

# Openbaar eindrapport bij aanvraag vaststelling subsidie TKI Gas

## Gegevens project

**Projectnummer:**

TKIG01010

**Projecttitel:**

Dynamisch maken van de berekening van de 'merit order' en de flexibiliteit van elektriciteitsproductie in het Energietransitiemodel

**Penvoerder en medeaanvragers:**

Quintel Intelligence (penvoerder), GasTerra, EON Benelux

**Projectperiode:**

April 2012 – december 2012

**Contactpersonen:**

Dr. Ir. C.J. Kerkhoven (john.kerkhoven@quintel.com) en dr. A.C. Wirtz (alexander.wirtz@quintel.com)

**Meer informatie (gratis):**

[www.energietransitiemodel.nl](http://www.energietransitiemodel.nl) en [www.quintel.com](http://www.quintel.com)

*Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI Gas uitgevoerd door Agentschap NL.*

## Inhoudelijk eindrapport

### Samenvatting

In samenwerking met GasTerra, EON en EnergieNederland heeft Quintel Intelligence het gratis beschikbare online Energietransitiemodel uitgebreid met een 'merit order' module. De keuzes van de modelgebruikers hebben invloed op de hoeveelheid en kosten van geproduceerde stroom, alsook op bijbehorende CO2 uitstoot, leveringszekerheid etc. Met deze toevoeging zijn deze gevolgen eenvoudig inzichtelijk te maken.

Quintel heeft aanvankelijk gekozen voor een aanpak die niet bleek te werken. Daarom zijn we teruggegaan naar de tekentafel. Hierdoor is het project uiteindelijk succesvol op tijd afgesloten.

### Inleiding

Dit eindrapport beschrijft hoe Quintel in samenwerking met GasTerra, EON en EnergieNederland het gratis beschikbare Energietransitiemodel heeft uitgebreid met functionaliteit om inzicht te krijgen in de dynamiek van elektriciteitsproductie in een land. Dat heeft Quintel gedaan door een zogenaamde 'merit order' berekening toe te voegen. Deze berekening rekent per uur uit met welke technologieën de benodigde stroom wordt opgewekt. Dat gebeurt op basis van keuzes die de gebruiker van het model zelf maakt over toekomstige brandstofkosten, CO2 kosten en nog veel meer.

Ook zijn de gevolgen van meer volatiel gebruik van 'back up' vermogen bij grootschalig gebruik van hernieuwbare opwektechnologieën zichtbaar gemaakt. Beide berekeningen zijn een integraal onderdeel geworden van de energieberekening in het Energietransitiemodel.

### Doelstelling

De berekeningen van de 'merit order' en de flexibiliteit van elektriciteitsproductie in het Energietransitiemodel stonden voor uitvoering van dit project nog los van elkaar. Dat wil zeggen dat de resultaten van de merit order berekening nog geen invloed hadden op de precieze energiestromen in het hele energiesysteem, zoals die door het Energietransitiemodel worden berekend. De doelstelling was om deze aan elkaar en aan de rest van het Energietransitiemodel te koppelen, waardoor de uitkomsten op andere berekeningen doorwerken en de effecten op belangrijke parameters zoals CO2 uitstoot, kosten, en energie afhankelijkheid/import ook zichtbaar worden. Deze berekeningen moet men aan en uit kunnen zetten.

## Werkwijze

Al het modelleren en programmeren heeft Quintel zelf gedaan. Ter voorbereiding van de modellering en voor validatie van de berekeningen en uitkomsten heeft Quintel nauw samengewerkt met experts van GasTerra en EON Benelux.

De berekeningen van de 'merit order' en flexibiliteit van elektriciteitsproductie koppelen aan de rest van het model was een technische uitdaging die nog niet mogelijk was. De beoogde werkwijze was om eerst de rekenwijze van het model aan te passen, zodat 'merit order' resultaten ingevoerd konden worden in de doorrekening van het hele energiesysteem van een land door de rest van het Energietransitiemodel. Vervolgens zouden de genoemde berekeningen worden gekoppeld (resultaten ingevoerd) aan de rest van het model. Omdat verwacht werd dat dit een grote impact zou hebben is uitgebreid getest. Daarbij is duidelijk geworden dat de beoogde werkwijze te complex was om te realiseren. We hebben daarom een nieuwe aanpak moeten kiezen. Daarover meer onder 'Uitvoering van het project'.

De berekeningen zijn zo toegevoegd dat ze 'aan en uit' kunnen worden gezet. Om dit te kunnen realiseren is gekozen voor een volledig losstaande module om de 'merit order' te berekenen.

Behalve de modelleertechnische en softwarematige oplossingen is in dit project ook gekeken naar de impact voor de modelgebruiker van het toevoegen van de bovengenoemde berekening aan het model. Het model is er complexer van geworden en daarom is de gebruikerservaring ook getest met zowel energie-experts als geïnteresseerde leken in werksessies.

**Tabel 1: Aanpak en fasering project plan TKIG01010**

| <b>Fase</b> | <b>Werkzaamheden</b>                                          | <b>Korte beschrijving</b>                                                                                                                                                                                      | <b>Categorie:<br/>FO/ IO/<br/>Ontw./demo</b> | <b>Uitvoerders*<br/>(met namen)</b>     | <b>Resultaat</b>                                    | <b>Geplande<br/>begin- en<br/>einddatum</b> |
|-------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1           | Energietransitie-model rekenmodel aanpassen                   | De rekenwijze van het model moet worden aangepast om logische cirkelberekeningen te voorkomen.                                                                                                                 | Ontwikkeling                                 | Quintel Intelligence                    | Aangepaste rekenmodule in ETM                       | april 2012 - december 2012                  |
| 2           | Koppeling berekeningen in rest van model en testen            | Het koppelen van de berekeningen aan de rest van het model zal een grote impact hebben op logica en rekensnelheid van het model, dit zal uitgebreid getest moeten worden. Hier wordt er met name intern getest | Ontwikkeling                                 | Quintel Intelligence                    | Berekeningen dynamisch in het model                 | april 2012 – december 2012                  |
| 3           | Validatie van berekeningen                                    | De berekeningen en de nieuwe rekenmodule zullen gecontroleerd moeten worden op juistheid. Dit zal samen met externe partijen gevalideerd worden.                                                               | Ontwikkeling                                 | Quintel Intelligence, GasTerra, en E.ON | Getest model                                        | april 2012 – december 2012                  |
| 4           | Testen van gebruikers-ervaring en interactie met berekeningen | De berekeningen zullen het ETM complexer maken. Er moet nagedacht worden over de gebruikerservaring om te zorgen dat het hiervan niet ingewikkelder en/of onbegrijpelijk wordt                                 | Ontwikkeling                                 | Quintel Intelligence                    | Uitgebreider model met prettige gebruikers-ervaring | april 2012 – december 2012                  |

## Resultaten

Het Energietransitiemodel is uitgebreid met een volledig losstaande module om de merit order voor elektriciteitsproductie door te rekenen op basis van de keuzes die de gebruiker heeft gemaakt over:

- Kosten van brandstoffen, CO<sub>2</sub>, elektriciteitsproductietechnologieën
- Opgestelde vermogens van alle beschikbare elektriciteitsproductietechnologieën
- De mate waarin en wijze waarop gebruik gemaakt wordt van elektriciteit in het energiesysteem

Deze module is geprogrammeerd in de taal Ruby en kan in de interface van het Energietransitiemodel worden aan- of uitgeschakeld. Standaard staat deze uit, vanwege de complexiteit van het onderwerp merit order voor de meeste gebruikers.

De totale rekentijd van de module is enkele honderden milliseconden, waardoor het ETM slechts iets langzamer is geworden als de Merit Order module aan staat.

De module geeft verschillende resultaten terug aan het Energietransitiemodel. De belangrijkste zijn de aangepaste vollasturen per type 'regelbare' (dispatchable) elektriciteitscentrale. Dit zijn het aantal equivalente uren dat een centrale tijdens een jaar op vol vermogen heeft gedraaid. Deze vollasturen veranderen als gevolg van de keuzes van de gebruiker welke de condities op de elektriciteitsmarkt veranderen. Als gevolg van de veranderde vollasturen, zullen verschillende centrales andere hoeveelheden stroom produceren. Met deze aangepaste vollasturen berekent het ETM vervolgens de nieuwe energiestroom door het hele nationale energiesysteem.

De merit order module kan ook via tekstcommando's benaderd worden. Via deze kan nog veel meer informatie verkregen worden, die momenteel nog niet getoond wordt in het Energietransitiemodel.

### Voorbeeld:

Een gebruiker van het ETM heeft gekozen om veel volatiel hernieuwbaar elektriciteitsproductievermogen (zon PV, windturbines) op te nemen in het energiesysteem. Daarnaast heeft de gebruiker CO<sub>2</sub> uitstoot duurder gemaakt en steenkolen ook. De vraag naar elektriciteit heeft de gebruiker niet aangepast.

Als gevolg van zijn keuzes is er minder ruimte voor 'conventionele centrales' om stroom te produceren aangezien hernieuwbare opwek voorrang heeft. Doordat CO<sub>2</sub> uitstoot en steenkolen duurder zijn geworden, hebben gascentrales een gunstiger concurrentiepositie gekregen ten opzichte van kolencentrales. De eerste zullen dus meer vollasturen maken gedurende een jaar en de laatste minder. Omdat de gebruiker niet gekozen heeft de hernieuwbare technologieën goedkoper te maken, is de gemiddelde stroomprijs behoorlijk gestegen. Wel is de CO<sub>2</sub> uitstoot sterk gedaald, omdat vooral gas (en niet langer kolen) verantwoordelijk is voor het niet hernieuwbare deel van de stroomproductie.

Deze stroomprijs kan per uur bepaald worden. Ook kan voor ieder opwektype per uur bepaald en getoond worden hoeveel vermogen actief is. Dit kan gebruikt worden als input voor het bepalen van extra kosten en CO<sub>2</sub> uitstoot bij het 'flexibel' inzetten van centrales in combinatie met volatiele hernieuwbare stroomopties. Dit alles is binnen een halve seconde zichtbaar in het energietransitiemodel.

Bijkomend voordeel is dat ook per centraletype getoond kan worden of en hoe winstgevend zij zijn onder de door de gebruiker gekozen marktcondities. Hiermee kan geïllustreerd worden dat bepaalde centrales mogelijk helemaal zullen verdwijnen, wat weer gevolgen kan hebben voor leveringszekerheid. Als zodanig wordt ook de rol geïllustreerd van 'regelbaar' stroomproductievermogen om de stabiliteit van het elektriciteitssysteem te garanderen.

De berekeningen en resultaten zijn gevalideerd met experts van EON, EnergieNederland en GasTerra. Hieruit zijn aanbevelingen gekomen om de module verder uit te breiden.

Alle relevante werkzaamheden zijn binnen de projectperiode afgerond.

## Discussie

De belangrijkste verbeterpunten voor de rekenmethode worden hier beschreven. Deze zijn deels uit eigen beweging en deels uit de validatie met experts en gebruikers afkomstig.

1. De merit order module kan nog niet omgaan met import en export van stroom onder dynamische, door de gebruiker te bepalen condities in omliggende landen. Als gevolg hiervan is het bijvoorbeeld nog niet mogelijk om te laten zien dat kolencentrales in combinatie met veel hernieuwbare stroomopwek in omliggende landen gascentrales in eigen land uit de markt drukken. Om dit aan te pakken wordt een vervolgproject voorbereid samen met APX Endex en TenneT, maar dit wordt technisch zeer gecompliceerd.

2. In plaats van individuele centrales maakt het model gebruik van centraletypes. Alle centrales van een bepaald type zijn echter identiek, hetgeen in de werkelijkheid nooit het geval is. Als gevolg

hiervan zijn de kosten verschillen tussen centrales van verschillende types groter (abrupter) dan in de werkelijke markt. Om dit aan te pakken is ook al een vervolgproject gepland.

3. Hoewel de gebruikte kosten en technische parameters van de centraletypes in het Energietransitiemodel gevalideerd zijn met experts, is het centralepark in het Energietransitiemodel een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Er worden minder technologieën gebruikt dan in werkelijkheid beschikbaar, om het overzichtelijk te houden.

4. Verschillende technologieën die elektriciteit gebruiken en die in het Energietransitiemodel in te zetten zijn, zullen het 'vraagprofiel' van elektriciteit beïnvloeden. Dit kan nog beter worden meegenomen in de Merit Order berekening. Er zijn nu nog geen concrete plannen om dit op te pakken.

Het Energietransitiemodel is niet bedoeld om voor mensen de toekomst uit te rekenen, maar juist om mensen te laten nadenken en discussiëren over mogelijke toekomstige ontwikkelingen op het gebied van energie. Het ETM confronteert gebruikers vervolgens onmiddellijk met de gevolgen van die ontwikkelingen wat betreft energiegebruik, hernieuwbaarheid, CO2 uitstoot, leveringszekerheid, en nog veel meer.

Als zodanig is ook deze nieuwe ontwikkeling bedoeld om mensen inzicht te geven in de vele onderlinge afhankelijkheden die er zijn

### **Conclusie en aanbevelingen**

De gebruikte aanpak heeft goed gewerkt aangezien zij het gewenste resultaat heeft opgeleverd. Door 'test-driven' te werken is bijtijds opgemerkt dat de voorgestelde aanpak niet zou werken en is een alternatieve werkwijze gevolgd. Deze laatste was wel succesvol.

Om de maatschappelijke discussie over hernieuwbare energie en de impact op het bestaande elektriciteitsproductiepark optimaal te kunnen ondersteunen is het nodig om ten minste de eerste twee verbeterpunten (zie Discussie) aan te pakken en op te lossen. Als dat gedaan is, kan men met behulp van het ETM vrij eenvoudig illustreren wat de impact is van overheidsbeleid in buurlanden op de elektriciteitsmarkt in het thuisland.

## **Uitvoering van het project**

### **Technische problemen**

Aanvankelijk was het plan om de doorrekening van de energiestromen door het hele energiesysteem in het Energietransitiemodel stil te leggen als zij aangekomen was bij de elektriciteitscentrales, en te laten wachten op de resultaten van een merit order berekening. Dit bleek echter te gecompliceerd omdat hierdoor 'nog niet bepaalde' grootheden ontstonden in beide berekeningen en een daarmee een circulaire afhankelijkheid, welke wij aanvankelijk dachten te kunnen vermijden.

Om deze circulariteit definitief te doorbreken is gekozen om opnieuw te beginnen en een totaal losstaande rekenmodule te ontwikkelen, die ook buiten het ETM om kon functioneren. De module kan informatie uitwisselen met het Energietransitiemodel. Communicatie tussen het ETM en de module vindt echter pas plaats als het hele energiesysteem al is doorgerekend. Hierdoor zijn alle relevante marktparameters (zie ook Resultaten) bekend om de Merit Order module te laten werken. De output van de module wordt teruggestuurd naar het ETM welke de het energiesysteem een tweede keer doorrekend met de nieuwe gegevens. Omdat deze berekening nooit veranderingen kan opleveren in inputwaardes voor de Merit Order module bestaat er geen circulariteit meer.

### **Budget en plan**

Als gevolg van de 'valse start' is het project wel over budget gegaan, maar wel binnen de projecttermijn afgerond. Quintel is erin geslaagd om deze extra kosten te dekken via financiering door een derde partij (EnergieNederland) niet betrokken in deze aanvraag.

De extra kosten zitten hem vooral veel meer uren van programmeurs, modelleurs en partners. Gelukkig bleek minder tijd nodig voor onderzoek dan was begroot, aangezien GasTerra en EON uitstekend in staat waren om de relevante energiekennis te leveren en de validatie zeer efficiënt is uitgevoerd.

Anders dan begroot is bijna 24.000 EUR uitgegeven aan de externe programmeur en zijn in totaal 270 uren meer gemaakt dan de 800 uur die begroot waren.

**N.B.:** Over bovenstaande afwijkingen van het plan is geen afstemming geweest met AgentschapNL, aangezien het besluit tot verlening subsidie – waarin de verplichtingen van Quintel benoemd worden – pas ~12 dagen voor het einde van het project beschikbaar was.

## **Bijdrage aan doelstellingen van het TKI Gas**

Met de ontwikkelde functionaliteit kan het ETM nog beter worden ingezet om de centrale rol van gas in het Nederlandse energiesysteem in door de gebruiker te kiezen toekomstscenario's te illustreren. Met name de rol die gas speelt bij het garanderen van flexibiliteit en leveringszekerheid van de elektriciteitsproductie, maar ook de condities onder welke gascentrales wel of geen commercieel levensvatbare plek hebben in het energiesysteem. Veel mogelijke toekomstige ontwikkelingen in de energietransitie hebben sterke invloed op of zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van gas en gasgestookte elektriciteitsproductie.

Als zodanig kan het ETM bijdragen aan maatschappelijke acceptatie en om uit te leggen welke rol gas nu speelt en welke het mogelijk in de toekomst zou kunnen spelen. Ook kan men zien welke marktcondities daarvoor nodig zijn en wat door de aanwezigheid van gas en gasgestookte centrales mogelijk gemaakt wordt.