

# Algemene Samenvatting

**Bart Christiaan UMMELS. Delft, 26 febr 2009**

*Power System Operation with Large-Scale Wind Power in Liberalised Environments*

Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft.

## Aanleiding voor dit onderzoek

Onze samenleving draait op elektriciteit. De meeste elektriciteit is afkomstig van elektriciteitscentrales die kolen en aardgas gebruiken. Dit zijn betrouwbare en betaalbare brandstoffen, maar ze kennen ook nadelen. De voorraad fossiele brandstoffen is eindig en ongelijk verdeeld over de aarde. Daarnaast stoten conventionele centrales broeikasgassen uit. Er is dringend behoefte aan duurzame alternatieven, zoals windenergie. Het nadeel van wind is dat het soms wel en soms niet waait en dat wind onvoorspelbaar is. Het aanbod van elektriciteit moet echter op elk moment gelijk zijn aan het verbruik. Dit bemoeilijkt de inpassing van windenergie in het elektriciteitssysteem.

## Doel en werkwijze

Dit proefschrift gaat over de vraag wat de gevolgen zijn van de inpassing van veel windenergie voor het bestaande elektriciteitssysteem. Tegen welke problemen lopen we aan en welke oplossingen zijn er beschikbaar? Is het mogelijk om met windenergie op land en op zee éénvaderde van de elektriciteitsvraag te produceren? Om deze vragen te beantwoorden, is eerst berekend hoeveel elektriciteit de toekomstige windparken zouden produceren, en wanneer. Deze informatie is toegevoegd aan een bestaand simulatiemodel van de elektriciteitsvoorziening.

Dit simulatiemodel berekent welke centrales op welk moment aan- en uitgezet moeten worden om gedurende het hele jaar in de elektriciteitsvraag te voorzien. Ook wordt de uitwisseling met andere landen berekend. De simulaties geven een beeld van de betrouwbaarheid, de kosten en de emissies van de opwekking van elektriciteit, met en zonder windenergie. Een tweede simulatiemodel, dat voor dit onderzoek is ontwikkeld, berekent daarna hoe het elektriciteitssysteem reageert op windenergie tijdens bepaalde omstandigheden, bijvoorbeeld tijdens een storm. Door de twee modellen te combineren, wordt duidelijk wat de eventuele problemen zijn bij de inpassing van windenergie in het bestaande elektriciteitssysteem.

Ook de mogelijke oplossingen, zoals flexibele centrales of energieopslag, zijn onderzocht met deze modellen.

## Variaties en voorspellingsfouten van wind

De vraag naar elektriciteit verandert continu: overdag gebruiken we bijvoorbeeld veel meer elektriciteit dan 's nachts. Het aanbod van windenergie varieert ook, want soms waait het hard en soms bijna niet. Deze twee onzekerheden worden in de simulaties tegelijkertijd onderzocht om de meest ongunstige combinaties te bekijken. De resultaten geven aan dat windenergie vraagt om een grotere flexibiliteit van de bestaande elektriciteitscentrales. Soms zijn er meer reserves nodig, maar veel vaker zullen de centrales juist hun productie moeten verlagen om ruimte te maken voor wind. Het is belangrijk om de inzet van de elektriciteitscentrales steeds opnieuw te berekenen met de laatste windvoorspelling. Het is dan mogelijk voorspellingsfouten te verminderen en windenergie beter in te passen.

## Als het wel of niet waait...

Het blijkt dat de Nederlandse elektriciteitscentrales de variaties in vraag en windaanbod ook in de toekomst op elk moment kunnen opvangen, mits er gebruik wordt gemaakt van actuele en verbeterde windvoorspellingen. Er zijn wel grenzen aan de inpassing van windenergie.

Dit komt bijvoorbeeld omdat een kolencentrale niet zomaar kan worden uitgezet. Als er veel wind is en weinig vraag, ontstaat er een overschot aan wind. In plaats van de vaakgehoorde vraag 'Wat doen we als het niet waait?' is de vraag 'Waar laten we alle elektriciteit als het 's nachts hard waait?' veel relevanter. Een belangrijke oplossing hiervoor zit in internationale handel van elektriciteit, omdat het buitenland dit overschot vaak wel kan gebruiken.

Daarnaast is een verruiming van de 'openingstijden' van de internationale elektriciteitsmarkt gunstig voor windenergie. Momenteel bepalen de elektriciteitsbedrijven een dag van tevoren hoeveel elektriciteit ze in

het buitenland gaan kopen of verkopen. Dan sluit de internationale markt. De windvoorspelling is 'e'en dag tevoren nog onnauwkeurig. Windenergie kan beter worden ingepast als het tijdsverschil tussen de handel en het maken van de windvoorspelling kleiner is, bijvoorbeeld één of enkele uren.

### **Inpassing van windenergie in het elektriciteitssysteem**

De inpassing van windenergie in het Nederlandse elektriciteitssysteem kan zorgen voor een vermindering van de productiekosten van het totale systeem van € 1,5 miljard per jaar. Dat komt omdat de wind gratis is, terwijl kolen en aardgas dat niet zijn. Door minder kolen en aardgas te verstoken, neemt ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot af met 19 miljoen ton per jaar. Dit onderzoek wijst ook uit dat er met de onderzochte hoeveelheden windenergie geen voorzieningen voor energieopslag hoeven te komen. De resultaten geven aan dat internationale elektriciteitshandel een veelbelovende en goedkopere oplossing is voor de inpassing van windenergie.

Ook het flexibeler maken van elektriciteitscentrales is een betere oplossing. Het gebruik van warmteboilers zorgt bijvoorbeeld voor een flexibelere bedrijfsvoering van warmtekrachtcentrales, die daardoor 's nachts ruimte kunnen maken voor wind. Ook een tweede elektriciteitskabel naar Noorwegen lijkt een goed alternatief voor het bouwen van waterkrachtopslag in Nederland zelf.

### **Aanbevelingen voor verder onderzoek**

Dit promotie-onderzoek richt zich vooral op Nederland. Verder onderzoek zou de situatie in andere landen beter moeten bekijken, vooral die van Scandinavië. De elektriciteitsmarkten moeten op Europese schaal worden onderzocht. Ook is verder onderzoek nodig naar de capaciteit van het elektriciteitsnet in Europa. De toekomst ligt in een betere samenwerking tussen verschillende landen en markten; zo zijn verschillen in elektriciteitsvraag en aanbod vanuit duurzame bronnen beter en gemakkelijker te overbruggen.

--