



Kosten én CO₂ besparen met flexibel gebruik van elektriciteit en dynamische prijzen



Samenvatting

- In opdracht van NieuweStroom is onderzoek gedaan naar de CO₂-winst van flexibel gebruik van elektriciteit. Klanten van NieuweStroom die gebruik maken van dynamische prijzen van de daghandelsbeurs (EPEX-spot) willen weten of het verschuiven van energiegebruik van dure naar goedkope uren, naast kostenbesparing, ook bijdraagt aan de reductie van CO₂-emissies.
- Het onderzoek heeft aangetoond dat voor de toekomstige jaren (2020 en 2023 zijn gesimuleerd) het inderdaad steeds meer zo zal zijn dat gemiddeld genomen, stroom op goedkope uren een lagere CO₂-intensiteit kent dan in dure uren. Het verschuiven van verbruik naar goedkopere uren zal dus bijdragen aan lagere CO₂-emissies. Het verband is ook aangetoond voor 2018 voor het Verenigd Koninkrijk.
- De belangrijkste factor daarbij is de toenemende bijdrage van wind en zon, terwijl de kolencentrales uitgefaseerd worden en steeds meer overschakelen op biomassa.
- Kijkend naar gemiddelde uren is het in de zomer, lente en herfst verstandig om zoveel mogelijk energie midden op de dag (12-17 uur) te gebruiken. Men benut dan zoveel mogelijk de invoeding van zon-PV. In de winter is het het beste om juist zoveel mogelijk 's nachts te gebruiken, dan is de CO₂ gemiddeld het laagst. In alle gevallen is het vermijden van de avondpiek en latere avond (18-23 uur) belangrijk.
- Een uurlijkse CO₂-factor die correct en real-time wordt berekend is er nog niet voor Nederland, dus voorlopig moet naar de prijs worden gekeken. Het mooiste zou zijn als de CO₂-factor wordt gepubliceerd door de landelijke systeembeheerder TenneT.

Inhoud

- 1 [Introductie onderzoek: veranderende elektriciteitsmarkt, uurlijkse CO₂-uitstoot](#)
- 2 [Onderzoeksvragen](#)
- 3 [Aanpak](#)
- 4 [Resultaten en bevindingen](#)
- 5 [Voorbeelden: melkveehouder](#)

[Bijlage A](#): Analyse Verenigd Koninkrijk met marktdata 2018

[Bijlage B](#): Statistische analyse van de modelsimulaties

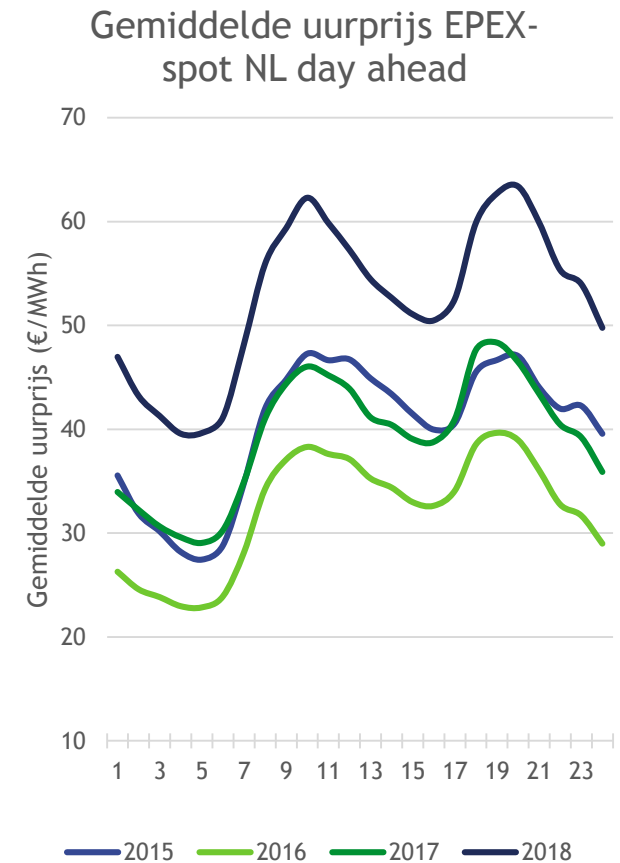
[Bijlage C](#): Het PowerFlex-model van CE Delft

[Bijlage D](#): Validatie van het model

1 Introductie onderzoek

Kosten en CO₂ besparen met flexibel stroomgebruik bij dynamische prijzen

- Klanten en partners van NieuweStroom die gebruik maken van dynamische prijzen willen weten in hoeverre het verschuiven van energiegebruik van dure naar goedkope uren ook bijdraagt aan de reductie van CO₂-emissies.
- De vraag naar elektriciteit, van huishoudens en bedrijven in Nederland, wisselt van uur tot uur. Deze elektriciteit wordt geproduceerd met verschillende soorten centrales: regelbare centrales op bijvoorbeeld gas, kolen of afval, maar ook met windmolens en zon-PV.
- De prijs van elektriciteit verschilt ook van uur tot uur (zie afbeelding). Als de vraag hoog is en de productie van wind en zon laag, dan moeten veel fossiele centrales worden bijgeschakeld en is de prijs relatief hoog. Waarschijnlijk is de CO₂-uitstoot dan ook hoog, maar dat moet worden onderzocht. Omgekeerd, als de vraag laag is, of er is heel veel opwek van wind- en zon, dan kunnen veel centrales worden stilgezet en is de prijs laag. Waarschijnlijk is de CO₂-uitstoot dan ook laag.
- Onafhankelijk onderzoeksbureau CE Delft heeft deze hypothese onderzocht. Deze rapportage bevat de resultaten van dit onderzoek.



2 Onderzoeksvragen

Het onderzoek behandelt een aantal onderzoeksvragen, voor een deel de aannames/hypothesen die getoetst moeten worden. De onderzoeksvragen zijn als volgt verwoord:

- Klopt het dat de CO₂-uitstoot per kWh van de EPEX elektriciteitsmix per uur verschilt?
- Klopt het dat, op de duurdere uren van de dag, de waarde van de CO₂-uitstoot per kWh groter is dan op de goedkopere uren?
- Wat is de gemiddelde CO₂-uitstoot per kWh, in waarden voor elk uur van een gemiddelde dag, per maand, historisch (2015-2017) en toekomstig (2020, 2023)?
- Zal het zo zijn dat, als klanten consistent hun gebruik verschuiven naar goedkopere uren, de totale CO₂-footprint van klant wordt verlaagd?
- Als een klant zijn verbruik op de duurdere uren kan verschuiven naar 1-4 uur vroeger/later, welke impact heeft dit dan op totale CO₂-uitstoot op jaarbasis?
- Zijn er bepaalde nuances aan te brengen om CO₂ te verlagen? Bijvoorbeeld: heeft verschuiven van verbruik in de zomermaanden een groter effect dan in de wintermaanden?

3 Aanpak

- Omdat de uurlijkse CO₂-intensiteiten niet gepubliceerd worden, moeten deze berekend worden via modelsimulaties met het PowerFlex stroommarktmodel.
- In het onderzoek zijn de stroommarktsimulaties uitgevoerd, om de CO₂-uitstoot en -prijzen voor de afgelopen jaren (2015-2017) en toekomstige jaren (2020, 2023) te berekenen. Dit levert uurlijkse resultaten voor CO₂- en marktprijzen.
- Op basis van de resultaten zijn conclusies getrokken over de aannames en hypothesen, en vervolgens zijn enkele cases uitgewerkt. Deze resultaten worden verder in deze presentatie behandeld.
- Meer details over de aanpak zijn opgenomen in Bijlage B.
- Meer informatie over het model en validatie daarvan is opgenomen in Bijlagen C en D.
- Een analyse voor het Verenigd Koninkrijk zonder simulatie is opgenomen als Bijlage A.

4 Resultaten en bevindingen

De stroommarktsimulaties en -analyses zijn uitgevoerd voor 2015, 2016, 2017 (historische jaren), en de toekomstige jaren 2020 en 2023.

Resultaten voor historische jaren

Voor de historische jaren (2015-2017) zien we dat het verband tussen de CO₂-emissies en de stroomprijs niet met zekerheid opgaat.

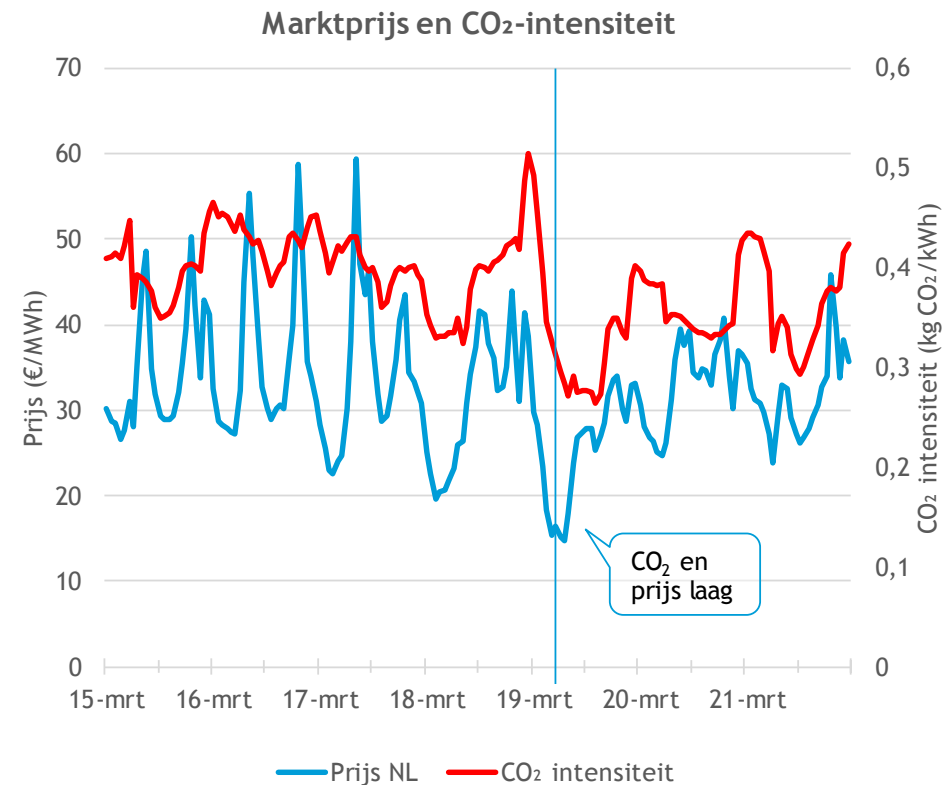
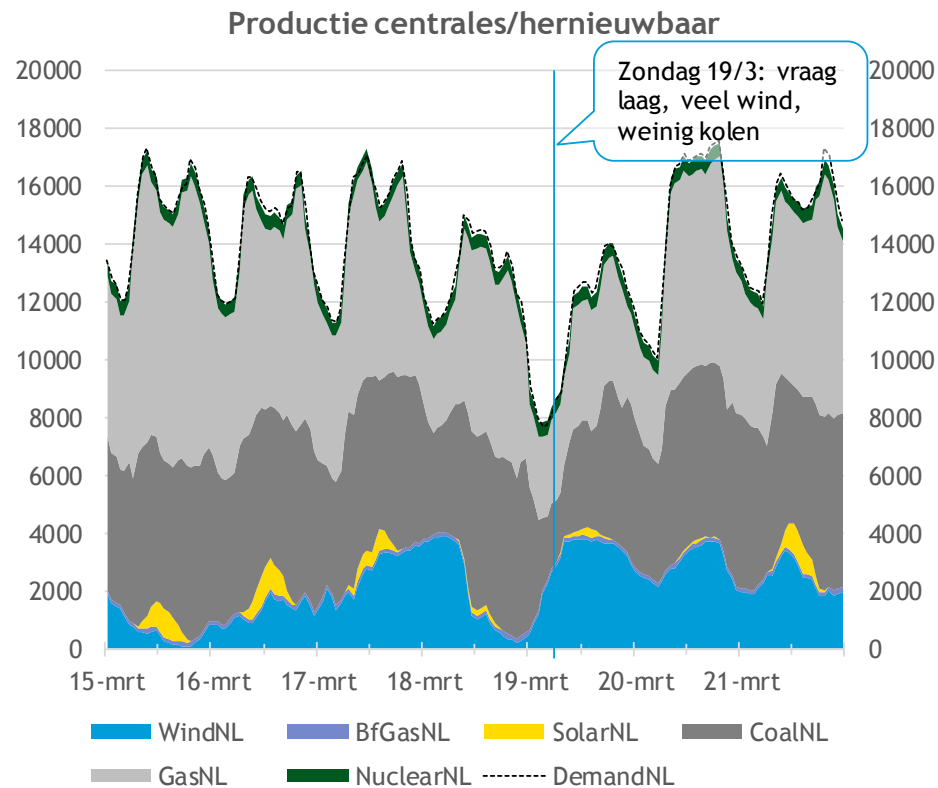
De prijs kan laag zijn op momenten met héél veel opwek uit wind en zon, en dus lage CO₂-emissies, maar de prijs is in deze jaren net zo vaak laag op momenten met heel weinig opwek uit wind en zon, als er relatief heel veel elektriciteit uit kolencentrales wordt geleverd. Kolencentrales stoten al snel 2x meer CO₂ uit dan gascentrales.

Resultaten voor toekomstige jaren

Voor de toekomstige jaren (2020 en 2023) zien we een steeds sterker wordend verband tussen de marktprijs en de uurlijkse CO₂-intensiteit. Dit heeft te maken met een sterk toenemende bijdrage van wind en zon, waardoor het steeds vaker zo is dat er veel centrales stil staan, de prijs laag is én de CO₂-uitstoot gering. Tevens is het een belangrijk feit dat de CO₂-uitstoot van de kolencentrales lager wordt, omdat er steeds meer biomassa wordt bijgestookt in de kolencentrales.

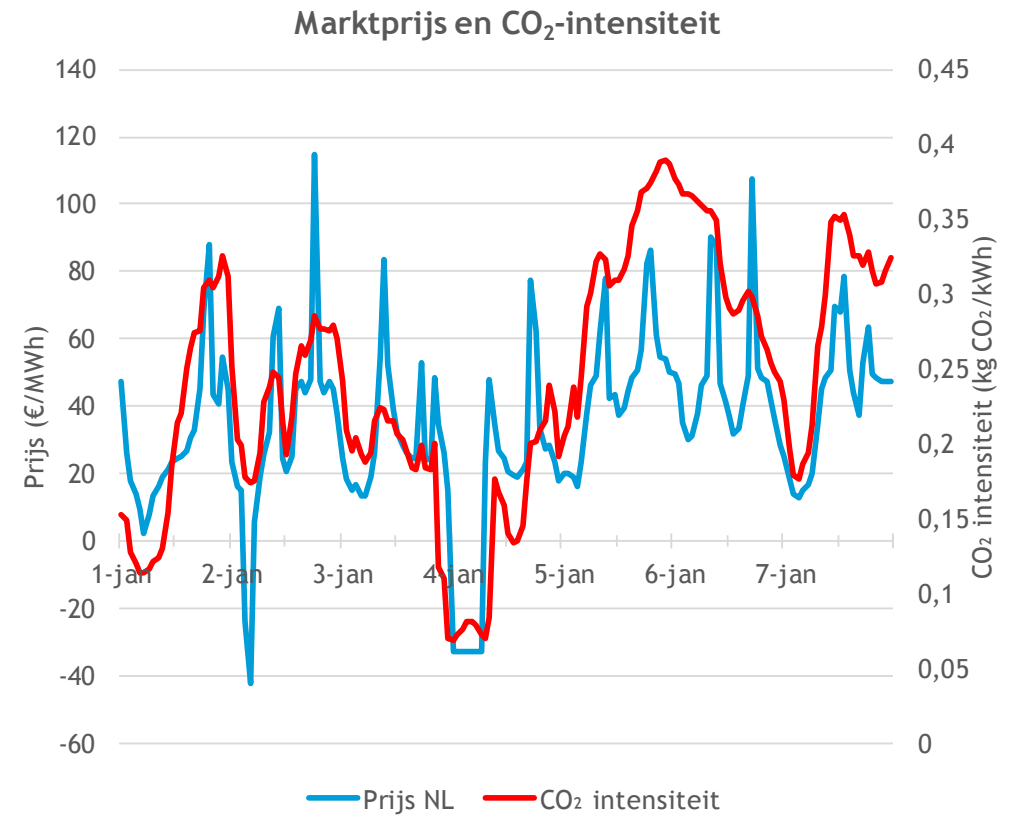
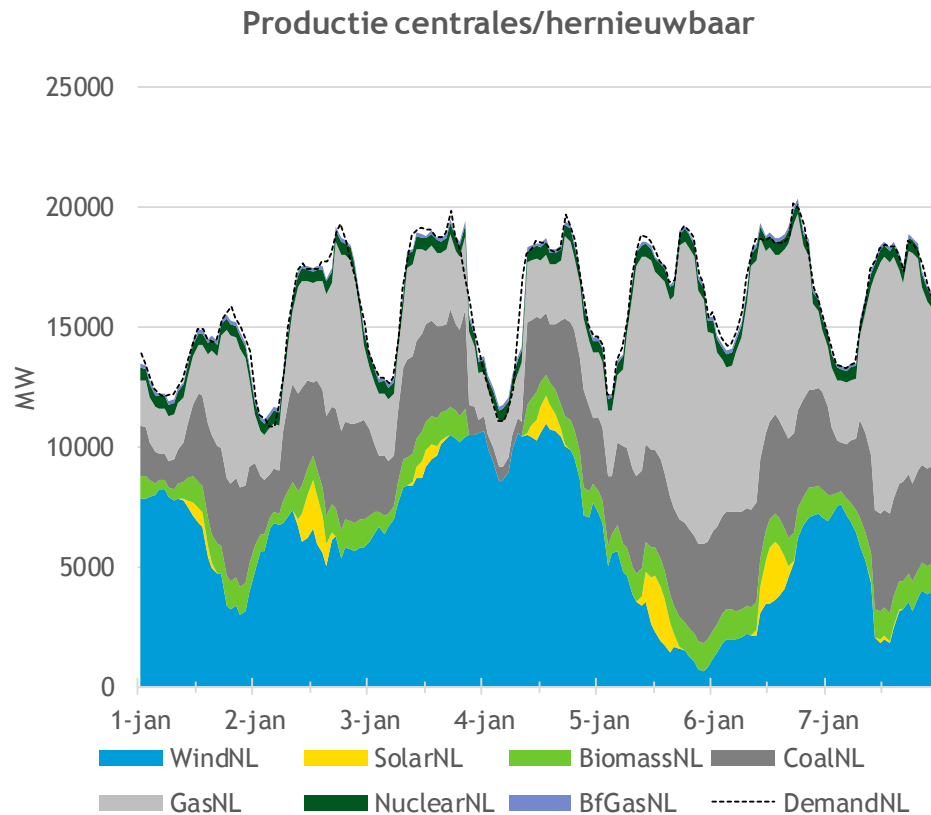
Voorbeeld 2017

Een week in maart 2017, beperkt verband tussen uurprijzen en CO₂. De CO₂-intensiteit volgt prijs-schommelingen vooral als de vraag laag is en het aanbod van hernieuwbare energie op het elektriciteitsnet hoog, bijvoorbeeld 's nachts.



Voorbeeld 2023

Een week in januari 2023 met een duidelijk verband uurprijzen en CO₂. Hoog aanbod hernieuwbare energie duwt én de uurprijs én de CO₂-intensiteit naar beneden.



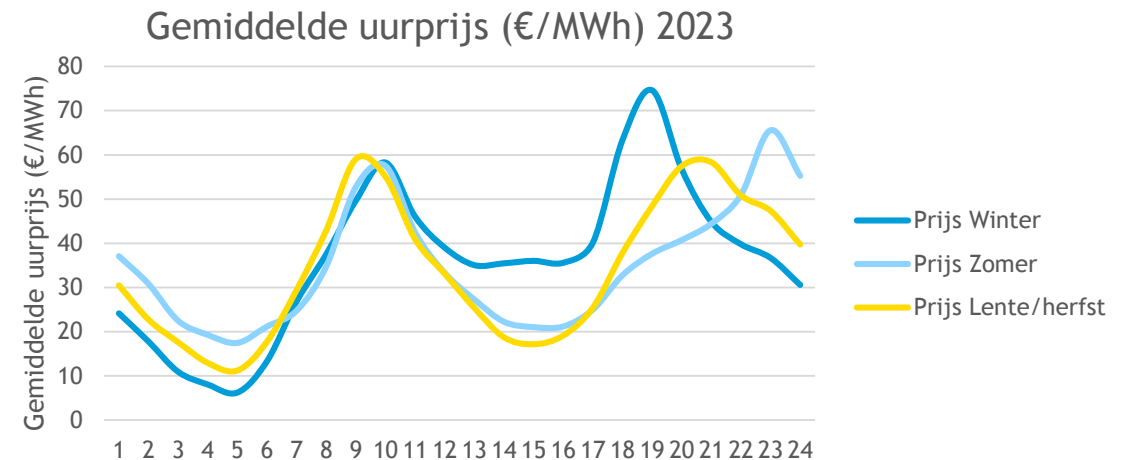
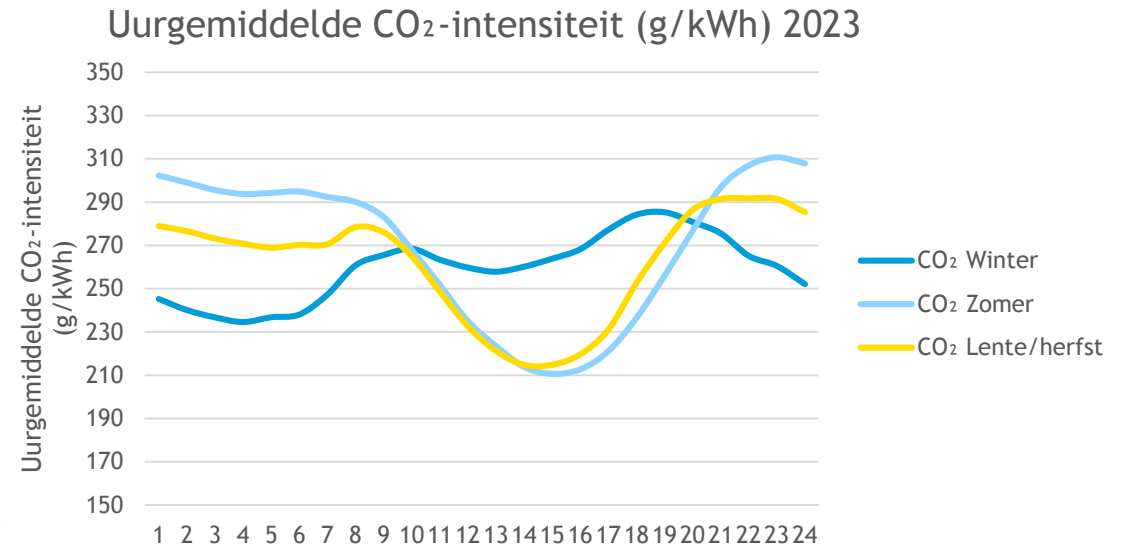
Gemiddelde uren

In de zomer, lente en herfst:

- De gemiddelde CO₂-intensiteit is overdag laag, en is 's avonds en 's nachts relatief hoog.
- De stroomprijs laat overdag en 's nachts een dip zien.
- **Conclusie:** Probeer zoveel mogelijk energie midden op de dag te gebruiken. Niet 's nachts, want dan is de CO₂-intensiteit weer hoger.

In de winter:

- Gemiddeld is de CO₂-intensiteit 's nachts het laagst en 's avonds het hoogst. Het hele beeld is vlakker.
- **Conclusie:** Verschuif verbruik van de avondpiek naar andere uren (midden op de dag of midden in de nacht).



Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Bevindingen op de hypothesen

Hypothese:

1. De CO₂-uitstoot per kWh van de EPEX energiemix verschilt per uur.
2. Op de duurdere uren van de dag is de CO₂-uitstoot per kWh hoger dan op de goedkopere uren.
3. Als klanten verbruik verschuiven naar goedkopere uren, wordt de totale CO₂-footprint van klant verlaagd.

Resultaat studie:

1. Dit klopt: de CO₂-intensiteit van elektriciteit varieert per uur: in 2017 tussen de 210 en 540 g/kWh en in 2023 tussen 50 en 430 g/kWh.
2. Daarnaast is het duidelijk dat een ‘gemiddeld’ advies of vuistregel ook gegeven kan worden. Voor de toekomst (2020 en 2023) wordt het duidelijk dat er een verband is tussen de uurprijs van stroom en de uurlijkse CO₂-factor. In de afgelopen jaren (2015-2017) was dit niet zo door een laag aandeel hernieuwbare energie en veel kolenstroom.
3. Voor de toekomstige jaren geldt dat verschuiven naar goedkope uren gepaard gaat met een lage uurlijkse CO₂-factor. Voor 2023 is dit effect bepaald op een daling van de CO₂-factor van 23 g/kWh per €ct/kWh verschil in de stroomprijs.

Voorbeeld: Verschuift een klant zijn verbruik van de ochtend naar de middag, dan is de besparing op stroom 2 €ct/kWh en de besparing op CO₂ 46 g/kWh. Consequent verschuiven van een verbruikscyclus van 10 kWh levert zo op jaarbasis € 73 financieel en 168 kg CO₂-voordeel.

5 Voorbeeld: melkveehouder

Op basis van gegevens van LTO en met resultaten modelsimulatie voor 2023



- Een melkveehouder reinigt twee of drie keer per dag zijn melkleidingen met warm water van 85-90°C. Er zijn zo'n 20.000 melkveehouders in Nederland, de helft daarvan heeft een elektrische boiler. Per reinigingscyclus verbruikt een elektrische boiler 5 kWh elektriciteit.
- Stel dat van de twee of drie cycli per dag, er twee worden verschoven, de ochtendcyclus en de avondcyclus:
 - De ochtendcyclus verschuift van een uurprijs van 5 €/kWh rond 10 uur naar de 3 €/kWh 's middags.
 - De avondcyclus verschuift van de 5 €/kWh rond 20 uur naar de 2 €/kWh 's nachts.

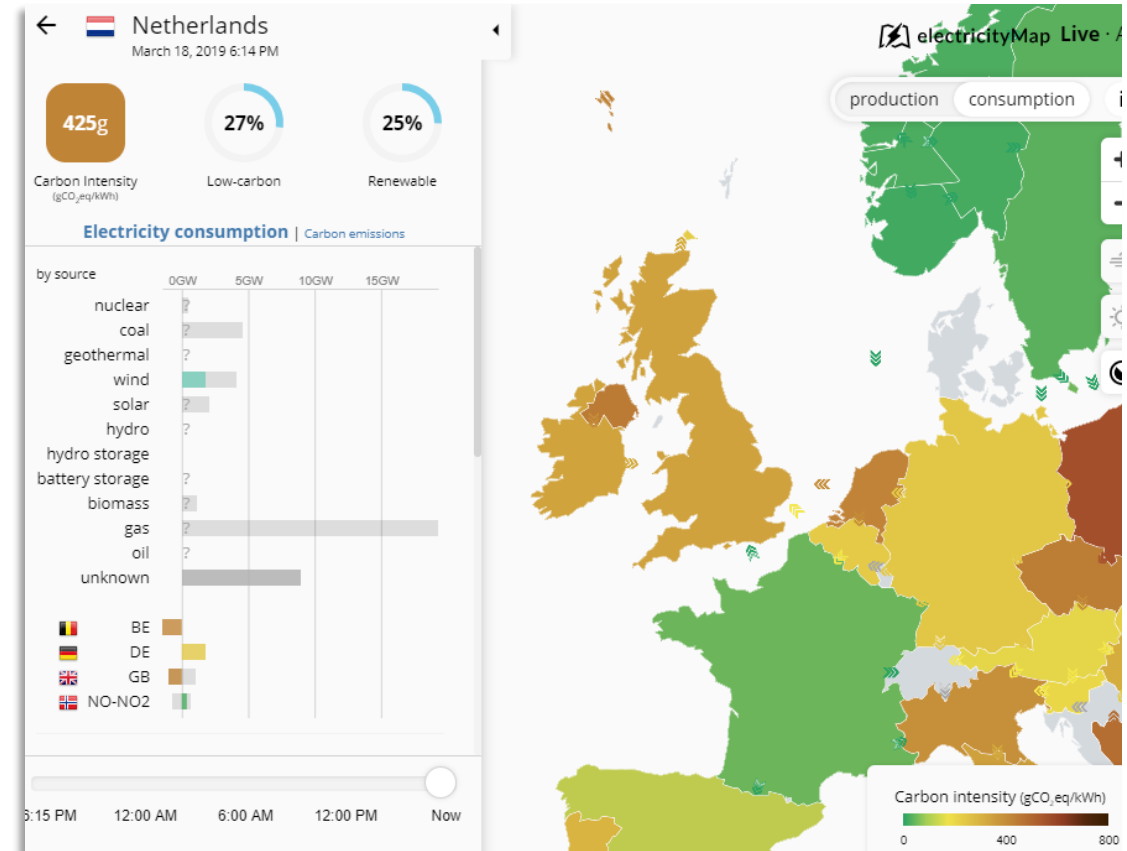
De besparing komt dus gemiddeld op de 2,5 €/kWh.

- In totaal wordt in dit geval 25 € bespaard over 10 kWh, en de CO₂-besparing bedraagt 285 gram.

Nuance: de exacte prijs- en CO₂-besparingen verschillen per dag. Op zomerdagen levert het uitstellen van de cyclus tot het moment dat de zonnepanelen maximaal produceren aanzienlijk meer CO₂-besparing op dan in de wintermaanden. Ook het uitstellen van de melkkoeling op zomerochtenden kan daarom bijdragen aan CO₂-besparing.

Vervolg: uurlijkse emissiefactor?

- Het is in de toekomst wel belangrijk dat de uurlijkse CO₂-emissiefactor ook real-time inzichtelijk wordt gemaakt. TenneT publiceert deze factor nu niet.
- Wel zijn er initiatieven zoals www.electricitymap.org, hier kan naar worden gekeken. Deze berekening houdt voor Nederland alleen rekening met wind en zon.
- Als het PowerFlex-model dat is beschreven in deze studie real-time wordt gekoppeld aan de ElectricityMap, dan krijg je een goed en real-time inzicht van de Nederlandse CO₂-factor.





Bijlagen



Bijlagen

[Bijlage A](#): Analyse Verenigd Koninkrijk met marktdata 2018

[Bijlage B](#): Statistische analyse van de modelsimulaties

[Bijlage C](#): Het PowerFlex-model van CE Delft

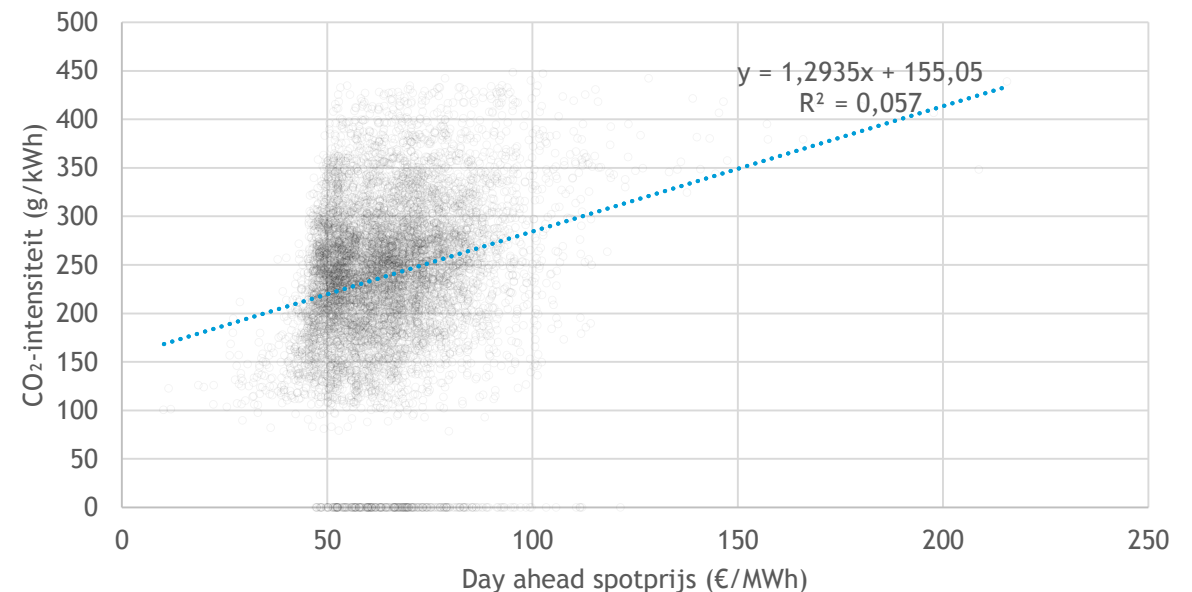
[Bijlage D](#): Validatie van het model

Bijlage A: Analyse Verenigd Koninkrijk met marktdata 2018

Voor het Verenigd Koninkrijk kon dezelfde analyse gedaan worden op basis van beschikbare databronnen over marktprijzen en historische CO₂-intensiteiten van de gemiddelde mix.

- Het verband tussen stroomprijs en CO₂-intensiteit is voor het VK ook te zien.
- Het verband is, op basis van 2018-data, niet zo sterk als in de modelsimulatie van de Nederlandse situatie in 2023 naar voren komt.
- Dit betekent dat de bijdrage van CO₂-neutrale bronnen een beperkte invloed heeft op de marktprijs.
- Het is wel de verwachting dat dit verband sterker wordt als het aandeel wind en zon in het VK toeneemt.

CO₂-intensiteit elektriciteitsmix V.K. vs stroomprijs (2018)



Databronnen:

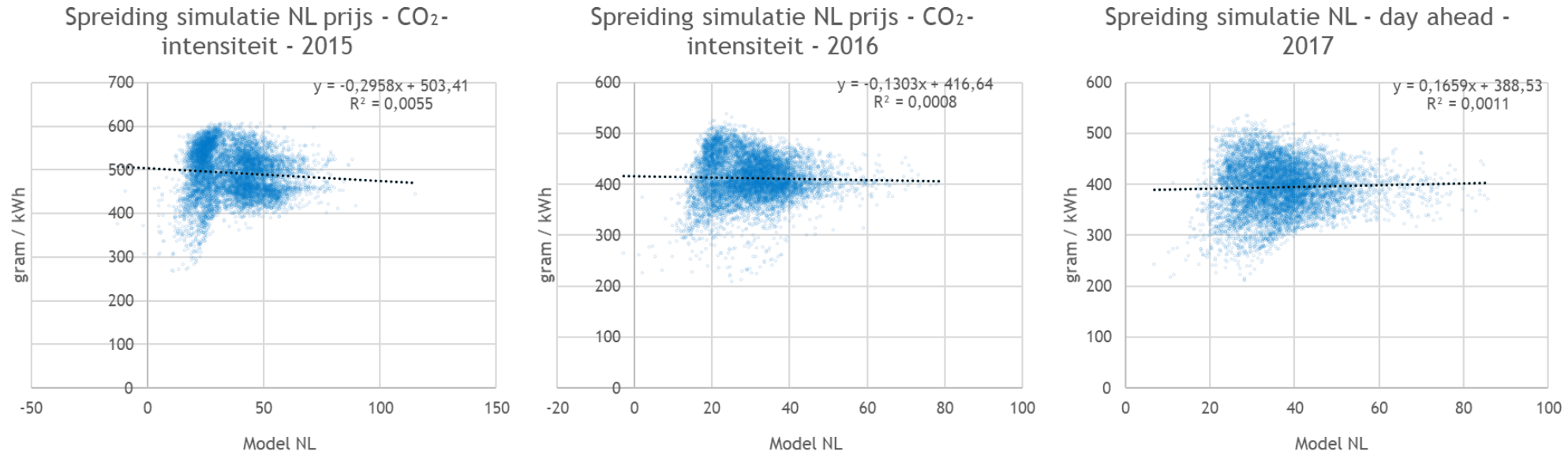
Day ahead spotprijs (€/MWh) <https://www.nordpoolgroup.com/historical-market-data>

CO₂-intensiteit (g/kWh) <http://carbonintensity.org.uk>

Bijlage B: Statistische analyse van de modelsimulaties

1. Resultaten prijs - CO₂ afgelopen jaren (2015, 2016, 2017)
2. Resultaten prijs - CO₂ toekomstige jaren (2020, 2023)
3. Analyse van gemiddelden per uur
4. Analyse van seizoenen in 2020 en 2023

Simulatie toont voor 2015-2017 geen verband tussen uurlijkse CO₂ (verticaal) en prijs (horizontaal)



Een lage stroomprijs krijg je in een aantal omstandigheden:

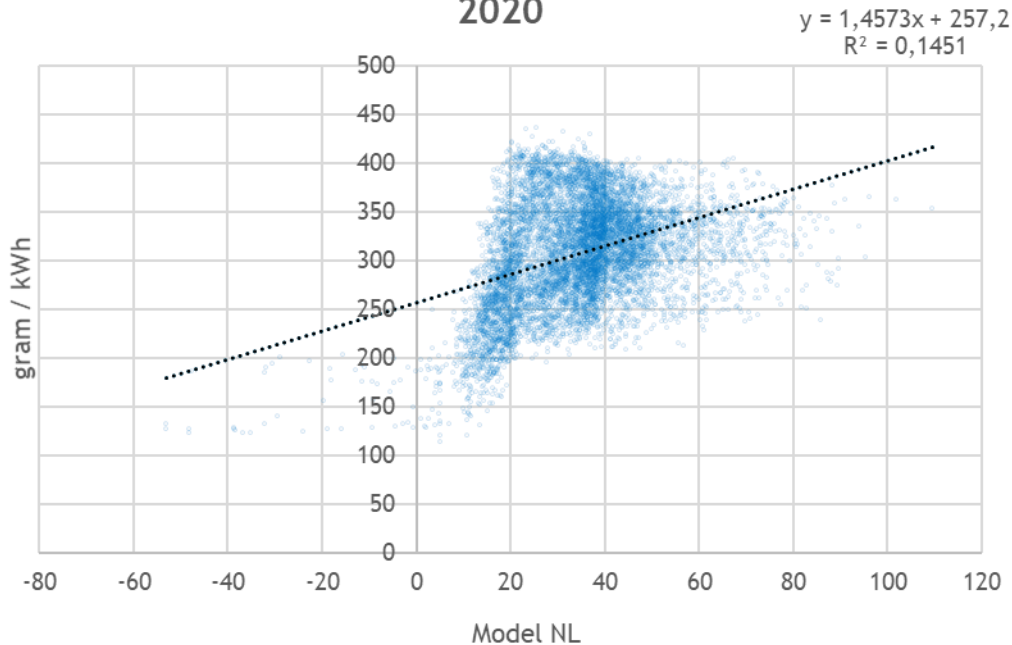
1. Bij weinig wind en zon én een lage elektriciteitsvraag. Dan is de CO₂-intensiteit juist hóóg (bijvoorbeeld 500 g/kWh) door de hoge CO₂-intensiteit van de kolencentrales, die dan draaien omdat ze goedkoper produceren dan gascentrales.
2. Bij veel wind en zon, én een lage vraag staan de kolencentrales stil. Dus is de CO₂-intensiteit laag (bijvoorbeeld 300 g/kWh).
3. Bij veel wind en zon, gecombineerd met een hoge vraag, draaien de kolencentrales en diverse gascentrales, met als resultaat een gemiddelde mix (~400 g/kWh).

Kortom, de prijs is niet 'de' dominante factor voor de CO₂-intensiteit - er spelen teveel andere factoren.

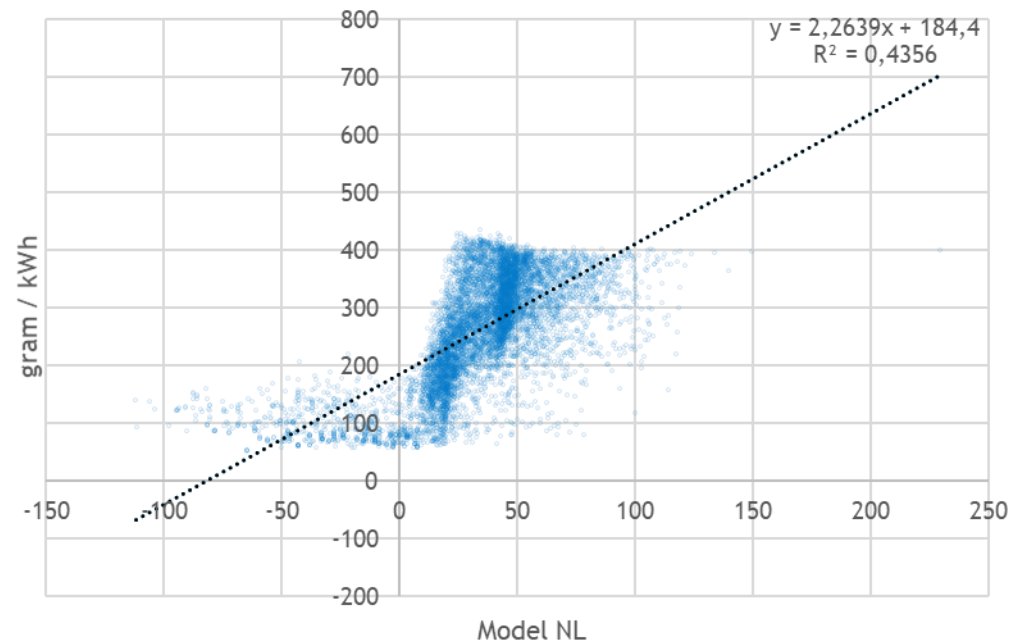
N.B. Het verband verbetert lichtelijk tussen 2015 en 2017 door uitfasering aantal kolencentrales en groei hernieuwbaar.

Toekomstig: Sterk verband tussen CO₂-uurlijks en de prijs

Spreading simulatie NL prijs - CO₂-intensiteit -
2020

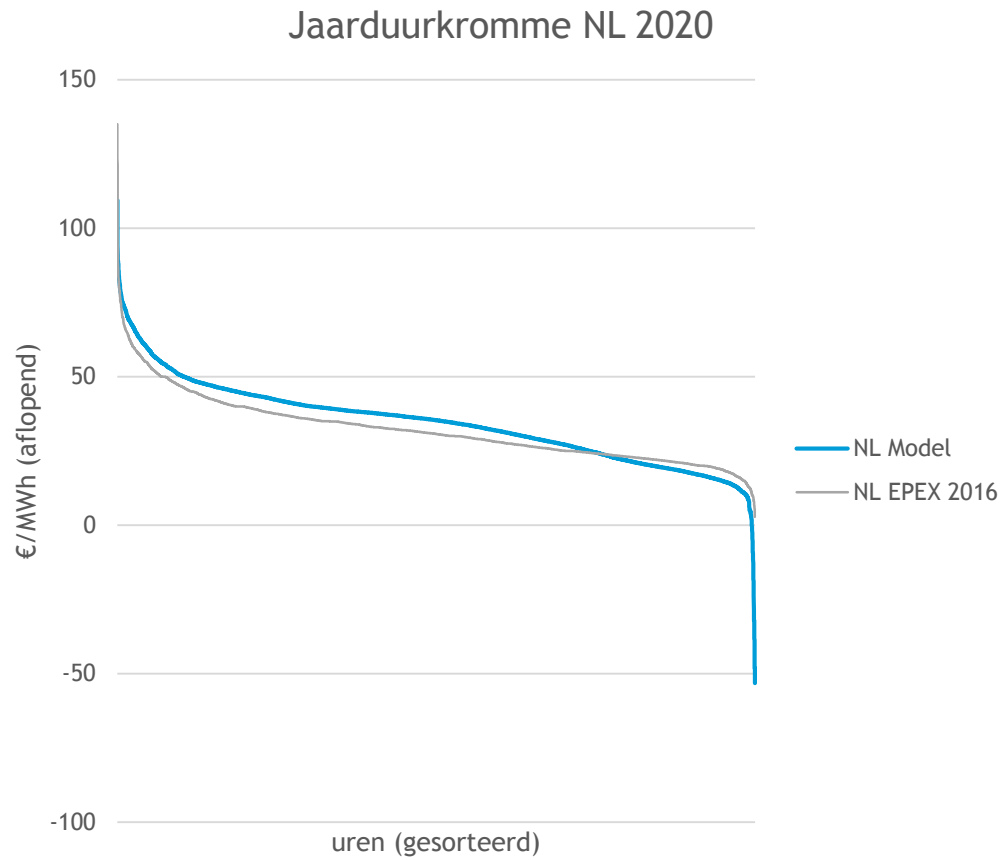


Spreading simulatie NL - day ahead - 2023

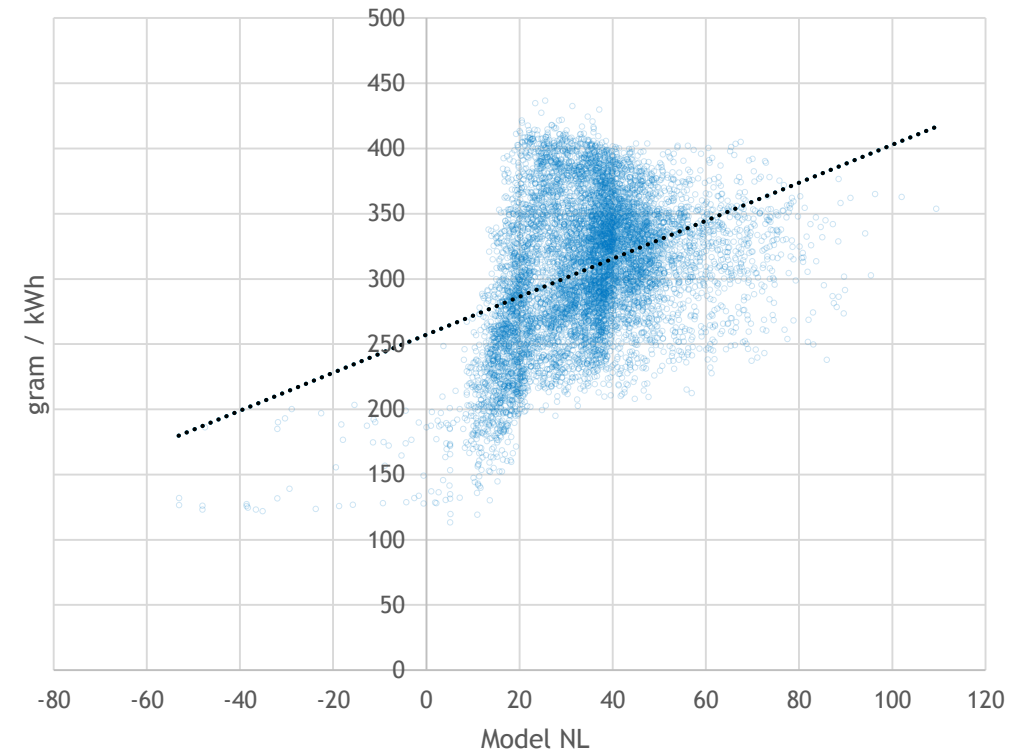


- Voor toekomstige jaren wél een duidelijk verband tussen prijs voor elektriciteit en de uurlijkse CO₂ factor.
- De reden is dat hernieuwbaar sterk groeit (max. 11 GW wind en 6 GW zon-opwek), en tegelijk dat er steeds meer biomassa wordt meegestookt in de kolencentrales (tot 80%). De factor kolencentrales speelt dus minder, en het prijsdrukkende effect van wind en zon wordt nu dominant.
- Verband zelfs sterk in 2023 (bijna de helft van de variatie in de CO₂ voorspeld door stroomprijs).

Resultaten 2020



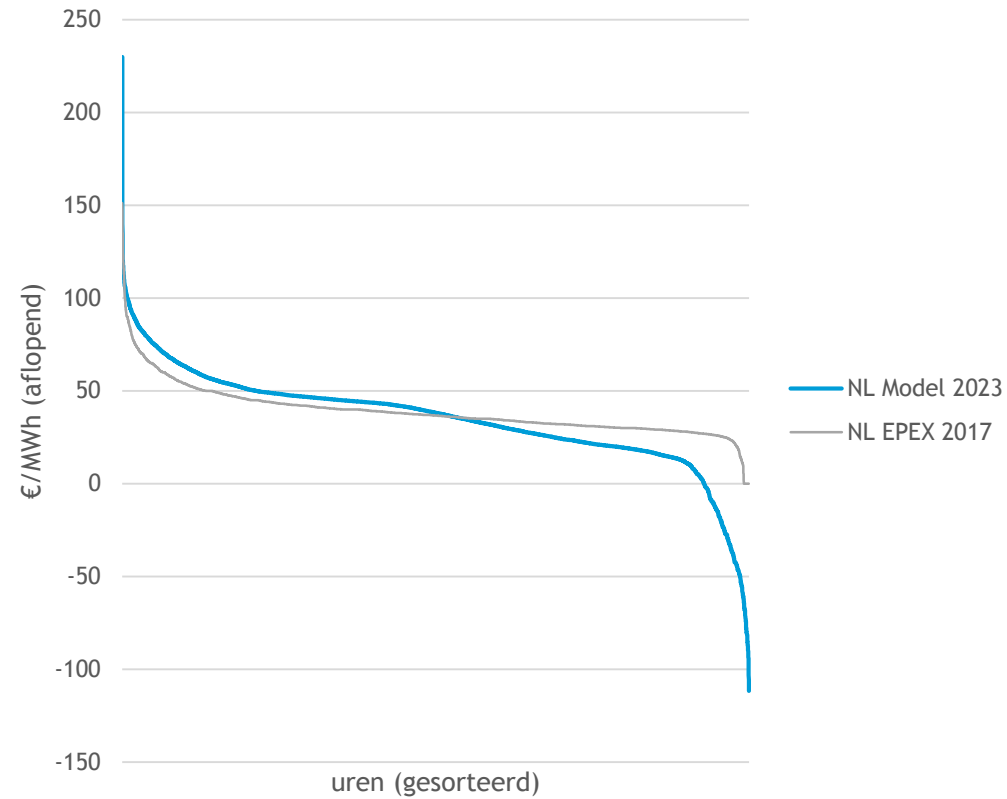
Spreiding simulatie NL prijs - CO₂-intensiteit - 2020

$$y = 1,4573x + 257,2$$
$$R^2 = 0,1451$$


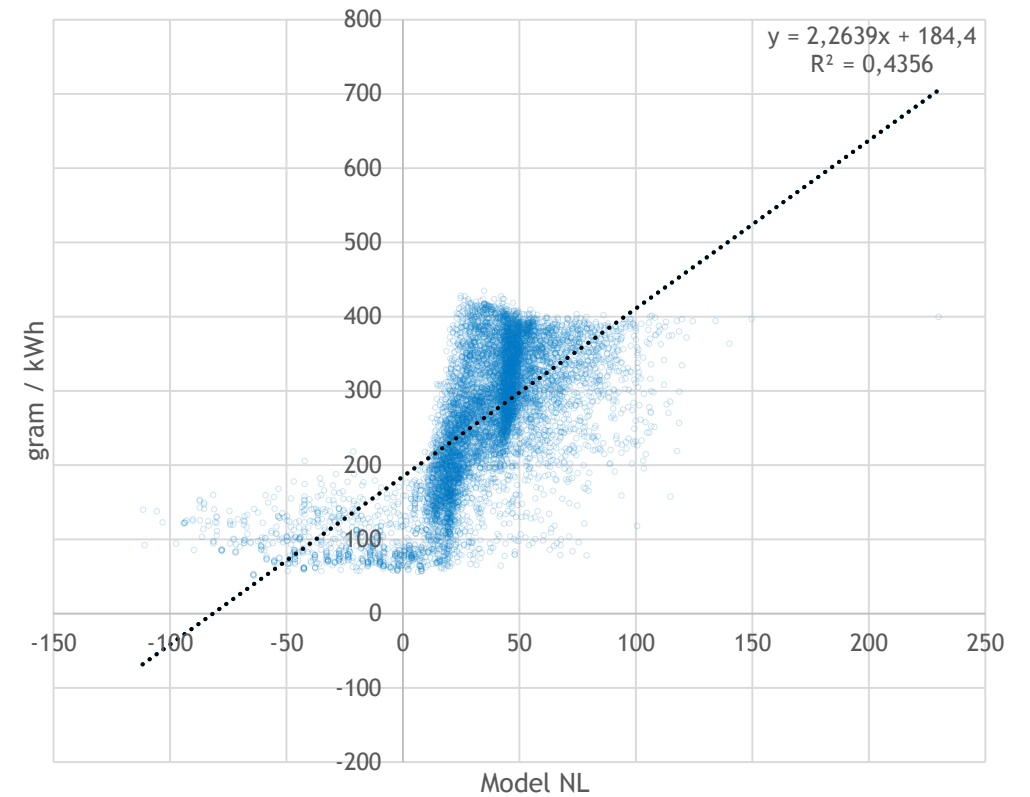
Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Resultaten 2023

Jaarduurkromme NL 2023



Spreiding simulatie NL - day ahead - 2023



Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Gemiddelde uren (2020 beeld)

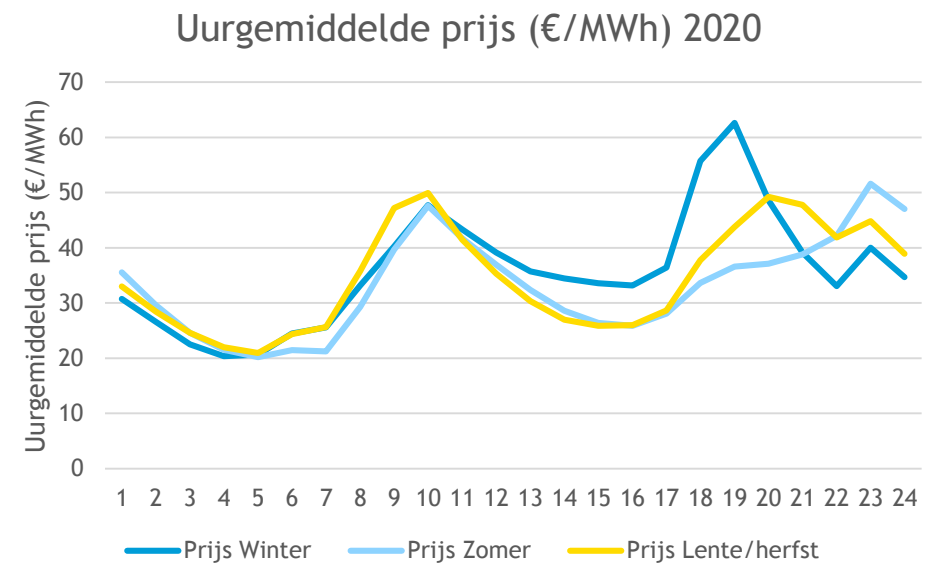
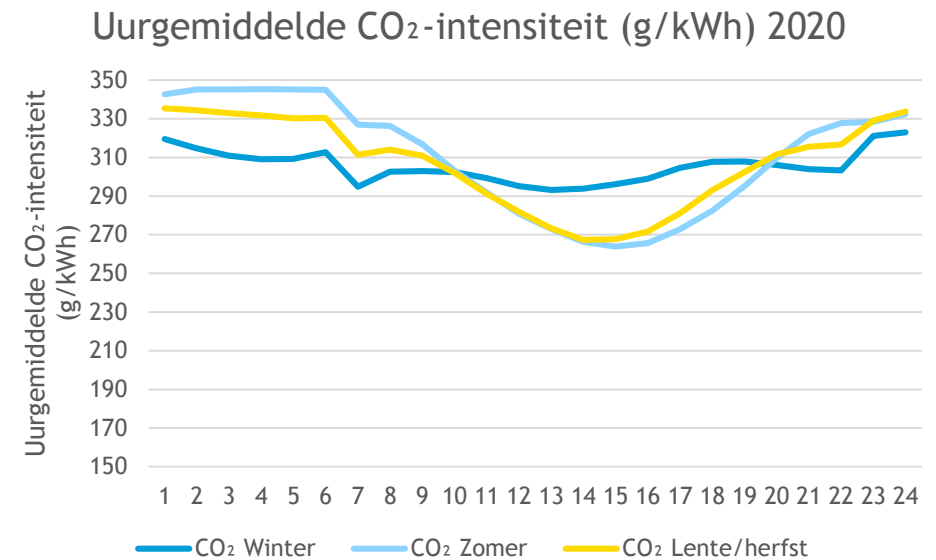
2020 beeld hetzelfde als 2023 maar minder sterk:

Zomer, lente en herfst:

- De gemiddelde CO₂-intensiteit is overdag laag, en is in de avond en in de nacht relatief hoog.
- De stroomprijs laat overdag en 's nachts een dip zien.
- **Conclusie:** Probeer zoveel mogelijk energie midden op de dag te gebruiken. Niet in de nacht, want dan is de CO₂-intensiteit weer hoger.

In de winter:

- Het gemiddelde CO₂-beeld is te vlak om echt conclusies aan te verbinden (de reden is dat windenergie 's winters geen sterke uurlijkse periodiciteit kent).
- De prijs is het laagst 's nachts.
- **Conclusie:** Verschuif van de dure uren naar andere uren - maar doe dat vanwege financiële redenen.



Gemiddelde uren (2023 beeld)

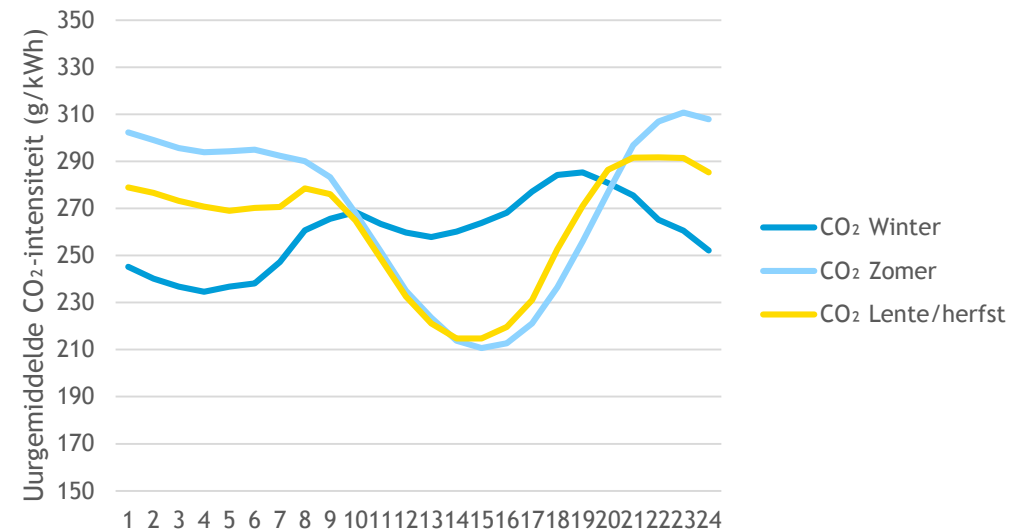
In de zomer, lente en herfst:

- De gemiddelde CO₂-intensiteit is overdag laag, en is in de avond en in de nacht relatief hoog.
- De stroomprijs laat overdag en 's nachts een dip zien.
- **Conclusie:** Probeer zoveel mogelijk energie midden op de dag te gebruiken. Niet in de nacht, want dan is de CO₂-intensiteit weer hoger.

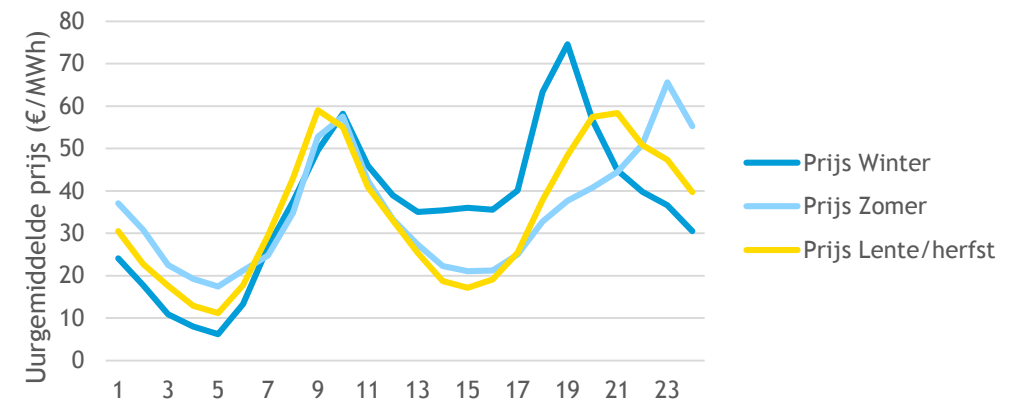
In de winter:

- Gemiddeld is de CO₂-intensiteit 's nachts het laagst en in de avond het hoogst. Het hele beeld is vlakker.
- De prijs is het laagst 's nachts.
- **Conclusie:** Verschuif van de avondpiek naar andere uren (midden op de dag of midden in de nacht).

Uurgemiddelde CO₂-intensiteit (g/kWh) 2023

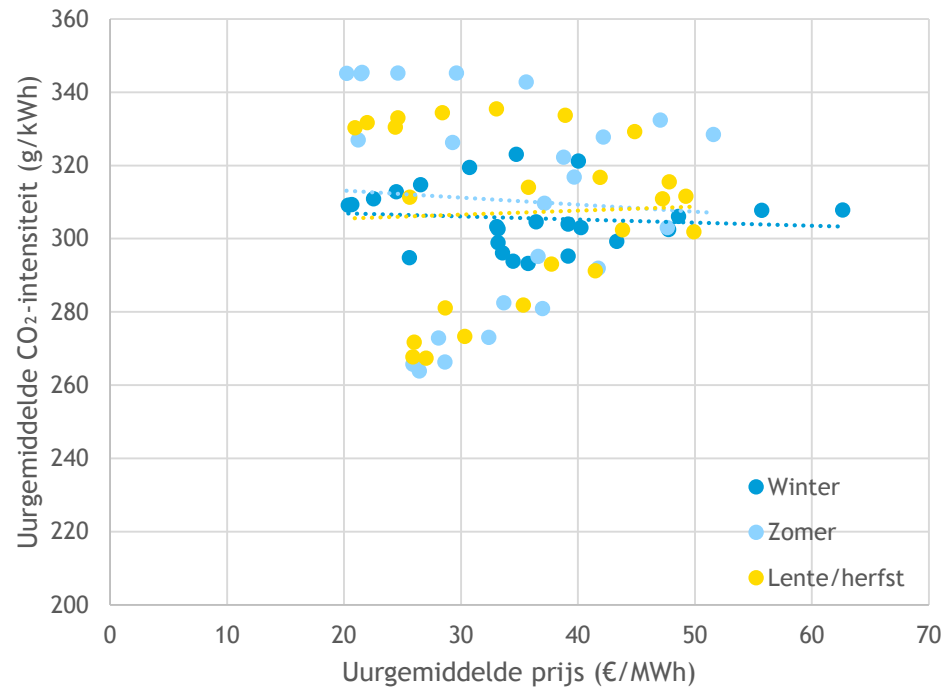


Uurgemiddelde prijs (€/MWh) 2023

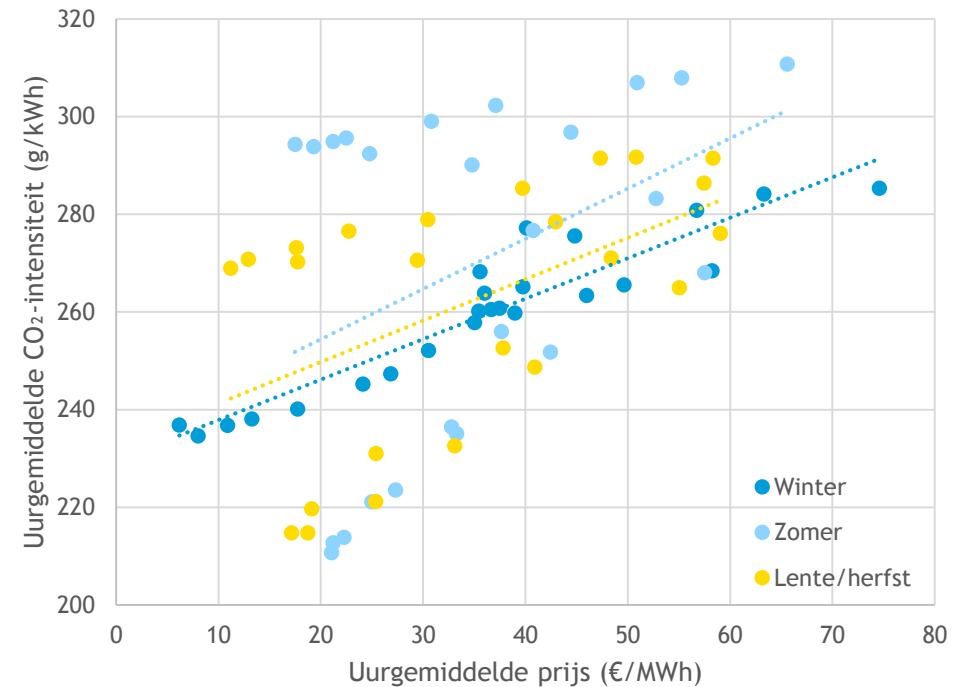


Analyse seizoenen 2020 en 2023

Verband tussen de uurgemiddelde prijs en CO₂-intensiteit - 2020



Verband tussen de uurgemiddelde prijs en CO₂-intensiteit - 2023



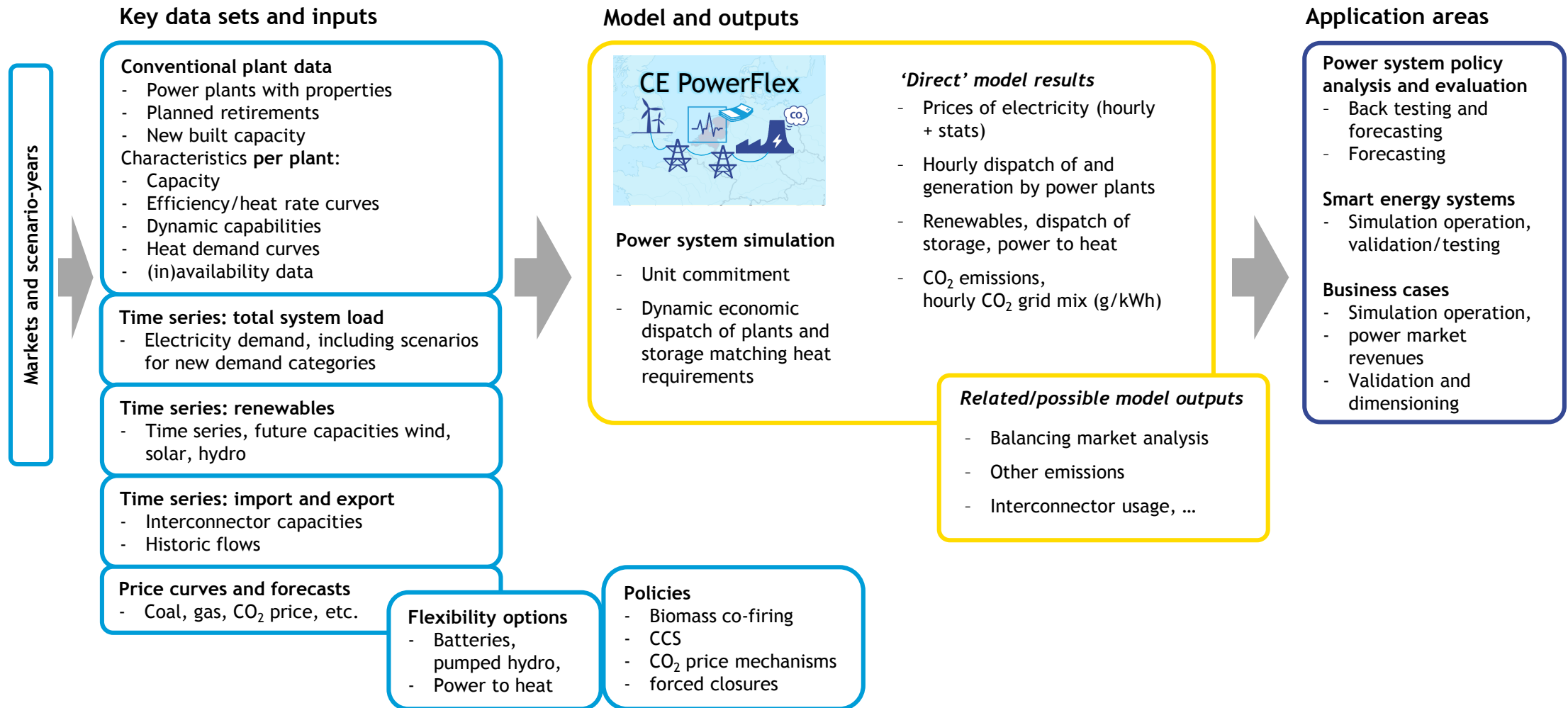
Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Bijlage C: Het PowerFlex-model van CE Delft

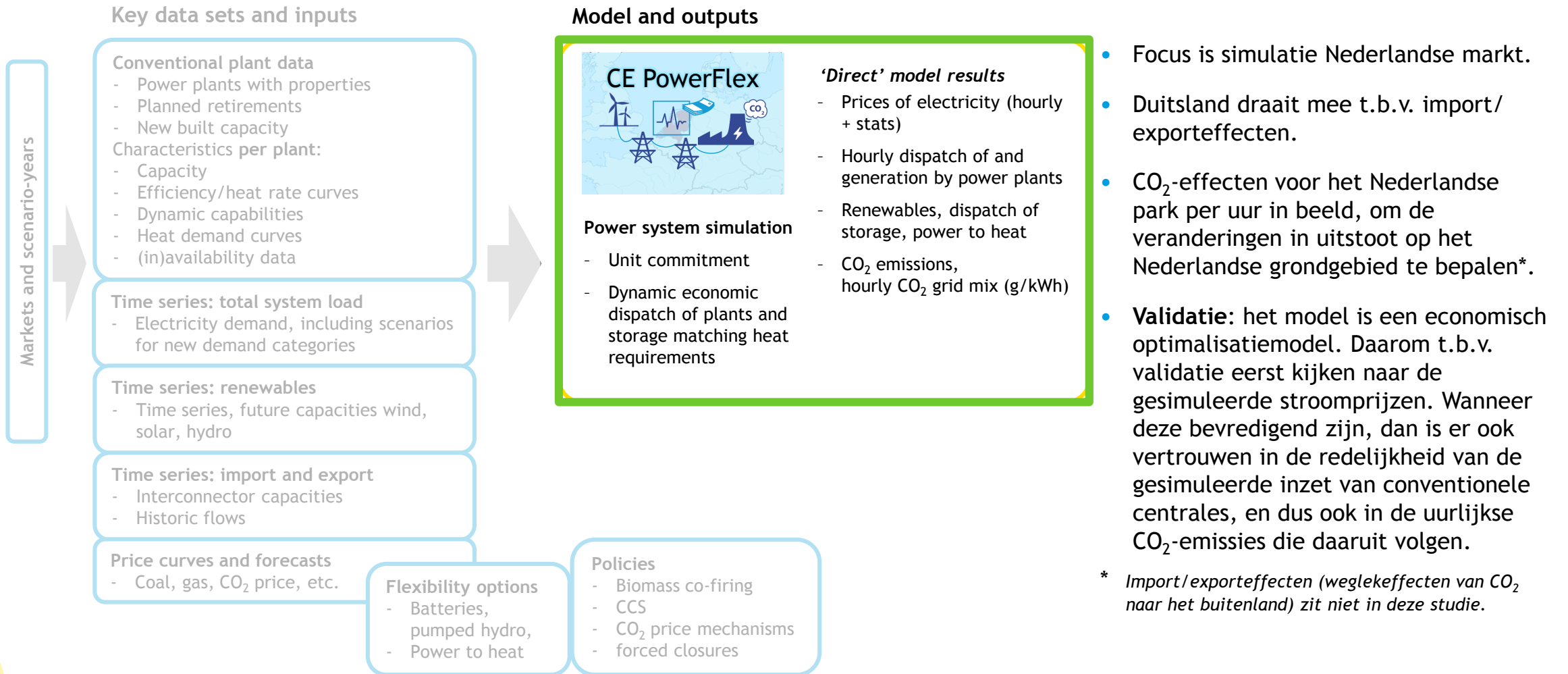
- Het PowerFlex-model simuleert de inzet van individuele elektriciteitscentrales en flexibiliteitsopties op basis van de toekomstige uurlijkse elektriciteitsvraag en de productie van hernieuwbare elektriciteit.
- Het doel van het model is het analyseren van het inzetten van eenheden. Dat zijn vooral conventionele elektriciteitscentrales, maar ook warmtekrachtcentrales, opslagseenheden, en dergelijken draaien mee.
- Algoritmen (unit commitment + dynamic economic dispatch) zijn geïmplementeerd in MATLAB. Centrales worden met dynamische karakteristieken gemodelleerd (zoals min down/up time, heat rate curves, start/stop costs).
- Kan eventueel ook onbalansmarkt simuleren (regelcapaciteit conventionele centrales uit dynamische beperkingen centrales).
- [Via deze link is](#) meer informatie te vinden over het model en studies waarin het is ingezet.
- Tevens hebben we het model ingezet voor de studie naar de kosten en baten van het slim laden van elektrische voertuigen (met APPM, HvA, E-laad voor Enexis, 2019).



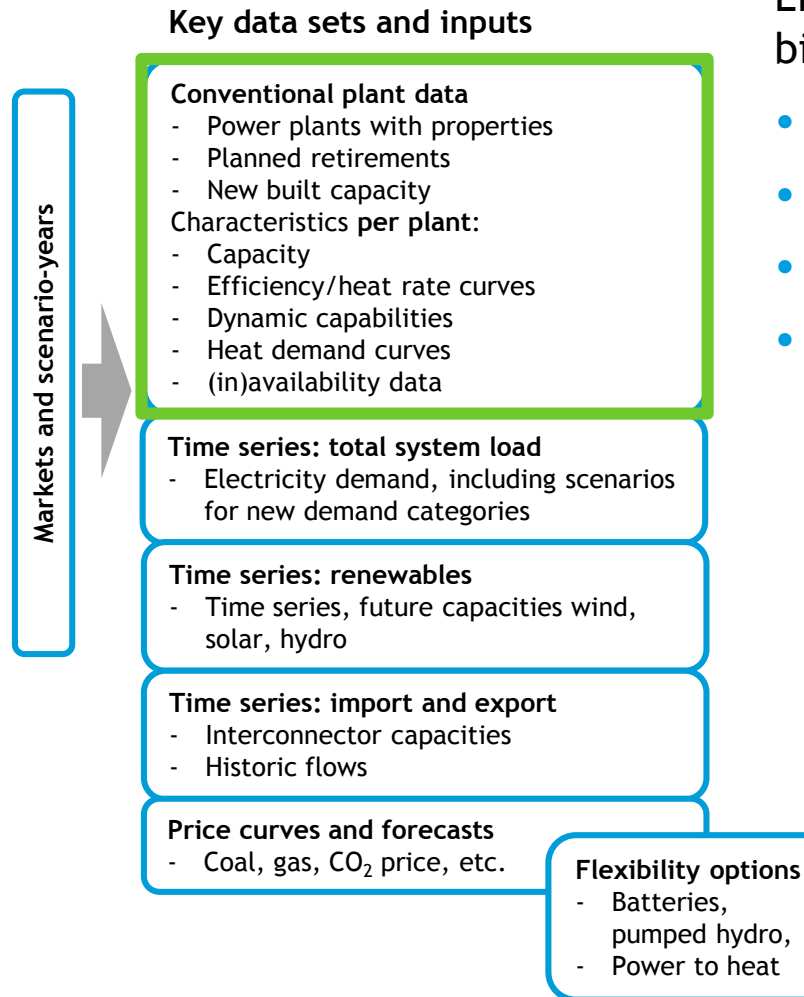
PowerFlex-model CE Delft inputs en outputs



PowerFlex-model CE Delft inputs en outputs



PowerFlex-model CE Delft inputs en outputs

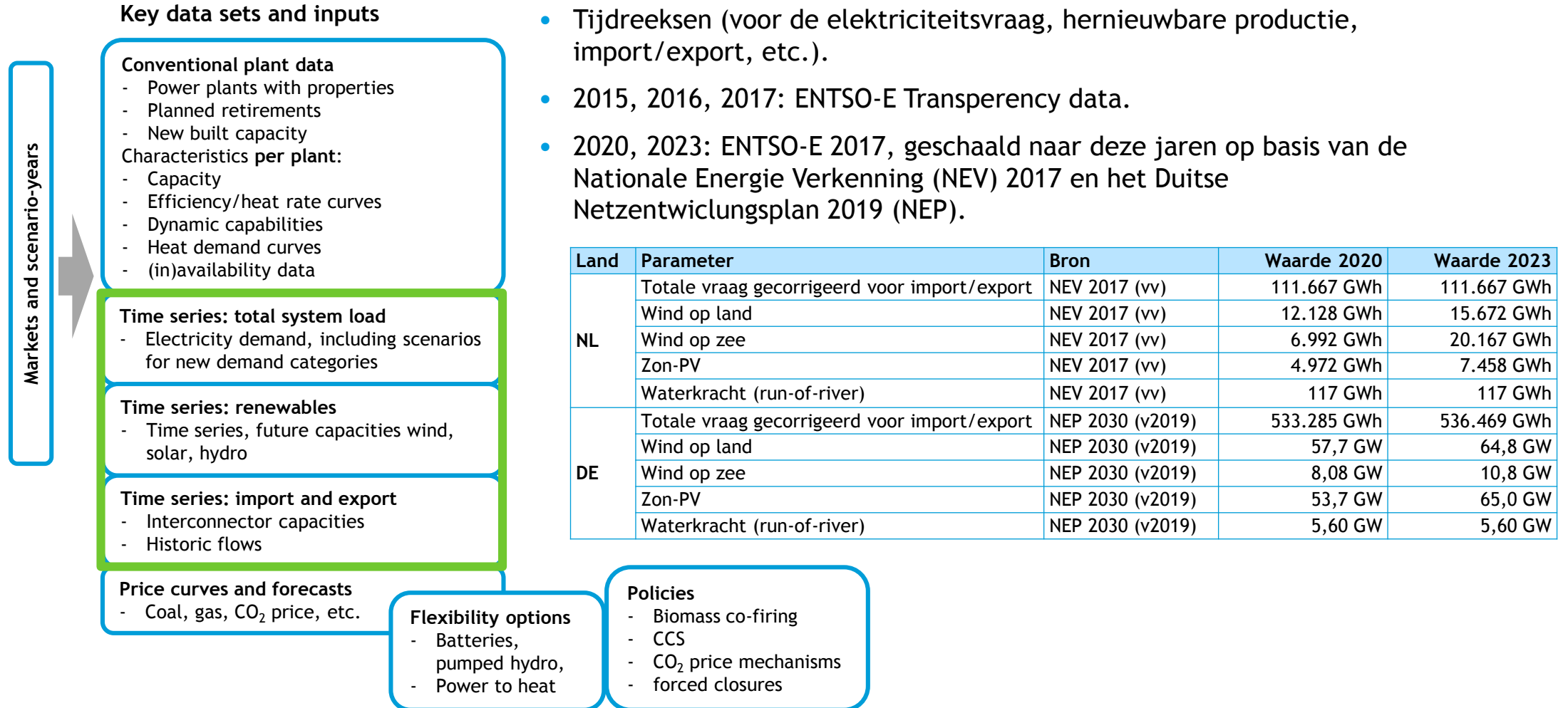


Lijst elektriciteit en WKK-centrales van CE Delft, voor dit project bijgewerkt conform meest recente inzichten:

- **2015:** stoppen Gelderland-13, Amer-8.
- **2017:** stoppen Maasvlakte I&2.
- **2020:** RWE Claus C weer online.
- Percentages biomassameestookkolencentrales, toekomstige jaren, aangenomen als volgt:

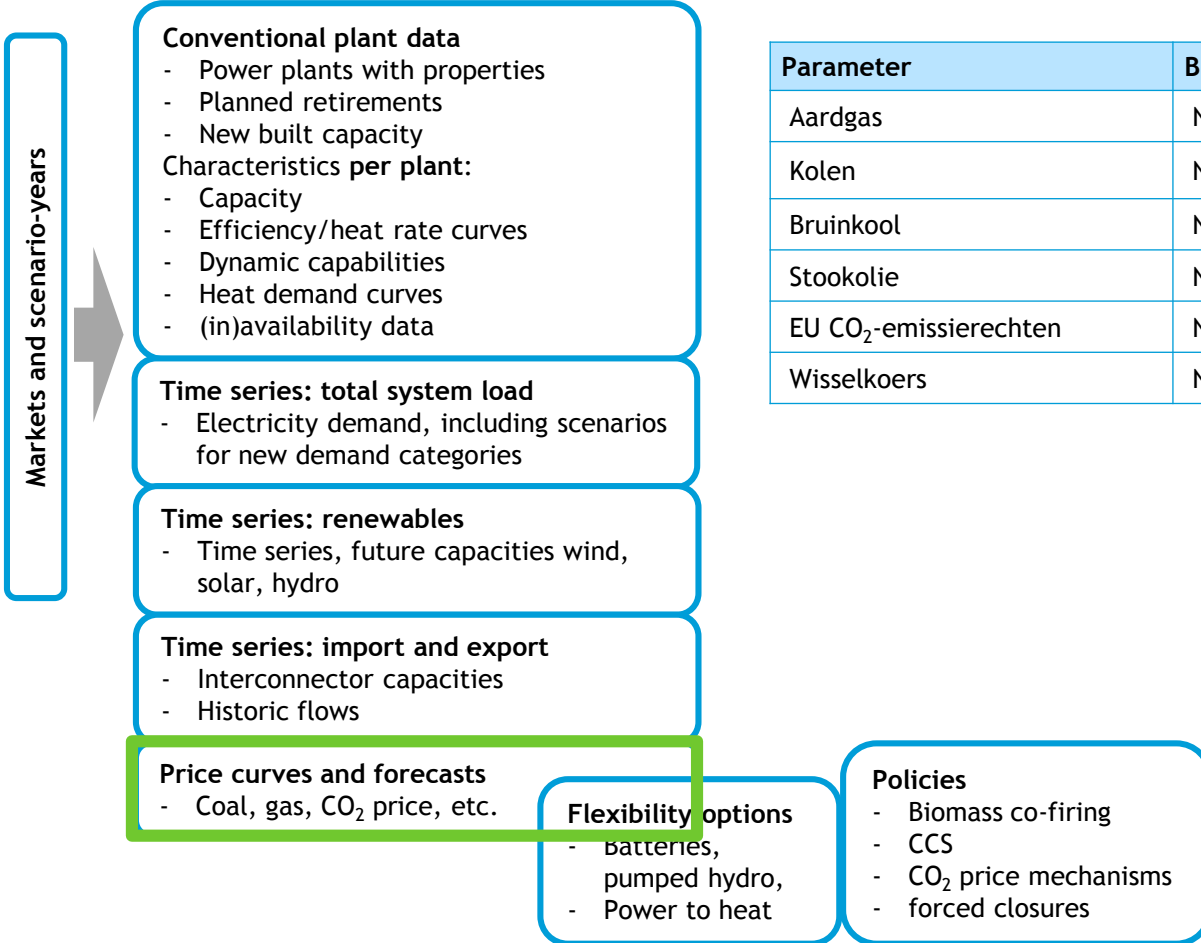
	MW	2020	2023
RWE Eemshaven	1560	15%	15%
RWE Amer-9	640	80%	80%
Uniper Maasvlakte-3	1070	20%	20%
Engie Rotterdam	750	30%	30%
Vattenfall Hemweg-8	650	0%	0%

PowerFlex-model CE Delft inputs en outputs



PowerFlex-model CE Delft inputs en outputs

Key data sets and inputs



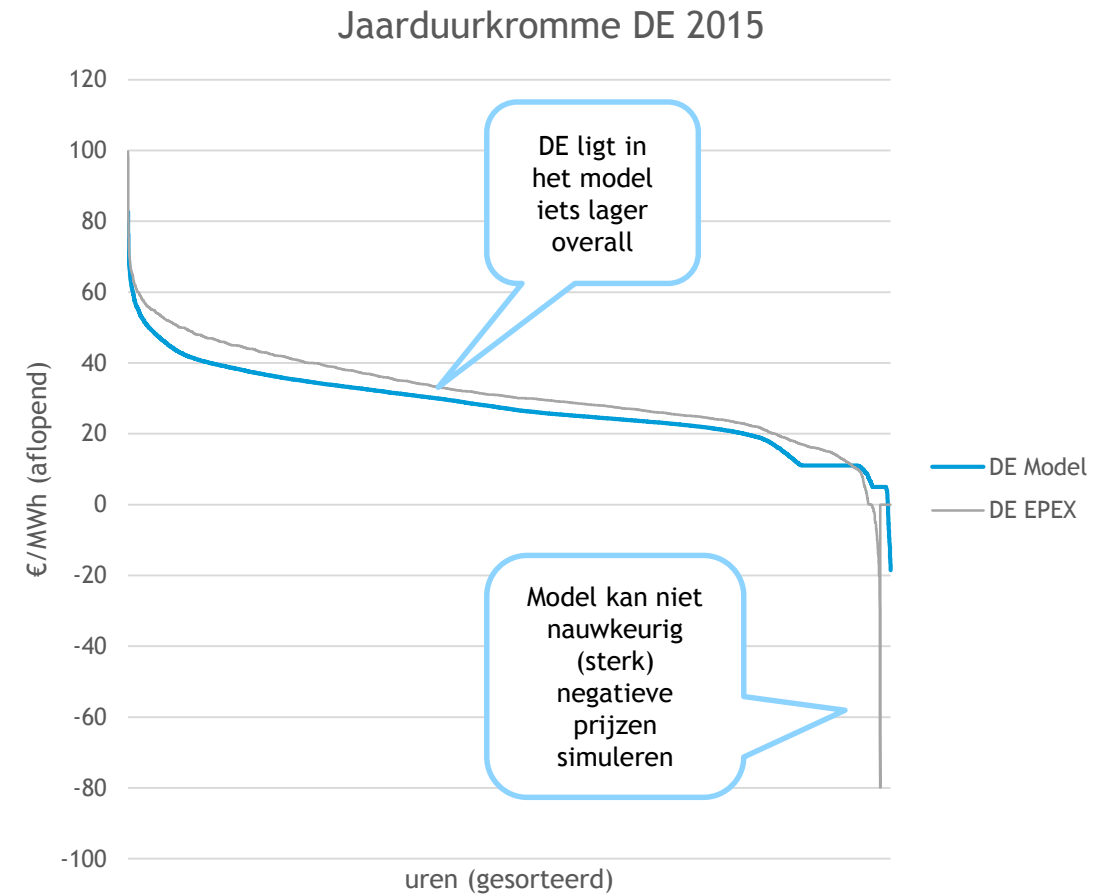
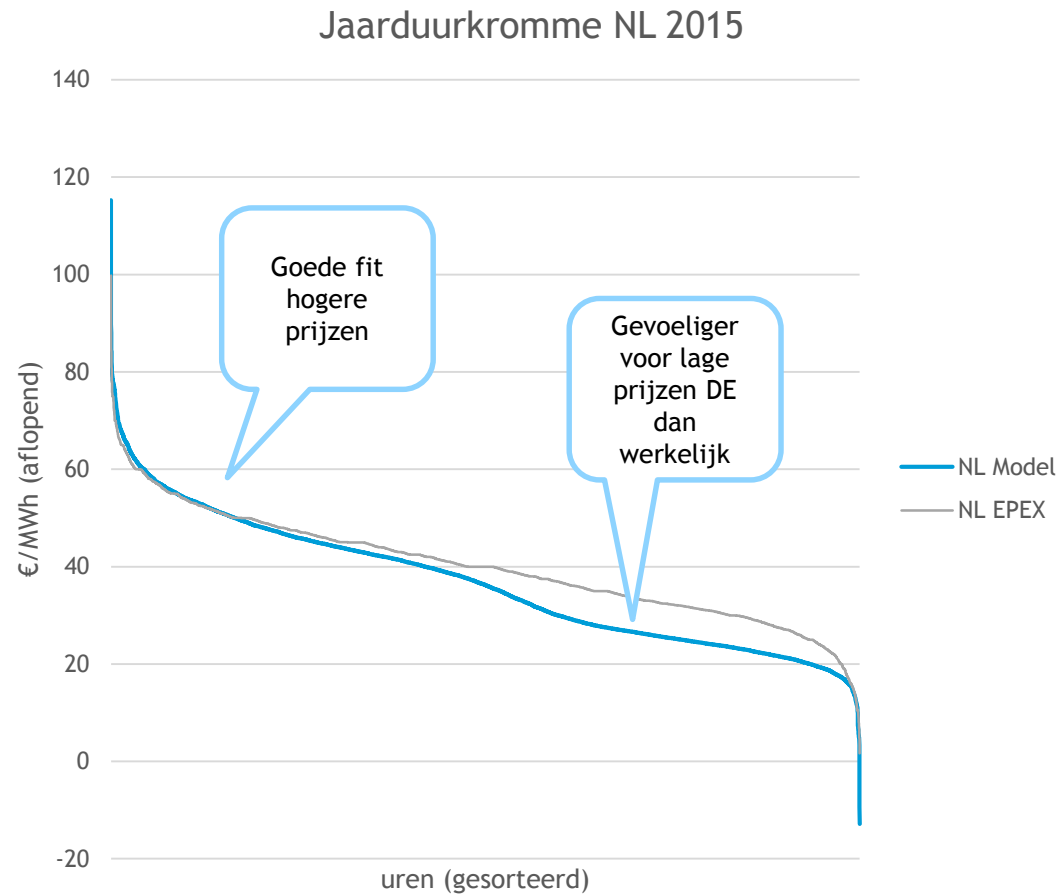
Prijzen gas, kolen, CO₂ uit de Nationale Energie Verkenning (NEV) 2017

Parameter	Bron	Waarde 2020	Waarde 2023
Aardgas	NEV 2017 (vv)	17,40 €/MWh	21,50 €/MWh
Kolen	NEV 2017 (vv)	44,83 USD/t	50,45 USD/t
Bruinkool	NEP 2030 (v2019)	4,2 €/MWh	5,0 €/MWh
Stookolie	NEV 2017 (vv)	109%	140%
EU CO ₂ -emissierechten	NEV 2017 (vv)	6,6 €/tCO ₂	9,3 €/tCO ₂
Wisselkoers	NEV 2017 (vv)	1,16 USD/EUR	1,11 USD/EUR

Bijlage D: Validatie van het model

- Om vertrouwen te krijgen in dat de uitspraken die het model doet, ook kloppen, is een serie van validatietests uitgevoerd. Door voor meerdere historische jaren het simulatiemodel uit te voeren, kan worden nagegaan of het model in staat is realistische simulaties van de Nederlandse elektriciteitsmarkt uit te voeren.
- Deze bijlage bevat deze resultaten, waarbij we kijken naar de gesimuleerde uurlijkse elektriciteitsprijzen. Hierbij kijken we naar de volgende zaken:
 - **Prijsduurkrommes:** Deze laten goed distributie van de prijzen zien door het jaar heen en volatiliteit. De duurkromme van de elektriciteitsprijzen is een grafiek waarbij de (uurlijkse) prijs verticaal staat en de waarden gesorteerd en aflopend worden weergegeven. De grafiek wordt gebruikt om te zien hoe vaak in een periode een bepaalde elektriciteitsprijs voorkomt of gaat voorkomen.
 - **Spreidingsdiagrammen (X-Y-diagrammen)** laten de uurlijkse match zien tussen de stroomprijzen die er werkelijk waren, en die uit een simulatie volgen. Naar mate de punten dichter op een schuine lijn liggen, is het verband sterker. Dit wordt met de R^2 -maatstaf aangeduid.
 - **Statistieken:** Gemiddelde prijs, volatiliteit (via de standaarddeviatie van het gemiddelde), peak en off-peak, maximale en minimale prijs.

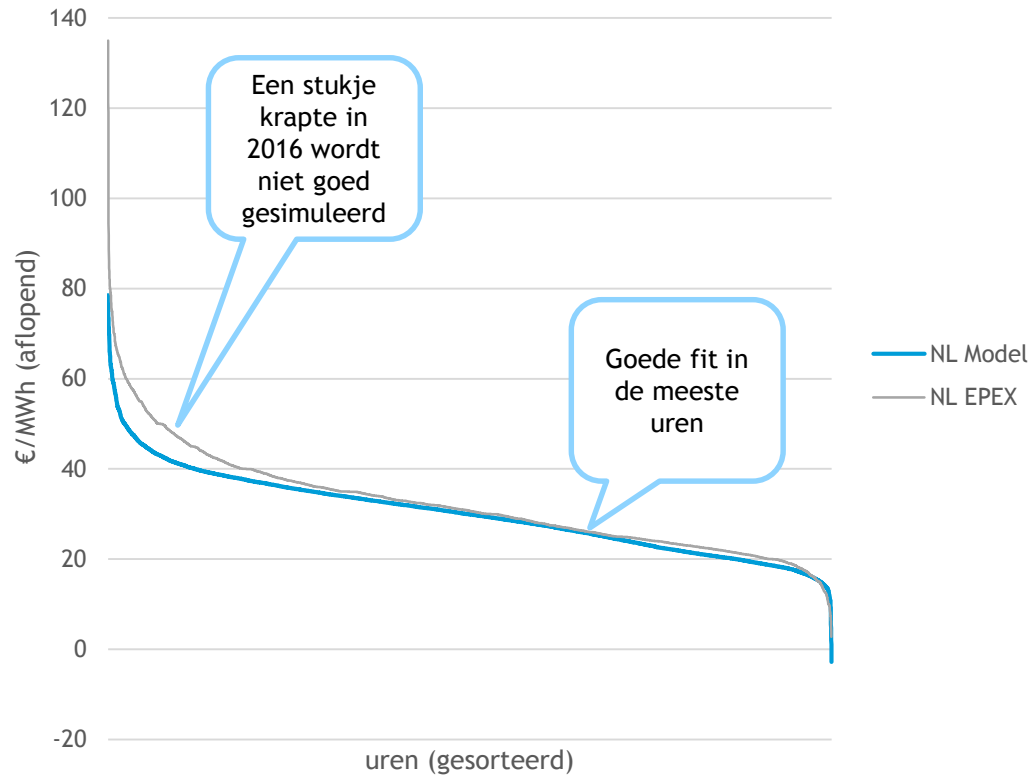
Validatie 2015 - redelijke matching simulatie en historie



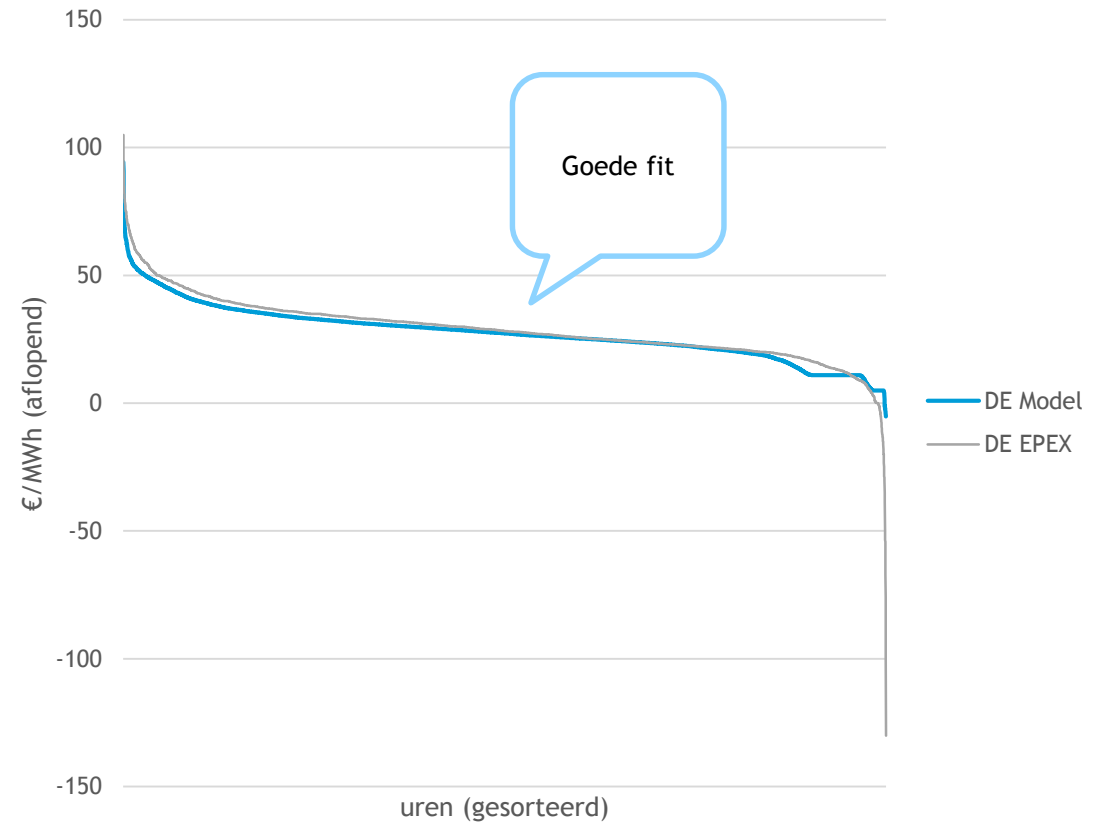
Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Validatie 2016 - goede matching simulatie en historie

Jaarduurkromme NL 2016

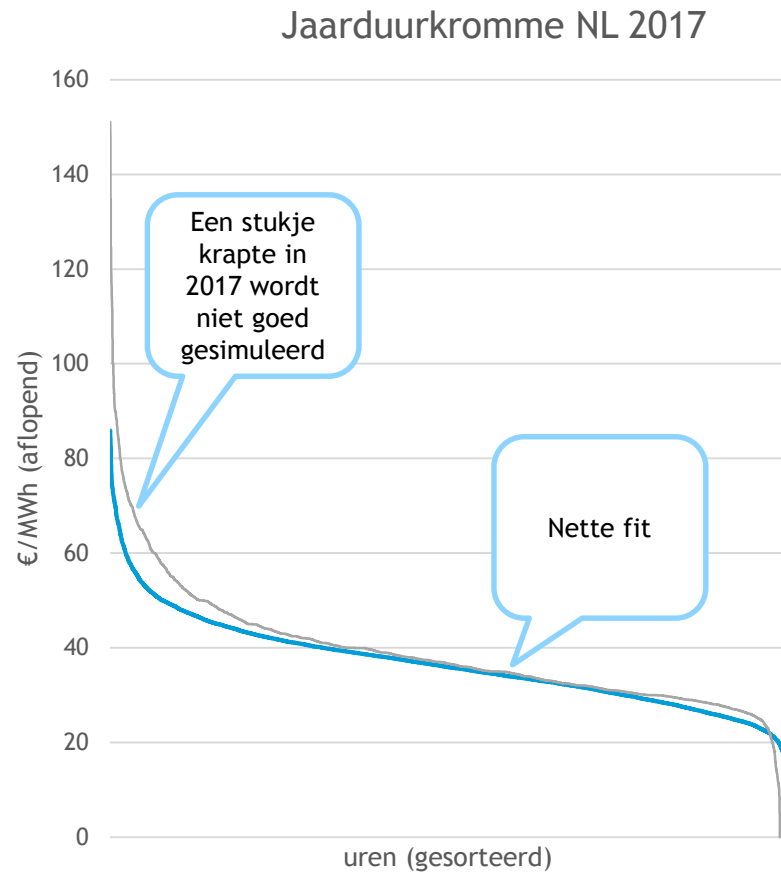


Jaarduurkromme DE 2016



Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

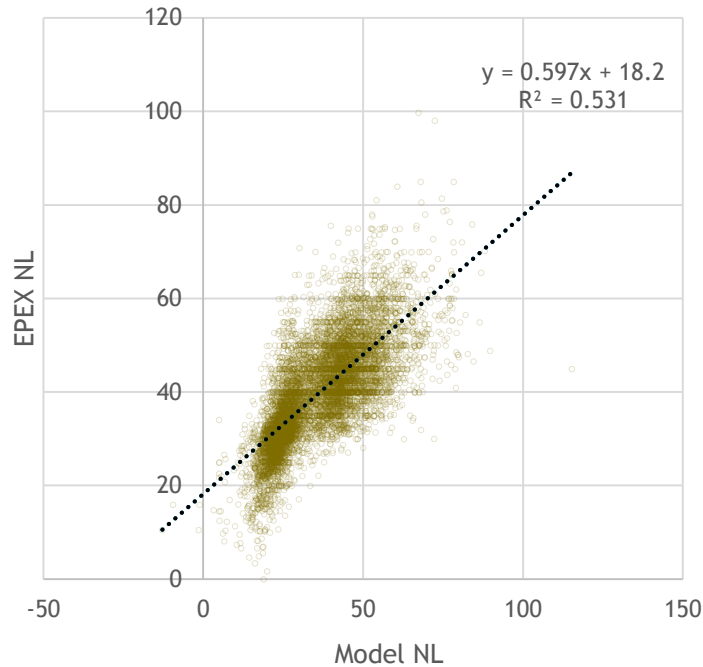
Validatie 2017 - goede matching simulatie en historie



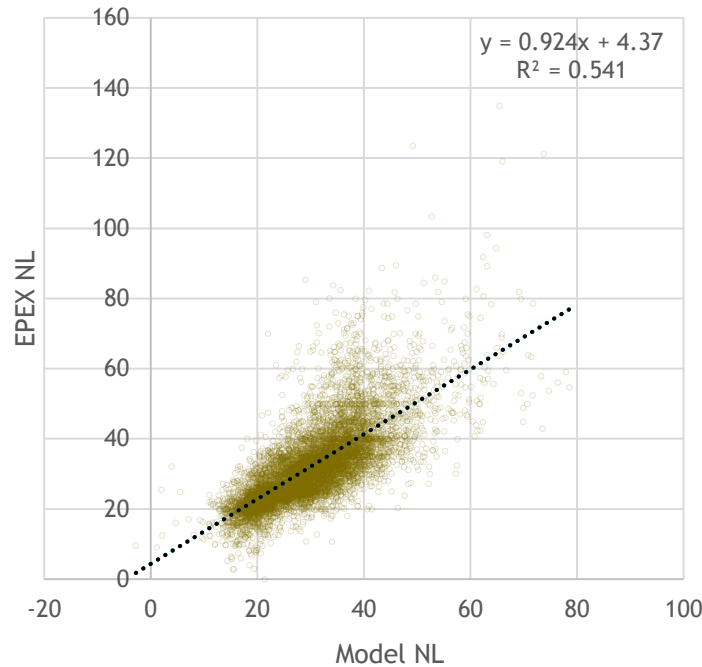
Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Validatie - spreiding prijs model - prijs day aheadmarkt

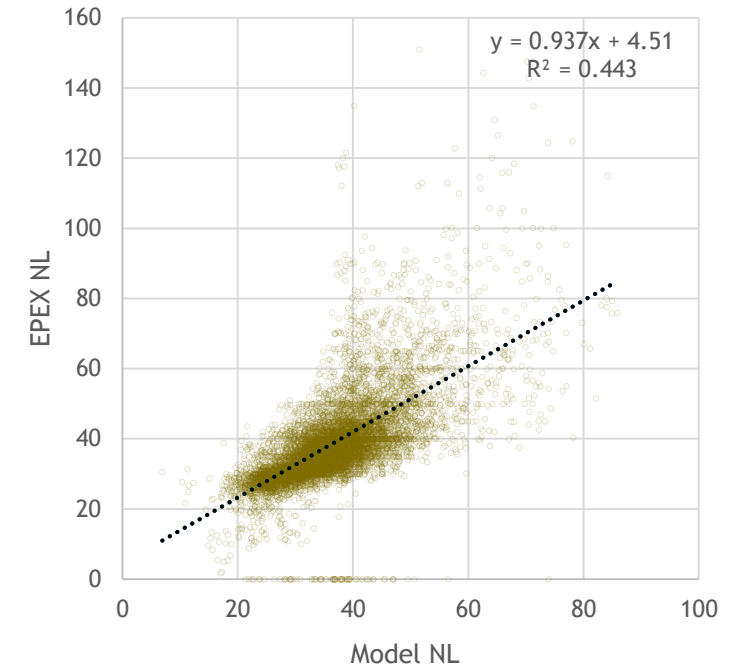
Spreiding simulatie NL - day ahead
- 2015



Spreiding simulatie NL - day ahead
- 2016



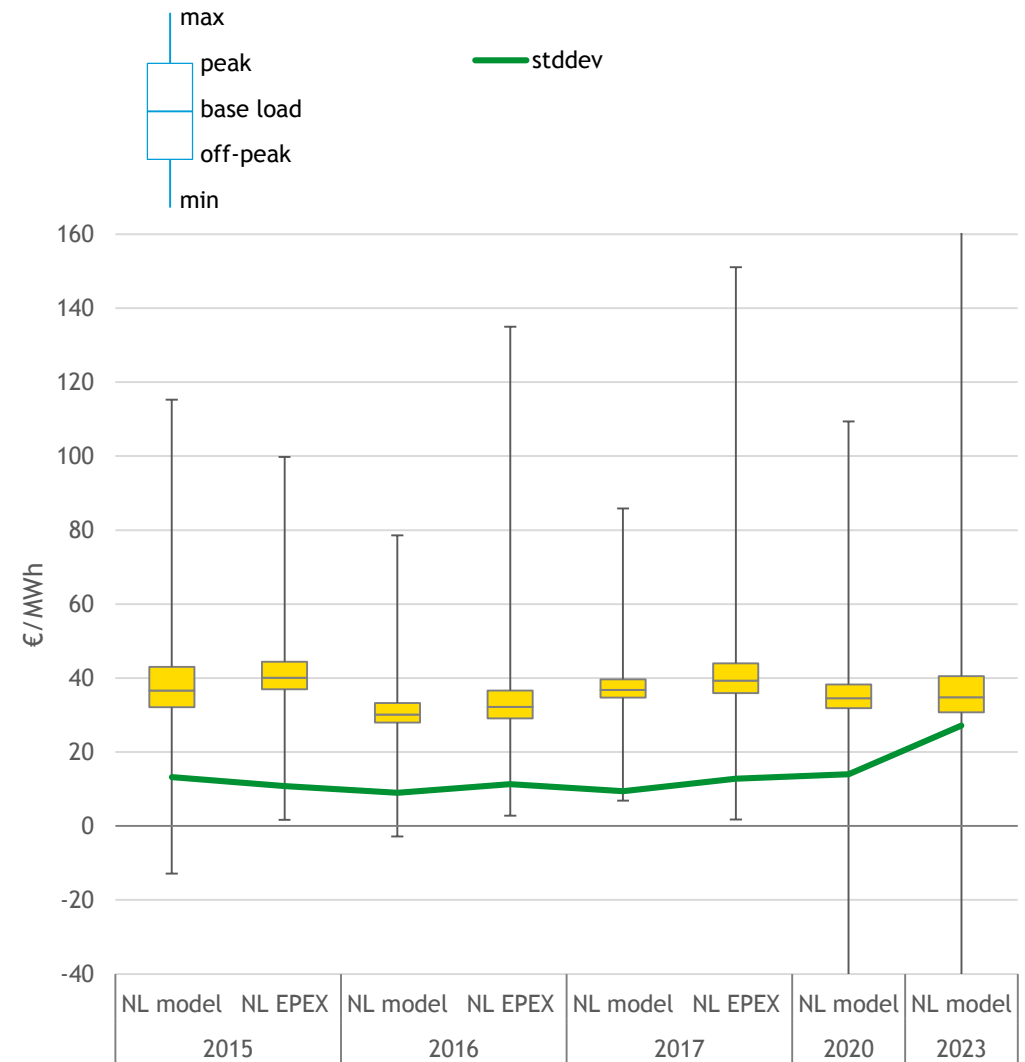
Spreiding simulatie NL - day ahead
- 2017



De figuren laten voor alle uren van het jaar zien hoe de gesimuleerde uurlijkse prijs en de historische day aheadprijs voor dat uur overeenkomen. Gegeven dat het model diverse bronnen van 'ruis' in de echte day aheadprijs niet kan modelleren is de fit bevredigend. De gestippelde lijn is de best gefitte rechte lijn door de punten, de R^2 -waarde geeft de verklaringskracht weer.

Statistieken gesimuleerde en historische stroomprijs

	2015		2016		2017		2020	2023
	NL model (€)	NL EPEX (€)	NL model (€)	NL EPEX (€)	NL model (€)	NL EPEX (€)	NL model (€)	NL model (€)
Base load	36,6	40,1	30,2	32,2	36,8	39,3	34,5	34,8
Peak	43,0	44,4	33,2	36,6	39,7	44,0	38,3	40,5
Off-peak	32,1	37,0	28,0	29,1	34,7	36,0	31,9	30,7
Std dev	13,2	10,8	9,0	11,3	9,4	12,8	14,0	27,1
Max.	115,3	99,8	78,6	135,0	85,8	151,1	109,4	229,9
Min.	- 12,8	1,7	- 2,8	2,8	6,9	1,7	- 53,1	- 111,7



Bron: PowerFlex modelsimulaties CE Delft

Colofon

Delft, CE Delft, augustus 2019

Deze publicatie is geschreven door: Maarten Afman, Thijs Scholten

Publicatienummer: 19.3i39.091

Opdrachtgever: NieuweStroom

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

© copyright, CE Delft, Delft



CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.