

# Beschrijving en gebruik van Crystal Super Grid

Document opgesteld in het kader van de voorbereidende werkzaamheden  
van de doorrekening van de verkiezingsprogramma's van 2019

December 2018

# Doorrekening van de verkiezingsprogramma's 2019

De wet van 22 mei 2014 vertrouwt de doorrekening van de verkiezingsprogramma's van de politieke partijen bij de verkiezing voor de Kamer van volksvertegenwoordigers toe aan het Federaal Planbureau. In het kader van de voorbereidende werkzaamheden voor de doorrekening van de verkiezingsprogramma's voor de verkiezingen van mei 2019, publiceert het Federaal Planbureau een reeks technische documenten voor de politieke partijen, de media en de burgers.

Het project wordt gecoördineerd door Jan Verschooten (jav@plan.be), Bart Hertveldt (bh@plan.be) en Igor Lebrun (il@plan.be).

## Bijdragen

Deze publicatie werd opgesteld door Danielle Devogelaer (dd@plan.be).

Overname wordt toegestaan, behalve voor handelsdoeleinden, mits bronvermelding.

Verantwoordelijke uitgever: Philippe Donnay

Wettelijk Depot: D/2018/7433/37

## Abstract

Sinds 2015 beschikt het Federaal Planbureau over *Crystal Super Grid*, een model met een hoge temporele resolutie waarmee de elektriciteitssector in detail kan worden bestudeerd. Het model werd ontwikkeld door Artelys, een Frans energieconsultingbureau dat binnen een vierjarig raamcontract modelmatige projecten uitwerkt voor de Europese Commissie.

Binnen het Federaal Planbureau werd geïnvesteerd in de expertiseopbouw om het model te hanteren en in te zetten voor diverse elektriciteitsgerelateerde vraagstukken. Een dergelijk model is een onmisbaar element in de evaluatie van toekomstige energiesystemen waarin verwacht wordt dat de elektrificatie van de samenleving zal toenemen als antwoord op de uitdagingen die de klimaatverandering stelt.

## Inhoudstafel

<b>1. Inleiding .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Algemene kenmerken van het model .....</b>	<b>2</b>
2.1. Intro .....	2
2.2. Het model .....	3
<b>3. Input van het model.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Output van het model .....</b>	<b>7</b>
4.1. Indicatoren .....	7
4.2. Wat niet? .....	8
<b>5. Mogelijke maatregelen .....</b>	<b>9</b>
<b>6. Toepassingen .....</b>	<b>11</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>12</b>

## Lijst van tabellen

Tabel 1	Productietechnologieën die beschikbaar zijn in Crystal Super Grid .....	5
Tabel 2	Voorbeeldmaatregel: uitbreiding van importcapaciteit, jaar 2027 .....	10



# 1. Inleiding

Op basis van de wet van 22 mei 2014<sup>1</sup> werd het Federaal Planbureau belast met de opdracht om bij de volgende federale parlementsverkiezingen de verkiezingsprogramma's van een aantal politieke partijen door te rekenen. Het projectiemodel *Crystal Super Grid* kan daarbij worden ingezet om de impact te berekenen van een aantal beleidsmaatregelen die betrekking hebben op de elektriciteits- en de CO<sub>2</sub>-emissieproblematiek.

Elektriciteit, emissies en klimaat zijn thema's die onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. De keuze van de elektriciteitsmix kan immers een significante impact hebben op het klimaat via de uitstoot van broeikasgasemissies die vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen, terwijl het klimaat zelf de vraag naar elektriciteit (verwarmings- en koelingsbehoeften, verlichting, enz.) beïnvloedt. In de toekomst wordt bovendien verwacht dat een toenemende elektrificatie van de samenleving op basis van koolstofarme bronnen een (onderdeel van het) antwoord kan bieden op de uitdagingen die de klimaatverandering stelt.

Sinds 2015 beschikt het Federaal Planbureau over *Crystal Super Grid*, een model met een hoge temporele resolutie waarmee de elektriciteitssector en haar impact op CO<sub>2</sub>-emissies in detail kan worden bestudeerd. Het model werd ontwikkeld door Artelys, een Frans energieconsultingbureau dat ook door de Europese Commissie is geëngageerd om haar *evidence-based* beleidsbepaling te ondersteunen. Binnen het Federaal Planbureau werd geïnvesteerd in de expertiseopbouw om het model te hanteren en in te zetten voor diverse elektriciteitsgerelateerde vraagstukken waaronder de impact van het al dan niet beschikbaar zijn van enkele kerncentrales op de groothandelsprijzen voor elektriciteit (Devogelaer en Laine, 2016) en de impact van een verhoging van de Belgische grensoverschrijdende elektriciteitstransmissiecapaciteit op de werking van het binnenlandse flexibele thermische productiepark (Devogelaer, 2017).

In wat volgt wordt de werking van *Crystal Super Grid* besproken, naast de reikwijdte en enkele mogelijke toepassingen in het kader van de doorrekening van de verkiezingsprogramma's. Meer specifiek worden in deel 2 de algemene kenmerken van het (type) model geschetst. Deel 3 beschrijft vervolgens de noodzakelijke inputs die het model nodig heeft om resultaten te genereren. Deel 4 staat stil bij mogelijke resultaten. Deel 5 gaat in op maatregelen die met het model kunnen worden gesimuleerd. Deel 6 sluit af met een beknopte beschrijving van enkele toepassingen die reeds ondernomen werden met *Crystal Super Grid*.

---

<sup>1</sup> Verschenen in het Belgisch Staatsblad op 22 juli 2014.

## 2. Algemene kenmerken van het model

### 2.1. Intro

*Crystal Super Grid* is wat men een sectorspecifiek energiemodel noemt: het bestudeert (enkel) de sector van elektriciteitsproductie. Het is daarom nuttig enkele specifieke kenmerken van deze energievorm te beschrijven. Elektriciteit is een onmisbare energievectoren in het dagelijkse leven, niet alleen wegens de cruciale functies die elektriciteit behoeven, maar ook door de veelheid van toepassingen: van verlichting tot transport, van koken tot het uitvoeren van de meest complexe industriële processen, van het volgen van het journaal tot het beademen van kritieke ziekenhuispatiënten.

Naast de vele toepassingen zijn er ook veel manieren om elektriciteit op te wekken. Zo kan elektriciteit worden geproduceerd aan de hand van fossiele energiebronnen (aardgas, steenkool, bruinkool, olie), maar ook uranium kan de benodigde temperatuur opwekken voor stoom om turbines aan te drijven waardoor elektriciteit wordt gegenereerd. Naast deze 'thermische' centrales winnen de hernieuwbare energiebronnen meer en meer terrein (zie ook tabel 1): zon, wind, water, biomassa en aardwarmte zijn in staat om op recurrente basis (zonder risico op uitputting) elektriciteit te genereren, maar met enkele bijzonderheden. De eerste twee bronnen zijn immers weersafhankelijk, de laatste drie kunnen op vraag (*dispatchable*) worden aangeschakeld.

Het specifieke aan elektriciteit(smodellering) is dat, in tegenstelling tot fossiele (stockeerbare) energievormen, het vandaag nog steeds een erg grote uitdaging is om elektriciteit op grote schaal, langdurig en relatief goedkoop op te slaan. Net hierdoor verschilt het elektriciteitssysteem fundamenteel van andere energiebronnen. Richtlijn 2009/119/EG van de Raad van 14 september 2009 bepaalt bijvoorbeeld dat elke lidstaat gehouden is om minimumvoorraden ruwe aardolie en/of aardolieproducten in opslag te houden om een periode van ongeveer 90 dagen te dekken. Dat is absoluut niet het geval voor elektriciteit en zou vandaag zelfs technisch onmogelijk zijn.

Dit maakt dat het noodzakelijk is dat wat er gevraagd wordt aan elektriciteit (de elektriciteitsconsumptie) momentaan voorzien wordt (de elektriciteitsproductie): vraag en aanbod moeten dus steeds en op elk moment exact in balans zijn. Bij de kleinste deviatie zal de frequentie van het gehele verbonden Europese net afwijken van de standaard van 50 Hertz. Hierdoor is het mogelijk dat een cascade-effect grote delen van het Europese netwerk affecteert en, in het ergste geval, zelfs in het donker zet.

Om deze bijzonderheid afdoende in rekening te brengen, is een voldoende hoge temporele resolutie noodzakelijk. Dat betekent dat het niet zal volstaan om een energiesysteemmodel te laten draaien waarbij elektriciteit als een 'doorsnee' energievorm wordt gemodelleerd en jaarlijkse vraagvolumes in evenwicht worden gebracht met jaarlijkse productievolumes (en eventueel voorraden). Een hogere precisiegraad wat betreft het momentaan karakter is onontbeerlijk: de noodzaak van een specifiek model dringt zich op.

## 2.2. Het model

*Crystal Super Grid* is een elektriciteitsspecifiek model dat behoort tot de familie van de '*unit commitment optimal dispatch*'-modellen. Dat zijn modellen waarbij de optimale mix van productietechnologieën in een bepaalde zone (land, regio, continent, enz.) bepaald wordt gegeven de vraag. De optimale mix is die configuratie waarbij de totale productiekosten voor de hele zone worden geminimaliseerd, erover wakend dat op elk moment in de tijd de vraag naar elektriciteit gedekt is door de productie ervan en rekening houdend met een aantal technische en fysieke beperkingen van het systeem.

Die technische en fysieke beperkingen kunnen betrekking hebben op de centrales (maximaal rendement, de mogelijkheid en/of snelheid van op- en neerschakelen, enz.), de interconnectie (het bestaan en het vermogen om elektriciteit uit te wisselen met een buurland), het beheer van de vraag (welk deel van de elektriciteitsvraag kan naar een ander tijdstip verplaatst of zelfs volledig uitgewist worden), enz.

'*Unit commitment*' staat voor het proces waarbij beslist wordt welke eenheden wanneer in de 'aan'-modus staan en dus in staat zijn om elektriciteit op te wekken. Dat kan een beslissing van de operator zijn (bij thermische centrales), maar het kan evenzeer een 'toevallig' fenomeen zijn (bij weersafhankelijke centrales zoals windturbines of zonnepanelen). De '*economic dispatch*' wijst op de werkelijke kostenefficiënte productie door de verschillende centrales die in staat zijn elektriciteit op te wekken omdat ze in de 'aan'-modus staan.

België wordt daarbij niet als een geïsoleerd eiland gemodelleerd: er worden interacties voorzien met de elektriciteitssystemen van de landen van de CWE-zone (Centraal-West-Europa) en Zuid-Europa (Portugal, Spanje, Italië), die op hun beurt te allen tijde het evenwicht tussen vraag en aanbod dienen te verzekeren gegeven een aantal technische en fysieke beperkingen. Dat betekent dus dat de optimale elektriciteitsmix niet alleen binnen de Belgische zone wordt bepaald, maar dat, als het goedkoper is om een centrale in het buitenland te laten draaien en de overtollige stroom (de stroom die niet nodig is om de eigen vraag te dekken) in te voeren in ons land, ook deze combinatie in de berekening moet worden meegenomen.

'*Unit commitment optimal dispatch*'-modellen berekenen dus een relatief complex optimalisatieprobleem door het zeer hoge aantal mogelijke combinaties van aan- en uittoestanden van de producerende eenheden in het elektriciteitssysteem over elke gemodelleerde tijdseenheid in de bestudeerde periode. Typisch wordt een volledig jaar bestudeerd, en dit uur per uur, waardoor er 8 760 tijdseenheden worden bekeken. De tijdshorizon die het model dekt, kan lopen van de korte (1 tot 3 jaar) tot de lange termijn (horizon 2030). Kortetermijnanalyses met dergelijke modellen worden bijvoorbeeld ondernomen in het kader van de berekening van het benodigde volume voor de strategische elektriciteitsreserve. Analyses op de lange termijn lopen typisch tot 2030, maar technisch gezien is er geen enkele barrière die verhindert dat het model voor verdere horizonten wordt ingezet. De enige moeilijkheid daarbij is voldoende betrouwbare data vinden die het model kunnen aansturen gegeven de significante wijzigingen in technologie (waaronder de digitalisering) die het opstellen van toekomstige vraagprofielen erg speculatief maken.

*Crystal Super Grid* draait op Java. Het berekeningsproces gebeurt via achtereenvolgende optimalisatieoplossingen over een rollende horizon. Dat wordt gedaan om rekening te houden met

perfecte kennis en inzicht aan het einde van de projectieperiode. Het model berekent problemen over een periode van 14 dagen (tactische horizon) met stappen van 7 dagen (rollende horizon) bij elke iteratie. Daardoor overlapt elke nieuwe tactische horizon met de berekeningen van de vorige, waarbij vorige beslissingen en de daaruit resulterende toestand van het systeem meegenomen worden en vermeden wordt dat het systeem op voorhand kan incalculeren dat er bijvoorbeeld een windloze periode aankomt en hierdoor al zijn opslagmogelijkheden gaat benutten.

Dit type van model is cruciaal om de verschillende uitdagingen (grootschalige integratie van variabele hernieuwbare energiebronnen (wind, zon), inschatting van flexibiliteitsbehoeften, accurate weergave van productiepark met operationele beperkingen, enz.) waaraan het elektriciteitssysteem van de toekomst het hoofd dient te bieden, in kaart te brengen.



### 3. Input van het model

*Crystal Super Grid* minimaliseert dus de totale systeemproductiekosten, terwijl vraag en aanbod steeds in evenwicht dienen te zijn. Het model bevat een uitgebreide bibliotheek aan financiële (aankoopcontracten voor elektriciteit, voor gas, voor olie, enz.) en fysieke assets (thermische elektriciteitscentrales, hernieuwbare energiebronnen, interconnectielijnen, enz.) en kan daardoor op zeer gedetailleerd niveau analyses uitvoeren.

De inputgegevens voor het model zijn voornamelijk afkomstig van publieke bronnen, zoals ENTSO-E, het Europees Netwerk van Transportnetbeheerders, en IEA, het Internationaal Energieagentschap.

De technologieën die in het model worden opgenomen, zijn weergegeven in tabel 1.

**Tabel 1 Productietechnologieën die beschikbaar zijn in Crystal Super Grid**

(Fossiel) thermisch	Hernieuwbaar
Nucleair	Water reservoir
Steenkool	Water run-of-river
Bruinkool	Water pompopslag
STEG (gas)	Zon PV
OCGT (gas)	Wind onshore/offshore
Olie	Hernieuwbaar thermisch (biomassa)

Voor historische of kortetermijnanalyses zijn de vraag, de geïnstalleerde capaciteiten en de thermische beschikbaarheid afkomstig van ENTSO-E. De *Statistical Factsheet* van ENTSO-E levert bijvoorbeeld heel wat interessante informatie. De gedetailleerde capaciteitsbeschrijvingen en vraagprofielen worden geverifieerd of kunnen worden aangevuld met data van de individuele websites van de Europese transportnetbeheerders.

Voor projecties wordt typisch gewerkt met geïnstalleerde capaciteiten uit scenario's van de TYNDP (*Ten Year Network Development Plan*) opgesteld door ENTSO-E. De TYNDP levert eveneens inschattingen van de toekomstige vraag en de daarbij horende vraagprofielen. Deze scenario's worden standaard aangeleverd door Artelys, de ontwikkelaar van het *Crystal Super Grid*-model. De evolutie van de variabele brandstofkosten voor het Europese energiesysteem komt van het IEA, meer bepaald uit hun vlaggenschippublicatie de *World Energy Outlook*.

De modelleerder beschikt over de mogelijkheid om andere (eigen) assumpties in het model te integreren. In oefeningen ondernomen met *Crystal Super Grid* door het Federaal Planbureau werd bijvoorbeeld output van het PRIMES-model<sup>2</sup> gebruikt, meer bepaald de resultaten van de capaciteitsexpansiemodule van het Europese elektriciteitssysteem en prijzen voor de CO<sub>2</sub>-emissierechten: in deel 6 van dit rapport worden deze gedocumenteerd. Ook vraagvooruitzichten kunnen worden gekalibreerd op de resultaten van het PRIMES-model: het gegeven vraagprofiel van de TYNDP blijft dan behouden, maar de totale jaarlijkse vraag wordt in overeenstemming gebracht met de uitkomst van de PRIMES-outlook.

<sup>2</sup> PRIMES is een energiesysteemmodel dat de volledige verwevenheid tussen energieproductie en -consumptie in kaart brengt, waarbij de trade-offs tussen verschillende energiebronnen en -vormen en de links tussen energieverbruikende sectoren worden ontrafeld. Het wordt door de Europese Commissie ingezet om haar referentiescenario te bepalen en voor de effectbeoordelingen van bv. het 2030 klimaat- en energiekader.

Wanneer het model wordt ingezet voor projecties, is het cruciaal dat rekening wordt gehouden met de (al dan niet significante) penetratie van vraagimpacterende toepassingen. Te denken valt hierbij aan de vervanging van interne verbrandingsmotoren in het reizigersvervoer door elektrisch aangedreven motoren of de substitutie van fossiele brandstoffen in gebouwenverwarming door elektrische warmtepompen. Bovendien wordt verwacht dat digitalisering en de uitrol van slimme netwerken zal toelaten dat het beheer van de vraag gefaciliteerd wordt: een deel van de vraag kan dan flexibel(er) worden. Decentrale opslagmogelijkheden<sup>3</sup> behoren eveneens tot het toekomstplaatje van het elektriciteitssysteem. Vooruitzichten voor deze nieuwe toepassingen en technische mogelijkheden worden geval per geval opgezocht op basis van literatuurstudie en *expert judgment* en in *Crystal Super Grid* opgenomen. Nadien worden krachtige optimalisatiealgoritmes gebruikt om de optimale toewijzing van productie-eenheden in de geïnterconnecteerde zones te berekenen.

---

<sup>3</sup> Bijvoorbeeld thuisbatterijen zoals de Powerwall van Tesla.

## 4. Output van het model

De nood aan flexibiliteit is de laatste jaren duidelijk geworden en wordt verwacht verder in belang toe te nemen door de expansie van variabele hernieuwbare energiebronnen (wind, zon). Die laatste zorgen er in het bijzonder voor dat de residuele vraag (het deel van de elektriciteitsvraag dat overblijft na aftrek van de vraag die wordt ingevuld door productie door zon en wind) erg kan schommelen waardoor de (residuele) lastprofielen sterk afwijken van de historische profielen. Het verbruiksverschil tussen dag en nacht wordt bijvoorbeeld kleiner door het uitvlakken van de middagpiek via zonne-energieproductie. Bij een doorgedreven penetratie van fotovoltaïsche panelen kan de middagpiek zelfs een dal worden voor de residuele capaciteit.

Flexibiliteit kan worden ingevuld door (een combinatie van):

- opslag (pompopslag, batterijen,...)
- vraagrespons (eliminatie of verplaatsing van (een deel van) de vraag)
- flexibele productie-eenheden (bv. gaseenheden)
- afschakeling van variabele productie (zogenaamde *curtailment*)
- interconnectie (flexibiliteit via de buurlanden).

Een inzicht verwerven in de (toekomstige) behoefte aan flexibiliteit en (het aandeel van) de (verschillende) middelen die deze flexibiliteit kunnen leveren en hun desbetreffende kosten, is dan ook cruciaal voor een onderbouwd beleid.

Mogelijke beleidsmaatregelen kunnen erin bestaan om bepaalde van deze flexibiliteitsopties uit te bouwen of uit te breiden. Zo kan de impact worden nagegaan op de marginale systeemkosten en de CO<sub>2</sub>-emissies van een verhoging van de pompopslag in België door de bouw van een derde bassin in Coö (het zogenaamde Coö3-project). Een andere mogelijkheid is het uitvoeren van een kosten-batenanalyse (CBA) voor elektriciteitstransmissieprojecten op basis van resultaten van het model.

### 4.1. Indicatoren

De indicatoren die het model produceert, kunnen worden onderverdeeld volgens de *trias energetica*. De drie hoeken van deze *trias* zijn duurzaamheid, bevoorradingszekerheid en betaalbaarheid. Een greep uit de beschikbare indicatoren:

- Voor duurzaamheid: CO<sub>2</sub>-emissies. Het betreft enkel de CO<sub>2</sub>-emissies van het elektriciteitssysteem, onderdeel van het ETS (Europees emissiehandelssysteem). Louter de CO<sub>2</sub>-emissies<sup>4</sup> worden weergegeven, niet de totale broeikasgasemissies, noch de lokale polluenten.
- Voor bevoorradingszekerheid: *Loss of Load Expectation* (LOLE) en *Energy Not Supplied* (ENS). LOLE staat voor het aantal uren per jaar (op langere termijn) waarin statistisch verwacht kan worden dat

---

<sup>4</sup> De emissies van de warmtekrachtkoppelinginstallaties (WKK's) worden niet gemodelleerd en dienen apart te worden bijgeteld.

het aanbod niet toereikend is om de vraag te dekken. ENS is dan de hoeveelheid elektriciteit die niet geleverd wordt als gevolg van de discrepantie tussen vraag en aanbod. LOLE en ENS zijn interessante indicatoren om de toereikendheid (*adequacy*) van het elektriciteitssysteem te bestuderen.

- Voor betaalbaarheid: marginale systeemkosten (MSK). De prijs van elektriciteit wordt bepaald door de laatste centrale die nodig is in het systeem om de vraag te dekken. De variabele productiekosten van deze marginale centrale bepalen de prijs voor alle andere productietechnologieën (wind, zon, nucleair,...) die elektriciteit genereren op dat moment volgens het zogenaamde *paid as cleared*-principe<sup>5</sup>. De MSK kunnen gezien worden als een proxy voor de 'prijs' in een *energy-only*-markt. Toch is de MSK niet hetzelfde als de prijs en moeten enkele nuances in acht worden genomen:
  - De MSK betreft de prijs van de *commodity* (electriciteit), niet te verwarren met de eindfactuur die de klant periodiek ontvangt en waarin ook (en vooral) andere kostenposten (zoals taksen) zijn opgenomen;
  - De MSK wordt bepaald door een aantal assumpties. Deze betreffen o.a. de prijs van de brandstof, het omzettingsrendement, de variabele operationele- en onderhoudskosten en de prijs van CO<sub>2</sub>.
  - Eveneens op te merken valt dat in de MSK geen elementen vervat zitten die de vaste kosten weergeven. Kosten van ontmanteling van centrales, (verjongings)investeringen en andere types vaste kosten die onafhankelijk zijn van de operatie van een centrale zijn niet opgenomen.

## 4.2. Wat niet?

Wat het model *Crystal Super Grid* niet doet, is

- het evenwicht tussen alle energievormen simuleren, aangezien het enkel op elektriciteit focust: analyses die inzoomen op de toekomstige behoefte aan aardgas in België of het belang van olie in het transportsysteem van de toekomst, kunnen met dit model dus niet worden uitgevoerd;
- het bepalen van een optimale investeringsportefeuille voor België: de optimale capaciteitsexpansie voor België of, bij uitbreiding, voor de CWE-zone kan met deze versie van het model niet worden bepaald. Het elektriciteitsproductiepark en de -vraag zijn met andere woorden exogeen;
- fysieke studies maken van het netwerk: het model is geen netwerkmodel waarbij interne congesties kunnen berekend (en opgelost) worden: de enige finaliteit van het model is het maken van marktstudies. Technisch vertaalt zich dat in de voorstelling van grensoverschrijdende elektriciteitshandel door de integratie van *Net Transfer Capacities* (NTC).

---

<sup>5</sup> Hoewel elektriciteit een uniform product is, bestaan er verschillende technologieën om elektriciteit op te wekken. Naar gelang van de technologie zijn de productiekosten verschillend door verschillen in brandstofkosten, aankoop van emissierechten, onderhoud, enz. Wanneer de elektriciteit te koop wordt aangeboden op een daartoe bestemde veiling zullen de verschillende producenten hun elektriciteit dan ook aan verschillende prijzen aanbieden (om op zijn minst hun variabele kosten te dekken). *Paid as cleared* staat dan voor het principe waarbij, eenmaal de evenwichtsprijs (het snijpunt van vraag en aanbod) op de markt bepaald is, alle producenten die worden geselecteerd om te leveren deze evenwichtsprijs ontvangen, ongeacht hun feitelijke productiekosten. Hierdoor kunnen *inframarginale rentes* ontstaan. *Paid as bid* is een alternatief principe waarbij de producent, indien geselecteerd, de prijs ontvangt waaraan hij zijn product heeft aangeboden.

## 5. Mogelijke maatregelen

Een voorbeeld van een beleidsmaatregel die (deels) doorgerekend kan worden met *Crystal Super Grid* is het stimuleren van bijkomende investeringen in offshore windturbines. Hierbij kan worden gedacht aan de bouw van een extra offshore windmolenpark (300 MW) in het Belgische deel van de Noordzee. Het is dan mogelijk om met behulp van *Crystal Super Grid* twee scenario's te berekenen: eentje mét en eentje zonder de opname van de constructie van dat park in België. De vergelijking van de twee scenario's voor eenzelfde tijdshorizon laat dan toe uitspraken te formuleren rond duurzaamheid, bevoorradingszekerheid en betaalbaarheid.

Ook de impact<sup>6</sup> van de implementatie van deze maatregel op het overheidsbudget kan worden gekwantificeerd. De uitbater van de offshore windturbines krijgt immers groenestroomcertificaten toegekend per geproduceerde eenheid elektriciteit (uitgedrukt in MWh). De CREG, de federale regulator voor elektriciteit en gas in België, kent deze groenestroomcertificaten toe aan windproducenten die beschikken over een domeinconcessie voor hernieuwbare elektriciteit opgewekt in het Belgische zeegebied. In het kader van zijn taak van openbare dienstverlening is Elia de transmissienetbeheerder voor elektriciteit, verplicht van de groenestroomproducent die daarom verzoekt de groenestroomcertificaten aan te kopen die hem werden afgeleverd. De certificaten die Elia aankoopt, worden doorgerekend in de elektriciteitsstarieven (toeslagen) op de elektriciteitsfactuur naar rato van het verbruik. Er is evenwel een regeling uitgewerkt waarbij consumenten die meer dan 20 MWh per jaar verbruiken<sup>7</sup> onder degressiviteitsregels vallen. Dat betekent dat ze per vooraf gedefinieerde schijf boven de 20 MWh recht hebben op een (partiële) terugbetaling van de toeslag die ze betalen voor de offshore ondersteuning. Het bedrag dat deze 'grote' consumenten terugbetaald krijgen, dient evenwel uit de staatskas te komen: het heeft dus een rechtstreekse invloed op het overheidsbudget. Geraamd wordt dat dat bedrag in 2017 ongeveer 82 miljoen euro bedroeg, voor 2018 wordt uitgegaan van 98 miljoen euro.

Een andere beleidsmaatregel kan zijn ruimte te geven aan de transportnetbeheerder Elia om extra interconnecties met de buurlanden uit te bouwen. De federale minister van Energie dient immers groen licht te geven aan het federaal netontwikkelingsplan dat om de vier jaar wordt opgesteld door de transportnetbeheerder. In dat plan worden de investeringen in het netwerk van de toekomst voorgesteld en de noodzaak ervan toegelicht.

Met behulp van *Crystal Super Grid* werd reeds een dergelijke oefening ondernomen: er werd berekend wat de impact zou zijn in het jaar 2027 van de bouw van Alegro II (additionele verbinding tussen België en Duitsland) en Nautilus (additionele verbinding tussen België en het Verenigd Koninkrijk) op verschillende indicatoren die het Belgisch (en Europees) elektriciteitssysteem kenmerken, waaronder de CO<sub>2</sub>-emissies. Tabel 2 geeft enkele van deze resultaten weer.

Bij een gelijkblijvende elektriciteitsvraag geeft de bouw van bijkomende interconnecties aanleiding tot een wijziging in de productieprofielen van (binnenlandse) centrales. Dat is te wijten aan het feit dat de

<sup>6</sup> Deze impact is partieel gezien de indirecte effecten (inkomen, werkgelegenheid) niet in rekening worden gebracht.

<sup>7</sup> Ter vergelijking: een gemiddeld Belgisch gezin bestaande uit 4 gezinsleden verbruikt ongeveer 4 MWh per jaar.

bijkomende interconnecties toegang geven tot, bij momenten, goedkopere stroom uit het buitenland. Gezien het model een optimalisatiemodel is dat de totale systeemproductiekosten minimaliseert, zal worden geopteerd voor een verhoging van de productie in dat land waar het op dat moment het goedkoopst (inclusief de 'kosten' voor transmissie) is.

Uiteraard zijn de aannames rond de internationale context die in dergelijke oefeningen worden meegenomen van cruciaal belang. Assumpties over het productiepark van de buurlanden, de energieprijzen, de koolstofprijs, enz. spelen een grote rol in de eindresultaten. Wanneer we de situatie bekijken waarbij de koolstofprijs<sup>8</sup> in het jaar 2027 niet verondersteld wordt erg ambitieus te zijn, alleszins niet hoog genoeg om een switch in de *merit order* (of aanbodcurve) te genereren, zien we dat een uitbreiding van de interconnecties<sup>9</sup> de Belgische emissies van CO<sub>2</sub> doet dalen. Te lage koolstofprijzen favoriseren immers het gebruik van steen- en bruinkool ten nadele van gascentrales. In België beschikken we niet (meer) over steenkoolcentrales, maar wel over gascentrales. Door de lage koolstofprijs zijn de gascentrales evenwel minder concurrentieel. Buitenlandse steenkoolcentrales zullen dan worden ingezet en de resulterende elektriciteit ingevoerd in ons land.

Gevolg is dat, ten opzichte van een scenario waarbij de bouw van Alegro II en Nautilus niet wordt ondernomen<sup>10</sup>, de Belgische CO<sub>2</sub>-emissies met 0,3 Mt CO<sub>2</sub>eq. afnemen, terwijl op Europese schaal de CO<sub>2</sub>-emissies met 0,8 Mt CO<sub>2</sub>eq. toenemen. Dat is toe te schrijven aan een stijging in de elektriciteitsproductie van steen- en bruinkoolcentrales in Europa (voornamelijk Duitsland en Polen) waarbij de productie uit steenkool (bruinkool) met 1,7 TWh (0,1 TWh) klimt. De CO<sub>2</sub>-emissies uit deze kolencentrales worden slechts voor een klein deeltje uitgevlakt door een verminderde productie in de Europese gascentrales<sup>11</sup>: 1,3 TWh wordt minder opgewekt in de gecombineerde stoom-en gasturbines, 0,5 TWh in de open-cyclus gasturbines.

**Tabel 2 Voorbeeldmaatregel: uitbreiding van importcapaciteit, jaar 2027**

	Base	Addinterco vs Base
SMK (€/MWh)	71,1	-0,6%
CO <sub>2</sub> -emissies (Mt CO <sub>2</sub> )	3,6	-5%
LOLE (h)	<3h	NVT

Bron: Crystal Super Grid.

Noot: NVT staat voor 'niet van toepassing'. Indien beide systemen adequaat zijn volgens de wettelijk gedefinieerde standaard (LOLE < 3h en LOLE95 < 20h), wordt een wijziging van de LOLE niet gerapporteerd.

<sup>8</sup> De prijs van de uitstootrechten die op Europees niveau wordt bepaald en die een onderdeel is van de elektriciteitsproductiekosten.

<sup>9</sup> In tabel 2 weergegeven als het scenario 'Addinterco'.

<sup>10</sup> In tabel 2 weergegeven als het scenario 'Base'.

<sup>11</sup> De CO<sub>2</sub>-uitstoot per geproduceerde MWh aan elektriciteit door een steenkoolcentrale is ongeveer dubbel zo hoog als door een gascentrale.

## 6. Toepassingen

Het Federaal Planbureau heeft al verschillende keren een beroep gedaan op het *Crystal Super Grid*-model, meer bepaald om specifieke elektriciteitssysteemgerelateerde beleidsvragen te beantwoorden. Een recent voorbeeld is de studie naar de socio-economische impact van het Energiepact. Op 22 december 2017 werd het Federaal Planbureau hiertoe verzocht door de Beleidscel van federaal minister van Energie Mevr. Marghem. Die opdracht kaderde in de vraag naar bijkomende cijfers na het verschijnen van de gemeenschappelijke Visienota opgesteld door de vier ministers van Energie. De opdracht van deze extra studie bestond erin de impact op bepaalde socio-economische indicatoren te analyseren voor vier elektriciteitsscenario's met als tijdshorizon het jaar 2030. Hierbij werden de scenario's en de te berekenen indicatoren door de Beleidscel gedefinieerd.

In de bibliografie wordt verwezen naar een aantal andere recente studies van het FPB waarin het *Crystal Super Grid*-model werd ingezet.

## Bibliografie

Artelys (2015), Artelys Crystal Super Grid, Documentation.

Artelys (2016), European electricity system 2015 (historical), Release note, Artelys Crystal Super Grid.

Devogelaer D. en B. Laine (2016), *Drivers of wholesale electricity prices in a small, open economy, Some evidence from the nuclear restart in Belgium*, Federaal Planbureau, WP 9-16, Oktober.

Devogelaer D. en D. Gusbin (2017), *Cost-benefit analysis of a selection of policy scenarios on an adequate future Belgian power system - Economic insights on different capacity portfolio and import scenarios*, Federaal Planbureau, Rapport, Februari.

Devogelaer D. (2017), *Increasing interconnections: to build or not to build, that is (one of) the question(s) - Addendum to the cost-benefit analysis of adequate future power policy scenarios*, Federaal Planbureau, Rapport, September.

Devogelaer D. and D. Gusbin (2018), *Insights in a clean energy future for Belgium - Impact assessment of the 2030 Climate & Energy Framework*, Federaal Planbureau, WP 5-18, Mei.

ENTSO-E (2017), Ten-Year Network Development Plan 2016, <http://tyndp.entsoe.eu/2016/>.

ENTSO-E (2018), Statistical Factsheet 2017, [https://docstore.entsoe.eu/Documents/Publications/Statistics/Factsheet/entsoe\\_sfs\\_2017.pdf](https://docstore.entsoe.eu/Documents/Publications/Statistics/Factsheet/entsoe_sfs_2017.pdf).

International Energy Agency (2017), World Energy Outlook 2017, Parijs.