

# Visie2030





# Voorwoord

Voor u ligt de Visie2030, een langetermijnvisie van TenneT op het 380 kV en 220kV deel van het landelijke elektriciteitstransportnet.

Waarom hebben wij deze toekomstvisie ontwikkeld? TenneT werkt continu aan een betrouwbaar en adequaat hoogspanningsnet. Om goed in te spelen op de behoeftes van de Nederlandse maatschappij, publiceren wij iedere twee jaar een Kwaliteits- en Capaciteitsplan. Hierin blikken we zeven jaar vooruit naar de mogelijke aanpassingen die we moeten uitvoeren om de levering van elektriciteit in de toekomst veilig te stellen. Dit plan vormt de basis voor eventuele uitbreiding op de middel-lange termijn.

Het ontwikkelen en realiseren van hoogspanningsverbindingen over grotere lengtes en daarmee samenhangende nieuwe stationslocaties duren geregeld langer dan zeven jaar. Dit komt door de procedures en daarbij behorende voorbereiding. Het ontwikkelen van nieuwe centrales ("de vraag") daarentegen vergt slechts 3 tot 5 jaar.

Aangezien de toezichthouder niet toelaat dat wordt "voorgeïnvesteed", de jaarlijkse monitoring onvoldoende tijdig investeringsplannen van marktpartijen weergeeft, maar de samenleving wél verwacht dat nieuwe eenheden tijdig kunnen worden aangesloten, is het vormen van een robuust beeld van het toekomstige net noodzakelijk. Met een dergelijk beeld kan in een vroege fase worden begonnen met voorbereidingen.

Daarom is een tijdig beeld van mogelijke toekomstige ontwikkelingen en daarmee samenhangende knelpunten nodig. Een analyse van de langetermijnontwikkelingen van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening is daarbij van belang. Met deze Visie2030 geven we hier invulling aan.

We willen met onze langetermijnvisie op de netinfrastructuur bovendien adequaat inspelen op de door de samenleving gewenste transitie naar een duurzame energievoorziening.



**Ir. J.M. Kroon mba**  
Algemeen-Directeur



# Visie2030

<b>Voorwoord</b>	<b>1</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Missie netbeheer landelijk elektriciteitstransport	6
1.2 Behoeftte aan een langetermijnvisie	6
1.3 Doel Visie2030	7
1.4 Reikwijdte Visie2030	7
<b>2 Beschrijving algemene ontwikkelingen</b>	<b>8</b>
<b>Leeswijzer</b>	<b>15</b>
<b>3 Scenario's voor 2030</b>	<b>16</b>
3.1 Scenario's als gereedschap	16
3.2 Vier scenario's	16
3.3 Scenario Groene Revolutie	17
3.4 Scenario Duurzame Transitie	19
3.5 Scenario Nieuwe Burchten	20
3.6 Scenario Geld Regeert	22
<b>4 Netanalyse</b>	<b>24</b>
4.1 Uitgangspunten	24
4.2 Basisinformatie voor het netmodel	24
4.3 Resultaten van de netanalyse	27
<b>5 Netconcept Visie2030</b>	<b>38</b>
<b>6 Stand van zaken netontwikkeling</b>	<b>42</b>
<b>7 Slotbeschouwing en vervolg</b>	<b>46</b>
<b>Literatuur</b>	<b>48</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>50</b>

# Samenvatting

Als beheerder van het Nederlandse elektriciteits-transportnet staat TenneT voor een veilige, betrouwbare en doelmatige elektriciteitsvoorziening; nu en in de toekomst. Met het elektriciteits-transportnet, de ruggengraat van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening, faciliteren wij op een actieve wijze een betrouwbare elektriciteitsvoorziening, de ontwikkeling van de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt en de transitie naar de gewenste duurzame energievoorziening.

Het doel van Visie2030 is een duidelijke en samenhangende langetermijnvisie op de ontwikkeling van het elektriciteitstransportnet in Nederland. We streven hierbij naar flexibele en toekomstbestendige oplossingen.

De Visie2030 is bedoeld als een integrale visie over het Nederlands elektriciteitstransportnet van 380 kV tot en met 110 kV. Deze visie ontwikkelen wij stap voor stap. De visie in dit rapport betreft het transportnet op 380 kV- en 220 kV-niveau.

De energiemarkt is continu in beweging. De meest uiteenlopende ontwikkelingen sieren het toekomstige energielandschap. Het is niet eenvoudig om de effecten op de elektriciteitstransportbehoefte te voorspellen. Daarom zijn er vier trendscenario's ontwikkeld, die helpen bij het nadenken over de toekomst. Deze scenario's beschrijven alternatieve toekomst. Ze onderbouwen hoe het Nederlandse hoogspanningsnet zich kan ontwikkelen tot 2030. Hierbij is uitgegaan van de mate van duurzame opwekking en de mate waarin de werking van de markt vrij is gelaten.

De scenario's Groene Revolutie en Duurzame Transitie gaan uit van een duurzame samenleving terwijl Geld Regeert en Nieuwe Burchten een samenleving hanteert die vooral afhankelijk is van fossiele brandstoffen. Voor Groene Revolutie en Geld Regeert wordt een vrije mondiale markt verondersteld en voor Duurzame Transitie en Nieuwe Burchten een regionaal georiënteerde markt waarbij sprake is van protectionisme. De scenario's zijn ontwikkeld om de toekomstige transportbelasting op het elektriciteits-transportnet te kunnen bepalen. Voor de ontwikkeling van de vraag naar en het aanbod van elektriciteit zijn realistisch extreme schattingen gemaakt. Dit om inzicht te krijgen in de consequenties voor de piekbelastingen van het transportnet. Deze uitersten vormen de palen rond het veld waarbinnen de elektriciteitsmarkt zich naar alle waarschijnlijkheid gaat ontwikkelen in de toekomst.

Op basis van de vier scenario's is een aantal mogelijke transportnetconfiguraties met bijbehorende transportcapaciteiten doorgerekend en getoetst op robuustheid. Uit een eerste analyse is gebleken dat een directe koppeling tussen de productielocaties aan de kust niet de voorkeur heeft, omdat dit leidt tot een onevenwichtige verdeling van af te voeren vermogen over de verbindingen en tot onderlinge beïnvloeding van transporten vanuit de verschillende productielocaties. Om deze redenen zijn in het netmodel de nieuwe afgaande verbindingen van de kustlocaties direct verbonden met een versterkte 380 kV-ringstructuur. Voor ieder scenario is de netanalyse en de bijbehorende netconfiguratie beschreven. Uit de analyses hebben we een netconcept ontwikkeld dat toepasbaar is op alle scenario's en geschikt is voor verdere toekomstige ontwikkelingen.

De filosofie achter het netconcept is:

- één sterke 380 kV-ring in de nabijheid van de belasting in het midden en westen van Nederland,
- directe verbindingen van de productie naar de belastingcentra of de 380 kV-ring.

Door de ringfilosofie kan flexibel ingespeeld worden op enerzijds de belastingontwikkeling en decentrale opwekking en anderzijds op de ontwikkelingen van de invoeding op de kustlocaties van productie, windenergie op zee en van internationale uitwisseling via interconnectors op land en over zee.

Het rapport wordt afgesloten met een slotbeschouwing met conclusies en vervolg.

# 01

## Inleiding

### 1.1 Missie netbeheer landelijk elektriciteitstransportnet

Als beheerder van het landelijk transportnet zorgt TenneT voor een goed functionerend transportnet en bewaken we de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening. Wij staan voor een veilige, betrouwbare en doelmatige elektriciteitsvoorziening nu en in de toekomst. De elektriciteitstransportnetten vormen de ruggengraat van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening (leveringszekerheid) onder meer omdat de meeste grote centrales er op zijn aangesloten en omdat dit net verbonden is met Europa en zodoende een internationale markt mogelijk maakt. Met een sterk en onafhankelijk transportnet faciliteren wij op een actieve wijze:

- een betrouwbare elektriciteitsvoorziening;
- de ontwikkeling van de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt;
- de transitie naar de gewenste duurzame energievoorziening.

### 1.2 Behoeftte aan een langetermijnvisie

Het ook voor de toekomst zeker stellen van de elektriciteitsvoorziening vergt tijdig aanpassingen van het landelijk hoogspanningnet. Aanpassingen die inspelen op de behoeftes uit de maatschappij. TenneT brengt periodiek Kwaliteits- en Capaciteitsplannen uit met een planning voor de middenlange termijn (zeven jaar). De ervaring leert dat het ontwikkelen en realiseren van hoogspanningsverbindingen over grotere lengten en de daarmee samenhangende nieuwe stationslocaties, geregeld langer dan acht tot tien jaar duren. De bouw van bijvoorbeeld decentrale warmtekrachteenheden, windenergieparken, maar ook grote elektriciteitscentrales kunnen in een veel kortere tijd (drie tot vijf jaar) plaatsvinden. Investerings in het transportnet hebben een levensduur van meerdere decennia. Daarom is ook een analyse van de langetermijnontwikkelingen van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening van belang. Met de Visie2030 geven we hier invulling aan.



### 1.3 Doel Visie2030

Het doel van Visie2030 is een duidelijke en samenhangende langetermijnvisie te verkrijgen op de ontwikkeling van het elektriciteitstransportnet in Nederland. We streven naar flexibele en toekomstbestendige oplossingen door:

- richting te geven aan plannen en ontwikkelingen op korte termijn waardoor een consistent realiseringstraject ontstaat;
- te zorgen voor vroegtijdige planologische voorbereidingen voor nieuwe projecten zoals het (laten) opnemen van nieuwe verbindingen in het structuurschema elektriciteitsvoorziening (SEV), rijksinpassingsplannen en andere structuurvisies en plannen, waardoor uitvoeringsvergunningen sneller kunnen worden verkregen;
- bouwstenen te leveren voor het structuurschema elektriciteitsvoorziening, het rijksoverheidsbeleid en de Kwaliteit- en Capaciteitsplannen;
- tijdig keuzes te maken over het toepassen van technologieën om te voorkomen dat de planologische voorbereiding stagneert en dat hierover tijdens de feitelijke uitvoering van projecten nog discussie plaatsvindt;
- in een vroegtijdig stadium ingrijpende netaanpassingen te motiveren bij betrokken ministeries (met name het Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu) en de toezichthouder om uiteindelijk tijdig over de vereiste transport- en aansluitcapaciteit te beschikken.

### 1.4 Reikwijdte Visie2030

Visie2030 is bedoeld als een integrale visie over het Nederlands elektriciteitstransportnet van 380 kV tot en met 110 kV in het jaar 2030. Deze visie wordt stap voor stap ontwikkeld. In 2006 zijn we begonnen met een visie over het landelijk transportnet op 380 kV-niveau. Dit rapport geeft een beschrijving van de resultaten voor het transportnet op 380 kV- en 220 kV-niveau.

# 02

## Beschrijving algemene ontwikkelingen

Er zijn in de elektriciteitsvoorziening veel ontwikkelingen gaande of kunnen in de toekomst ontstaan.

### **Wereldwijde vraag naar fossiele brandstoffen**

De wereldwijde vraag naar de fossiele brandstoffen olie, kolen en gas zal volgens het Internationaal Energie Agentschap (IEA) de komende twee decennia met bijna vijftig procent toenemen [IEA]. Dit zal de opwarming van de aarde door de uitstoot van het broeikasgas CO<sub>2</sub> aanzienlijk versnellen. Aanhoudend hoge prijzen van olie en gas maken het gebruik van kolen aantrekkelijker. Tussen nu en 2030 groeit de vraag volgens IEA naar kolen met 73%. Kolen voorzien dan in bijna eenderde van de energiebehoefte. De groei van kolenconsumptie in de komende twee decennia komt voor vier vijfde voor rekening van China en India.

### **Ontwikkeling Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt**

Afnemers kopen hun stroom daar waar de prijs en de voorwaarden voor hen het gunstigst zijn en producenten produceren daar waar dit het goedkoopst kan. Dit leidt tot een intensivering van de elektriciteitshandel op de nationale en Europese markt. Voor de Noordwest-Europese markt worden in toenemende mate elektriciteits-transporten verzorgd via interconnectoren op land en over zee.

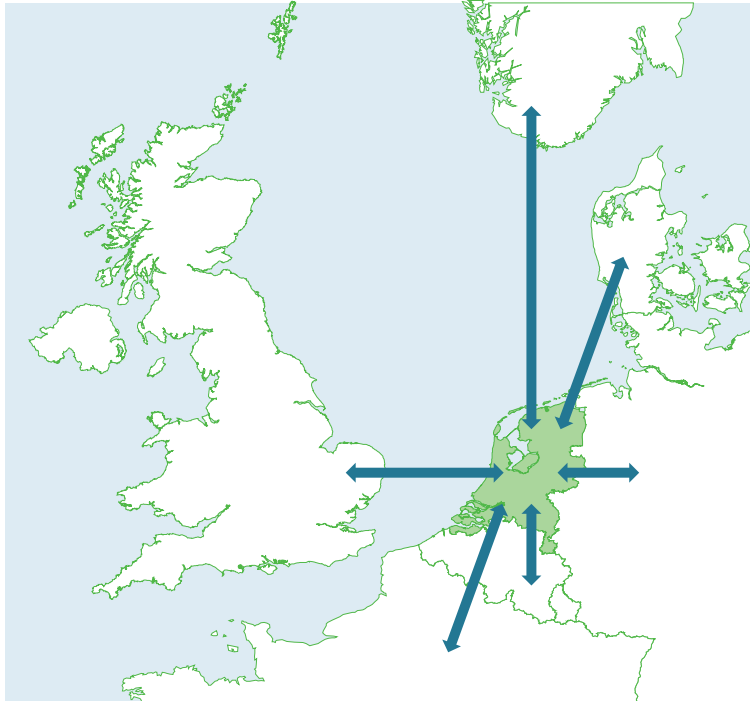
Dit leidt tot toename van fluctuaties in transport over langere afstanden. De uitdaging in die veranderde geliberaliseerde omgeving is om de gewenste betrouwbaarheid van transport en kwaliteit van levering ook op langere termijn te handhaven. Kaart 1 geeft de mogelijke internationale uitwisselingen op de lange termijn aan.

### **Productielocaties in Nederland**

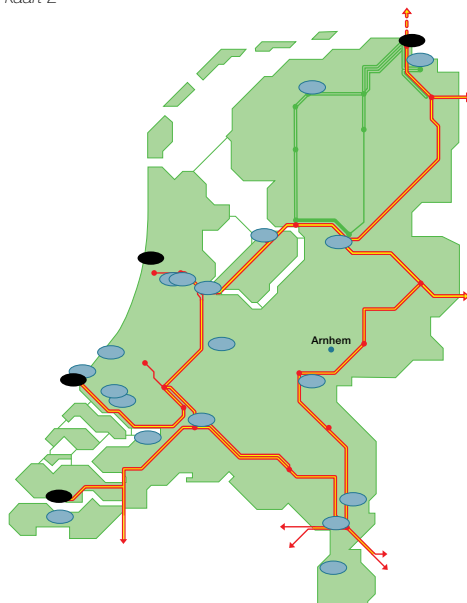
In Nederland zijn door de overheid in het Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV) de productielocaties met een omvang van meer dan 500 MW benoemd. Kaart 2 toont het huidige hoogspanningsnet met daarin de productielocaties zoals opgenomen in Structuurschema Elektriciteitsvoorziening II [SEVII]. De vier locaties in zwart zijn de kustlocaties Eemshaven, IJmuiden, Maasvlakte en Borssele.

kaart 1

**Mogelijke internationale uitwisseling op de lange termijn**



kaart 2



### Verschuiving grootschalige elektriciteitsopwekking

Een algemene trend in Nederland is dat grootschalige productie-eenheden in het binnenland aan het einde van de levensduur steeds meer worden vervangen door nieuwe productie-eenheden op de kustlocaties. Dit is het gevolg van onbeperkte beschikbaarheid van koelwater aan de kust, milieueisen, beschikbaarheid van vestigingslocaties en economische aanvoer van brandstoffen (kolen, biobrandstoffen). Deze trend is al gaande vanaf de jaren tachtig. Elektriciteits-producenten in Europa laten zich vooral leiden door (internationale) afzetmarkt, vestigingsklimaat, aanvoermogelijkheden brandstof, subsidies en minder door landsgrenzen. Dit kan in een relatief korte tijd resulteren in sterke verschuivingen van productie-capaciteit in een regio of land. Vanuit Europese context heeft Nederland aantrekkelijke kustlocaties voor elektriciteitsproductie.

Kaart 3 geeft een voorbeeld van mogelijke verschuivingen op de lange termijn van productie-capaciteit:

- A.** vervanging grootschalige productie in het binnenland door nieuwe investeringen in productie aan de kust;
- B.** grootschalige productie van elektriciteit door offshore-windturbines verdringen voor een gedeelte binnenlandse productiecapaciteit;
- C.** sluiting van kerncentrales in Zuid-Duitsland en investering in nieuwe centrales in het Ruhrgebied geven een verschuiving van Zuid- naar Midden-Duitsland [RWE];
- D.** producenten die in het Ruhrgebied bouwplannen hebben zouden bij gunstig investeringsklimaat kunnen uitwijken naar de Nederlandse kust.

### Economische groei

Een belangrijke veroorzaker van een toename in elektriciteitsverbruik is de economische groei. Daarnaast kunnen we denken aan wijzigingen in productieprocessen, toename van informatisering, nieuwe vormen van communicatie en entertainment-behoefte, comfortverhogende elektriciteits-toepassingen, toename in airconditioning, warmtepompen, elektrisch vervoer, toename dienstverlening en groei in de zorg-economie.

### Ontwikkeling elektriciteitsbelasting in Europa

UCTE verwacht in Europa een gemiddelde belasting-groei per jaar van 2% vóór 2015 en minder dan 1,5% ná 2015 waarbij onderlinge regioverschillen bestaan [UCTE] (zie kaart 4).

### Ontwikkeling belastingverdeling in Nederland

De elektriciteitsbelasting in Nederland concentreert zich vooral in het midden en westen van Nederland. De kaarten 5 en 6 tonen respectievelijk de belastingverdeling in Nederland in 2005 en de verwachting in 2030 bij 3% belastinggroei per jaar. De belasting blijft - ook bij een hoge groei - vooral geconcentreerd in het westen en het midden van het land.

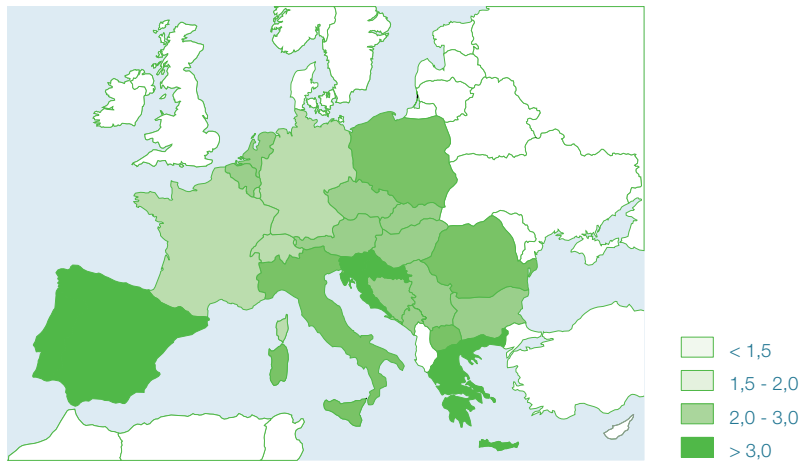
kaart 3

**Mogelijke verschuivingen productiecapaciteit**



kaart 4

**Ontwikkeling belastinggroei per jaar in procenten**

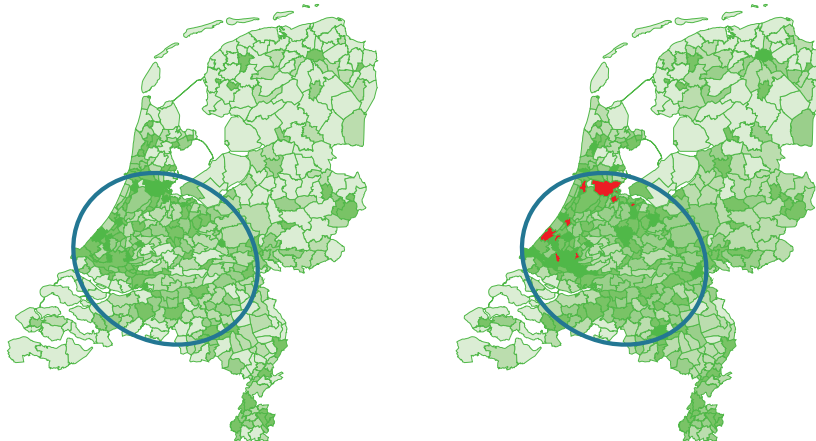


bron: UCTE System Adequacy Forecast 2007 - 2020

kaart 5/6

**Belastingverdeling 2005**

**Belastingverdeling 2030 (bij 3% groei per jaar)**



## Duurzaamheidsdoelstellingen

De Europese lidstaten hebben als doel om in 2020 20% van alle energiebehoefte te voorzien uit duurzame energiebronnen. Ambitieuze doelstellingen op Europees en nationaal niveau zijn ook vastgelegd om energie te besparen en uitstoot van CO<sub>2</sub> te reduceren. Dit heeft veel nieuwe initiatieven, verdere ontwikkeling van bestaande inspanningen en toepassing van nieuwe technieken tot gevolg. Dit kan leiden tot:

- reductie van elektriciteitsverbruik door verhoging van de efficiency van elektrische apparatuur en verlichting;
- reductie van elektriciteitsverbruik door verhoging van het bewustwordingsproces bij afnemers;
- opwekking van elektriciteit dicht bij de eindgebruiker (decentrale elektriciteits-opwekking) door industriële WKK, micro-WKK in woningen, zon-PV op daken, windmolens op land, kleinschalige decentrale biomassa-centrales;
- opwekking van elektriciteit op grotere afstand van de eindgebruiker door grootschalige elektriciteits-opwekking aan de kust (grootschalige biomassa, kolenstook met CO<sub>2</sub>-afvang en CO<sub>2</sub>-opslag, kernenergie), offshore windparken en internationale handel in duurzame elektriciteit (productie in buitenland);
- integrale aanpak energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie kan in een aantal situaties juist leiden tot toename van elektriciteitsverbruik. Voorbeelden zijn; extra regelapparatuur, informatisering (waaronder internet), elektrische warmtepomp en elektrische vervoersmiddelen.

## Energie-opslag

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat naarmate het productievermogen minder stuurbaar is, de handhaving van de balans tussen vraag en aanbod moeilijker wordt [Meeuwssen]. Dit speelt vooral bij een grote omvang van windenergie [Cogen]. Op de lange termijn wordt energie-opslag als een van de maatregelen gezien om op efficiënte manier de balans te handhaven. Ook door prijsverschillen tussen peak en off-peak kan energie-opslag interessant zijn.

Er zijn in Nederland drie pompaccumulatie-methodes in beeld:

- De eerste methode - perslucht opslag (CAES) – is gebaseerd op compressie van lucht en het bewaren van samengeperste lucht in zoutkoepels die in Drenthe en Groningen voorkomen.
- De tweede methode is pompaccumulatie (PAC) van water via de aanleg van een valmeer voor de kust van Walcheren.
- De derde methode is ondergrondse pomp-accumulatie (OPAC) waarbij gebruik wordt gemaakt van ruimtes op een diepte van 1.400 meter in Limburg.

In de toekomst kan ook gedacht worden aan gedistribueerde opslag. Denk daarbij aan elektriciteits-opslag in accu's van bijvoorbeeld geparkeerde elektrische auto's of energieopslag in decentraal opgestelde waterstoftanks in combinatie met brandstofcellen.

## Ontwikkeling windvermogen in Europa

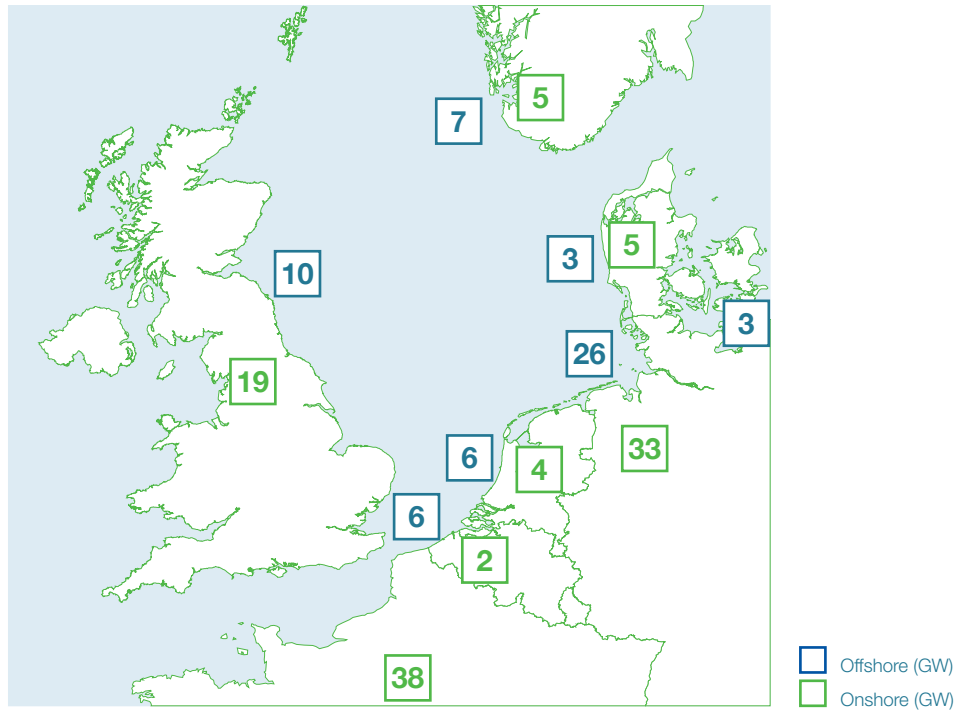
In Europa wordt een sterke ontwikkeling van windvermogen verwacht. EWEA verwacht 80 GW in 2010, 180 GW in 2020 en 300 GW in 2030. Daarvan is 150 GW onshore en 150 GW offshore [EWEA]. In kaart 7 is voor een aantal landen in Noordwest-Europa een raming gegeven van mogelijk opgesteld windvermogen in 2030 op land (onshore) en op zee (offshore) [EU Tradewind]. De regeringsdoelstelling "Schoon en Zuinig" vertaalt zich volgens het Transitieplatform Duurzame Energievoorziening in 6.000 MW offshore en 4.000 MW onshore windvermogen in Nederland in 2020.

## Ontwikkeling wind in Nederland

Ter illustratie zijn in kaart 8 de mogelijke locaties van de offshore-windparken (6.000 MW) voor de Nederlandse kust aangegeven volgens Rijkswaterstaat [RWS wind].

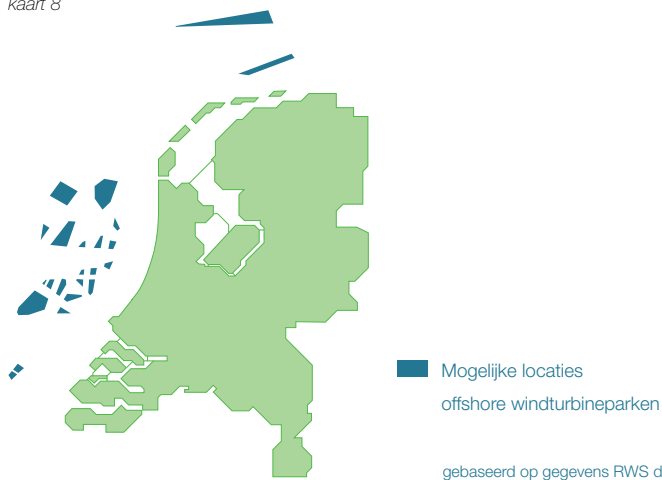
kaart 7

**Ontwikkeling windvermogen Europa**



bron: EU Tradewind

kaart 8



gebaseerd op gegevens RWS d.d. 29-10-2007





# Leeswijzer

De in hoofdstuk 2 beschreven algemene ontwikkelingen zijn zeer uiteenlopend. Daardoor is het voorspellen van de effecten op de elektriciteitstransportbehoefte niet eenvoudig. TenneT heeft daarom vier trendscenario's ontwikkeld. Deze scenario's hebben we modelmatig geanalyseerd om inzicht te krijgen hoe ze de behoefte aan elektriciteitstransport kunnen beïnvloeden. Dat proces hebben we in de komende hoofdstukken als volgt beschreven:

- In hoofdstuk 3 staan deze trendscenario's opeenvolgend beschreven. Daarin zijn drie aspecten opgenomen:
  - Eerst schetsen we een globaal beeld van de samenleving in een verhaallijn;
  - Daarna presenteren we de aannames die we voor dat scenario hebben gemaakt. Voor de reproduceerbaarheid zijn die aannames getalsmatig uitgewerkt. Deze getallen gebruiken we later in de netanalyses;
  - Ten slotte hebben we voor enkele scenario's meerdere extreme omstandigheden gedefinieerd om alle potentiële knelpunten te kunnen lokaliseren.
- In Hoofdstuk 4 rekenen we, op basis van de vier scenario's, een aantal transportnetconfiguraties door en tonen we de resultaten van de netanalyses. De simulatie van extreme omstandigheden toont ons waar in de toekomst knelpunten in het transportnet kunnen gaan optreden. Daaruit leiden we af welke netconfiguratie deze knelpunten kan voorkomen.
- Tot slot beschouwen we in hoofdstuk 5 de vier uitkomsten tezamen. De hieruit volgende conclusies hebben we verwoord in een netconcept dat beschrijft in welke richting het 380 kV-transportnet zich stapsgewijs kan ontwikkelen.

# 03

## Scenario's voor 2030

### 3.1 Scenario als gereedschap

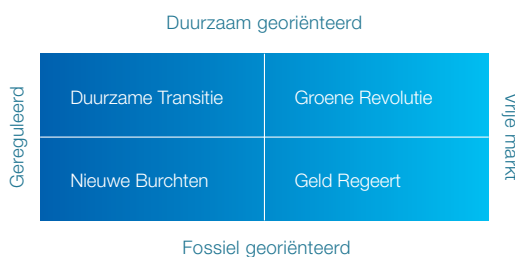
Er zijn veel ontwikkelingen gaande die elkaar ondersteunen of beconcurreren. Dit is een complex gebeuren op basis waarvan de effecten op de elektriciteitsvoorziening en daarmee samenhangend de behoefte aan elektriciteitstransport moeten worden afgeleid.

Het is moeilijk, zo niet onmogelijk, om alle mogelijke ontwikkelingen in één voorspelling vast te leggen. We hebben daarom scenario's voor de komende 25 jaar ontwikkeld die ons kunnen helpen bij het nadenken over de toekomst. Scenario's zijn geen voorspellingen, maar beschrijvingen van mogelijke toekomstbeelden, en zijn een manier om aannames te toetsen. Onze langetermijnsenario's onderbouwen hoe het Nederlandse transportnet zich kan ontwikkelen in de komende decennia.

### 3.2 Vier scenario's

In de Visie2030 schetsen we in vier onderscheidende scenario's toekomstige ontwikkelingen in de markt over elektriciteitsgebruik en aanbod.

figuur 1



Deze scenario's zijn ontwikkeld rond de vrijheidsgraden:

- milieu, met aan de ene kant de ontwikkeling naar een duurzame samenleving en aan de andere een samenleving die voor de energiehuishouding afhankelijk blijft van fossiele brandstoffen;
- marktwerking, met als ene uiterste een volledig vrije mondiale markt en als andere uiterste een sterk gereguleerde markt die regionaal georiënteerd blijft.

Voor de vier scenario's nemen we aan dat het elektriciteitsverbruik in de periode 2010 - 2030 jaarlijks met de volgende percentages groeit:

- Nieuwe Burchten 0%
- Duurzame Transitie 1%
- Groene Revolutie 2%
- Geld Regeert 3%

Naast de ontwikkeling van de belasting en de mate van decentrale opwekking heeft de omvang en de locatie van grootschalige productie grote invloed op de structuur en capaciteit van het 380 kV-transportnet. Gelet op het feit dat de kustlocaties uit het tweede structuurschema elektriciteitsvoorziening vaak gekozen worden als plaats voor nieuwbouw van grootschalige productie, hebben deze locaties in de scenario's bijzondere aandacht gekregen. Per scenario krijgt één van de vier productielocaties aan de kust extra nadruk:

- Groene Revolutie: Borssele
- Duurzame Transitie: IJmuiden
- Nieuwe Burchten: Maasvlakte
- Geld Regeert: Eemshaven

Voor ieder scenario wordt in onderstaande paragrafen de verhaallijn beschreven met de bijbehorende kwantificering van de belastinggegevens, productiegegevens en de interconnectiecapaciteit. In scenario Groene Revolutie is de kwantificering meer uitgebreid beschreven dan in de andere drie scenario's, omdat hier een aantal opties voor het eerst in het rapport wordt geïntroduceerd. Grootschalig windvermogen heeft een substantiële invloed op de gevraagde transportcapaciteit. Daarom worden in de scenario's Groene Revolutie en Duurzame Transitie twee extreme varianten gegeven: een "winderige bewolkte dag" en een "windstille zonnige zomerdag". Voor Nieuwe Burchten en Geld Regeert kunnen we volstaan met één "realistisch extreem".

### 3.3 Scenario Groene Revolutie

#### Verhaallijn

De sociale en politieke agenda worden beheerst door markt-denken. Globalisering zet door en is niet uitsluitend gericht op het wegnemen van handelsbarrières, maar ook op uitwisseling van kennis en technologie tussen geïndustrialiseerde landen en ontwikkelingslanden. De mondiale aanpak van het broeikaseffect en de afname van olievoorraden leiden tot een sterke ontwikkeling van een duurzame samenleving. Europa streeft naar een duurzame energiehuishouding in 2050 met 60% lagere uitstoot van CO<sub>2</sub> in Europa (vergeleken met 1990). Naast biomassa- en (offshore) windvermogen neemt ook fotovoltaïsch vermogen een grote vlucht. In West-Europa is een sterke ontwikkeling van onshore en offshore windvermogen. Wind- en fotovoltaïsch vermogen zijn voor wat betreft de elektriciteitsproductie afhankelijk van het aanbod van zonne-energie respectievelijk windenergie. Om deze vermogenssoorten goed te kunnen inpassen zullen er opslagsystemen worden gebouwd en extra interconnectoren naar Denemarken, Noorwegen en Duitsland worden aangelegd.

Energiebesparing is de andere pijler onder de ontwikkeling van de duurzame samenleving. Met name in de procesindustrie wordt veel energie bespaard (soms tot 80%). Geavanceerde toepassingen van elektriciteit voor onder andere warmteproductie spelen hierbij een dominante factor. Schaarste aan olie leidt tot de ontwikkeling van de brandstofcelauto. Dit opent de weg naar de waterstofeconomie en de grootschalige toepassing van de brandstofcel bij huishoudens als microwarmtekrachteenheid. De benodigde waterstof wordt geproduceerd uit verschillende bronnen, zoals zon, wind, biomassa maar ook uit kolen en uranium. Door deze ontwikkeling worden in dit scenario de gas- en de elektrische infrastructuur sterk met elkaar vervlochten.

#### Kwantificering

Ondanks de relatief hoge economische groei en een toenemende elektrificatie nemen we voor dit scenario aan dat de groei van het elektriciteitsverbruik, door de toepassing van nieuwe energiezuinige technieken, op het gemiddelde niveau van 2% per jaar uitkomt. De belastinggroei omgerekend naar vermogensaanbod impliceert dat de vermogensbehoefte in de periode 2010 - 2030 met 10.000 MW zal groeien naar 30.000 MW.

Voor de elektriciteitsopwekking nemen we aan dat de ontwikkeling van de brandstofcel door de auto-mobielindustrie de basis legt voor de toepassing van de brandstofcel als krachtbron in microwarmtekrachteenheden. Voor 2030, het eindjaar van de scenario's, nemen we aan dat er 5.000 MW microwarmtekracht zal zijn opgesteld. Dit getal is gebaseerd op de historische cijfers over de marktpenetratie van HR-ketels (groei naar 60% in 15 jaar bij huishoudens). Als we uit gaan van ruim 8 miljoen huishoudens en een capaciteit van één kilowatt per ketel, betekent dit 5.000 MW micro-WKK.

De toepassing van zon- en windvermogen neemt in dit scenario ook een grote vlucht. Voor Europa verwachten we dat er in 2030 300 GW windenergie is opgesteld (150 GW offshore en 150 GW onshore). Voor Nederland nemen we in dit scenario aan dat er in 2030 6.000 MW windvermogen op de Noordzee is gerealiseerd en het windvermogen op land is doorgroeid naar 4.000 MW. De groei van het windvermogen op land is vooral het gevolg van de vervanging van oude windmolens door nieuwe types met een groter vermogen. Voor zonne-energie nemen we aan dat er 2030 4.000 MW is geïnstalleerd.

Om al het zon- en windvermogen in het elektriciteitsstelsel te integreren moeten er installaties voor energieopslag gebouwd worden. Voor dit scenario nemen we aan dat er rond 2020 twee 600 MW persluchtinstallaties in bedrijf zijn: één bij de zoutvoorkomens in Veendam en één bij de zoutlagen in Hengelo. In 2030 is ook het energie-eiland met een vermogen van 2.000 MW voor de kust van Walcheren aangelegd.

Voor de vervanging van bestaand productievermogen gaan we uit van een maximale technische levensduur van 40 jaar. Hierdoor is in 2030 circa 11.000 MW aan thermisch productievermogen vervangen. Voor dit scenario nemen we aan dat kolencentrales bij vervanging verhuizen naar kustlocaties. Voor gascentrales nemen we aan dat zij op de bestaande locatie vervangen worden. Het merendeel van deze vervangingen bestaat uit midden- en pieklasteenheden.

Voor verzwaring van de interconnectiecapaciteit met het buitenland is in dit scenario de vrije markt als bepalende factor verondersteld, waardoor overschotten en tekorten vrijelijk worden verhandeld. Er wordt een HVDC-verbinding met Denemarken van 1.300 MW en een extra AC-koppeling met Duitsland (Doetinchem - Niederrhein, 1.500 MW), twee landen met ook een hoge penetratie van windenergie, aangelegd. Daarnaast wordt er ook een extra HVDC-kabel met Noorwegen van 1.300 MW aangelegd om elektrische energie met Noorse pompaccumulatiecentrales te kunnen uitwisselen.

Vanwege de keuze voor de realisatie van een energie-eiland voor de kust van Walcheren, met 2.000 MW opslagcapaciteit is voor dit scenario besloten om Borssele aan te wijzen als voorkeurslocatie voor de uitbreiding van grootschalig vermogen. Hierbij hebben we aangenomen dat op deze locatie 3.000 MW nieuw kolen/biomassa vermogen (waarvan 1.000 MW als vervanging van oude eenheden) wordt gerealiseerd en 1.000 MW aan windvermogen wordt aangesloten. Bovendien nemen we aan dat in deze omgeving ook twee kerncentrales gebouwd worden.

Vanwege de verschillen in aanbod van zonne- en windenergie in combinatie met energieopslag zijn voor dit scenario twee extreme situaties onderscheiden:

- Een koude winterdag met veel wind en piekvraag, waardoor al het wind- en microwarmtekrachtvermogen in bedrijf is en de systemen voor energieopslag opgeladen worden. Door het grote aanbod van windvermogen wordt er 3.300 MW vermogen naar Noorwegen en Denemarken geëxporteerd, en wordt de import vanuit Duitsland beperkt tot 3.000 MW. Omdat we aannemen dat het ook in Groot-Brittannië waait treedt er vanuit dit land een maximale export naar Nederland op. Onder deze aannames wordt er 4.000 MW op Borssele ingevoerd, als resultante van 2.000 MW onttrekking door het opslagbekken en de invoeding van 1.000 MW windvermogen, 3.000 MW kolenvermogen, 2.000 MW nucleair vermogen en 700 MW gasvermogen.
- Een hete windstille zomerdag met piekvraag vanwege airconditioning, waardoor al het fotovoltaïsch vermogen en de opslagsystemen maximaal invoeden en de microwarmtekrachteenheden niet in bedrijf zijn. Door het ontbreken van windvermogen wordt er maximaal geïmporteerd uit Noorwegen, Denemarken en Duitsland. Door een zelfde weersituatie in Groot-Brittannië ten opzichte van Nederland vindt er een maximale export naar Groot-Brittannië plaats. In deze situatie wordt er op Borssele 6.300 MW ingevoerd. Dit bestaat uit 2.000 MW opslagvermogen, 3.000 MW kolenvermogen, 2.000 MW nucleair vermogen en 500 MW gasvermogen.

### 3.4 Scenario Duurzame Transitie

#### Verhaallijn

Centraal thema in dit scenario is een toenemend verzet tegen een samenleving die gedomineerd wordt door consumentisme, individualisme en competitie. Mensen zijn steeds meer gericht op de kwaliteit van hun eigen leefomgeving. In de samenleving die hieruit ontstaat wordt duurzaamheid het nieuwe paradigma. (Nationale) overheden gaan in dit scenario een sterk sturende rol op zich nemen. Er wordt wereldwijd een nieuwe energie-voorziening opgebouwd waarin energiebesparing en duurzame bronnen een centrale plaats innemen.

Bio-olie wordt de belangrijkste duurzame bron in Nederland voor zowel elektriciteitsopwekking als vervoer. Om de uitstoot van kooldioxide te beperken worden er ook hoogefficiënte warmtekrachteenheden gebouwd ter vervanging van bestaande (kolen)eenheden. Ook worden veel huizen uitgerust met zonnepanelen. Verder worden er kabelverbindingen naar Scandinavië aangelegd voor de import van duurzame elektriciteit uit deze landen.

#### Kwantificering

Ondanks het afnemende consumentisme en het toepassen van energiebesparing nemen we aan dat het elektriciteitsverbruik jaarlijks met 1% stijgt door een toenemende elektrificatie. Voor de periode 2010 - 2030 betekent dit een stijging van de belasting met 4.000 MW.

Binnen dit scenario is de productielocatie IJmuiden/Velsen kritisch onder de loep genomen. Dit vanwege de veronderstelling dat op de locatie Velsen/IJmuiden veel productievermogen staat opgesteld en veel windenergie van zee invoedt.

De stijging van het elektriciteitsverbruik wordt opgevangen door de bouw van vier WKK-installaties van 500 MW op de locaties Maasvlakte, Moerdijk, Borssele en Eemshaven en twee biomassa eenheden op de locatie Velsen/IJmuiden. De locatiekeuze voor de bouw van de WKK-eenheden is gebaseerd op het gegeven dat op deze locaties ruimte is gereserveerd voor de bouw van chemische installaties en/of LNG-terminals die veel warmte vragen.

Het aanbodvolgend duurzaam vermogen groeit in dit scenario naar een totale omvang van 11.000 MW. Deze bestaat uit 7.000 MW windenergie, waarvan de helft op land, en 4.000 MW fotovoltaïsch. Voor het offshore windvermogen nemen we aan dat 2.500 MW op Velsen/IJmuiden aanlandt.

Vanwege de aandacht voor het milieu nemen we voor dit scenario aan dat centrales ouder dan 40 jaar (totaal circa 11.000 MW) vervangen worden. Ongeveer 4.000 MW van dit vermogen komt terug als biomassavermogen op een kustlocatie, waarvan 2.000 MW op IJmuiden/Velsen. De resterende 7.000 MW wordt op locatie herbouwd als middenlast gaseenheid. Variaties in de aanbodkant van met name windvermogen worden opgevangen door twee persluchttopslagsystemen van 600 MW, waarvan een bij Hengelo en de andere bij Veendam.

Ook voor dit scenario worden twee extreme situaties onderscheiden:

- In de eerste situatie gaan we uit van een windrijke dag met piekbelasting waarin al het windvermogen invoedt en de persluchttopslagsystemen opgeladen worden. Door het grote aanbod aan windvermogen vindt er export van energie naar Groot-Brittannië plaats. Door prijsnivellering met Duitsland verdwijnt in dit scenario de import uit dit land. Vanwege het duurzame karakter van dit scenario nemen we aan dat de kabels uit Scandinavië duurzame elektriciteit naar Nederland exporteren.
- In de tweede situatie gaan we uit van een windstille zonnige zomerdag waarin de opslagsystemen energie aan het net leveren, de zonnecellen op piekvermogen elektriciteit leveren en er elektrische energie geïmporteerd wordt.

### 3.5 Scenario Nieuwe Burchten

#### Verhaallijn

In dit scenario nemen de verschillen in rijkdom tussen de westerse wereld en de andere regio's in de wereld toe. De traditionele banden tussen de oude EU-lidstaten en Noord-Amerika worden versterkt, waardoor er een krachtig cultureel- en handelsblok ontstaat. Moderne ontwikkelingen in de ICT leiden tot een verdere verschuiving richting een diensteneconomie in de westerse wereld. Door geopolitieke spanningen komt de levering van olie en gas uit Midden-Oosten en Rusland onder druk te staan. Lokale voorraden fossiele brandstoffen winnen in de westerse wereld sterk aan belang. Nederland wordt in dit scenario een exporteur van elektriciteit vanwege de gunstige ligging voor kolenaanvoer, de beschikbaarheid van koelwater en de goede gasinfrastructuur.

Duitsland wordt door afnemende kolenvoorraden en de stop op kernenergie een importeur van elektriciteit. De economische vooruitzichten zijn goed, maar door een sterke focus op energiebesparing groeit het elektriciteitsverbruik niet. Deze besparing wordt vooral gerealiseerd door in de procesindustrie een exergiebenadering toe te passen. Duurzame bronnen worden alleen ontwikkeld wanneer dit past in het streven tot zelfvoorzienendheid.

#### Kwantificering

Voor dit scenario nemen we aan dat het elektriciteitsverbruik in de periode 2010 - 2030 niet toeneemt. Het huishoudelijk elektriciteitsverbruik zal door toename van het aantal woningen nog wel een stijging vertonen. Maar dit wordt gecompenseerd door besparingen in de procesindustrie.

Voor de ontwikkeling van de elektriciteitsproductie nemen we aan dat Nederland vanwege zijn gunstige ligging aan zee een exporteur van elektriciteit wordt met name richting Duitsland. Om deze reden wordt er in de periode tot 2030 5.000 MW nieuw vermogen bijgebouwd op kustlocaties. Deze nieuwbouw bestaat zowel uit kolen- als kerncentrales. Omdat we aannemen dat de Tweede Maasvlakte ruimte biedt voor de bouw van kolencentrales selecteren we Maasvlakte in dit scenario als productiezwaartepunt. Voor de vervanging van oude centrales nemen we aan dat deze op grote chemische locaties plaatsvinden, met ook hier een zwaartepunt op Maasvlakte.

Voor de vervanging van oude centrales gaan we uit van een amoveringsleeftijd van 50 jaar. Hierdoor wordt er in de periode tot 2030 ruim 5.000 MW vervangen. Voor dit scenario nemen we aan dat de oude centrales worden vervangen door warmtekrachtinstallaties bij de industrie.

Voor de ontwikkeling van het duurzaam vermogen nemen we aan dat in de periode tot 2030 het offshore windvermogen groeit naar slechts 1.000 MW, dat allemaal op Maasvlakte zal invoeden. Het windvermogen op land blijft steken op 2.000 MW, dat al rond 2010 bereikt is.

Voor de interconnectiecapaciteit nemen we aan dat er na de aanleg van de verbinding Doetinchem - Niederrhein geen nieuwe interconnector meer wordt aangelegd. Door de realisatie van de nieuwe interconnector zal er tijdens piekuren een export van 5.600 MW via de verbindingen met België en Duitsland worden gerealiseerd.

Voor dit scenario onderscheiden we slecht één extreme situatie. Het gaat om een dag met veel windenergie, omdat dit leidt tot de hoogste invoeding op Maasvlakte.



### 3.6 Scenario Geld Regeert

#### Verhaallijn

Dit scenario veronderstelt een voortgaande globalisering en liberalisering waarin het marktdenken overheerst. Sociale en milieuthema's kennen een lage prioriteit. Door de sterke ontwikkeling van China, India en Indonesië neemt de energie vraag sterk toe. Door afnemende olie- en gasvoorraden vindt er een sterke stijging van het kolenverbruik plaats. Ook kernenergie maakt een aanzienlijke groei door om aan de sterk stijgende elektriciteitsvraag te kunnen voldoen.

Afnemende olie- en gasvoorraden leiden tot de exploratie van alternatieve bronnen. Voor dit scenario nemen we aan dat Nederland een grote importeur van elektriciteit wordt.

#### Kwantificering

Voor dit scenario nemen we aan dat het elektriciteitsverbruik in de periode 2010 - 2030 jaarlijks met 3% groeit door een sterke groei van de dienstensector en het aantal huishoudens met nieuwe toepassingen. Door deze groei van het verbruik neemt de belasting in 20 jaar met circa 16.000 MW toe.

De groei van de elektriciteitsvraag wordt opgevangen door de bouw van conventioneel thermisch vermogen (10.000 MW) en extra import (6.000 MW). Voor de uitbreiding van het productievermogen nemen we aan dat er op de kustlocaties uit het tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening nieuwe kolen- en kerncentrales gerealiseerd worden met een totale omvang van 8.200 MW. Daarnaast wordt in de periode tot 2030 ook nog 3.000 MW extra gasvermogen verspreid over Nederland gerealiseerd.

Voor de extra import nemen we aan dat er een extra zeekabelverbinding naar Groot-Brittannië met aanlanding op IJmuiden/Velsen wordt aangelegd. Daarnaast wordt de verbinding naar Noorwegen met een extra kabel uitgebreid. Deze landt op Eemshaven. Naast de zeekabelverbindingen worden er ook twee extra AC-verbindingen met Duitsland aangelegd.

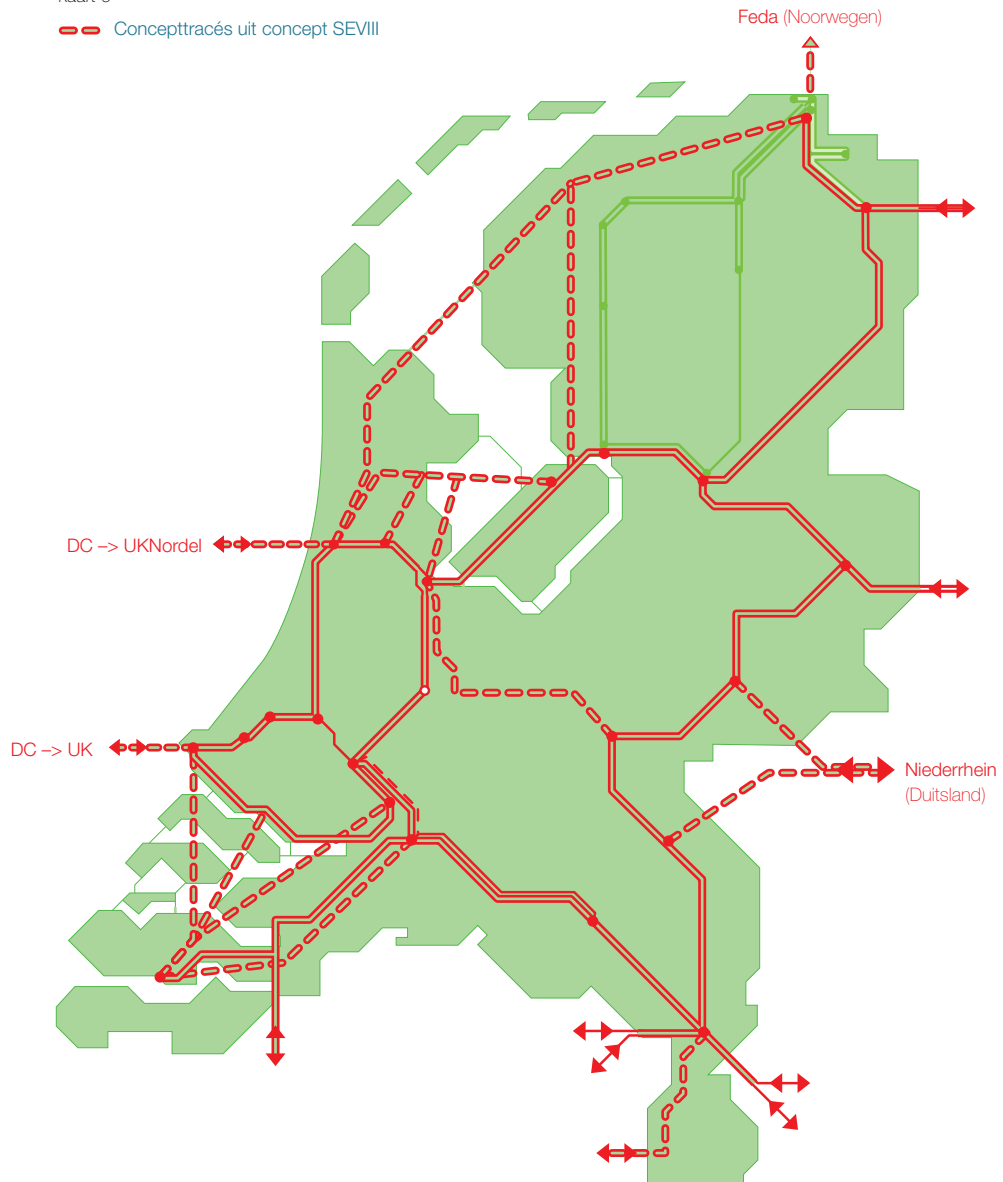
Door de vervanging van oude eenheden gaan we uit van een levensduur van 40 jaar, waardoor circa 11.000 MW aan vermogen vervangen moet worden. De helft van het vermogen wordt vervangen op de bestaande locatie en de andere helft wordt vervangen door kolen-/kerncentrales op kustlocaties.

Voor de ontwikkeling van windvermogen nemen we aan dat er in 2030 ruim 5.000 MW zal zijn opgesteld, waarvan ruim 2.000 MW offshore en 3.000 MW op land. De aanlanding van de extra kabel uit Noorwegen op Eemshaven hebben we voor dit scenario als aanleiding gebruikt voor de vestiging van veel productievermogen op deze locatie.



kaart 9

Concepttracés uit concept SEVIII



# 04

## Netanalyse

### 4.1 Uitgangspunten

Bij de ontwikkeling van het netmodel en de analyse van de netberekeningen hanteren we de volgende uitgangspunten:

- Een sterk onafhankelijk landelijk transportnet van 380 kV tot en met 110 kV vormt de ruggengraat van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Het transportnet verbindt alle grote centrales, het Europese elektriciteitsnet en de belastingcentra met elkaar en waarborgt een hoge betrouwbaarheid van het elektriciteitstransport en een hoge kwaliteit van de elektriciteitslevering.
- Het 380 kV-net transporteert het vermogen van grootschalige productielocaties en de internationale importen/exporten naar en van alle regionale koppelpunten.
- De 220 kV-, 150 kV- en 110 kV-netten verzorgen de transporten van de koppelingen met het 380 kV-net van en naar de belastingpunten en de decentrale productiepunten. Deze transportnetten worden zo veel mogelijk uitgesloten van de interregionale transporten.
- Gelet op de maatschappelijke schade bij storingen is het netcriterium "enkelvoudige storing tijdens onderhoud" uitgangspunt voor de ontwikkeling van het 380 kV-net en 220 kV-net.
- Het 380 kV-net wordt in principe bovengronds aangelegd vanwege benodigde hoge transportcapaciteit en kosteneffectiviteit.
- Als basis voor het netmodel is het hoogspanningsnet voor 2012 uit het Kwaliteits- en Capaciteitsplan 2006 - 2012 genomen. In dit plan gaan we ervan uit dat project Randstad380 is gerealiseerd.
- De basisinformatie voor het netmodel sluit aan op de meest actuele internationale informatie van de buurlanden en de UCTE.

- Voor de bestaande verbindingen gaan we uit van een opwaardering van de transportcapaciteit naar 2.750 MVA per circuit.
- Voor de nieuwe verbindingen gaan we uit van de conceptlijst die we in 2006 aan het Ministerie van Economische Zaken ter beschikking hebben gesteld voor het nieuwe Structuurschema Elektriciteitsvoorziening. Zie kaart 9 met een aantal concepttracés uit het concept SEVIII.

### 4.2 Basisinformatie voor het netmodel

In deze paragraaf vertalen we de informatie zoals aangegeven onder de kwantificering van de scenario's naar de basisinformatie voor het netmodel. Voor de netberekeningen en analyses hanteren we de onderstaande basisgegevens.

In elk scenario ligt voor wat betreft de productie de nadruk op één locatie. In tabel 1 zijn voor alle varianten in de scenario's de waarden voor het totaal op de vier kustlocaties geproduceerd vermogen weergegeven. Verder is de waarde voor het geproduceerd vermogen op een specifiek in een scenario benadrukte productielocatie aan de kust weergegeven. In 2006 was de invoeding op 380 kV-niveau voor de productielocaties aan de kust als volgt: Eemshaven 2,4 GW, IJmuiden 0 GW, Maasvlakte 1,1 GW en Borssele 0,9 GW.

Hiermee wordt bereikt dat de maximale invloed van de omvang en locatie van de elektriciteitsproductie op de vereiste configuratie en capaciteit van het 380 kV-transportnet expliciet zichtbaar wordt. Voor deze aanpak is bewust gekozen. Daarmee kan bijvoorbeeld een uitspraak worden gedaan of de tracés zoals genoemd in het concept van SEVIII toereikend zijn voor de netontwikkelingen die voortvloeien uit de vier scenario's.

Tabel 2 geeft per scenario weer hoeveel productievermogen er per kustlocatie (totaal) aanwezig is en op welke locatie binnen het scenario de nadruk ligt.

Voor de scenario's is de uitwisseling met het buitenland via de DC-verbindingen op de kustlocaties en de totale AC-import in tabel 3 gedefinieerd.

tabel 1

Productie totaal en op specifieke kustlocatie door opwekking en invoeding offshorewind				
Scenario	Groei belasting	Variant binnen een scenario	Totaal op 4 kustlocaties (GW)	Productie op specifieke locatie (GW)
Groene Revolutie	2%	winderige bewolkte dag	14,5	Borsssele = 6,7
		windstille zonnige zomerdag	8,5	Borsssele = 5,5
Duurzame Transitie	1%	winderige bewolkte winterdag	12,3	IJmuiden = 6,5
		windstille zonnige zomerdag	8,8	IJmuiden = 4,0
Nieuwe Burchten	0%	winderige dag	11,5	Maasvlakte = 8,6
Geld Regeert	3%	winderige dag	15,0	Eemshaven = 5,0

tabel 2

	Groene Revolutie			Duurzame Transitie			Nieuwe Burchten			Geld Regeert		
	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal
Borsssele	5,7	1,0	6,7	0,9	0,0	0,9	1,5	0,0	1,5	3,7	1,0	4,7
Maasvlakte	2,9	2,5	5,4	3,0	1,0	4,0	7,6	1,0	8,6	4,6	0,5	5,1
IJmuiden	0,0	2,5	2,5	4,0	2,5	6,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	1,5
Eemshaven	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	1,4	0,0	1,4	5,0	0,0	5,0
Totaal	8,6	6,0	14,6	8,8	3,5	12,3	10,5	1,0	11,5	14,3	2,0	16,3

(waarden in GW)

tabel 3

Uitwisseling met het buitenland				
	Groene Revolutie	Duurzame Transitie	Nieuwe Burchten	Geld Regeert
DC Maasvlakte	1,3	-1,3	1,3	1,3
DC IJmuiden	0,0	0,0	0,0	1,3
DC Eemshaven	-3,3	3,3	0,7	2,0
AC import	2,9	0,0	-5,7	7,1

(Positief is import, negatief is export, waarden in GW)

Fotovoltaïsch vermogen, microwarmtekracht en onshore-windvermogen verrekenen we in het netberekenningsmodel met de belastingvraag, waarbij we voor de eerste twee een proportionele verdeling over Nederland toepassen en voor de laatste een regionale opdeling op basis van de doelstellingen van de Bestuursvereenkomst Landelijke Ontwikkeling Windenergie (BLOW). De BLOW is gebaseerd op een gezamenlijke beleidsinspanning van de deel-nemende overheden (vijf ministeries, de twaalf provincies en de VNG) om meer windenergie te realiseren [BLOW].

In Nederland zijn naast de mogelijke gedistribueerde opslag de volgende drie grootschalige pompaccumulatiemethodes in beeld:

- Persluchtopslag(CAES) gebaseerd op compressie van lucht en het bewaren van samengeperste lucht in zoutkoepels in Veendam en Hengelo.
- Pompaccumulatie (PAC) van water via de aanleg van een valmeer voor de kust van Walcheren.
- Ondergrondse pompaccumulatie (OPAC) met behulp van ruimtes op een diepte van 1.400 meter in Limburg.

In twee scenario's is gerekend met de volgende grootschalige pompaccumulatie:

In een recent onderzoek naar de toegevoegde waarde van grootschalige elektriciteitsopslag in Nederland [Opslag] kwam het volgende naar voren. Als men uitgaat van een goed functionerende West-Europese markt, groei van interconnectiecapaciteit, verdere flexibilisering van het Nederlandse productiepark en groei van de belasting dan kan er in totaal tussen de 4 GW en 10 GW windvermogen in het Nederlandse productiepark worden geïntegreerd zonder aanvullende maatregelen.

Los van dit feit kunnen marktpartijen toch tot de conclusie komen dat grootschalige opslag (voor zowel fossiele als duurzame energie) in de elektriciteitsmarkt een rendabele optie is. Daarom blijft het van belang om zicht te hebben op het effect van grootschalige opslag op de transportnetconfiguratie en invoedingsmogelijkheden van productie.

In de volgende paragraaf presenteren we de resultaten van de berekeningen aan het 380 kV-transportnet voor de vier scenario's. Grote transporten in 380 kV-net kunnen leiden tot door-transporten in onderliggende netten. Dit effect is niet in deze fase van de netstudie beschouwd en nemen we in een vervolgfase mee.

tabel 4

Grootschalige pompaccumulatie		
	Groene Revolutie	Duurzame Transitie
CAES Veendam 600 MW	0,6	0,6
CAES Hengelo 600 MW	0,6	0,6
PAC Walcheren 2.000 MW	2	-
OPAC Limburg 1.400 MW	-	-

(waarden in GW)

### 4.3 Resultaten van de netanalyse

De architectuur van het transportnet is een waarborg voor functionaliteit en robuustheid van het net. Bij de toetsing van het net is gekozen voor een controle op robuustheid van het net met een beoordeling van het transportnet in een ongestoorde toestand (n-0), een enkelvoudige storsituatie (n-1) en een enkelvoudige storsituatie tijdens onderhoud (n-2). Dit is een vereenvoudiging ten opzichte van de criteria uit de huidige Netcode, die minder stringent zijn, maar in principe hetzelfde beogen.

In kaart 9 (paragraaf 4.1) met concept SEV III-tracés zijn voor de afvoer van het vermogen vanuit de kustlocaties Borssele, Maasvlakte, IJmuiden en Eemshaven verschillende alternatieven opgenomen, waartussen nog een keuze moet worden gemaakt. Uit een eerste analyse bleek dat een koppeling tussen de kustlocaties niet de voorkeur heeft. Dit leidt namelijk tot een onevenwichtige verdeling van af te voeren vermogen over verbindingen en tot onderlinge beïnvloeding van transporten vanuit de verschillende productielocaties.

Om deze reden zijn in het netconcept de afgaande verbindingen van de kustlocaties direct verbonden met een versterkte 380 kV- ringstructuur. Deze ring wordt gevormd door de 380 kV-lijnen tussen Zwolle - Hengelo - Doetinchem - Dodewaard - Boxmeer - Maasbracht - Eindhoven - Geertruidenberg - Krimpen - Diemen - Lelystad - Ens en Zwolle. Voor vergroting van de afvoercapaciteit van Borssele en Eemshaven is gekozen voor een extra verbinding Borssele – Geertruidenberg en een extra verbinding Eemshaven - Ens. De productielocaties IJmuiden en Maasvlakte worden door aanleg van de Randstad380 onderling met elkaar gekoppeld en in totaal via zes 380 kV-circuits verbonden met de 380 kV-ring. De transportcapaciteit naar regio Utrecht wordt vergroot met een 380 kV-verbinding tussen Diemen en Dodewaard.

Met deze uitbreidingen in het bestaande transportnet hebben we voor de vier scenario's netberekeningen uitgevoerd. In bijlage 1 is voor de vier scenario's in een aantal figuren een overzicht gegeven van de overbelastingen in de 380 kV-verbindingen bij de huidige (2007) waarde van de transportcapaciteit van de bestaande verbindingen.

Hierna presenteren we voor ieder scenario de resultaten van de netanalyse met de beschrijving van de belangrijkste knelpunten en het bij het scenario passende netconcept.

## Groene Revolutie

In dit scenario ligt de focus van de netontwikkeling op de afvoer van grote vermogens vanuit Borssele richting het landelijke 380 kV-net. De resultaten van de loadflow-berekeningen voor een winderige winterdag worden in figuur 2 weergegeven.

De voorgaande figuur laat zien dat in dit scenario er sprake is van een vermogenstransport van west naar noordoost resulterend in een export op Eemshaven. Als knelpunten komen de volgende verbindingen naar voren:

- Westerlee - Wateringen: overbelasting door onevenredige verdeling transporten vanaf Maasvlakte bij enkele n-2 situaties;
- Beverwijk - Oostzaan - Diemen: overbelasting vanwege gecombineerde invoeding op productie locaties Maasvlakte en IJmuiden;
- Diemen - Lelystad - Ens: overbelasting van de 380 kV-ring bij enkelvoudige storingen vanwege hoog west noordoost transport versterkt door invoeding van productievermogen bij Lelystad;
- Borssele - Zandvliet: overbelasting door hoge invoeding Borssele/Maasvlakte.

Deze knelpunten kunnen respectievelijk worden opgelost door:

- afstemming onderhoudssituaties;
- maximering invoeding bepaalde productielocaties (totaal productie Maasvlakte maximaal 5,0 GW), dan wel toepassing van vermogenssturing;
- verdere verzwaring van de ring tussen Diemen en Ens;
- reductie invoeding of (laten) regelen met de dwarsregeltransformatoren in België.

De hoeveelheid productie op iedere locatie waarbij het transportnet geen problemen geeft, is in tabel 5 weergegeven.

De resultaten van de loadflow-berekeningen voor de tweede extreme situatie, de windstille zomerdag, worden in figuur 3 weergegeven.

tabel 5

Groene Revolutie extreem 1			
	Conv.	Wind	Totaal
Borssele	5,7	1,0	6,7
Maasvlakte	2,5 <sup>1)</sup>	2,5	5,0
IJmuiden	0,0	2,5	2,5
Eemshaven	0,0	0,0	0,0
Totaal	8,2	6,0	14,2

(waarden in GW)

<sup>1)</sup> Maasvlakte gemaximeerd

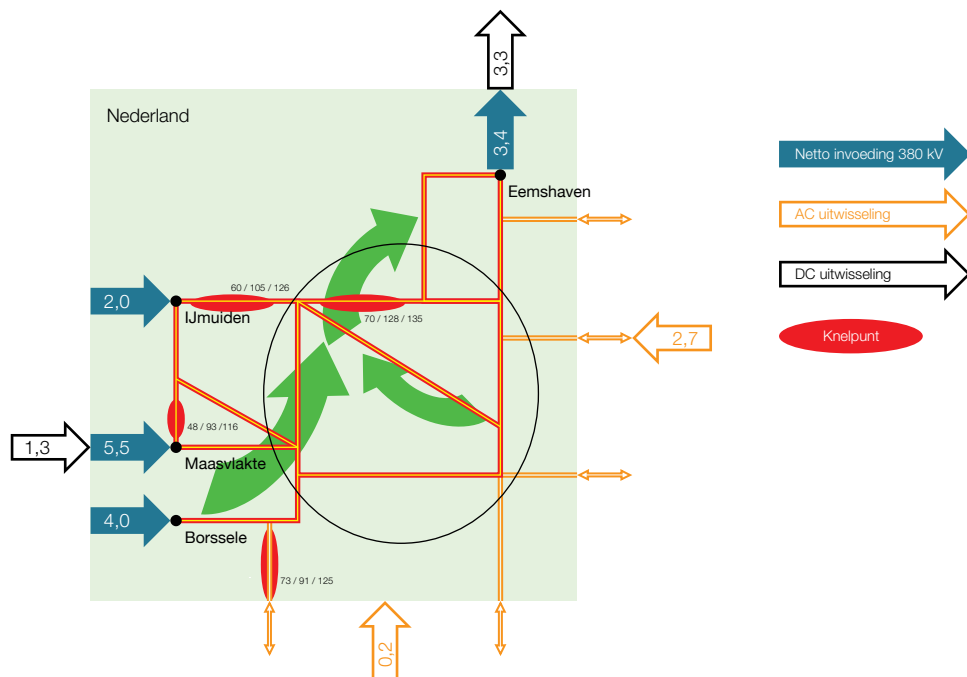
**Toelichting figuren 2, 3, 5, 7 en 9**

In de figuren staan de invoedingen op het 380 kV-net die horen bij de scenariogetallen. De waarde van de netto invoeding 380 kV is het resultaat van wind, conventioneel (kolen, gas, kern, biomassa), DC import, DC export en uitwisseling met het onderliggende hoogspanningsnet (220 kV, 150 kV en 110 kV).

Overbelasting van verbindingen staan in de figuren weergegeven als gekleurde ovals. De drie getallen bij een ovaal geven de belasting aan, uitgedrukt als een procentuele benutting van de thermische transportcapaciteit van de verbinding bij respectievelijk een n-0, n-1 en n-2 situatie.

figuur 2

**Transportbeeld scenario Groene Revolutie** (extreem 1: winderige bewolkte winterdag, nadruk op Borssele)



In deze variant vindt er transport van vermogen van zuidwest en noordoost naar het midden van Nederland plaats en treedt er overbelasting op in de verbindingen:

- Geertruidenberg - Krimpen: overbelasting van de 380 kV-ring bij enkelvoudige storingen vanwege hoog zuidwest transport;
- Borssele - Geertruidenberg: overbelasting door hoge invoeding in Borssele;
- Maasbracht - Rommerskirchen: overbelasting door hoge import Nederland en onevenwichtige verdeling van transporten over de Nederlands-Duitse interconnectoren.

Deze overbelastingen kunnen worden opgelost door:

- verdere verzwaring van de ring tussen Geertruidenberg en Krimpen;
- maximering invoeding (totaal productie Borssele maximaal 4,4 GW);
- reductie invoeding Borssele en (laten) regelen met de dwarsregeltransformatoren in België;
- afvoercapaciteit Borssele verhogen met toevoeging van extra afvoercircuits;
- introductie van de verbinding Doetinchem - Niederrhein elimineert de overbelastingen op de interconnectoren met Duitsland.

De hoeveelheid productie op iedere locatie waarbij het transportnet geen problemen geeft, is in tabel 6 weergegeven.

In figuur 4 is aangegeven welke verbindingen nodig zijn voor het transporteren van elektriciteit in het scenario Groene Revolutie. Toegevoegd is de internationale verbinding Doetinchem - Niederrhein.

tabel 6

Groene Revolutie extreem 2			
	Conv.	Wind	Totaal
Borssele	4,4 <sup>1)</sup>	0,0	4,4
Maasvlakte	2,7	0,0	2,7
IJmuiden	0,0	0,0	0,0
Eemshaven	0,0	0,0	0,0
Totaal	7,1	0,0	7,1

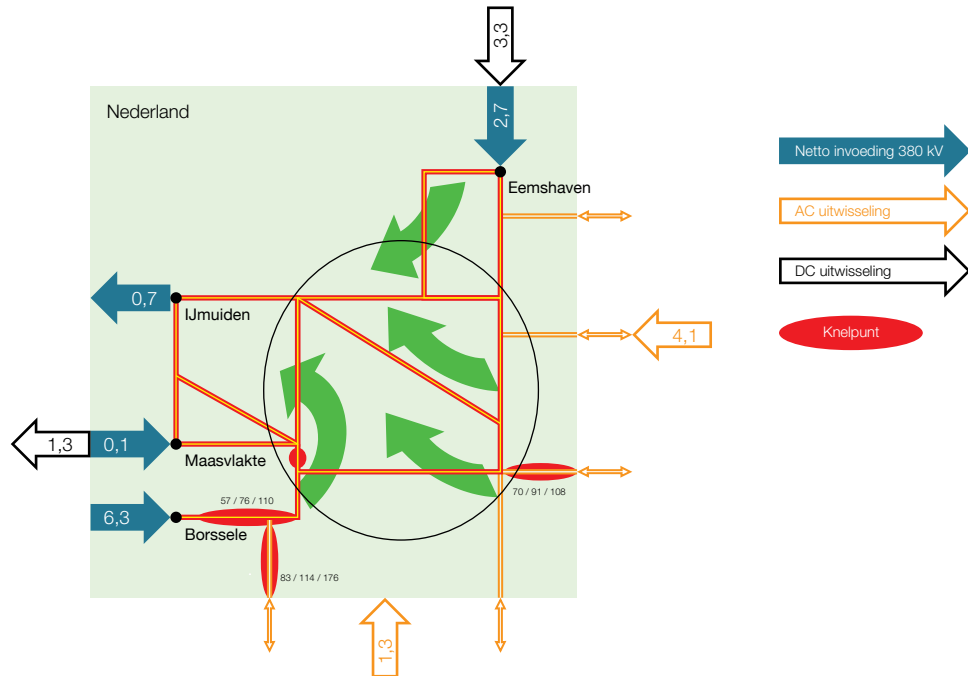
(waarden in GW)

<sup>1)</sup> Borssele gemaximeerd (op basis van 4 afvoercircuits)



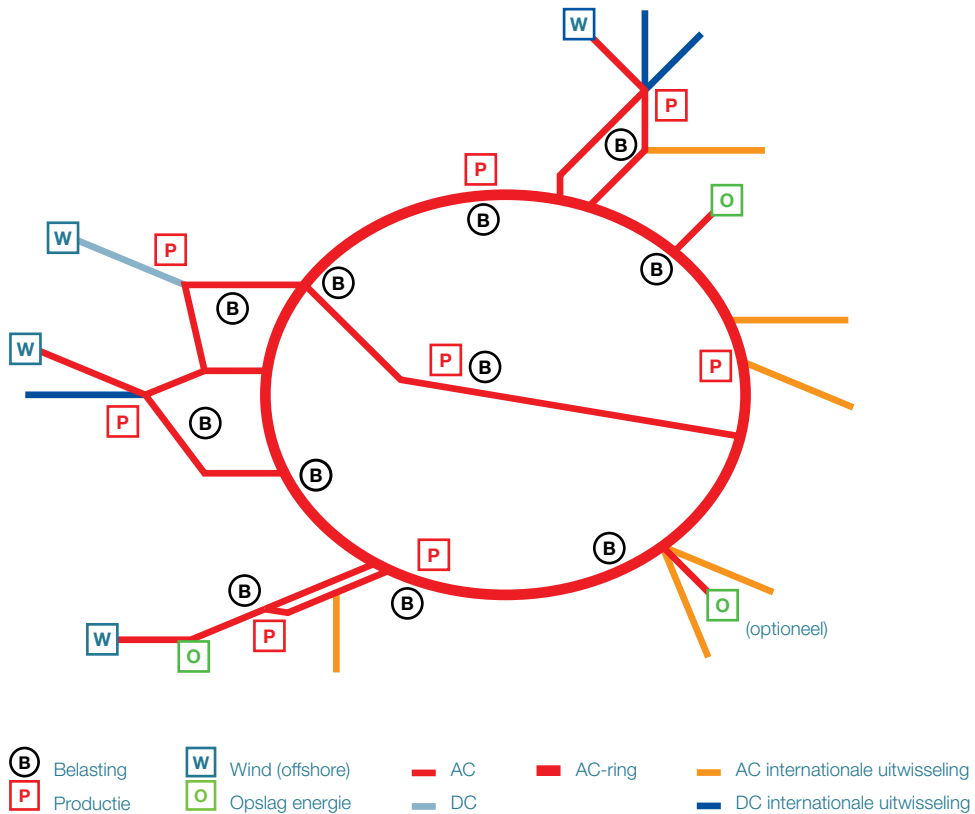
figuur 3

**Transportbeeld scenario Groene Revolutie** (extreem 2: windstille zonnige zomerdag, nadruk op Borssele)



figuur 4

**Groene Revolutie**



## Duurzame Transitie

Voor dit scenario nemen we vanuit het oogpunt van netontwikkeling aan dat er veel vermogen op de locatie IJmuiden/Velsen wordt ingevoed. Ook binnen dit scenario onderscheiden we de extremen windrijke winterdag en windstille zonnige zomerdag.

Zoals figuur 5 laat zien, leidt de grote invoeding van productievermogen op IJmuiden tot overbelasting van de verbinding Beverwijk - Oostzaan - Diemen. De huidige waarde van de verbinding tussen Beverwijk - Oostzaan - Diemen en de nieuw aan te leggen verbinding tussen Beverwijk - Bleiswijk is 1.900 MVA per circuit. De overbelasting kan opgelost worden door de maximering van de totale hoeveelheid productievermogen op de betreffende kustlocatie (IJmuiden 3,5 GW).

Een alternatief is de aanleg van een nieuwe verbinding met twee circuits van 1.900 MVA van Beverwijk via Noord-Holland naar de 380 kV-ring tussen Diemen en Lelystad. Deze verbinding is ook van belang op het moment dat de ontwikkeling van de belasting en/of opwekking in Noord-Holland een directe aankoppeling met het 380 kV-net vereist. In figuur 6 is deze verbinding aangegeven.

Het maximum productievermogen zonder dat er, na versterking van de 380 kV-ring, netproblemen ontstaan is voor IJmuiden totaal 7,3 GW, zie tabel 7.

Voor de situatie van een windstille dag treden er in dit scenario geen knelpunten in het net op.

In bijlage 2 is bij de scenariowaarde van het totale productievermogen in IJmuiden (6,5 GW) en de maximum waarde van het totale productievermogen in IJmuiden (7,3 GW) in een tweetal figuren de overbelastingen in de bestaande verbindingen aangegeven voor de netsituatie zonder verbinding Diemen - Dodewaard.

tabel 7

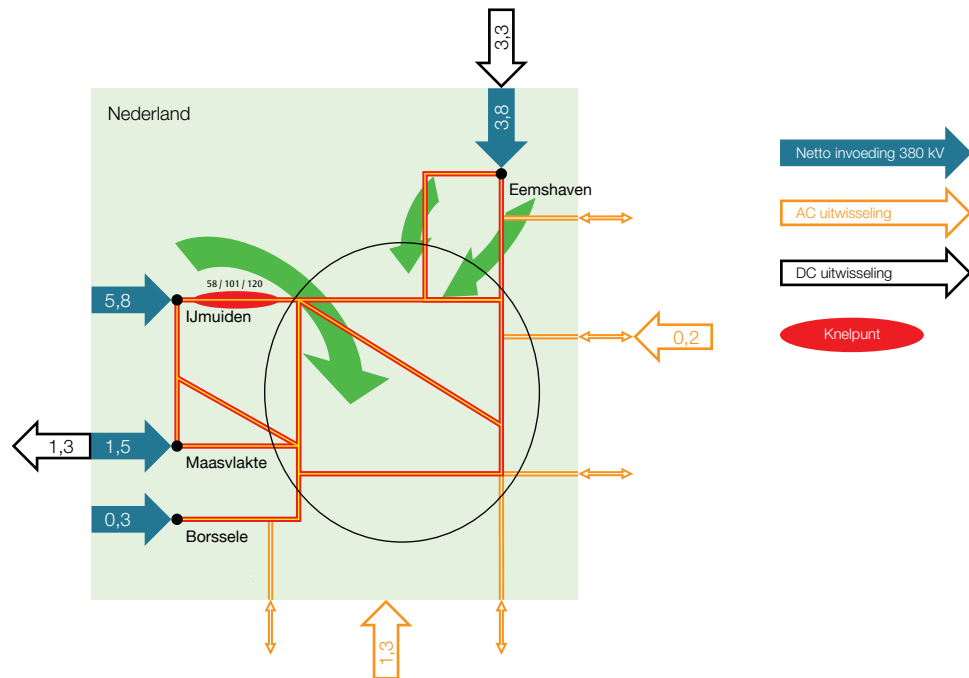
Duurzame Transitie extreem 1						
	2 verbindingen vanuit Beverwijk			3 verbindingen vanuit Beverwijk		
	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal
Borsssele	0,9	0,0	0,9	0,9	0,0	0,9
Maasvlakte	3,0	1,0	4,0	3,0	1,0	4,0
IJmuiden	1,0 <sup>1)</sup>	2,5	3,5	4,0	3,3	7,3
Eemshaven	0,9	0,0	0,9	0,9	0,0	0,9
Totaal	5,8	3,5	9,3	8,8	4,3	13,1

(waarden in GW)

<sup>1)</sup> IJmuiden gemaximeerd

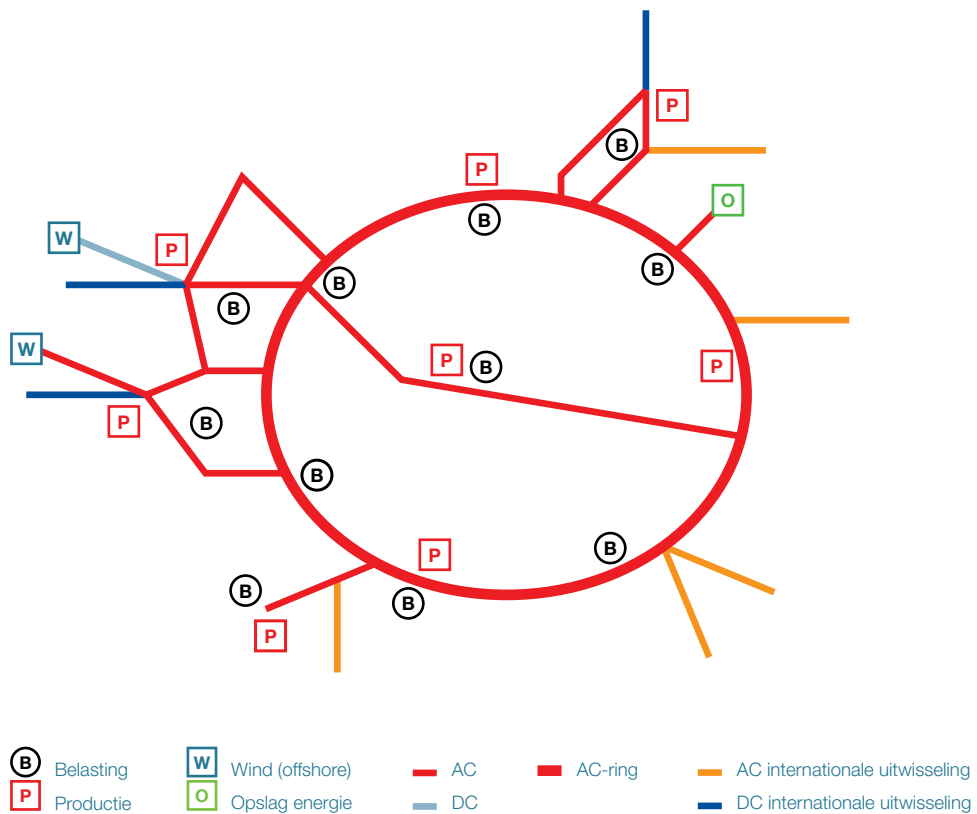
figuur 5

**Transportbeeld scenario Duurzame Transitie** (extreem 1: winderige bewolkte winterdag, nadruk op IJmuiden)



figuur 6

**Duurzame Transitie**



## Nieuwe Burchten

Hoofdthema in dit scenario is de export van elektriciteit naar België en Duitsland door de bouw van kolen- en kerncentrales op de locatie Maasvlakte. Door de geringe aandacht voor duurzaamheid is er relatief weinig windvermogen opgesteld en hebben we in dit scenario geen onderscheid gemaakt tussen een windstille en windrijke dag. Uit de loadflow-berekeningen blijkt dat er in dit scenario overbelasting ontstaat in de verbindingen:

- Maasvlakte - Craijestein - Krimpen, door hoge invoeding op de locatie Maasvlakte;
- Westerlee - Wateringen, door hoge invoeding op Maasvlakte en een onevenwichtige verdeling van transporten vanaf Maasvlakte bij enkele n-2 situaties.

Beide knelpunten kunnen opgelost worden door:

- de reductie van het maximaal in te voeren vermogen op Maasvlakte
- de aanleg van een nieuwe verbinding

Met de maximering van het totale productievermogen in Maasvlakte (5 GW) zijn de twee afgaande verbindingen vanuit Maasvlakte toereikend en vormt de beperkte export (2 GW) over de internationale AC-verbindingen naar België en Duitsland geen knelpunt in het transportnet.

De aanleg van een nieuwe verbinding tussen Maasvlakte en de 380 kV-ring is in de figuur 8 aangegeven. De op Maasvlakte geproduceerde elektriciteit wordt volgens het hierboven getoonde netconcept afgevoerd langs drie afgaande hoogspanningsverbindingen bestaande uit twee circuits van 2.750 MVA. In tabel 8 is in het scenario Nieuwe Burchten voor Maasvlakte de theoretische bovengrens van de waarde van de totale productiecapaciteit (11 GW) afgestemd op de capaciteit van de drie afgaande dubbelcircuitverbindingen aangegeven. De AC-export naar België en Duitsland is in deze situatie in totaal 8 GW. Hiervoor zijn in het netconcept toegevoegd de internationale verbindingen Doetinchem - Niederrhein en Boxmeer - Duitsland.

In bijlage 3 is in een tweetal kaarten de overbelastingen in de bestaande verbindingen aangegeven voor de netsituatie zonder verbinding Diemen - Dodewaard bij de scenariowaarde van 8,6 GW en de maximum waarde 11 GW van het totale productievermogen in Maasvlakte.

tabel 8

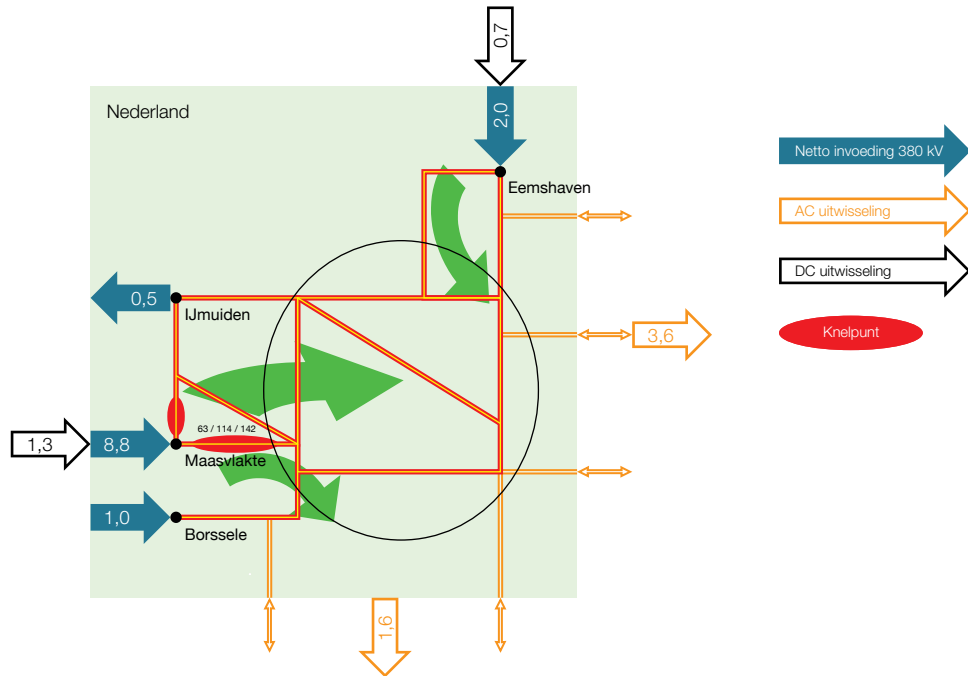
Nieuwe Burchten						
	2 verbindingen vanuit Maasvlakte			3 verbindingen vanuit Maasvlakte		
	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal
Borsssele	1,5	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5
Maasvlakte	4,0 <sup>1)</sup>	1,0	5,0	10,0	1,0	11,0
Ijmuiden	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eemshaven	1,4	0,0	1,4	1,4	0,0	1,4
<b>Totaal</b>	<b>6,9</b>	<b>1,0</b>	<b>7,9</b>	<b>12,9</b>	<b>1,0</b>	<b>13,9</b>

(waarden in GW)

<sup>1)</sup> Maasvlakte gemaximeerd

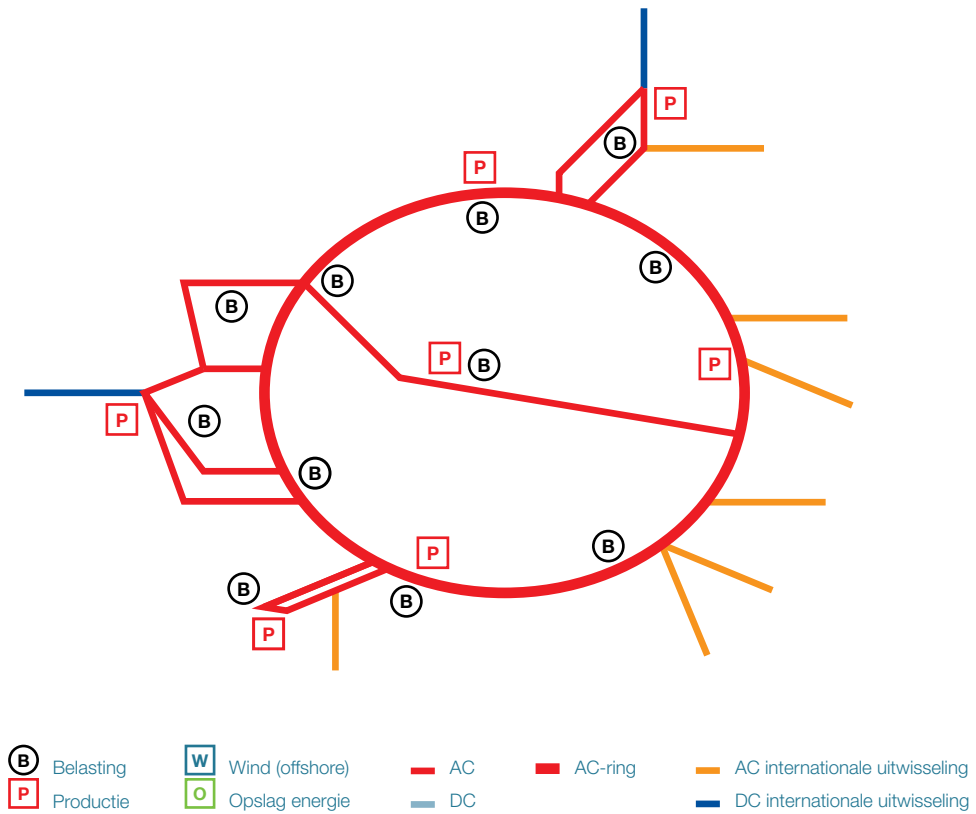
figuur 7

**Transportbeeld scenario Nieuwe Burchten** (extreem 1: winderige dag, nadruk op Maasvlakte)



figuur 8

**Nieuwe Burchten**



## Geld Regeert

In dit scenario vindt er een sterke groei van het elektriciteitsverbruik plaats en wordt er veel conventioneel vermogen bijgebouwd met een concentratie op Eemshaven. Voor dit scenario hebben we geen onderscheid gemaakt tussen een windstille en een windrijke dag, omdat de loadflow-berekeningen een vrijwel identiek beeld laten zien. De resultaten van de loadflow-berekening voor een windrijke dag (zie figuur 9) laten een overbelasting zien van de verbinding Zwolle - Ens en van de verbinding Eemshaven - Bergum.

Het knelpunt Zwolle - Ens kan opgelost worden door aanleg van een nieuwe verbinding of een reductie van het maximaal in te voeren vermogen. De overbelasting Eemshaven - Bergum kan opgelost worden met een reductie van het productievermogen in Eemshaven. Tabel 9 geeft het gemaximeerd totaal productievermogen in Eemshaven (4,4 GW) in deze situatie.

De overbelasting op de verbinding Eemshaven - Bergum kan ook opgelost worden door het versterken van de 220 kV-verbinding tussen Vierverlaten en Hessenweg. De hoeveelheid productie op iedere locatie waarbij het transport van de productielocatie naar de 380 kV-ring geen problemen geeft, is in tabel 10 weergegeven. Daarbij is het totaal productievermogen in Eemshaven gemaximeerd op 7,3 GW in de situatie met de versterking van het 220 kV-net tussen Vierverlaten en Hessenweg naar 0,95 MVA per circuit.

tabel 9

Geld Regeert			
	Conv.	Wind	Totaal
Borssele	3,7	1,0	4,7
Maasvlakte	4,6	0,5	5,1
IJmuiden	1,0	0,5	1,5
Eemshaven	4,4 <sup>1)</sup>	0,0	4,4
<b>Totaal</b>	<b>13,7</b>	<b>2,0</b>	<b>15,7</b>

(waarden in GW)

<sup>1)</sup> Eemshaven gemaximeerd

tabel 10

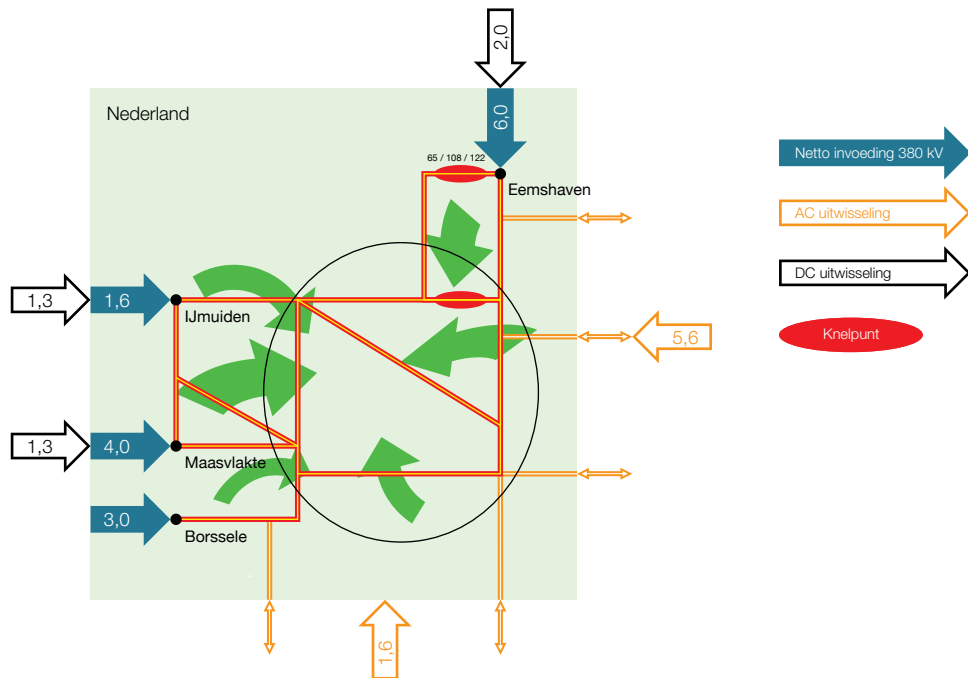
Geld Regeert			
	Conv.	Wind	Totaal
Borssele	3,7	1,0	4,7
Maasvlakte	4,6	0,5	5,1
IJmuiden	1,0	0,5	1,5
Eemshaven	7,3 <sup>1)</sup>	0,0	7,3
<b>Totaal</b>	<b>16,6</b>	<b>2,0</b>	<b>18,6</b>

(waarden in GW)

<sup>1)</sup> Eemshaven gemaximeerd bij een versterkt 220 kV-net

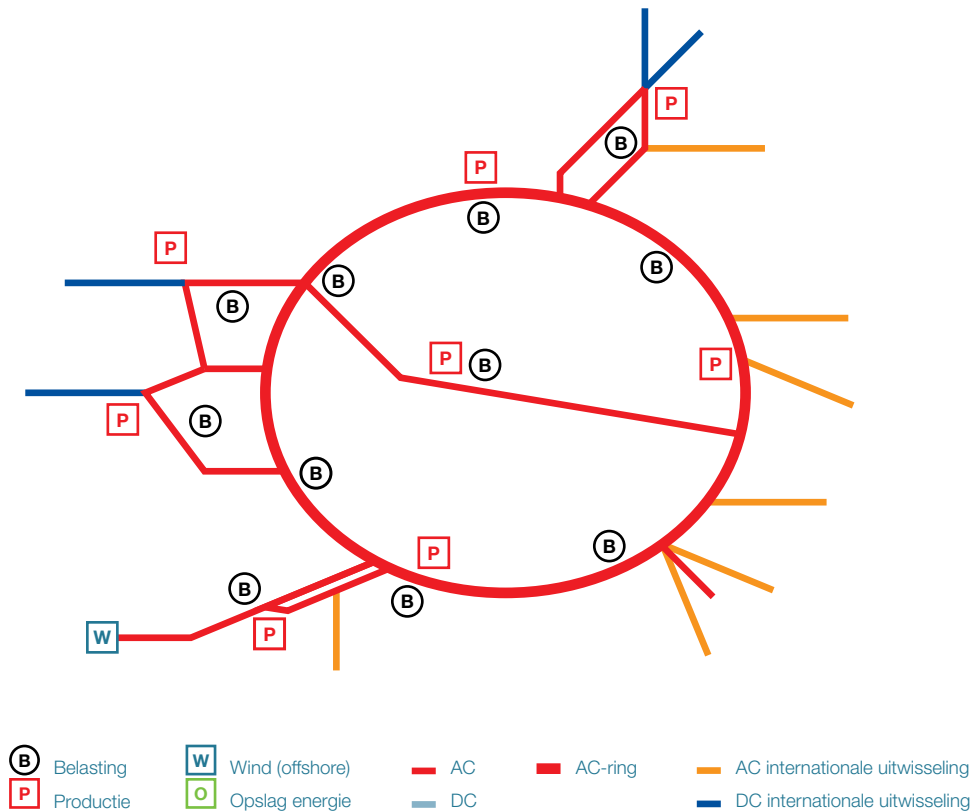
figuur 9

**Transportbeeld scenario Geld Regeert** (extreem 1: veel wind, nadruk op Eemshaven)



figuur 10

**Geld Regeert**



# 05

## Netconcept Visie2030

Op basis van de vier scenario's hebben we een aantal mogelijke transportnetconfiguraties met bijbehorende transportcapaciteiten doorgerekend.

De rekenresultaten zijn getoetst op robuustheid.

De netanalyses van de vier scenario's leverden in het vorige hoofdstuk vier afzonderlijke transportnetconfiguraties op. In figuur 11 zijn deze vier netstructuren over elkaar gelegd. De figuur toont de totale netconfiguratie die hoort bij het netconcept van Visie2030. De filosofie achter dit netconcept is:

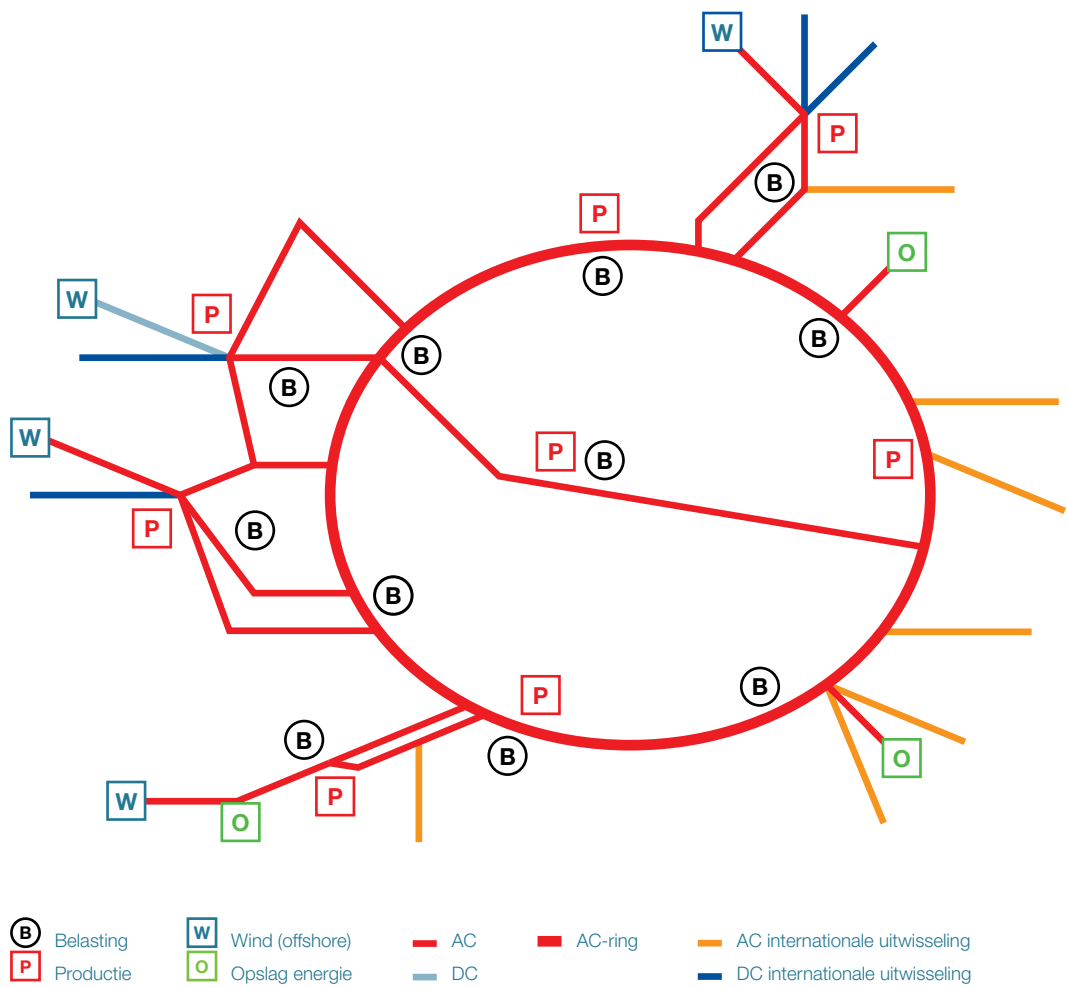
- één sterke 380 kV-ring in de nabijheid van de belasting in het midden en westen van Nederland;
- directe verbindingen van de productielocaties naar de belastingcentra of de 380 kV-ring.

Nader uitgewerkt zijn de belangrijkste elementen van het netconcept:

- één sterke 380 kV-ring biedt een robuuste en betrouwbare transportschakel naar de belasting;
- het opgewekte vermogen op de productielocaties moet zo direct mogelijk afgevoerd worden naar de belastingcentra of de 380 kV-ring;
- vanuit oogpunt van een kosteneffectief en robuust net wordt vanuit de productielocaties aan de kust gestreefd naar circuits met gelijke zo hoog mogelijke transportcapaciteit;
- het naar verhouding van afvoercapaciteit verdelen van de productie over de vier kustlocaties geeft de minste knelpunten in het 380 kV-transportnet.



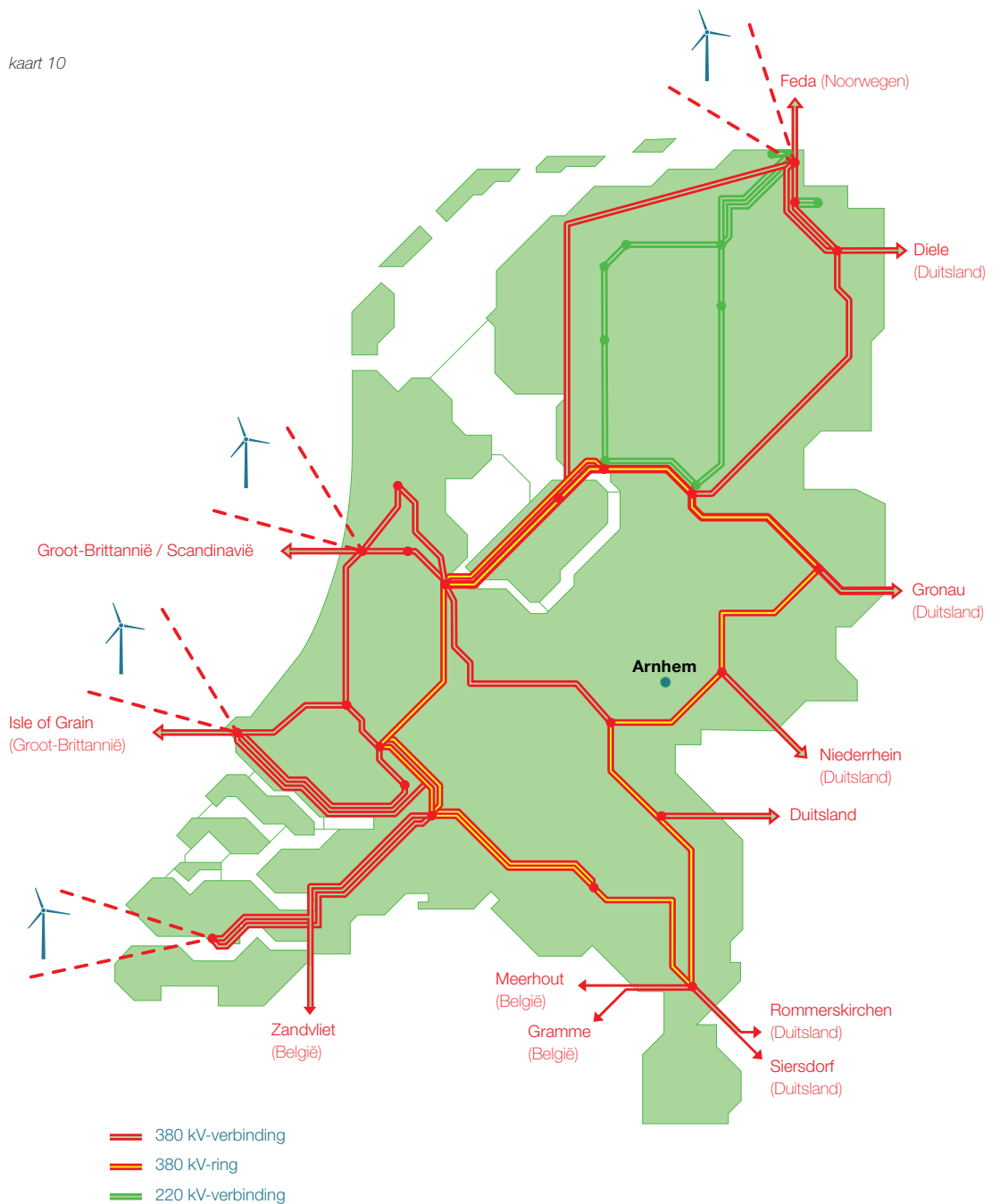
figuur 11  
**Netconcept Visie2030**



Met dit netconcept wordt aangegeven in welke richting het 380 kV-transportnet zich ontwikkelt op de momenten dat besloten wordt om te investeren. Het is dus niet zeker dat alle verbindingen in het netconcept worden gebouwd of versterkt. Het moment waarop een netaanpassing of netuitbreiding nodig is hangt af van de marktontwikkeling.

In kaart 10 is het Visie2030 netconcept in de vorm van een netkaart weergegeven. Ook zijn ter illustratie de locaties van de 6.000 MW offshore windparken voor de Nederlandse kust [RWS wind] stilistisch weergegeven.

kaart 10





# 06

## Stand van zaken netontwikkeling

In dit hoofdstuk wordt de stand van zaken van de 380 kV-netontwikkeling op de middellange termijn gegeven in relatie tot het netconcept van Visie2030.

In 2007 zijn de vier productielocaties aan de kust ieder met één dubbelcircuit 380 kV-hoogspanningslijn verbonden met de 380 kV-ring. De leveringszekerheid naar de belasting wordt voor een gedeelte opgevangen door de onderliggende netten van 220 kV, 150 kV en 110 kV niveau. In kaart 11 geven we dit weer met daarbij de 380 kV-ring aangegeven in een gele steunkleur. Deze ring wordt gevormd door de 380 kV-lijnen Zwolle - Hengelo - Doetinchem - Dodewaard - Boxmeer - Maasbracht - Eindhoven - Geertruidenberg - Krimpen - Diemen - Lelystad - Ens en Zwolle.

In 2012 is het project Randstad380 voltooid met de nieuwe 380 kV-verbindingen Maasvlakte - Westerlee - Wateringen - Bleiswijk en Bleiswijk - Beverwijk. Er zijn twee internationale verbindingen over zee in gebruik van Eemshaven naar Noorwegen (NorNed) en van Maasvlakte naar Engeland (BritNed). De productielocaties IJmuiden en Maasvlakte worden door aanleg van Randstad380 met meerdere 380 kV-verbindingen met de 380 kV-ring gekoppeld. Dit is in kaart 12 weergegeven. Op 220 kV-niveau is de verbinding van Vierverlaten naar Hessenweg versterkt.

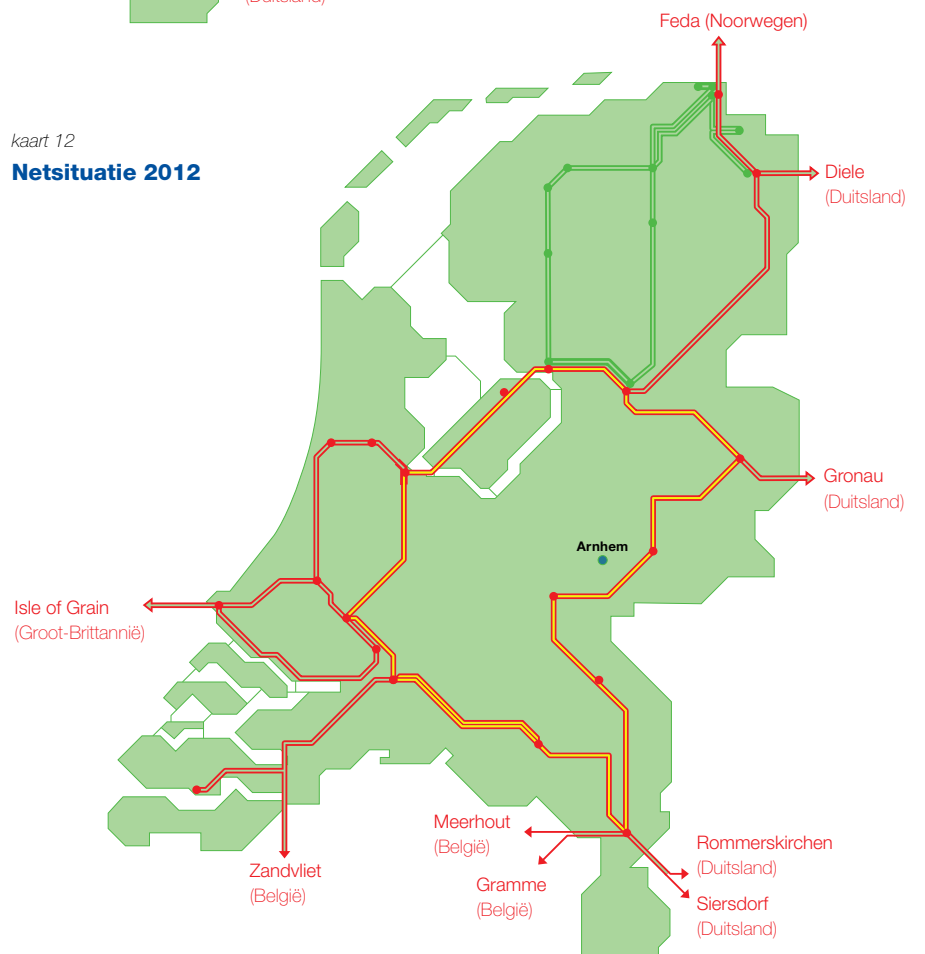
kaart 11

**Netsituatie 2007**



kaart 12

**Netsituatie 2012**



- 380 kV-verbinding
- 380 kV-ring
- 380 kV-verbinding (enkel circuit)
- 220 kV-verbinding
- 220 kV-verbinding (enkel circuit)

Op de middellange termijn begint TenneT met een aantal nieuwe projecten in het kader van het versterken van het 380 kV-net. Op dit moment wordt er al gewerkt aan de uitbreiding van het landelijke hoogspanningsnet in Noord-Nederland (van Eemshaven naar de 380 kV-ring) en Zeeland (van Borssele naar de 380 kV-ring) en de aanleg van een vierde verbinding naar Duitsland (van Doetinchem naar Niederrhein). Hiervoor heeft TenneT in 2007 de minister van Economische Zaken verzocht de planologische procedures te starten. Kaart 13 geeft deze drie nieuwe projecten weer in de situatie na oplevering van Randstad380 en na gereedkomen van de nieuwe interconnectoren met Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk. De hiervoor genoemde 220 kV-verbinding van Vierverlaten naar Hessenweg wordt versterkt.

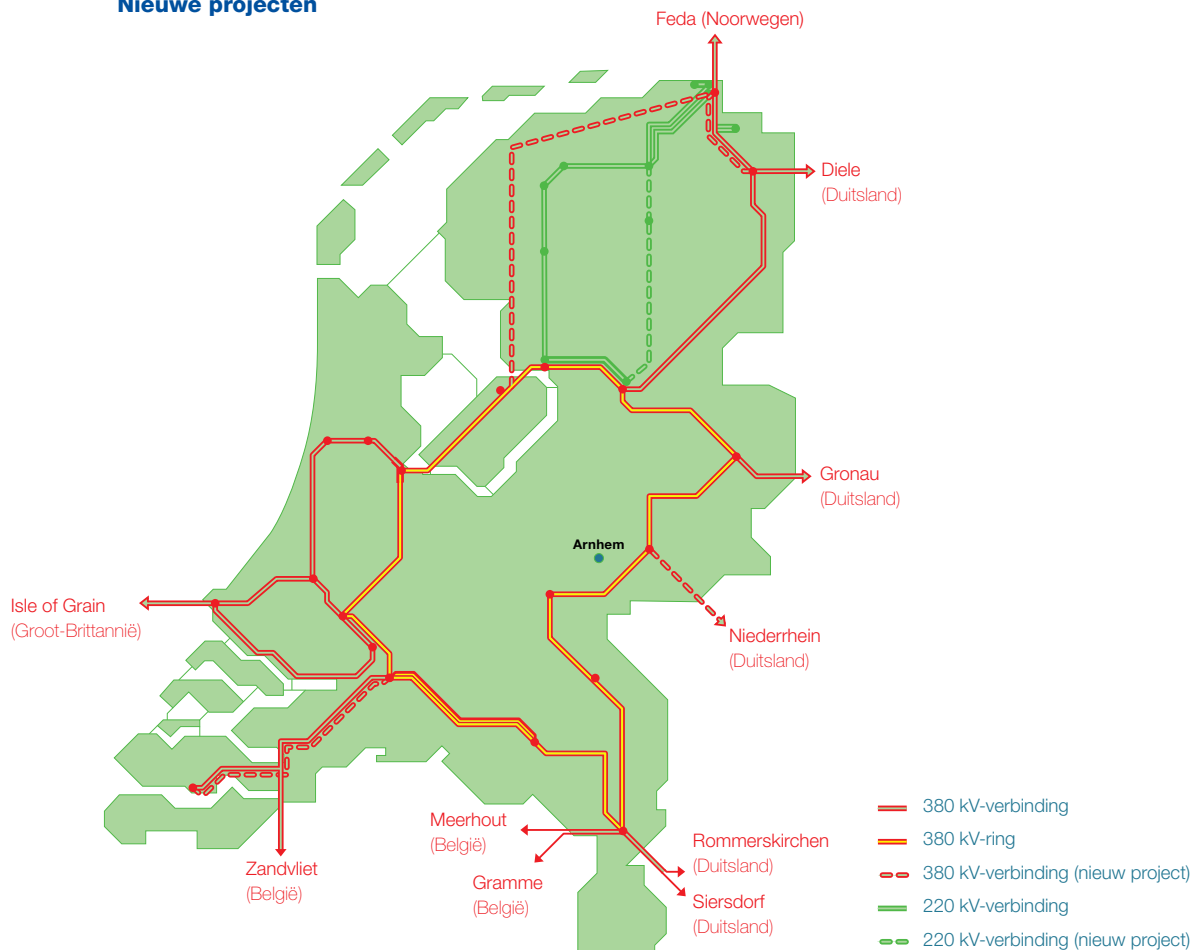
Afhankelijk van de ontwikkelingen in elektriciteitsmarkt voert TenneT in het verlengde van het Kwaliteits- en Capaciteitsplan nut-en-noodzaak studies uit naar verdere ontwikkeling van het landelijk transportnet.

Denk hierbij onder andere aan:

- versterkingen (uitbreiding en verzwaring) in de 380 kV-ring;
- uitbreiding met internationale verbindingen;
- versterking van de productielocatie Maasvlakte met een 380 kV-verbinding van Maasvlakte naar de 380 kV-ring tussen Geertruidenberg en Krimpen;
- versterking van de productielocatie IJmuiden en het gebied Noord-Holland met een 380 kV-verbinding van Beverwijk via Noord-Holland (Oterleek) naar de 380 kV-ring tussen Diemen en Lelystad;
- afhankelijk van de groei van de belasting en afname van de productie in regio Utrecht versterken van het transportnet in die regio met een 380 kV-verbinding tussen Diemen en Dodewaard.

kaart 13

### Nieuwe projecten





# 07

## Slotbeschouwing en vervolg

We hebben vier langetermijnsenario's over de ontwikkeling van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening tot 2030 beschreven. Op basis van de scenario's hebben we een aantal mogelijke transportnetconfiguraties met bijbehorende transportcapaciteiten doorgerekend en getoetst op robuustheid. Uit de bovengenoemde analyses hebben we een netconcept ontwikkeld dat richtinggevend is voor toekomstige investeringen in het hoogspanningstransportnet. De kern van het concept is één sterke 380 kV-ring in de nabijheid van de belasting in het midden en westen van Nederland en korte verbindingen van de productie naar de belastingcentra of naar de 380 kV-ring.

Energie Centrum Nederland (ECN) heeft, als onafhankelijke partij, op ons verzoek onderzocht welke invloed innovatieve energietechnologieën hebben op de toekomstige elektriciteitsinfrastructuur. ECN heeft daarbij ook de kwantitatieve inschattingen van de vier scenario's beoordeeld, rekening houdend met de mogelijke technologische ontwikkelingen [Scheepers]. De verschillen die ECN bij de scenario's Duurzame Transitie, Nieuwe Burchten en Geld Regeert heeft waargenomen waren zodanig gering dat deze afwijkingen geen aanleiding vormden voor aanpassing van ons netconcept.

Een substantieel verschil neemt ECN wel waar bij scenario Groene Revolutie. Op basis van beschikbare potentiëlen en verwachte marktontwikkelingen is de ECN schatting in 2030 voor de productiecapaciteit voor duurzame energie in Groene Revolutie 30% hoger dan die van TenneT. Ook ziet ECN in dit scenario meer decentraal opgesteld opwekvermogen. Deze afwijkingen blijken geen invloed te hebben op de hoofdstructuur van het transportnetwerk. Wel kan de toename van decentraal opgesteld opwekvermogen het tempo en de fasering van ontwikkeling van het transportnet beïnvloeden. De verzwaringen en uitbreidingen in het net komen in dat geval later tot stand.

In het verlengde van deze observatie is de langetermijnvisie van Jeremy Rifkin interessant. Het betreft een visie over de waterstof economie in 2050 [Rifkin]. Kernwoorden zijn waterstofeconomie, duurzame energie, vrije (web based) markt en intelligente netten. Met de kernwoorden duurzaam en vrije markt ligt dit waterstofeconomie scenario voor 2050 in het verlengde van Groene Revolutie in 2030. Volgens dit scenario wordt in 2050 beduidend meer decentraal opgewekt dan in 2030 in Groene Revolutie. Het ECN-rapport laat in Groene Revolutie 20% afname van centraal vermogen zien, dit is in lijn is met Rifkin.



De analyses van de resultaten van ECN en de zienswijze van Rifkin geven geen aanleiding tot aanpassing van het Visie2030 netconcept. De netanalyses zijn aangesloten op de meest actuele internationale informatie van buurlanden en UCTE. TenneT is als Nederlandse TSO deelnemer in het Pentalateraal Energy Forum. We nemen actief deel aan het Regional Forum Central West (subgroep van de UCTE WG Coordinated Planning). Het Regional Forum Central West stelt het Regional Transmission Plan (RTP) op. De draft van het eerste RTP is onlangs gepresenteerd aan de EU-commissie. Dit eerste regionale transportplan is nu nog een verzameling van individuele plannen van de TSO's uit Benelux, Duitsland en Frankrijk en zal in de toekomst verder worden ontwikkeld naar gezamenlijke scenario's en knelpuntenanalyses. Het RTP kijkt 5 à 10 jaar vooruit en heeft een middel-lange tijdshorizon. Visie2030 kijkt meer dan 20 jaar vooruit. Met de TSO's in onze buurlanden zullen in 2008 op bilaterale basis gezamenlijk langetermijn-verkenningen worden uitgevoerd.

Het Visie2030 netconcept is robuust (de hoofd-structuur voldoet voor de verschillende scenario's) en flexibel (door de ringfilosofie kan beter ingespeeld worden op enerzijds de belastingontwikkeling en de mate van decentrale opwekking en anderzijds op de ontwikkelingen van de invoeding op de kustlocaties van productie, windenergie op zee en interconnectors op land en over zee). De kracht van Visie2030 zit in de eenvoud van de kern van het netconcept.

Visie2030 geeft richting aan de ontwikkeling van het transportnet. Een voorgenomen netuitbreiding of netaanpassing kan met Visie2030 worden getoetst op toekomstvastheid. Voor iedere investering in netuitbreiding of netaanpassing zal echter nut en noodzaak moeten worden aangetoond.

De resultaten van Visie2030 bieden een goed startpunt voor gevoeligheidsanalyses. Op basis van deze what-if analyses kunnen beleidskeuzes worden gemaakt. Zo kan een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) gemaakt worden. Deze laat zien wat de maatschappelijke kosten (investeringen in het netwerk) opleveren aan maatschappelijke baten (op lange termijn waarborgen van leveringszekerheid, tijdig voorzien in passende aansluitcapaciteit, faciliteren van de transitie naar de gewenste duurzame energievoorziening, nieuwe productie, etc). In vervolg op Visie2030 overwegen we om nader onderzoek te doen naar de maatschappelijke kosten en baten van de investeringen die volgens de verschillende scenario's gedaan moeten worden.

In het voorliggend rapport hebben we een visie voor 2030 beschreven voor het landelijk elektriciteits-transportnet op 380 kV- en 220 kV-niveau. Sinds 1 januari 2008 is het beheer van de 150 kV- en 110 kV-netten onder verantwoordelijkheid gebracht van TenneT. In 2008 - 2009 ontwikkelen we een samenhangende visie voor het 150 kV- en 110 kV- niveau in relatie tot het transportnet op 380 kV- en 220 kV-niveau. Daarna zullen we de langetermijnvisie elke vier jaar actualiseren.

# Literatuur

BLOW	Bestuursovereenkomst Landelijke ontwikkeling Windenergie, jaarverslag 2006.
Cogen	Integratie van grootschalig windvermogen in het Nederlandse elektriciteitssysteem, consequenties voor de balanshandhaving en oplossingsrichtingen, Cogen symposium, november 2007.
EWEA	EWEA, "Wind Directions - Focus on 2030", November/December 2006.
EU Tradewind	EU Tradewind Work Package 2: Wind Power Scenarios, WP2.1: Wind Power Capacity Data Collection, 27 April 2007 doc.nr. 11914/GR/01c.
IEA	International Energy Agency, World Energy Outlook 2007, <a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a> .
K&C	TenneT Kwaliteits- en Capaciteitsplan 2006 - 2012.
Meeuwsen	J.J. Meeuwsen, Electricity Networks of the Future, various Roads to a Sustainable Energy System, Eindhoven Technical University 2007.
Opslag	Ministerie van Economische Zaken en Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening, onderzoek naar de toegevoegde waarde van grootschalige elektriciteitsopslag in Nederland, december 2007.
Rifkin	Jeremy Rifkin, De waterstofeconomie, schone en duurzame energie voor iedereen, ISBN 9056375830.
RWE	RWE Transportnetz Strom GmbH, TenneT TSO B.V., Joint study for a new connection between Germany and the Netherlands, November 2006.
RWS wind	Locaties 6 MW offshore windturbineparken, publicatie Rijkswaterstaat, 29. oktober 2007, <a href="http://www.noordzeeloket.nl/activiteiten/windenergie">www.noordzeeloket.nl/activiteiten/windenergie</a> .
Scheepers	M.J.J. Scheepers e.a., invloed van innovatieve technologie op de toekomstige elektriciteitsinfrastructuur, november 2007.
SEVII	Structuurschema Elektriciteitsvoorziening II, 1994.
UCTE	UCTE System Adequacy Forecast 2007 - 2020, <a href="http://www.ucte.org">www.ucte.org</a> .



# Bijlagen

## Bijlage 1

### Kaarten met overbelastingen behorende bij de 4 scenario's

In paragraaf 4.3 is een aantal resultaten van netanalyses beschreven. Daarbij zijn de belangrijkste knelpunten benoemd. In deze bijlage worden de overbelastingen van de verbindingen van het 380 kV-transportnet getoond die behoren bij de betreffende netanalyse.

Als basis voor het netmodel hebben we het hoogspanningsnet voor 2007 genomen. In dit netmodel gaan we ervan uit dat de bestaande verbindingen de capaciteitswaarden van 2007 hebben. Verder gaan we ervan uit dat het project Randstad380 is gerealiseerd. De productielocaties IJmuiden en Maasvlakte zijn onderling met elkaar gekoppeld en in totaal via zes circuits verbonden met de 380 kV-ring. Voor vergroting van de afvoercapaciteit van Borssele en Eemshaven hebben we gekozen voor een extra verbinding Borssele - Geertruidenberg en een extra verbinding Eemshaven - Ens (capaciteit 2750 MVA per circuit).

Verder nemen we aan dat de voeding van Regio Utrecht wordt verzorgd door een nieuwe verbinding tussen Diemen en Dodewaard (capaciteit 2750 MVA per circuit). Indien we dit net met de basisinformatie uit Visie2030 voor ieder scenario doorrekenen krijgen we een beeld van de overbelaste verbindingen zoals aangeven in de onderstaande figuren. De basisinformatie over het productievermogen op iedere productielocatie aan de kust is in tabel 11 per scenario weergegeven.

De 380 kV-verbindingen die overbelast zijn worden in de kaarten 14 tot en met 17 met een donkere lijn aangegeven.

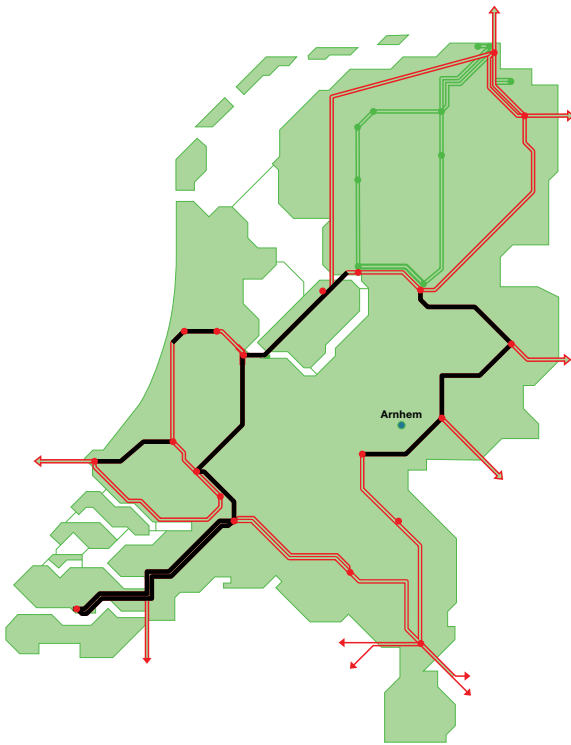
tabel 11

	Groene Revolutie			Duurzame Transitie			Nieuwe Burchten			Geld Regeert		
	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal	Conv.	Wind	Totaal
Borssele	5,7	1,0	6,7	0,9	0,0	0,9	1,5	0,0	1,5	3,7	1,0	4,7
Maasvlakte	2,9	2,5	5,4	3,0	1,0	4,0	7,6	1,0	8,6	4,6	0,5	5,1
IJmuiden	0,0	2,5	2,5	4,0	2,5	6,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	1,5
Eemshaven	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	1,4	0,0	1,4	5,0	0,0	5,0
Totaal	8,6	6,0	14,6	8,8	3,5	12,3	10,5	1,0	11,5	14,3	2,0	16,3

(waarden in GW)

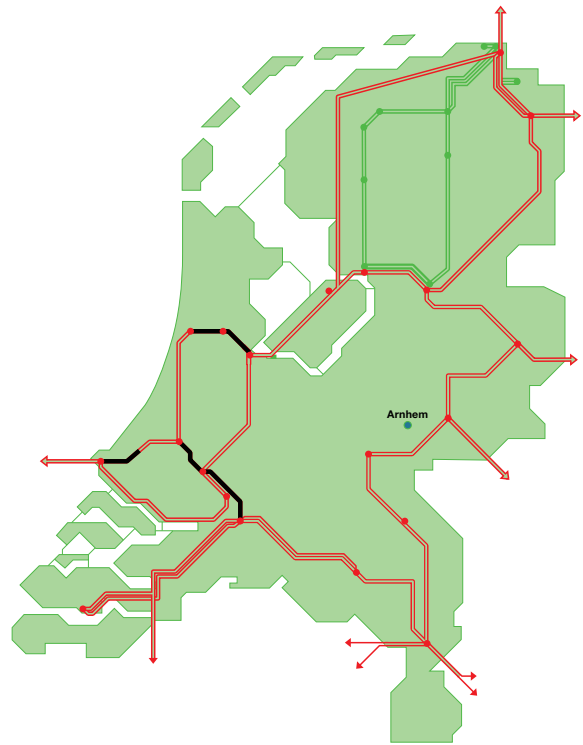
kaart 14

**Groene Revolutie** (6,7 GW in Borssele)



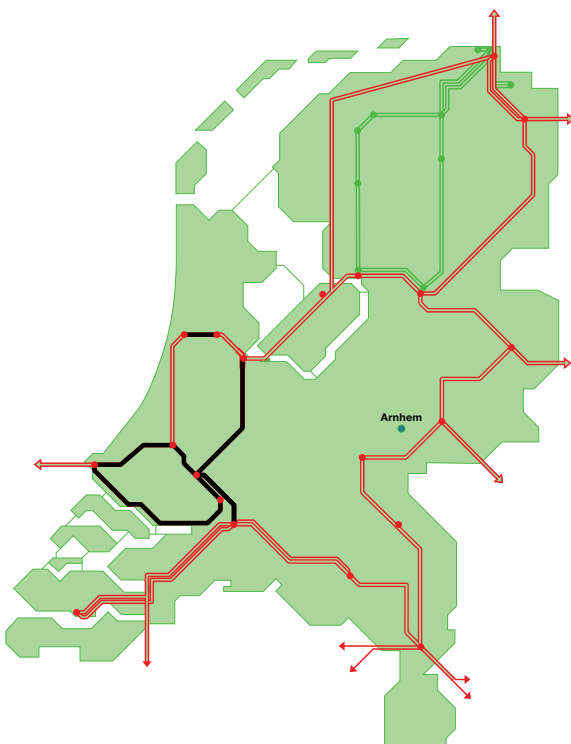
kaart 15

**Duurzame Transitie** (6,5 GW in IJmuiden)



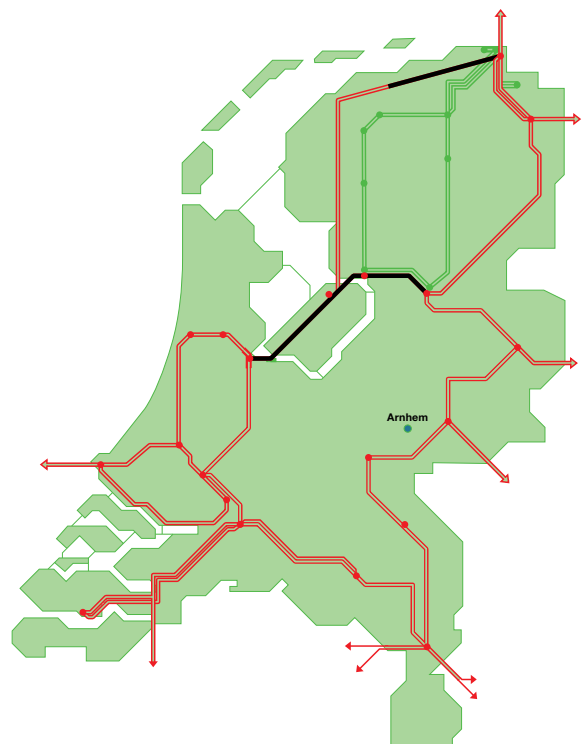
kaart 16

**Nieuwe Burchten** (8,6 GW in Maasvlakte)



kaart 17

**Geld Regeert** (5 GW in Eemshaven)



## Bijlage 2

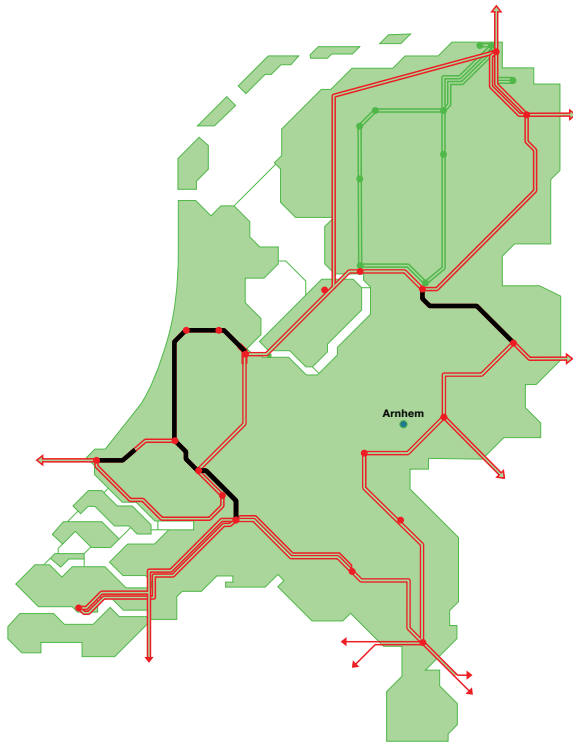
### Kaarten met overbelastingen in scenario Duurzame Transitie zonder verbinding Diemen - Dodewaard

In paragraaf 4.3 is een aantal resultaten van net-analyses beschreven. Daarbij zijn de belangrijkste knelpunten benoemd. In deze bijlage worden de overbelastingen van de verbindingen van het 380 kV-transportnet getoond die behoren bij het scenario Duurzame Transitie, waarbij de bestaande verbindingen de capaciteitswaarden van 2007 hebben.

De berekeningen hebben we uitgevoerd aan dezelfde netconfiguratie als genoemd in bijlage 1 maar dan zonder 380 kV-verbinding tussen Diemen en Dodewaard. Berekening van deze situaties voor het totale productievermogen in IJmuiden van 6,5 GW en 7,3 GW laten het volgende beeld zien in de overbelasting van de 380 kV-verbindingen. De 380 kV-verbindingen die overbelast zijn worden in de kaarten 18 en 19 met een donkere lijn aangegeven.

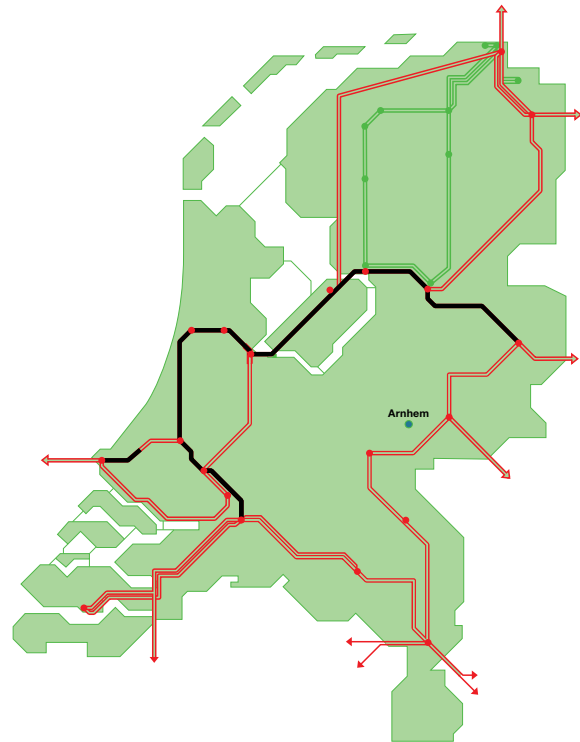
kaart 18

**Duurzame Transitie** (6,5 GW in IJmuiden)  
Zonder Diemen - Dodewaard



kaart 19

**Duurzame Transitie** (7,3 GW in IJmuiden)  
Zonder Diemen - Dodewaard



## Bijlage 3

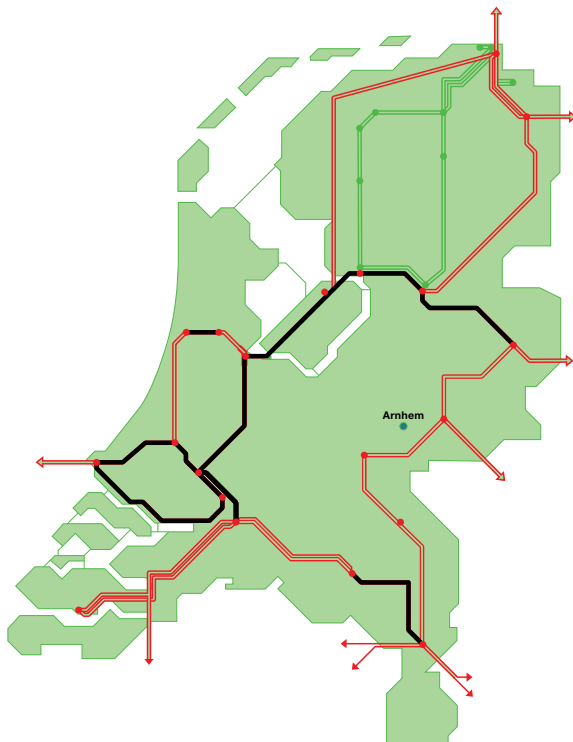
### Kaarten met overbelastingen in scenario Nieuwe Burchten zonder verbinding Diemen - Dodewaard

In paragraaf 4.3 is een aantal resultaten van netanalyses beschreven. Daarbij zijn de belangrijkste knelpunten benoemd. In deze bijlage worden de overbelastingen van de verbindingen van het 380 kV-transportnet getoond die behoren bij het scenario Nieuwe Burchten, waarbij de bestaande verbindingen de capaciteitswaarden van 2007 hebben.

De berekeningen hebben we uitgevoerd aan dezelfde netconfiguratie als genoemd in bijlage 1 maar dan zonder 380 kV-verbinding tussen Diemen en Dodewaard. Berekening van deze situaties voor het totale productievermogen in Maasvlakte van 8,6 GW en 11 GW laten het volgende beeld zien in de overbelasting van de 380 kV-verbindingen. De 380 kV-verbindingen die overbelast zijn worden in de kaarten 20 en 21 met een donkere lijn aangegeven.

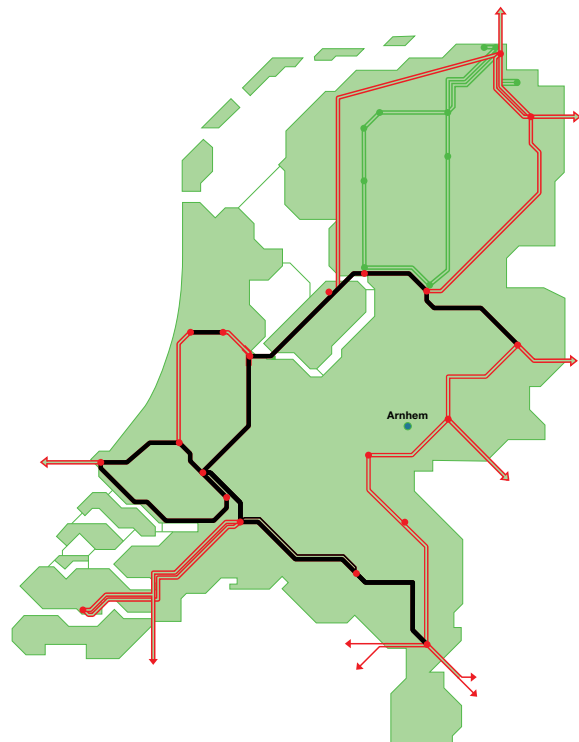
kaart 20

**Nieuwe Burchten** (8,6 GW in Maasvlakte)  
Zonder Diemen - Dodewaard



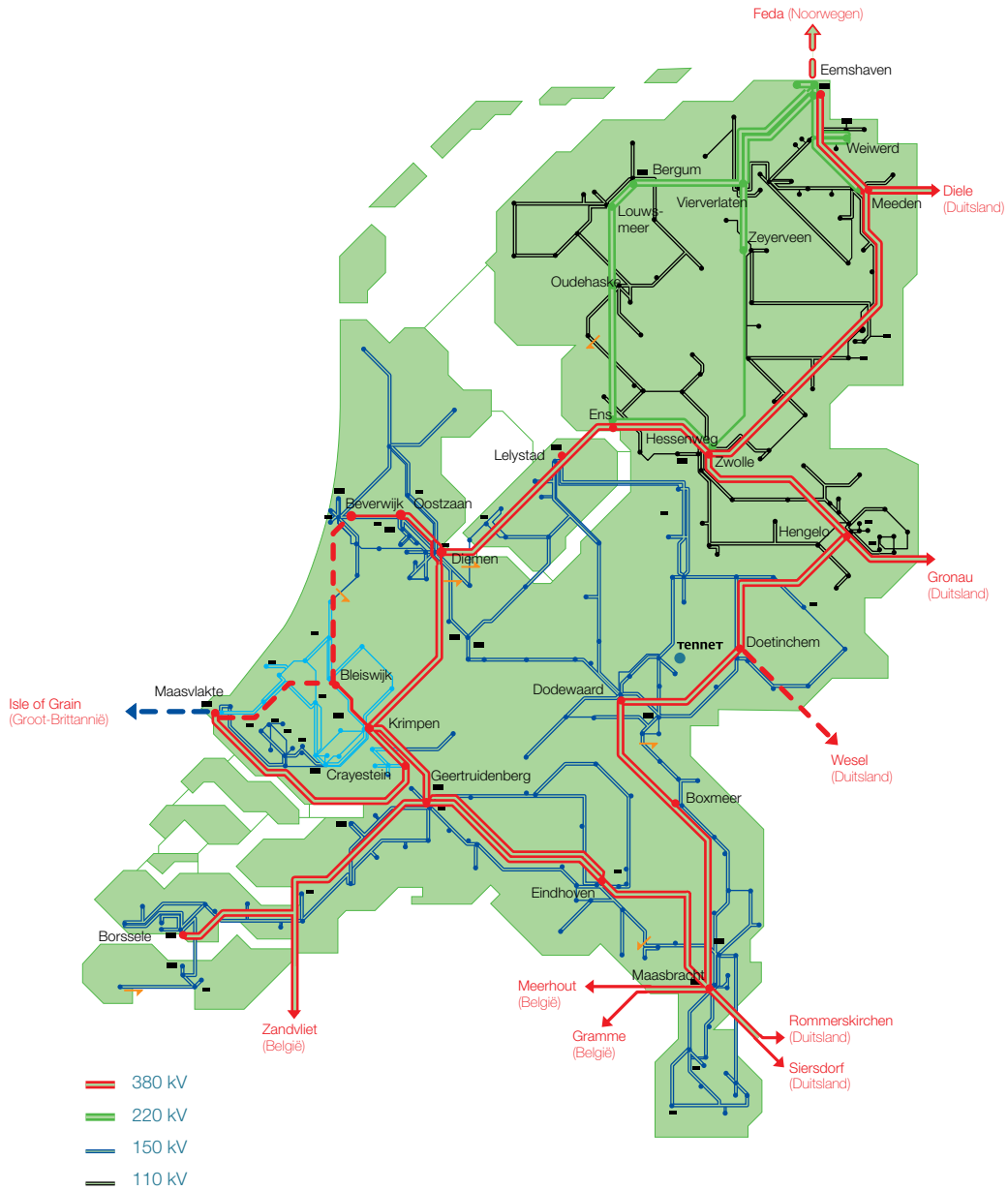
kaart 21

**Nieuwe Burchten** (11 GW in Maasvlakte)  
Zonder Diemen - Dodewaard



### Nederlands transportnet

(per 1 juli 2007)







---

TenneT is de eerste grensoverschrijdende elektriciteitstransporteur van Europa. Met 20.000 kilometer aan hoogspanningsverbindingen en 35 miljoen eindgebruikers in Nederland en Duitsland behoren we tot de top 5 elektriciteitstransporteurs van Europa. Onze focus is gericht op de ontwikkeling van een Noordwest-Europese energiemarkt en op de integratie van duurzame energie.

## **Taking power further**

### **TenneT TSO B.V.**

Utrechtseweg 310, Arnhem  
Postbus 718, 6800 AS Arnhem

**Telefoon** 026 373 17 17

**Fax** 026 373 13 59

**E-mail** [servicecentrum@tennet.eu](mailto:servicecentrum@tennet.eu)

**Twitter** @tennetts0

**[www.tennet.eu](http://www.tennet.eu)**

### © TenneT

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt zonder uitdrukkelijke toestemming van TenneT.

**Aan de inhoud van dit document kunnen geen rechten worden ontleend.**

Arnhem, mei 2010