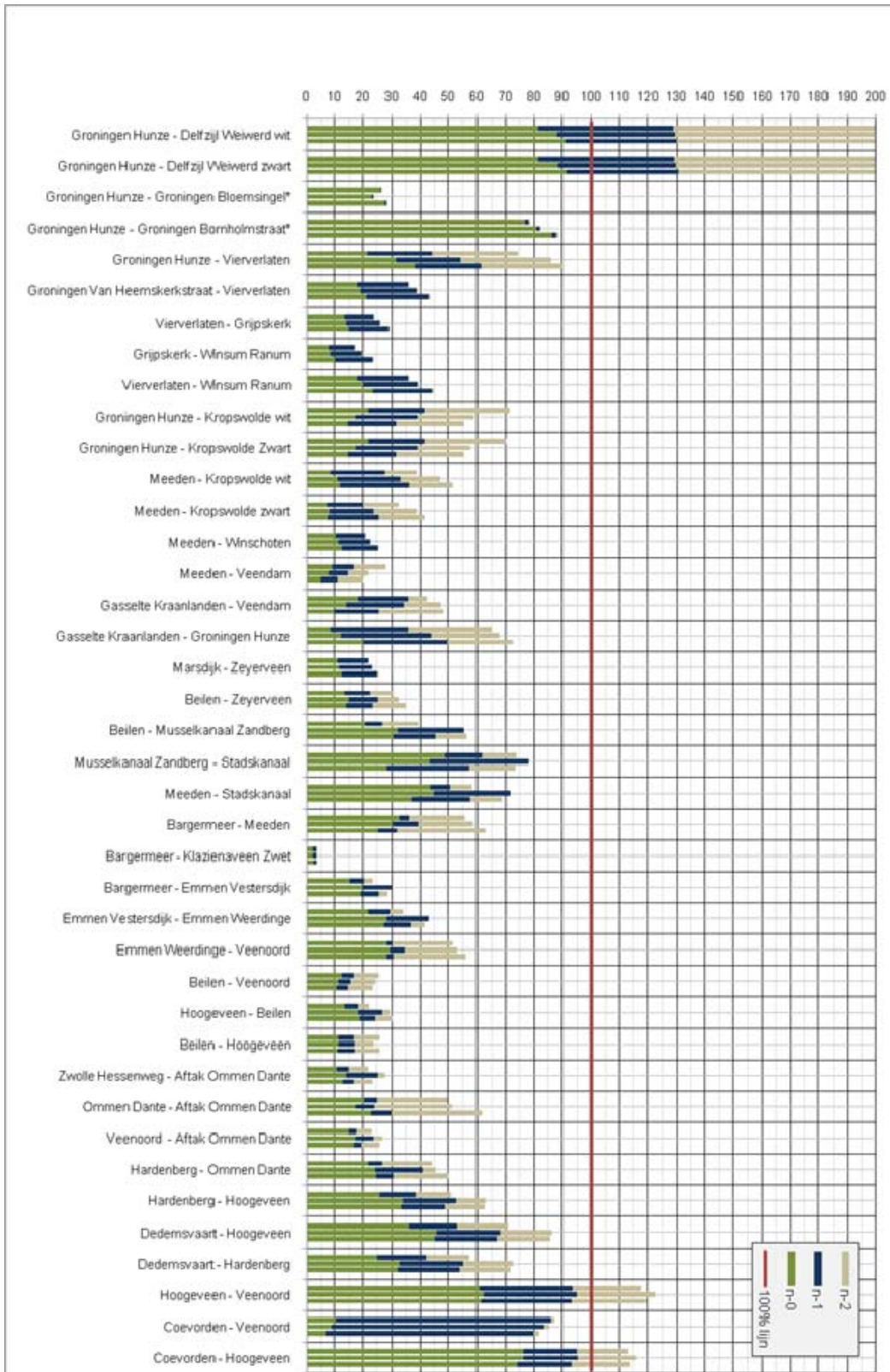
**Tabel 8-13: Decentraal productievermogen (MW)**

Regio/type	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesl.: Wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gr./ Dr.: Wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overijs.: Wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Overig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Berekeningsresultaten regio Noord, planningsituatie RN-2

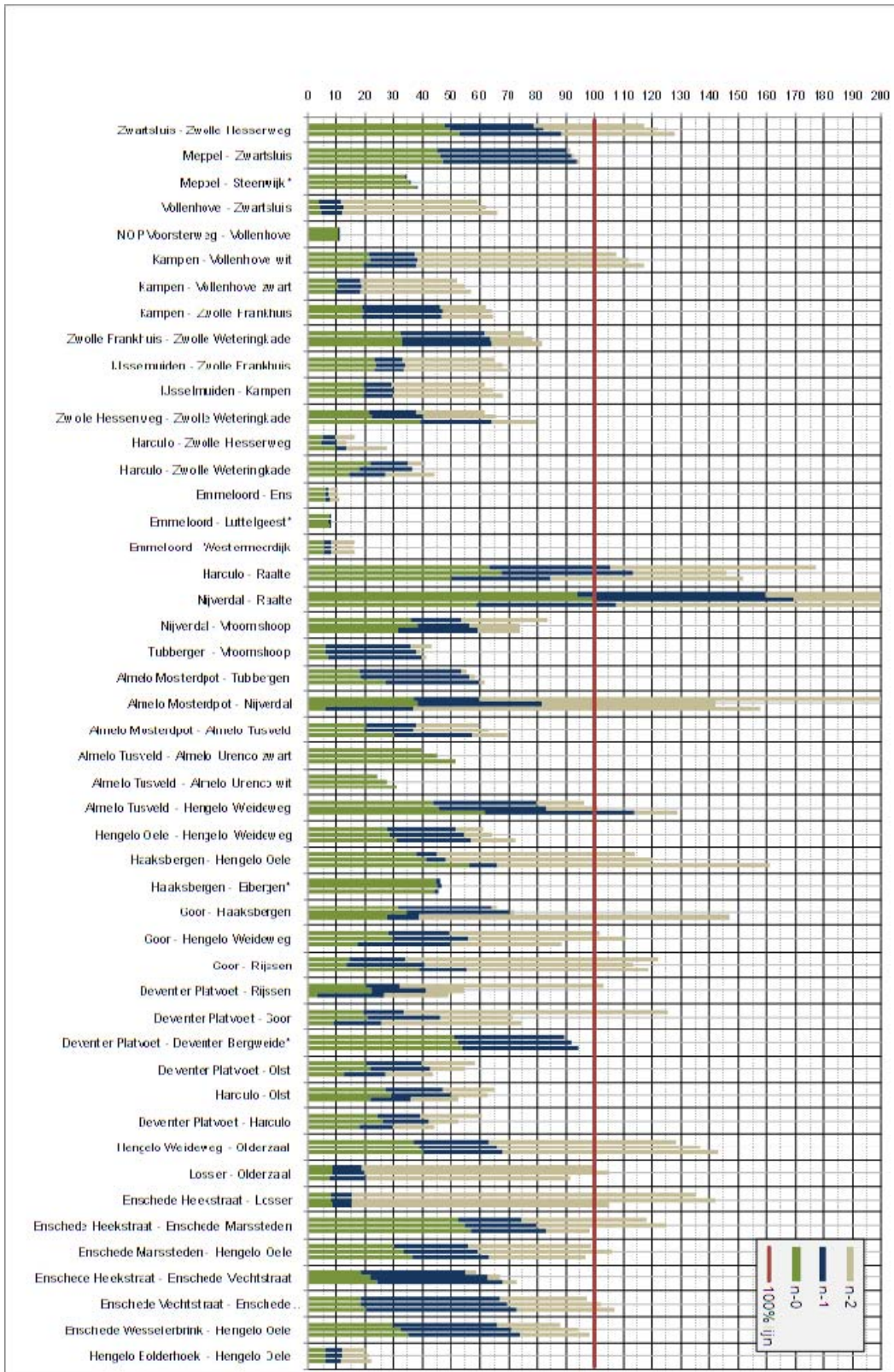


Grafiek 8-4: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Friesland voor de drie steekjaren planningssituatie RN-2



Grafiek 8-5: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Groningen en Drenthe voor de drie steekjaren planningsituatie RN-2





**Grafiek 8-6: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningssituatie RN-2**

**Maatregelen bij knelpunten voor Regio Noord, planningssituatie RN-2**

**Tabel 8-14: Knelpunten Friesland criterium A; planningssituatie RN-2**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Oudehaske	2013	De overbelasting ontstaat bij uitval van het circuit Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015
2	Heerenveen-Rauwerd	2013	De overbelasting ontstaat door uitval van het circuit Heerenveen-Oudehaske. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-15: Knelpunten Friesland criterium B; planningssituatie RN-2**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Oudehaske	bestaand	De overbelasting ontstaat door een combinatie van uitval van één koppeltransformator in station Oudehaske en het circuit Oudehaske-Rauwerd of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren. Tevens moeten op beide stations de stroomtransformatoren worden verzwaard.	
2	Heerenveen-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Oudehaske-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door verzwaring van de fasegeleiders. Tevens moeten op beide stations de stroomtransformatoren worden verzwaard.	2015
3	Louwsmeer-Rauwerd, circuits wit en zwart	2013	De overbelasting ontstaat bij onderhoud aan een van de koppeltransformatoren in station Oudehaske en uitval van de andere. Het knelpunt wordt opgelost door het onderhoud aan de koppeltransformator uit te voeren bij lage netbelasting.	
4	Oudehaske-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-16: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium A; planningssituatie RN-2**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uit bedrijf is, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014

**Tabel 8-17: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium B; planningsituatie RN-2**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Coevorden-Hoogeveen	2013	Op station Coevorden is relatief veel DCO aangesloten en productie van een vuilverbrander. Uitval van de verbinding Coevorden-Veenoord en Zwolle Hessenweg-Veenoord leidt tot overbelasting. Het knelpunt kan worden opgelost door het onderhoud uit te voeren bij lage netbelasting.	2013
2	Hoogeveen-Veenoord	bestaand	Zie 1. Met uitval van de verbinding Coevorden-Hoogeveen. Het knelpunt kan worden opgelost door het onderhoud uit te voeren bij lage netbelasting.	2014
3	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uitvalt en de 220/110kV-koppeltransformator te Weiwerd, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014
4	Delfzijl Weiwerd-Weiwerd110	2013	Uitval van de twee circuits van de verbinding Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014

**Tabel 8-18: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium A; planningsituatie RN-2**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Tussveld-Hengelo Weideweg, circuits geel en rood	2020	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van het nevencircuit treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. De pockets worden gerealiseerd door railsplitsing in Nijverdal en Goor en de aanleg van een kabelverbinding Nijverdal-Goor. Er dient nog nadere studie te worden gedaan. Studie gereed medio 2012.	
2	Harculo-Raalte circuits, wit en zwart	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Uitval van het nevencircuit leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verhogen van de fasegeleiders.	2014
3	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Zie 1. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verhogen van de fasegeleiders.	2014

Tabel 8-19: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium B; planningssituatie RN-2

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. De pockets worden gerealiseerd door railsplitsing in Nijverdal en Goor en de aanleg van een kabelverbinding Nijverdal-Goor. De fasegeleiders van Almelo Mosterdpot-Nijverdal moeten worden verzwaaard.	2014
2	Almelo Tusveld-Hengelo Weideweg, circuits geel en rood	2016	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van het nevecircuit en een circuit van Harculo-Raalte treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door het creëren van pockets. Er dient nog nadere studie te worden gedaan. Studie gereed medio 2012.	2014
3	Deventer Platvoet-Goor	bestaand	Zie 1. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets.	2014
4	Enschede van Heekstraat-Enschede Marssteden	2013	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Het knelpunt wordt opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg (kabelverbinding $\geq 325$ MVA).	2017
5	Enschede van Heekstraat-Losser	2016	Zie 4. Het knelpunt wordt opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Tevens moeten de railscheiders en stroomtransformatoren van station van Heekstraat worden verzwaaard.	2017
6	Goor-Hengelo Weideweg, circuits wit en zwart	2016	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits vanaf Harculo naar Olst en Deventer Platvoet. Het knelpunt wordt opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting.	2016
7	Goor-Rijssen	bestaand	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets.	2014
8	Haaksbergen-Hengelo Oele	2013	Zie 4. Het knelpunt kan worden opgelost door verzwaring van het daknet van station Haaksbergen of de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg.	2017
9	Harculo-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Harculo-Raalte.	2014
10	Hengelo Weideweg-Oldenzaal, circuits wit en zwart	bestaand	De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de circuits Enschede van Heekstraat-Enschede Marssteden en Enschede Wesselerbrink-Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het verhogen van de fasegeleiders en het verzwaren van de veldverbindingen in station Hengelo Weideweg.	2014
11	Nijverdal-Raalte circuits wit en zwart	2013	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Nijverdal-Raalte	2014
12	Zwartsluis-Zwolle Hessenweg circuits wit en zwart	bestaand	De overbelasting ontstaat bij uitval van het nevecircuit en het circuit Kampen-Vollenhove. Het knelpunt kan in eerste instantie worden opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting. In een later stadium moeten de veldgeleiders van station Zwolle en de fasegeleiders vanaf de combilijn tot station Zwartsluis worden verzwaaard	2015
13	Goor-Haaksbergen, circuits wit en zwart	2020	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Het knelpunt wordt opgelost door de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg.	2017

De verbindingen Deventer Platvoet-Rijssen, Losser-Oldenzaal, Enschede Marssteden-Hengelo Oele en Enschede Vechtstraat-Enschede Wesselerbrink vertonen bij toetsing aan criterium B slechts een geringe overbelasting ( $\leq 110\%$ ) en zijn daarom niet als knelpunten vermeld in bovenstaande tabel.

## 8.6 Business as Usual, Planningssituatie RN-3

Planningssituatie RN-3 is gekozen om te onderzoeken of het transportnet geschikt is de vermogenstromen in en naar regio Noord binnen de gestelde netontwerp criteria te kunnen transporteren, bij de situatie van:

- een hoge (dag)belasting;
- de inzet van procesgerelateerde productievermogen (laag);
- een lage inzet van windvermogen;
- een hoge inzet van warmtekrachtvermogen.

### Belasting

De geprognosticeerde maximale belastingontwikkeling, zoals per station opgegeven door de onderliggende netbeheerders, is verwerkt in het model. Dit met in acht name van de eerder genoemde gelijktijdigheidfactoren van 1,0 voor Friesland en 0,84 voor Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder.

**Tabel 8-20: Gesommeerde belasting per regio deelnet (MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	539	540	542	543	545	546	548	550	551	553
Gron./Drent.	1144	1193	1220	1238	1257	1276	1295	1311	1328	1344
Overijssel	1084	1102	1122	1141	1160	1179	1197	1215	1232	1250
<b>Totaal</b>	<b>2766</b>	<b>2835</b>	<b>2884</b>	<b>2923</b>	<b>2962</b>	<b>3001</b>	<b>3040</b>	<b>3075</b>	<b>3111</b>	<b>3147</b>

### Productie

Tabel 8-21 en Tabel 8-22 geven een overzicht van de inzet van het procesgerelateerde productievermogen aangesloten op 110 kV en het decentrale productievermogen.

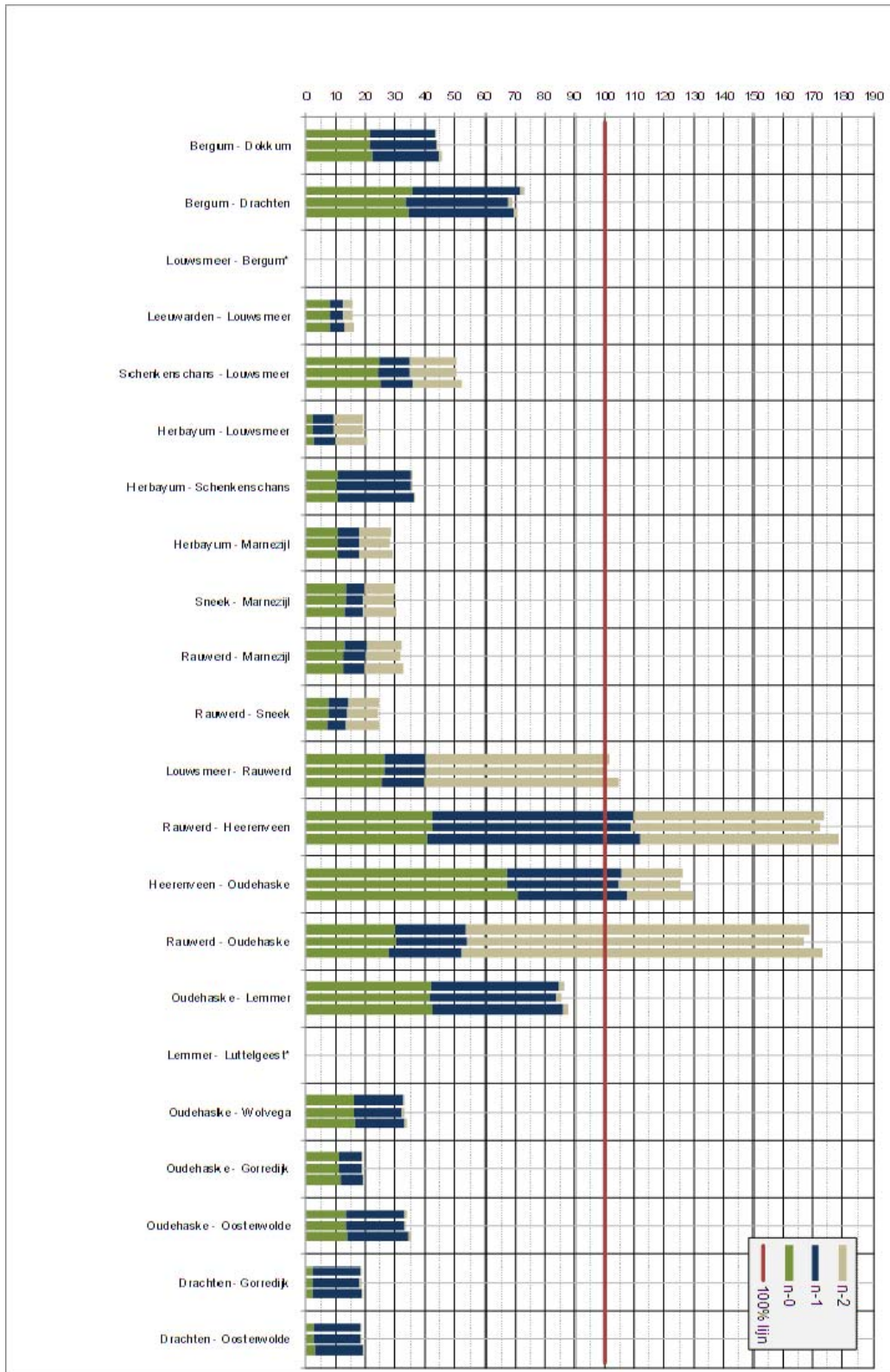
**Tabel 8-21: Inzet conventioneel productievermogen aangesloten op 110 kV (MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gron./Drent.	304	332	332	332	332	332	332	332	332	332
Overijssel	353	353	353	353	353	353	353	208	208	208
<b>Totaal</b>	<b>657</b>	<b>685</b>	<b>685</b>	<b>685</b>	<b>685</b>	<b>685</b>	<b>685</b>	<b>540</b>	<b>540</b>	<b>540</b>

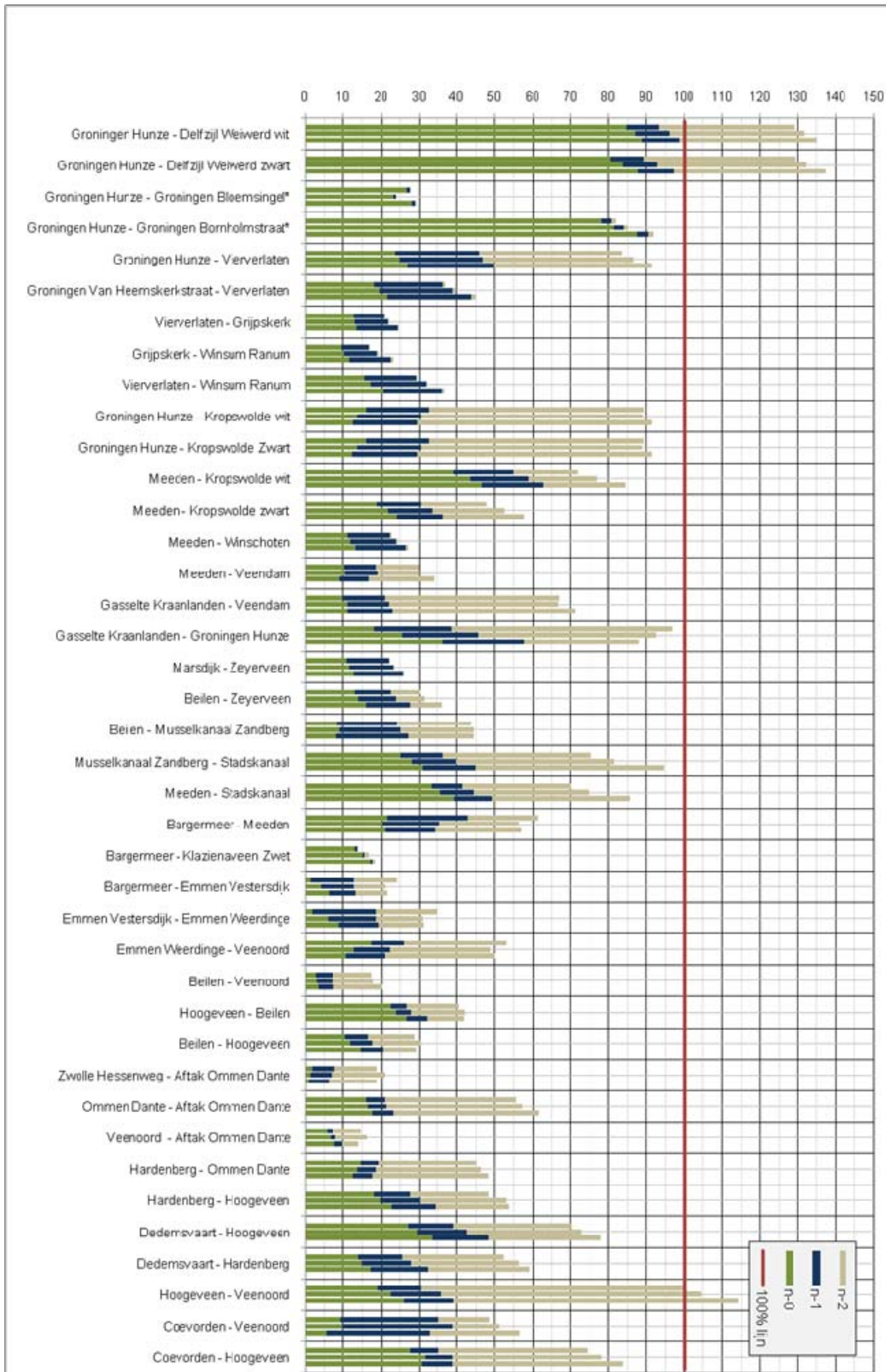
**Tabel 8-22: Decentraal productievermogen (MW)**

Regio/type	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesl.: Wind	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
WKK	80	82	83	85	86	86	86	86	86	86
Overig	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Gr./ Dr.: Wind	9	11	13	20	33	43	51	57	58	59
WKK	108	110	110	112	113	114	114	115	116	117
Overig	91	133	135	135	136	137	138	139	140	142
Overijs.: Wind	27	29	31	31	28	28	28	28	28	28
WKK	51	66	72	78	84	90	96	102	108	114
Overig	20	28	28	28	28	28	28	28	28	28
<b>Totaal</b>	<b>451</b>	<b>524</b>	<b>537</b>	<b>554</b>	<b>573</b>	<b>591</b>	<b>607</b>	<b>621</b>	<b>630</b>	<b>639</b>

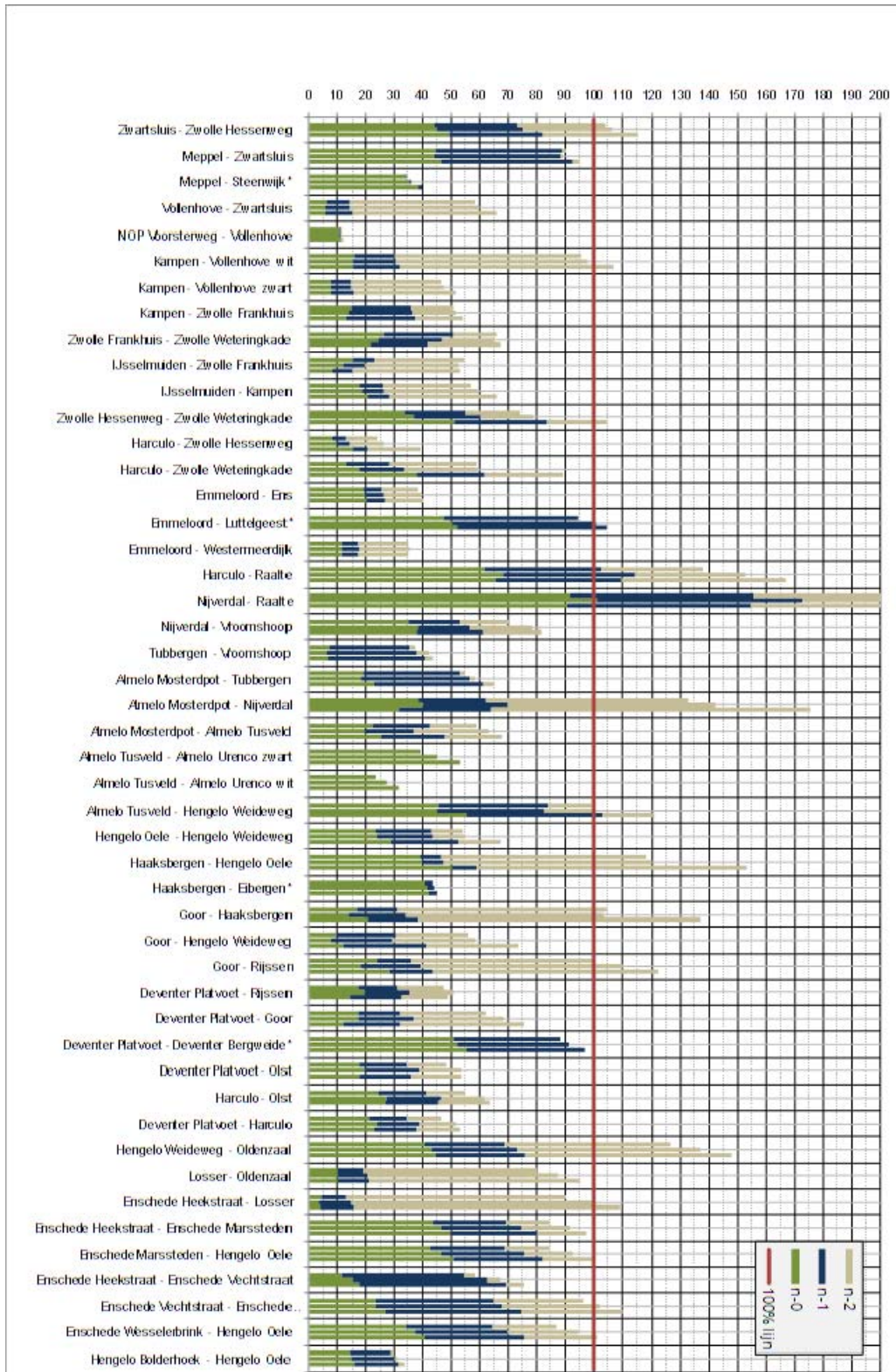
Berekeningsresultaten regio Noord, planningssituatie RN-3



Grafiek 8-7: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Friesland voor de drie steekjaren planningssituatie RN-3



Grafiek 8-8: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Groningen en Drenthe voor de drie steekjaren planningsituatie RN-3



Grafiek 8-9: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningssituatie RN-3



## Maatregelen bij knelpunten voor Regio Noord, planningssituatie RN-3

**Tabel 8-23: Knelpunten Friesland criterium A; planningssituatie RN-3**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Oudehaske	2013	De overbelasting ontstaat bij uitval van het circuit Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015
2	Heerenveen-Rauwerd	2013	De overbelasting ontstaat door uitval van het circuit Heerenveen-Oudehaske. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-24: Knelpunten Friesland criterium B; planningssituatie RN-3**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Oudehaske	bestaand	De overbelasting ontstaat door een combinatie van uitval van één koppeltransformator in station Oudehaske en het circuit Oudehaske-Rauwerd of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	
2	Heerenveen-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Oudehaske-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door verzwaring van de fasegeleiders. Tevens moeten op beide stations de stroomtransformatoren worden verzwared.	2015
3	Louwsmeer-Rauwerd, circuits wit en zwart	2013	De overbelasting ontstaat door uitval van beide koppeltransformatoren in station Oudehaske. Het knelpunt wordt opgelost door het onderhoud aan de koppeltransformator uit te voeren bij lage netbelasting.	
4	Oudehaske-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-25: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium A; planningssituatie RN-3**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uit bedrijf is, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014

**Tabel 8-26: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium B; planningssituatie RN-3**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Hoogeveen-Veenoord	bestaand	Bij uitval van de verbindingen Wijster Oosterseveld-Hoogeveen en Hardenberg-Ommen Dante treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door het onderhoud uit te voeren bij lage netbelasting.	
2	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uitvalt en de 220/110kV-koppeltransformator te Weiwerd, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014

**Tabel 8-27: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium A; planningssituatie RN-3**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Tusveld-Hengelo Weideweg, circuits geel en rood	2020	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van het nevecircuit treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. De pockets worden gerealiseerd door railsplitsing in Nijverdal en Goor en de aanleg van een kabelverbinding Nijverdal-Goor. Er dient nog nadere studie te worden gedaan. Studie gereed medio 2012.	
2	Emmeloord-Luttelgeest	2020	De overbelasting ontstaat bij uitval van het nevecircuit. De oorspronkelijke transportcapaciteit van deze verbinding is 175 MVA. De verbinding is thans in aanleg. Het knelpunt wordt opgelost door middel van grondverbetering, waardoor de transportcapaciteit wordt uitgebreid naar 185 MVA.	2012
3	Harculo-Raalte circuits, wit en zwart	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Uitval van het nevecircuit leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verhogen van de fasegeleiders.	2014
4	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Uitval van het nevecircuit leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en de ophangingen van de fasegeleiders te verhogen.	2014

Tabel 8-28: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium B; planningssituatie RN-3

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van de circuits Almelo Tusveld-Hengelo Weideweg treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. De pockets worden gerealiseerd door railsplitsing in Nijverdal en Goor en de aanleg van een kabelverbinding Nijverdal-Goor. Er dient nog nadere studie te worden gedaan. Studie gereed medio 2012. De fasegeleiders van Almelo Mosterdpot-Nijverdal moeten worden verzwaaard.	2014
2	Almelo Tusveld-Hengelo Weideweg, circuits geel en rood	2016	Zie 1. Bij uitval van het nevencircuit en een circuit van Harculo-Raalte treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting.	2016
3	Enschede Vechtstraat-Enschede Wesselerbrink	2020	Bij uitval van de circuits Enschede Marssteden-Hengelo Oele en Losser Oldenzaal treedt overbelasting op. Het knelpunt kan worden opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting.	
4	Goor-Haaksbergen, circuits wit en zwart	2020	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Het knelpunt kan worden opgelost door het verzwaren van de stroomtransformatoren van circuit wit station Goor en door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting. Er dient nog nadere studie te worden gedaan. Studie gereed medio 2016.	
5	Goor-Rijssen	2020	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits vanaf Harculo naar Olst en Deventer Platvoet. Het knelpunt kan worden opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting.	
6	Haaksbergen-Hengelo Oele	2013	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee circuits Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Het knelpunt kan worden opgelost door verzwaring van het daknet van station Haaksbergen of de aanleg van het derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg.	2017
7	Harculo-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Harculo-Raalte.	2014
8	Hengelo Weideweg-Oldenzaal, circuits wit en zwart	bestaand	De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de circuits Enschede van Heekstraat-Enschede Marssteden en Enschede Wesselerbrink-Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het verhogen van de fasegeleiders en het verzwaren van de veldverbindingen in station Hengelo Weideweg.	2014
9	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	2013	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van de twee koppeltransformatoren in Hengelo Oele. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Nijverdal-Raalte.	2014
10	Zwartsluis-Zwolle Hessenweg, circuits wit en zwart	bestaand	De overbelasting ontstaat bij uitval van het nevencircuit en het circuit Kampen-Vollenhove. Het knelpunt kan worden opgelost door onderhoud uit te voeren tijdens lage netbelasting.	

## 8.7 Scenario 3\*20, Planningssituatie RN-4

Planningssituatie RN-4 is gekozen om te onderzoeken of het transportnet geschikt is om de vermogenstro-

men in en naar regio Noord binnen de gestelde netontwerp criteria te kunnen transporteren, bij de situatie van:

- een lage (nacht)belasting;
- de inzet van het procesgerelateerde productievermogen en de basislast productie-eenheden;
- een hoge inzet van decentraal windvermogen.
- een standaard inzet van decentraal warmtekrachtvermogen.

#### Belasting

De geprognosticeerde maximale belastingontwikkeling, zoals per station opgegeven door de onderliggende netbeheerders is verwerkt in het model, met in acht name van de eerder genoemde gelijktijdigheidfactor van 0,40 bij Groningen, Noordoostpolder en Overijssel en een gelijktijdigheidfactor van 0,3 bij Friesland en Drenthe.

**Tabel 8-29: Gesommeerde belasting per regio deelnet (MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	539	540	542	543	545	546	548	550	551	553
Gron./Drent.	417	447	457	464	471	478	485	491	496	502
Overijssel	390	397	404	411	418	424	432	438	444	450
<b>Totaal</b>	<b>1345</b>	<b>1385</b>	<b>1403</b>	<b>1418</b>	<b>1433</b>	<b>1448</b>	<b>1464</b>	<b>1478</b>	<b>1492</b>	<b>1505</b>

#### Productie

De Tabel 8-30 en Tabel 8-31 geven een overzicht van de inzet van het conventioneel productievermogen aangesloten op 110 kV en het decentraal productievermogen.

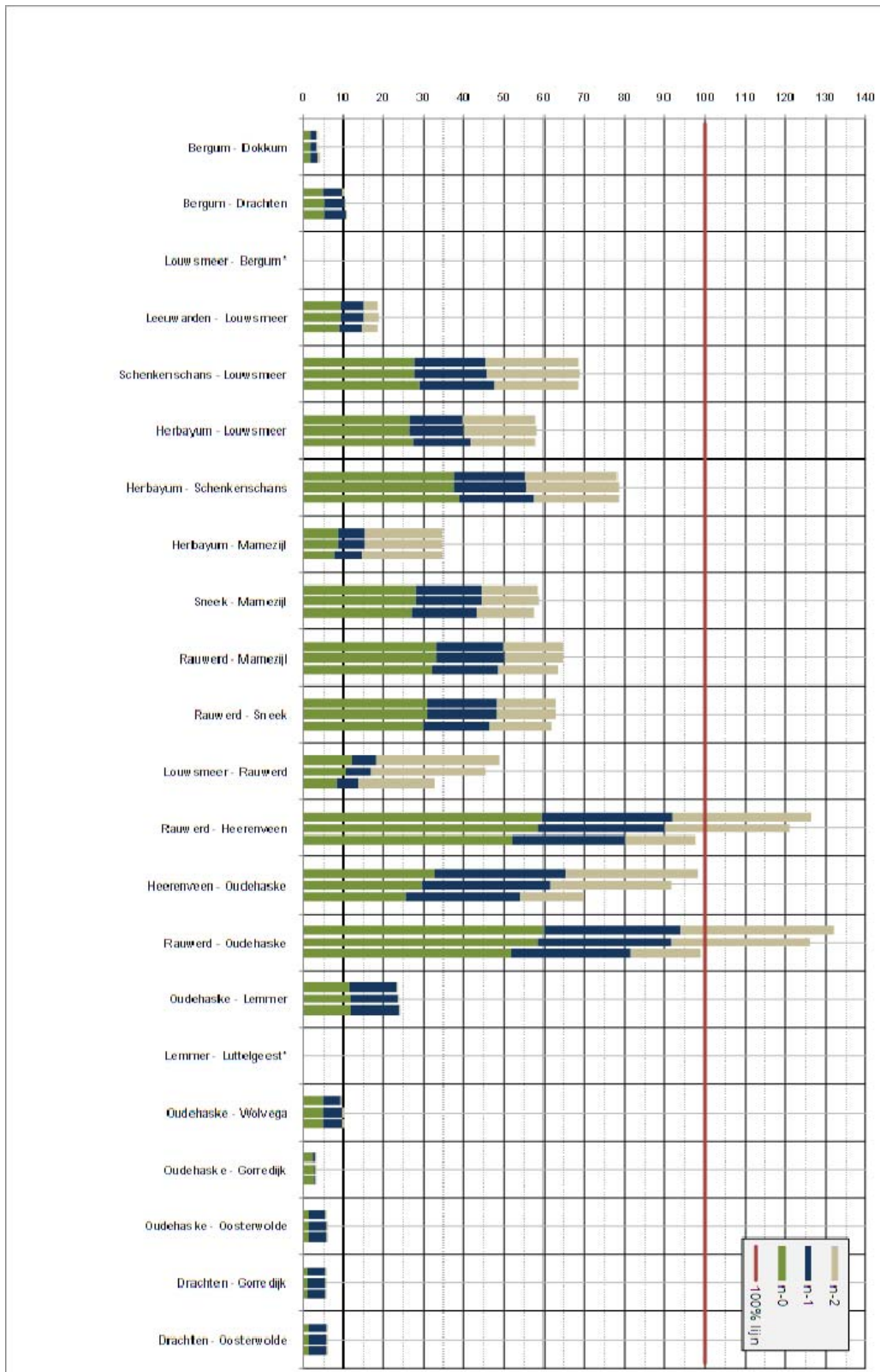
**Tabel 8-30: Inzet conventioneel productievermogen aangesloten op 150 kV(MW)**

Regio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friesland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gron./Drent.	682	710	710	710	710	710	710	710	710	710
Overijssel	569	569	569	569	569	569	569	306	306	306
<b>Totaal</b>	<b>1251</b>	<b>1279</b>	<b>1279</b>	<b>1279</b>	<b>1279</b>	<b>1279</b>	<b>1279</b>	<b>1016</b>	<b>1016</b>	<b>1016</b>

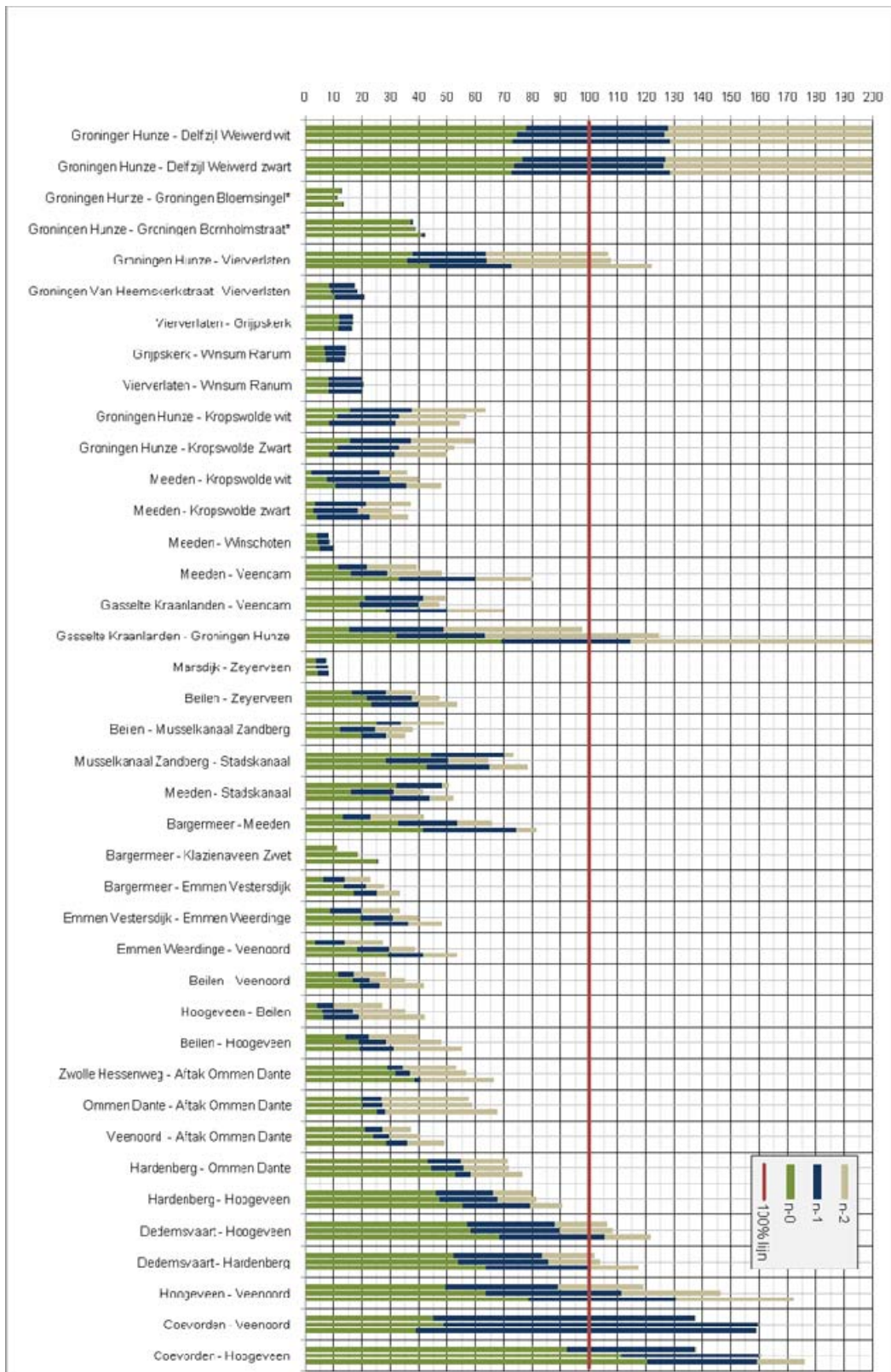
**Tabel 8-31: Decentraal productievermogen (MW)**

Regio/type	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Friegl.: Wind	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181
WKK	48	49	50	51	52	52	52	52	52	52
Overig	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Gr./ Dr.: Wind	20	32	41	76	135	183	219	248	254	255
WKK	65	66	66	67	68	68	69	69	70	70
Overig	91	133	135	135	136	137	138	139	140	142
Overijs.: Wind	43	52	62	380	366	366	366	366	366	366
WKK	31	40	43	47	51	54	58	61	65	69
Overig	20	28	28	28	28	28	28	28	28	28
<b>Totaal</b>	<b>525</b>	<b>608</b>	<b>632</b>	<b>991</b>	<b>1042</b>	<b>1095</b>	<b>1136</b>	<b>1170</b>	<b>1182</b>	<b>1188</b>

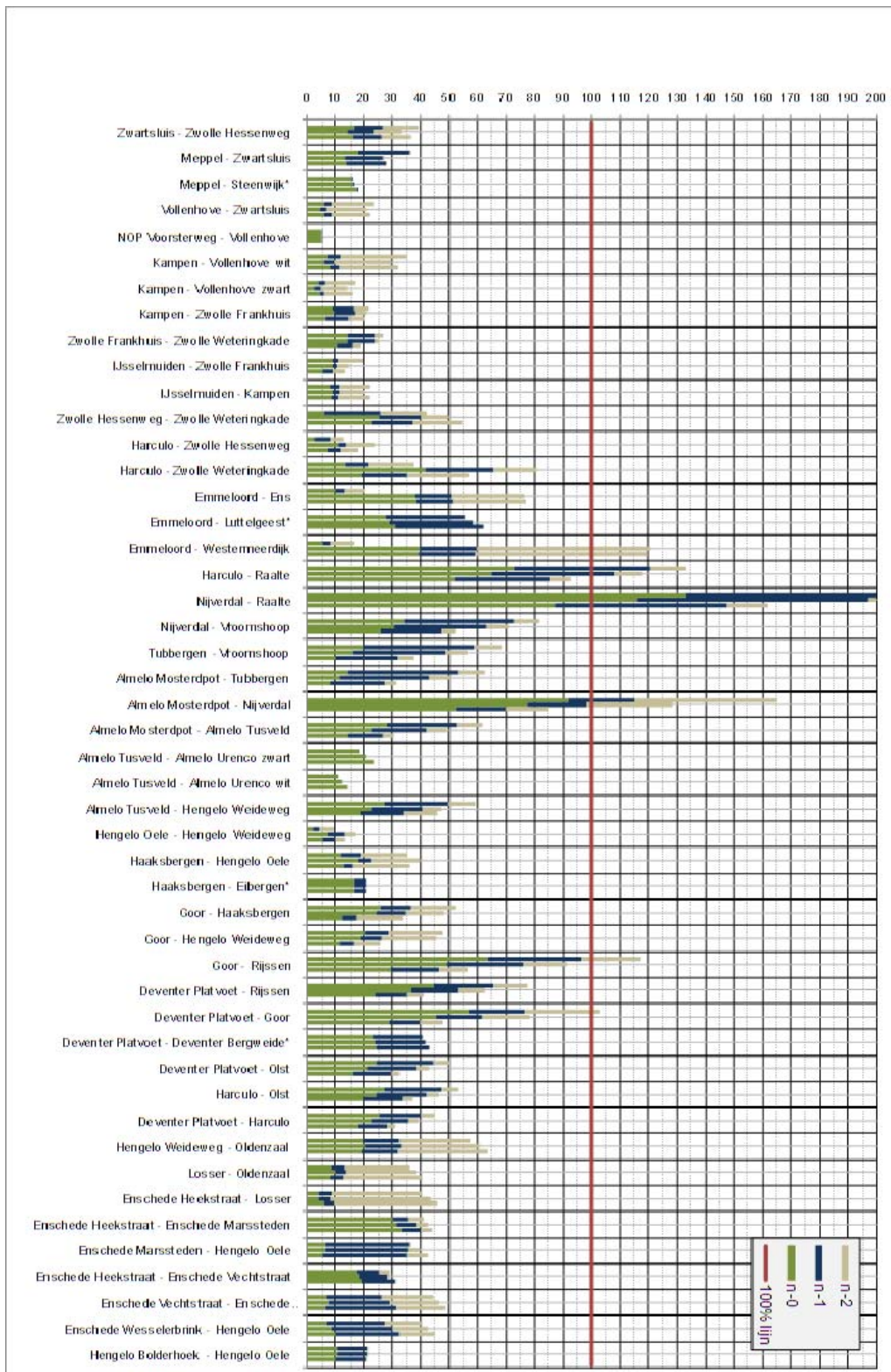
### Berekeningsresultaten regio Noord, planningssituatie RN-4



Grafiek 8-10: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Friesland voor de drie steekjaren planningsituatie RN-4



Grafiek 8-11: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Groningen en Drenthe voor de drie steekjaren planningsituatie RN-4



Grafiek 8-12: Belastinggraad 110kV-verbindingen in Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningsituatie RN-4

**Maatregelen bij knelpunten voor Regio Noord, planningssituatie RN-4**

In het Friese 110kV-net treden geen overbelastingen bij toetsing aan criterium A.

**Tabel 8-32: Knelpunten Friesland criterium B; planningssituatie RN-4**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Heerenveen-Rauwerd	bestaand	De overbelasting ontstaat door een combinatie van uitval van één koppeltransformator in station Oudehaske en het circuit Heerenveen-Oudehaske of Oudehaske-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door verzwaring van de fasegeleiders.	2015
2	Oudehaske-Rauwerd	bestaand	Zie nr. 1. Met uitval van de circuits Heerenveen-Oudehaske of Heerenveen-Rauwerd. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2015

**Tabel 8-33: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium A; planningssituatie RN-4**

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Coevorden-Hoogeveen	2013	Op station Coevorden is relatief veel DCO aangesloten en productie van een vuilverbrander. Uitval van een circuit uit de verbinding Coevorden-Veenoord leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door station Coevorden aan te sluiten op de circuits Zwolle Hessenweg-Veenoord en de aanleg van een kabel Coevorden-Hardenberg.	2014
2	Coevorden-Veenoord	2013	Zie 1. Met uitval van het circuit Coevorden-Hoogeveen.	2014
3	Hoogeveen-Veenoord	2016	Zie 1. Met uitval van het circuit Coevorden-Hoogeveen	2014
4	Gasselte-Groningen Hunze, circuits wit en zwart	2020	Dit knelpunt ontstaat door invoedend windvermogen op het station Gasselte. Uitval van het nevencircuit leidt tot overbelasting. Het knelpunt kan worden opgelost door het verhogen van de fasegeleiders of een extra circuit Gasselte-Veendam aan te leggen. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregelen uitvoerbaar zijn. Studie gereed medio 2014.	
5	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uit bedrijf is, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014
6	Dedemsvaart-Hardenberg	2020	Bij uitval van het circuit Hardenberg-Hoogeveen treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het verhogen van de fasegeleiders. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregelen uitvoerbaar zijn. Studie gereed medio 2015.	
7	Dedemsvaart-Hoogeveen	2020	Bij uitval van het circuit Hardenberg-Hoogeveen treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het verhogen van de fasegeleiders. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregelen uitvoerbaar zijn. Studie gereed medio 2015.	



Tabel 8-34: Knelpunten Groningen en Drenthe criterium B; planningsituatie RN-4

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Coevorden-Hoogeveen	2013	Op station Coevorden is relatief veel DCO aangesloten en productie van een vuilverbrander. Uitval van de verbinding Coevorden-Veenoord en Zwolle Hessenweg-Veenoord leidt tot overbelasting. Het knelpunt wordt opgelost door station Coevorden aan te sluiten op de circuits Zwolle Hessenweg-Veenoord en de aanleg van een kabel verbinding Coevorden-Hardenberg.	2014
2	Coevorden-Veenoord	bestaand	Zie 1. Met uitval van Coevorden-Hoogeveen en Hoogeveen-Veenoord.	2014
3	Hoogeveen-Veenoord	bestaand	Zie 1. Met uitval van het circuit Coevorden-Hoogeveen en een circuit van Zwolle Hessenweg-Veenoord.	2014
4	Gasselte-Groningen Hunze, circuits wit en zwart	2016	Dit knelpunt ontstaat door invoedend windvermogen op het station Gasselte. Uitval van het nevecircuit en Gasselte-Veendam leidt tot overbelasting. Het knelpunt kan worden opgelost door het verhogen van de fasegeleiders of een extra circuit Gasselte-Veendam aan te leggen. Een nadere studie moet uitwijzen of de voorgestelde maatregelen uitvoerbaar zijn. Studie gereed medio 2012.	2017
5	Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze, bestaande uit twee circuits wit en zwart, met elk 4 secties ten behoeve van een grote afnemer	bestaand	Wanneer één van de secties van een circuit uitvalt en de 220/110kV-koppeltransformator te Weiwerd, leidt dit tot overbelasting van één of meerdere secties van het andere circuit. De fasegeleiders van deze circuits hebben een beperkte transportcapaciteit om een te grote doorhang te voorkomen. De achterliggende oorzaken van de overbelasting zijn invoeding van relatief groot productievermogen op het 110kV-station Delfzijl en een aanzienlijk toenemende vermogensvraag van een grote afnemer. Het knelpunt wordt opgelost door productievermogen, dat nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, aan te sluiten op het nabijgelegen 220kV-station Weiwerd.	2014
6	Delfzijl Weiwerd-Weiwerd110	2013	Uitval van de twee circuits van de verbinding Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze leidt tot overbelasting. Verder zie nr. 5	2014
7	Groningen Hunze-Vierverlaten	2020	Uitval van een nevecircuit en de verbinding Delfzijl Weiwerd-Weiwerd110 of de 220/110 koppeltransformator te Weiwerd, leidt tot overbelasting. Verder zie 5.	2014
8	Dedemsvaart-Hardenberg	2020	Bij uitval van de circuits Hardenberg-Hoogeveen en een circuit van Zwolle Hessenweg-Veenoord treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het uitvoeren van onderhoud tijdens lage netbelasting.	
9	Dedemsvaart-Hoogeveen	2020	Bij uitval van het circuit Hardenberg-Hoogeveen en een circuit van Zwolle Hessenweg-Veenoord treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het uitvoeren van onderhoud tijdens lage netbelasting.	

Tabel 8-35: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium A; planningsituatie RN-4

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van de verbinding Nijverdal-Vroomshoop treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. Voorts wordt de ophanging van de fasegeleiders van Almelo Mosterdpot-Nijverdal verhoogd.	2014
2	Harculo-Raalte circuits, wit en zwart	bestaand	Zie 1. Met uitval van het nevecircuit. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verhogen.	2014
3	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Zie 1. Met uitval van het nevecircuit. Het knelpunt wordt opgelost door de fasegeleiders te verzwaren.	2014

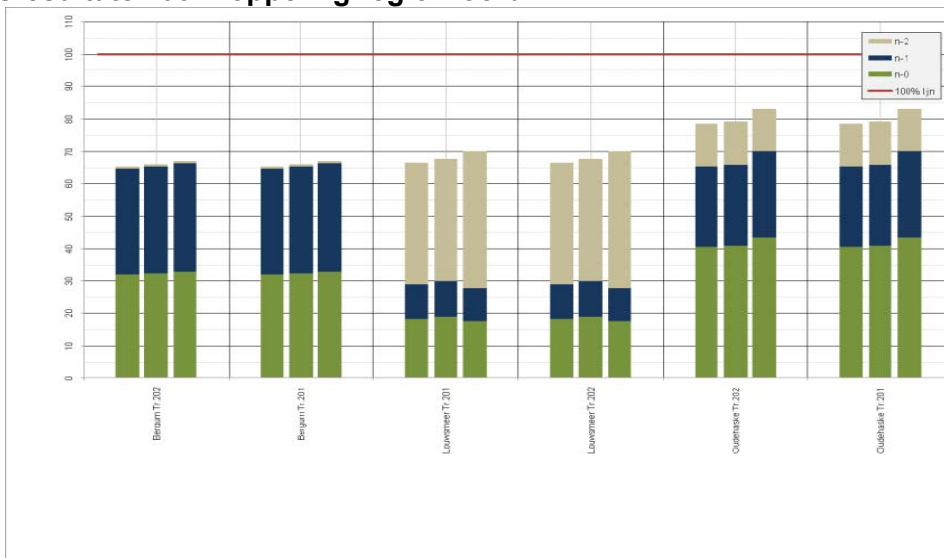
Tabel 8-36: Knelpunten Overijssel en Noordoostpolder criterium B; planningssituatie RN-4

Nr.	Verbinding	Jaar van ontstaan	Toelichting en Maatregel (-en)	Jaar van oplossen
1	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	bestaand	Er is doortransport vanaf Zwolle Hessenweg, Harculo, Raalte/Nijverdal/Almelo Mosterdpot en Deventer/Goor naar Hengelo Oele. Bij uitval van de circuits van Harculo naar Olst en Deventer Platvoet treedt overbelasting op. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets. Het 110kV-net in Salland en Twente Noord en West wordt opgedeeld in twee pockets, Harculo en Oele. Voorts moet de ophanging van de fasegeleiders van Almelo Mosterdpot-Nijverdal worden verhoogd.	2014
2	Emmeloord-Westermeerdijk	2016	De overbelasting ontstaat bij uitval van de twee neven-circuits. Het knelpunt wordt opgelost door het uitvoeren van onderhoud tijdens lage netbelasting.	2016
3	Goor-Rijssen	2013	De overbelasting ontstaat bij uitval van de circuits Almelo-Nijverdal en Deventer Platvoet-Goor. Het knelpunt wordt opgelost door het uitvoeren van onderhoud tijdens lage netbelasting.	2013
4	Harculo-Raalte, circuits wit en zwart	bestaand	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van het nevencircuit en Deventer Platvoet-Goor. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verhogen van de fasegeleiders Harculo-Raalte.	2014
5	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	2013	Zie 1. De grootste overbelasting ontstaat bij uitval van het nevencircuit en Deventer Platvoet-Goor. Het knelpunt wordt opgelost door het creëren van pockets en het verzwaren van de fasegeleiders Nijverdal-Raalte	2014

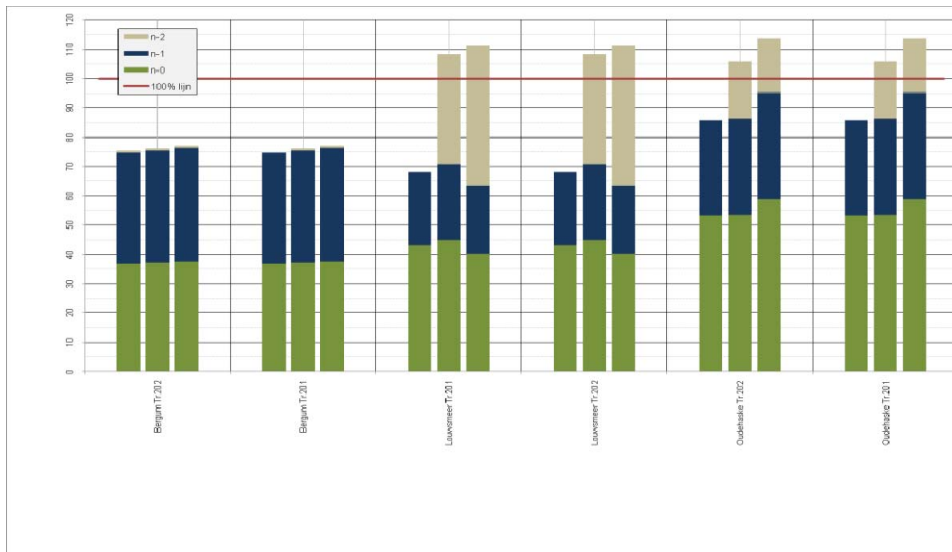
## 8.8 Aankoppeling met 380/220kV-net

De 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in regio Noord dienen voor de uitwisseling van vermogen met de 110kV-transportnetten. De hoeveelheid benodigd transformatorvermogen wordt bepaald aan de hand van de belasting en productie in de deelnetten. De toetsing vindt plaats aan de hand van de ontwerpcriteria A, B en C.

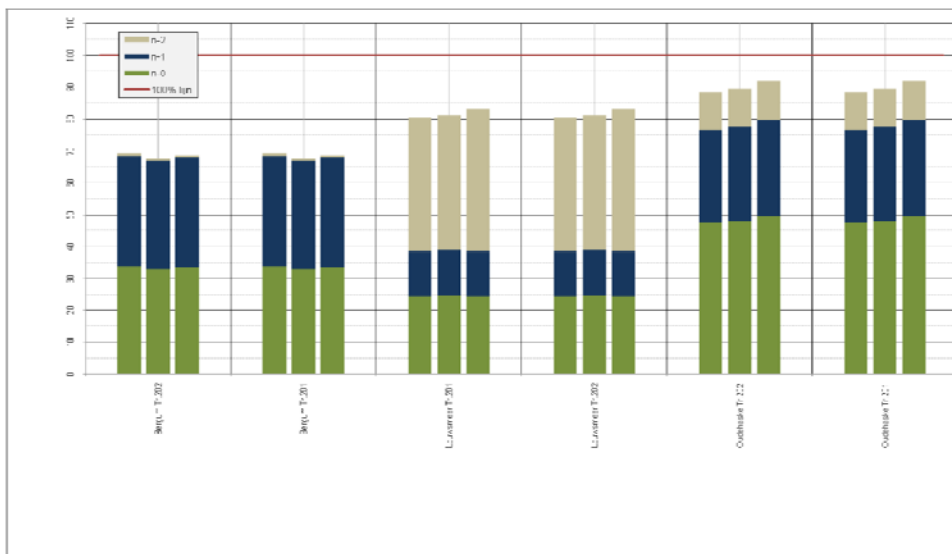
### Berekeningsresultaten aankoppeling regio Noord



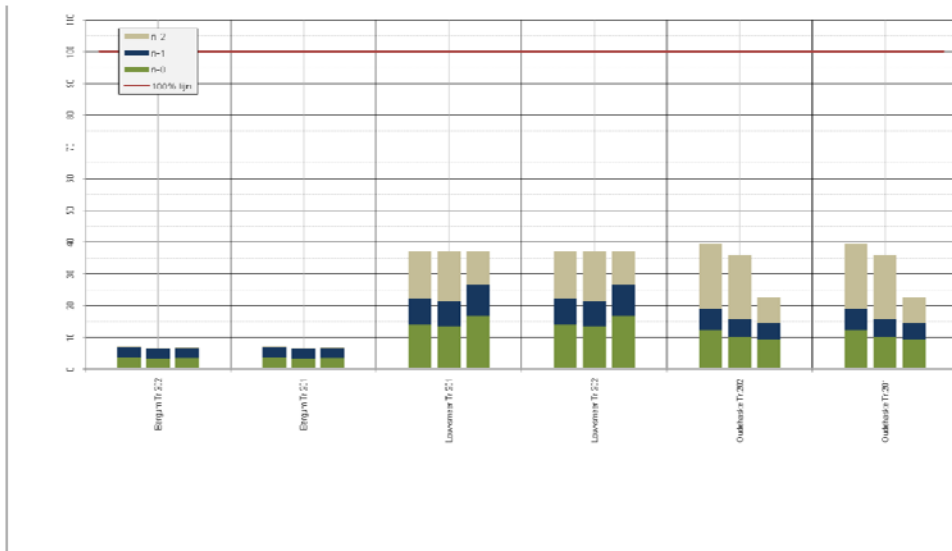
Grafiek 8-13: Belastinggraad 220/110kV-transformatoren in Friesland voor de drie steekjaren planningssituatie RN-1



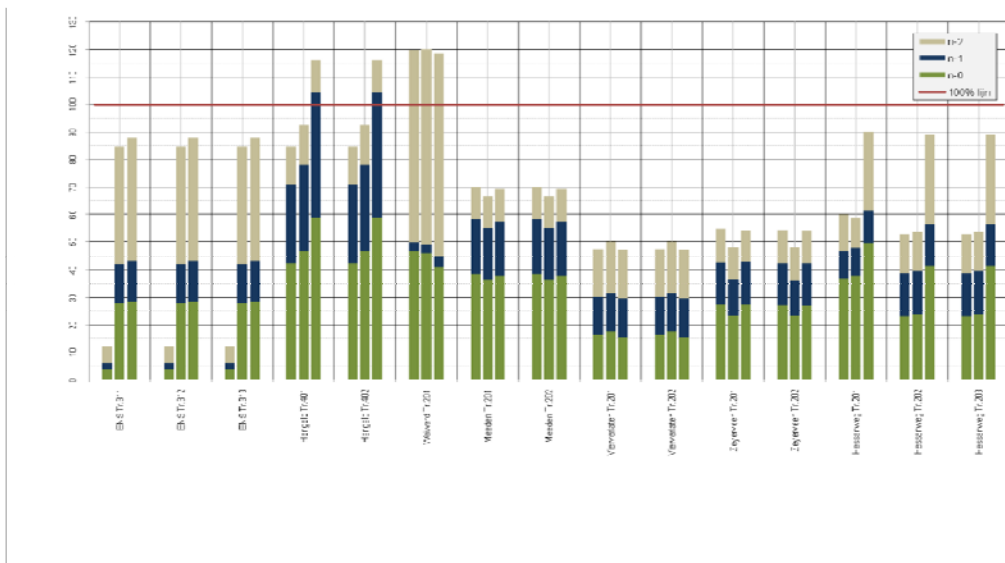
Grafiek 8-14: Belastinggraad 220/110kV-transformatoren in Friesland voor de drie steekjaren plannings situatie RN-2



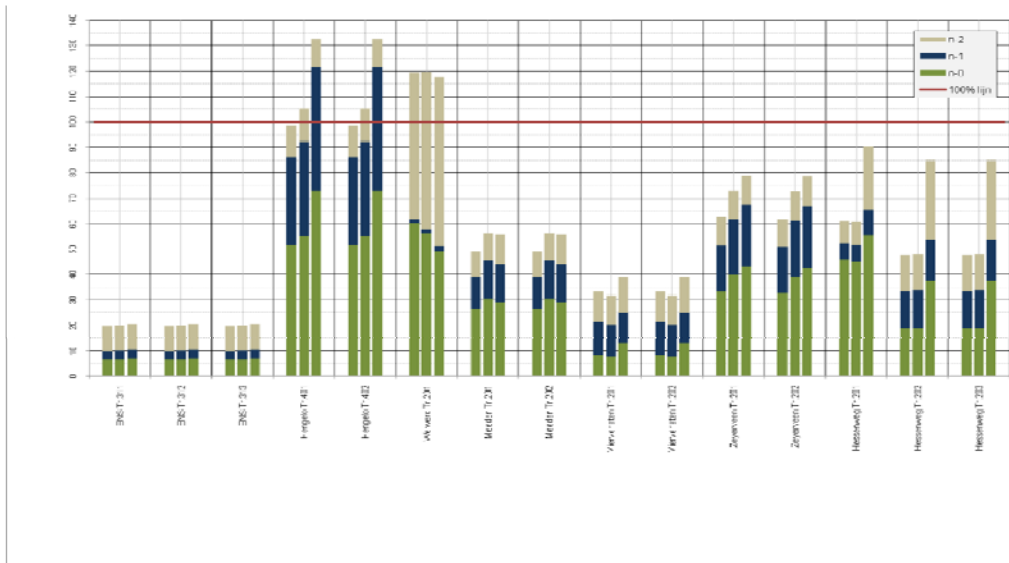
Grafiek 8-15: Belastinggraad 220/110kV-transformatoren in Friesland voor de drie steekjaren plannings situatie RN-3



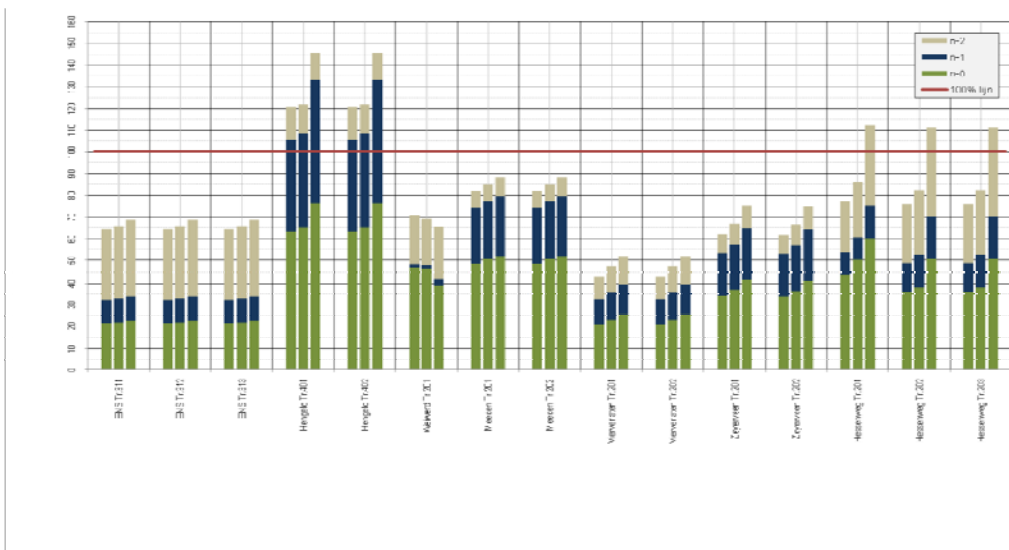
Grafiek 8-16: Belastinggraad 220/110kV-transformatoren in Friesland voor de drie steekjaren planningsituatie RN-4



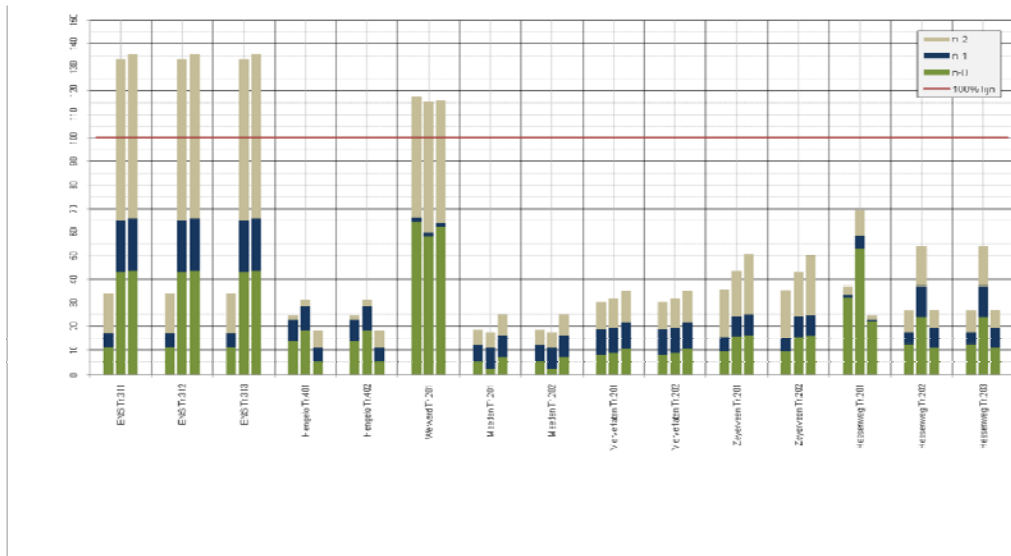
Grafiek 8-17: Belastinggraad 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordostpolder voor de drie steekjaren planningsituatie RN-1



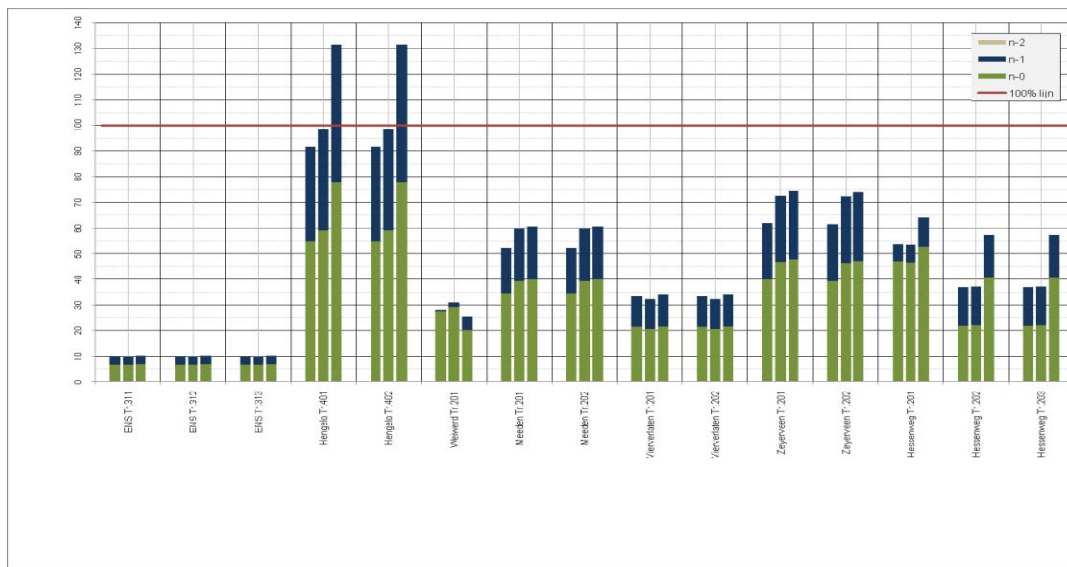
Grafiek 8-18: Belastinggraad 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningssituatie RN-2



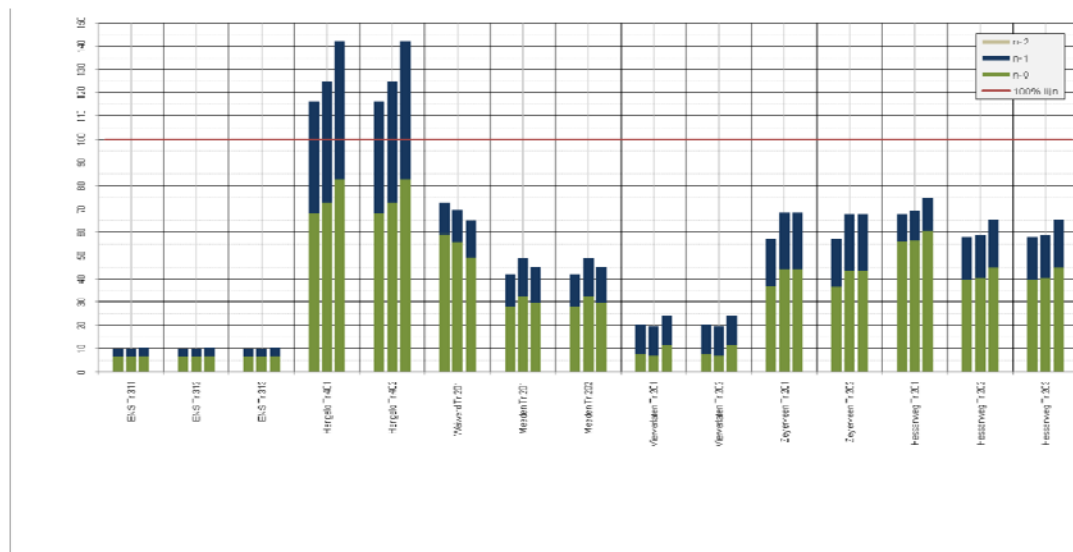
Grafiek 8-19: Belastinggraad 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningssituatie RN-3



Grafiek 8-20: Belastinggraad 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningsituatie RN-4



Grafiek 8-21: Belastinggraad 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in Groningen, Drenthe, Overijssel en Noordoostpolder voor de drie steekjaren planningsituatie RN-2, criterium C, uitval opwek Delesto en NAM-Schoonebeek



Grafiek 8-22: Belastinggraad 380/110kV- en 220/110kV-transformatoren in Groningen, Drenthe, Overijssel en Noord-Holland voor de drie steekjaren planningssituatie RN-2, criterium C, uitval opwek Harculo 110 en AKZO

### Maatregelen bij knelpunten in het 110kV-net Friesland

Bij de toetsing aan criterium A zijn geen knelpunten geconstateerd.

Bij toetsing aan criterium B treden er op de 220/110kV-transformatoren te Louwsmeer en Oudehaske geringe tot matige overbelastingen op voor de planningssituatie RN-2 in alle drie steekjaren. De knelpunten te Louwsmeer en Oudehaske kunnen worden opgelost door operationele maatregelen.

Omdat in Friesland grootschalige productie-eenheden niet worden ingezet, wordt voor de toetsing van criterium C verwezen naar de toetsing aan criterium B.

### Maatregelen bij knelpunten in het 110kV-net Groningen en Drenthe

Bij de toetsing aan het criterium A en C zijn geen knelpunten geconstateerd.

Bij toetsing aan criterium B treedt er op de 220/110kV-transformator te Weiwerd een geringe tot matige overbelasting op voor de planningssituaties RN-1, RN-2 en RN-4 in alle drie steekjaren. Het knelpunt kan worden opgelost door operationele maatregelen. Indien de grote opwekker, die nu is aangesloten op het 110kV-station Delfzijl Weiwerd, gaat invoeden op het 220kV-station Weiwerd, is het knelpunt definitief opgelost.

### Maatregel bij knelpunten in het 110kV-net Overijssel en Noord-Holland

Bij de toetsing aan criterium A treden er op de 380/110kV-transformatoren te Hengelo Oele geringe tot serieuze overbelastingen op voor de planningssituatie RN-3 in alle drie steekjaren en een geringe tot serieuze overbelasting voor de planningssituatie RN-1 en RN-3 in het steekjaar 2020. Dit knelpunt kan worden opgelost door de derde transformator permanent in te schakelen. De huidige praktijk is dat vanwege problemen van nettechnische aard de derde transformator in het station Hengelo Oele stand-by staat. Voordat deze transformator permanent kan worden ingeschakeld, moeten eerst nog enkele aanpassingen in de 110kV-stations Hengelo Weideweg, Hengelo Boeldershoek en Oldenzaal worden uitgevoerd. Hiervoor dient een nadere studie te worden uitgevoerd.

Bij toetsing aan criterium B treden er op de 380/110kV-transformatoren te Ens serieuze overbelastingen op voor de planningssituaties RN-4 in de steekjaren 2016 en 2020. Het knelpunt kan worden opgelost door ope-

rationele maatregelen, namelijk het uitvoeren van onderhoud bij lage netbelasting.

Op de 220/110kV-transformatoren te Zwolle Hessenweg treden matige overbelastingen op voor de planningssituatie RN-3 in het steekjaar 2020. Het knelpunt kan worden opgelost door operationele maatregelen, namelijk het uitvoeren van onderhoud bij lage netbelasting.

Op de 380/110kV-transformatoren te Hengelo Oele treden serieuze overbelastingen op voor de planningssituatie RN-2 in alle steekjaren en geringe tot serieuze overbelastingen op voor de planningssituatie RN-3 in de steekjaren 2016 en 2020. Dit knelpunt kan worden opgelost door de derde transformator permanent in te schakelen. Zie ook de tekst bij het knelpunt van criterium A.

Bij toetsing aan criterium C treden er op de 380/110kV-transformatoren te Hengelo Oele matige tot serieuze overbelastingen op voor de planningssituaties RN-2 in alle drie steekjaren. Dit knelpunt kan worden opgelost door de derde transformator permanent in te schakelen. Zie ook de tekst bij het knelpunt van criterium A.

## 8.9 Aankoppeling met regionale netbeheerder naar lager spanningsniveau

De distributietransformatoren in regio Noord van 110kV naar 10kV of 220kV naar 20kV zijn in beheer van Liander en Enexis. Beide netbeheerders hebben zelf onderzocht of er voldoende distributietransformatoren in hun verzorgingsgebied aanwezig zijn. Hierbij is door Liander en Enexis een aantal knelpunten gesignaleerd.

In de onderstaande tabel staan de door Liander en Enexis aangegeven oplossingsrichtingen voor de gesignaleerde knelpunten. Nut en noodzaak, haalbaarheid en realiseerbaarheid van nieuwe velden, transformatorverzwaringen of meerdere transformatoren achter één veld (vorkschakeling) zullen per geval moeten worden onderzocht, ook beveiligingstechnisch.

**Tabel 8-37: Overzicht maatregelen inzake aankoppeling met regionale netbeheerders**

Locatie	Spanningsniveau [kV]	Knelpunt treedt op bij prognose	Maatregel	Gepland jaar van oplossen
<b>Friesland</b>				
Dokkum	20	Belasting	1 <sup>e</sup> fase: 1 aftakking van bestaand 110kV-veld, 1 trafo 110/20kV 2 <sup>e</sup> fase: idem	2012 2015
Leeuwarden Kan.weg	10	belasting	Transformator verzwaren	2015
Marnezijl	20	Belasting	1 aftakking van bestaand 110kV-veld, 1 trafo 110/20kV	2012
Schenkenschans	10	belasting	Transformator verzwaren + 10kV-installatie splitsen	2013
<b>Groningen en Drenthe</b>				
Gasselte	10	opwek max.	Transformator + 10kV-installatie plaatsen	2016
Groningen Bornholmstraat	10	belasting	Transformator verzwaren + splitsen 10kV-installatie	2012
Groningen Hunze	10	belasting	Transformator verzwaren	2014
Hardenberg	10	belasting	Transformator verzwaren	2021
Musselkanaal	10	opwek max.	Transformator + 10kV-installatie plaatsen	2018
Veenoord	10	opwek max.	Transformator verzwaren	2013
Veenoord	10	opwek max.	Transformator + 10kV-installatie plaatsen	2017
Vierverlaten	20	belasting	Transformator + installatie plaatsen	2014
Weiwerd	20	opwek max.	Transformator + 20kV-installatie plaatsen	2014
Winsum	10	belasting	Transformator verzwaren	2015



Overijssel en Noordoost polder				
Almelo Mosterdpot	10	belasting	Transformator verzwaren	2019
Deventer Platvoet	10	belasting	Transformator verzwaren + 10kV installatie plaatsen	2014
IJsselmuiden	10	opwek max. + opwek min.	Nieuw HS/MS-station	2012
Raalte	10	belasting	Transformator verzwaren + 10kV-installatie plaatsen	2015
Rijssen	10	belasting	Transformator verzwaren + 10kV-installatie plaatsen	2018
Zwartsluis	10	belasting	Transformator verzwaren + 10kV-installatie plaatsen	2014

## 8.10 Vergelijking met het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2010 – 2016

Ten opzichte van het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2010-2016 is in regio Noord een aantal nieuwe knelpunten naar voren gekomen, zie Tabel 8-38 hieronder.

**Tabel 8-38: Nieuwe knelpunten en voorziene maatregelen in regio Noord**

Planningssituatie				Gesignaleerd op verbinding of koppelpunt 380/110kV of 220/110kV	Genoemde oplossingsrichting	Huidige status
RN1	RN2	RN3	RN4			
	X	X		Louwsmeer-Rouwerd wit+zwart (b)	Operationele maatregelen	Nieuw in 2013
X			X	Coevorden-Hoogeveen (n-0, a,b)	Coevorden aansluiten op circuits Zwolle Hessenweg-Veenoord en aanleg kabel Coevorden-Hardenberg	Nieuw in 2013
X	X		X	Delfzijl Weiwerd-Weiwerd (b)	Aansluiting productie verplaatsen van Delfzijl Weiwerd naar Weiwerd 220 kV	Nieuw in 2013
X			X	Emmeloord-Westermeerdijk (b)	Uitvoeren onderhoud tijdens lage netbelasting	Nieuw in 2016
		X		Emmeloord-Luttelegeest wit+zwart (a)	Aanleg verbinding in voorbereiding. Transportcapaciteit wordt uitgebreid door grondverbetering	Nieuw in 2016
X	X			Enschede van Heekstraat-Enschede Marssteden (b)	Derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg	Nieuw in 2013
X	X	X		Enschede van Heekstraat-Losser (b)	Derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg. Tevens moeten de railscheiders en stroomtransformatoren van station van Heekstraat worden verzwaard.	Nieuw in 2013
X	X	X		Enschede Marssteden-Hengelo Oele (b)	Derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg	Nieuw in 2016
X	X	X		Enschede Vechtstraat-Enschede Wesselerbrink (b)	Uitvoeren onderhoud tijdens lage netbelasting	Nieuw in 2020
X	X			Goor-Hengelo Weideweg (b)	Derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg	Nieuw in 2013
X	X	X	X	Goor-Haaksbergen (b)	Derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg	Nieuw in 2013
	X	X		Haaksbergen-Hengelo Oele (b)	Verzwaren daknet station Haaksbergen of aanleg derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg	Nieuw in 2013
X	X			Losser-Oldenzaal (b)	Derde circuit Hengelo Oele-Hengelo Weideweg	Nieuw in 2016
	X			Koppeltrafo's Louwsmeer 220/110 (b)	Uitvoeren onderhoud tijdens lage netbelasting	Nieuw in 2013
	X			Koppeltrafo's Oudehaske 220/110 (b)	Uitvoeren onderhoud tijdens lage netbelasting	Nieuw in 2013
X	X	X		Koppeltrafo's Hengelo Oele 380/110 (a,b)	TR 403 permanent inschakelen	Nieuw in 2013
			X	Koppeltrafo's Ens 380/110 (b)	Uitvoeren onderhoud tijdens lage netbelasting	Nieuw in 2016

In Tabel 8-39 is een overzicht en de status vermeld van de knelpunten op 110kV-verbindingen uit het KCD 2010-2016.

**Tabel 8-39: Overzicht en status knelpunten KCD 2010-2016**

Scenario KCD			Gesignaleerd op verbinding of koppelpunt 380/110kV of 220/110kV	Genoemde oplossingsrichting	Huidige status
Basis	Hoog	Exc. Eemsh			
	X	X	Heerenveen-Oudehaske	Derde transformator Louwsmeer/ creëren pockets	ongewijzigd
	X	X	Heerenveen-Rauwerd	Derde transformator Louwsmeer/ creëren pockets	ongewijzigd
	X	X	Oudehaske-Rauwerd	Derde transformator Louwsmeer/ creëren pockets	ongewijzigd
X		X	Beilen-Emmen Weerdinge-Bargermeer	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	vervallen
X	X	X	Coevorden-Veenoord	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	ongewijzigd
X	X		Dedemsvaart-Hoogeveen	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	ongewijzigd
	X		Bargermeer-Meeden	Aanleg verbinding Bargermeer-Veenoord	vervallen
X	X	X	Groningen Hunze-Delfzijl Weiwerd	Geleiders verhogen	ongewijzigd
X	X		Groningen Hunze-Gasselte Kraanlan- den-Veendam	Aanleg tweede circuit Gasselte Kraanlan- den-Veendam	ongewijzigd
	X	X	Groningen Hunze-Vierverlaten	Plaatsen tweede 220/110kV-transformator in Meeden of Weiwerd	ongewijzigd
X	X	X	Hardenberg-Dedemsvaart	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	ongewijzigd
X		X	Hardenberg-Hoogeveen	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	vervallen
X	X	X	Hoogeveen-Veenoord	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	ongewijzigd
	X		Musselkanaal-Stadskanaal	Plaatsen derde 220/110kV-transformator in Meeden of aanpassen aftak naar Mus- selkanaal	vervallen
X		X	Veenoord-Emmen Weerdinge	Aanleg verbinding Zwolle Hessenweg- Emmen Weerdinge	vervallen
X	X	X	Almelo Mosterdpot-Nijverdal	Verhogen geleiders en/of creëren pockets	ongewijzigd
		X	Almelo Tusveld-Hengelo Weideweg	Creëren van pockets	ongewijzigd
	X	X	Deventer Platvoet-Goor	Verhogen geleiders en/of creëren pockets	ongewijzigd
X	X	X	Deventer Platvoet-Rijssen	Verhogen geleiders en/of creëren pockets	ongewijzigd
X	X	X	Emmeloord-Kampen	Creëren deelnet Noordoostpolder met nieuw 380/110kV-invoedingspunt Ens	ongewijzigd
X	X	X	Emmeloord-Vollenhove	Creëren deelnet Noordoostpolder met nieuw 380/110kV-invoedingspunt Ens	ongewijzigd
X	X	X	Harculo-Raalte, circuits wit en zwart	Verhogen geleiders en/of creëren pockets	ongewijzigd
X		X	Harculo-Zwolle Weteringkade	Verzwaren verbinding en hergebruik 220kV-lijn Zwolle Hessenweg-Harculo op 110kV-niveau	vervallen
X	X	X	Hengelo Weideweg-Oldenzaal	Verhogen geleiders	ongewijzigd
X	X	X	Nijverdal-Raalte, circuits wit en zwart	Verhogen geleiders en/of creëren pockets	ongewijzigd
		X	Nijverdal-Vroomshoop	Creëren pockets	vervallen
X	X	X	Kampen-Vollenhove	Bouw 110kV-station Luttelgeest, aanleg verbinding Luttelgeest-Emmeloord en creëren deelnet Noordoostpolder	ongewijzigd
		X	Rijssen-Goor	Verhogen geleiders en/of creëren pockets	ongewijzigd
		X	Tubbergen-Vroomshoop	Creëren pockets	vervallen
X	X	X	Zwartsluis-Vollenhove	Aanleg tweede circuit Zwartsluis- Vollenhove	ongewijzigd
X	X	X	Zwolle Frankhuis-Kampen	Bouw 110kV-station Luttelgeest, aanleg	ongewijzigd

				verbinding Luttelgeest-Emmeloord en creëren deelnet Noordoostpolder	
X	X	X	Zwolle Frankhuis-Zwolle Weteringkade	Bouw 110kV-station Luttelgeest, aanleg verbinding Luttelgeest-Emmeloord en creëren deelnet Noordoostpolder	ongewijzigd
X		X	Zwolle Hessenweg-Zwartsluis	Bouw 110kV-station Luttelgeest, aanleg verbinding Luttelgeest-Emmeloord en creëren deelnet Noordoostpolder	ongewijzigd
X			Zwolle Hessenweg-Zwolle Weteringkade	Verzwaren verbinding en hergebruik 220kV-lijn Zwolle Hessenweg-Harculo op 110kV-niveau	vervallen
X	X		220/110kV-koppeltransformator Weiwerd	Plaatsing tweede 220/110kV-koppeltransformator te Weiwerd	ongewijzigd

### Friesland

In het vorige plan is een drietal knelpunten gesignaleerd op de 110kV-verbindingen. Dit Kwaliteits- en Capaciteitsdocument laat knelpunten zien bij een vijftal 110kV-verbindingen. De oorzaak is met name uitval van een koppeltransformator te Oudehaske in combinatie met uitval van de andere koppeltransformator in Oudehaske of één van de drie circuits tussen Oudehaske en Rauwerd. Over de aanpak van de knelpunten is nadere studie nodig.

In het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2010-2016 waren voor het einde van de zichtperiode geen knelpunten geconstateerd op de 220/110kV-koppeltransformatoren. Dit nieuwe plan geeft matige overbelastingen te zien voor de koppeltransformatoren in Louwsmeer en Oudehaske.

### Groningen en Drenthe

In het vorige plan zijn 17 knelpunten gesignaleerd op de 110kV-verbindingen. Hiervan zijn vijf vervallen door genomen maatregelen of wijziging van het vermogenstransport. Voor de knelpunten op de verbinding Delfzijl Weiwerd-Groningen Hunze is een concept investeringsvoorstel opgesteld. Voor de knelpunten op de verbinding Hoogeveen-Coevorden-Veenoord is een onderzoek afgerond.

Er zijn vier nieuwe knelpunten bijgekomen, zodat in het nieuwe KCD 16 knelpunten op de 110kV-verbindingen optreden.

In het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2010-2016 was voor het einde van de zichtperiode een knelpunt geconstateerd op de 220/110kV-koppeltransformator te Weiwerd. Het betrof een geringe overbelasting voor criterium B. Dit nieuwe plan laat van dezelfde transformator een geringe tot matige overbelasting zien voor criterium B. In de periode tot 2014 zijn maatregelen voorzien die de uitwisseling van vermogen op het 220/110kV-aansluitpunt Weiwerd zullen reduceren.

### Overijssel en Noordoostpolder

In het vorige plan waren 29 knelpunten gesignaleerd op de 110kV-verbindingen. Hiervan zijn 14 vervallen door genomen maatregelen of wijziging van het vermogenstransport. Voor 13 knelpunten op verbindingen in Overijssel is een concept investeringsvoorstel opgesteld.

Er zijn 13 nieuwe knelpunten bijgekomen, zodat in het nieuwe KCD 28 knelpunten op de 110kV-verbindingen optreden. De oorzaken van de knelpunten en de maatregelen zijn aangegeven in de betreffende paragrafen.

In het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2010-2016 waren voor het einde van de zichtperiode geen knelpunten geconstateerd op de 220/110kV- en 380/110kV-koppeltransformatoren. Dit nieuwe plan geeft matige tot serieuze overbelastingen te zien voor de koppeltransformatoren in Ens en Hengelo Oele bij criterium A, B of C. De oorzaken van de knelpunten en de maatregelen zijn aangegeven in de betreffende paragrafen.