

Modelering en resultaten flexibele inzet van  
gemalen in PPSGen voor het project “Slim Malen”

*Symposium “Slim Malen”*

14 maart 2019



1. Inleiding en doelstelling
2. Model en Scenario's
3. Modelling flexibele inzet gemalen
4. Belangrijkste resultaten en conclusies

# Doelstelling en uitvoering onderzoek

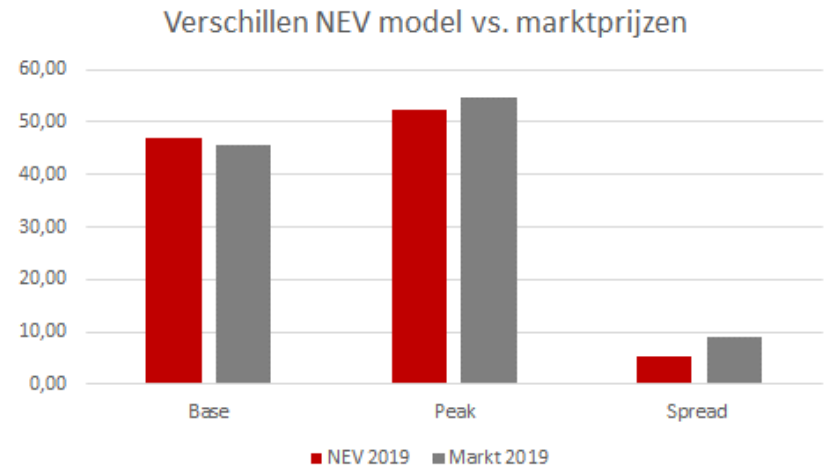
- Modeleren en waarderen van de gemalen van waterschappen als één gemaal
- Data voor totale pomp / reservoir capaciteit en elektriciteitsverbruik zijn afgeleid van de data van het NHI voor het onderzoek naar de huidige en toekomstige seizoensvariatie in de kwelbelasting en flexibel gemaalbeheer van waterschappen door Simon Buijs, MSc student Hydrologie aan de Vrije Universiteit van Amsterdam
- Per jaar zijn berekeningen voor kosten- en CO2 besparingen berekeningen gemaakt op basis van PPSGen output uit de volgende acht situaties:
  - NEV2017 scenario zonder andere flexibele assets met en zonder gemaalflex
  - NEV2017 scenario met andere flexibele assets met en zonder gemaalflex
  - Groen scenario zonder andere flexibele assets met en zonder gemaalflex
  - Groen scenario met andere flexibele assets met en zonder gemaalflex

Waterschap	% Bijdrage
Wetterskip Fryslân	9%
Vallei en Veluwe	2%
Rivierenland	6%
Hoogheemraadschap Amstel	5%
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	13%
Hoogheemraadschap van Rijnland	10%
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	3%
Hoogheemraadschap van Delfland	4%
Scheldestromen	5%
Brabantse Delta	3%
Hunze en Aa's	5%
Noorderzijlvest	2%
Zuiderzeeland	24%
Aa en Maas	1%
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	4%
Hollandse Delta	4%
Vechtstromen	1%
<b>Totaal in GWh</b>	<b>139,60</b>

1. Inleiding en doelstelling
2. Model en Scenario's
3. Modellering flexibele inzet gemalen
4. Belangrijkste resultaten en conclusies

# Model en scenario's – model (1)

- Het PPSGen model is een theoretische benadering van de elektriciteitsmarkt
- PSSGen genereert toekomstige uurprijzen die zijn afgeleid van de uurlijkse marginale kosten van prijszettende centrales
- PPSGen is primair relevant om de impact te bepalen van de fundamentele verandering in de balans tussen vraag en aanbod van elektriciteit
- Specifiekere veranderingen met een directe marktimpact, zoals de uitval van centrales, worden in het model op een willekeurige manier meegenomen
- Voor 2019 berekent het model een hogere basislast en lagere pieklast prijzen dan de markt. De gemiddelde spread tussen piek- en basislast prijzen is daardoor kleiner dan de kalenderjaar marktprijzen.



# Model en scenario's – scenario's (2)

- In de twee scenario's worden verschillende aannames gehanteerd. De aannames die worden gehanteerd in de scenario's zijn geen waarschijnlijkheden maar wel reële aannames voor mogelijke toekomstige energielandschappen

	NEV2017 (voorgenomen beleid)	Groen
Economie	Groei van 1,7% per jaar	0,3% extra groei t.o.v. NEV2017
Besparing elektriciteit	Besparingen op elektriciteit van rond 2% per jaar	idem
Elektriciteitsvraag	Beperkte groei: sterke groei vanuit transport en warmte en een tempering van de groei door energie besparingen en het gebruik van efficiëntere apparaten	Beperkte groei maar licht hoger dan NEV2017 vanwege hogere economische groei
Warmtevraag	Warmtevraag stabiel door besparingen en het gebruik van efficiëntere apparaten ondanks groeiende warmtevraag	Warmtevraag stabiel door besparingen en het gebruik van efficiëntere apparaten ondanks groeiende warmtevraag
Conventionele productie capaciteit	Groei van conventionele capaciteit klein en beperkt tot gas gestookte centrales en kolen capaciteit wordt vanaf 2020 omgebouwd naar kolen/bio centrales	Groei van conventionele capaciteit klein en beperkt tot gas gestookte centrales, kolen gestookte centrales uitgefaseerd en kolen/bio centrales worden volledige biomassa centrales naar 2030
Duurzame productie capaciteit	Sterke groei duurzame energiebronnen voornamelijk offshore wind en zon PV. Onshore wind groeit minder hard	Sterke groei duurzame energiebronnen voornamelijk offshore wind en zon PV. Onshore wind groeit minder hard
Brandstof- en CO2 prijzen	Gasprices stijgen sterk en CO2 en kolenprijzen beperkt richting 2030.	Gasprices stijgen sterker en vanaf 2020 wordt een minimumprijs van CO2 ingevoerd
Elektriciteitsprijzen	Elektriciteitsprijzen stijgen richting 2030 doordat goedkopere kolencentrales uit merit order verdwijnen en er veel geëxporteerd wordt	Elektriciteitsprijzen stijgen richting 2030 doordat goedkopere kolencentrales uit merit order verdwijnen en er veel geëxporteerd wordt

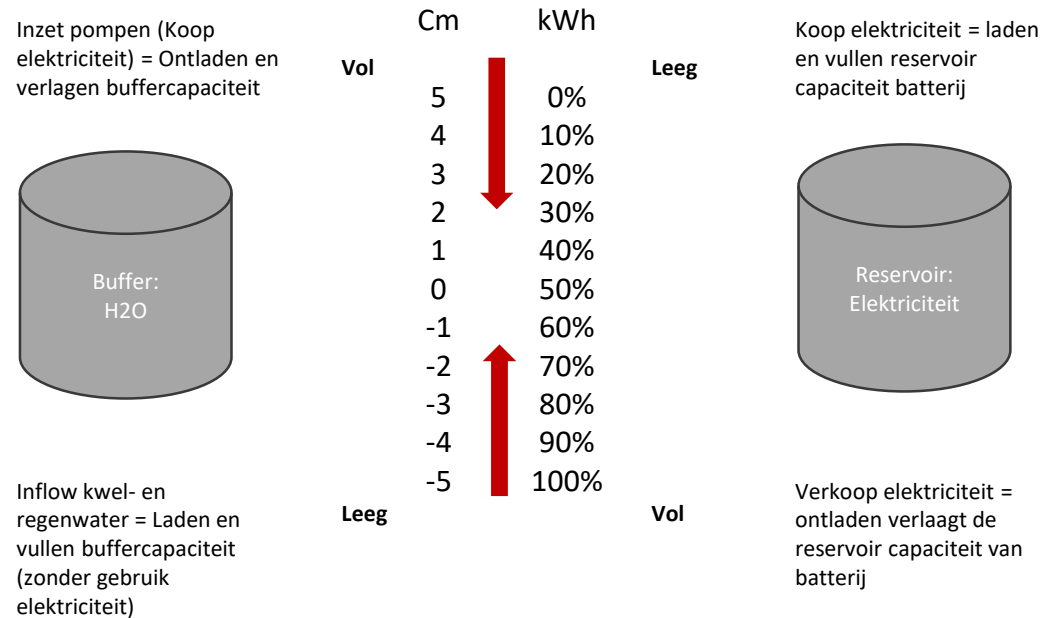
1. Inleiding en doelstelling
2. Model en Scenario's
3. Modelling flexibele inzet gemalen
4. Belangrijkste resultaten en conclusies

# Modellering flexibele inzet gemalen–Algemene aannames

## Algemene aannames

- De inzet van gemalen is vergelijkbaar met de inzet van een omgekeerde batterij
- De inflow (de uitvoer) van water (neerslag en kwel) in het grondwater is het equivalent van het ontladen van een batterij
- De inflow van water is een gegeven, verbruikt geen energie en wordt slechts gelimiteerd door het grondwaterreservoir (buffer)
- Het pompen is het equivalent van het laden van een batterij
- Het reservoir (de buffer) is gelijk aan de in- en uitslag niveaus rondom het grondwater-streefpeil
- De in en uitslag niveaus liggen op plus en minus 5 cm rond het grondwater-streefpeil
- Op minus 5 cm is de buffer vol en op plus 5 cm is de buffer leeg
- De efficiency van de gemaalbatterij is 100% en er zijn geen operationele inzetkosten aangenomen

## Grondwater buffer vs. Reservoir batterij

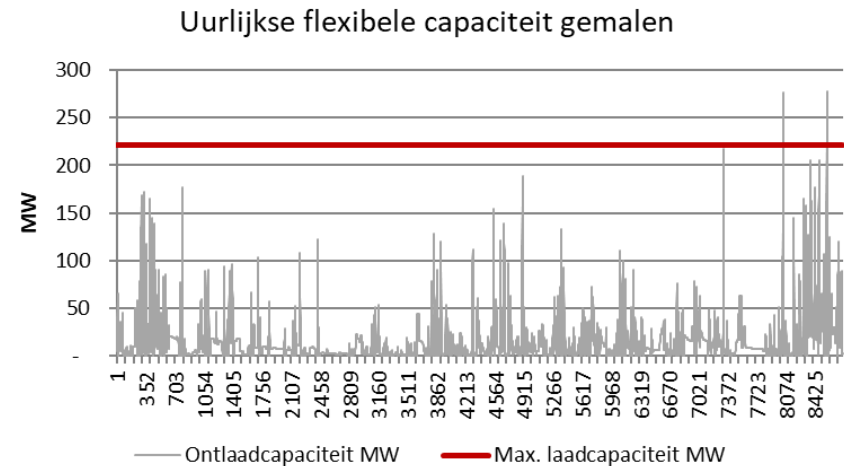




# Modellering flexibele inzet gemalen–Inzet capaciteit

## Flexibele capaciteit van gemalen

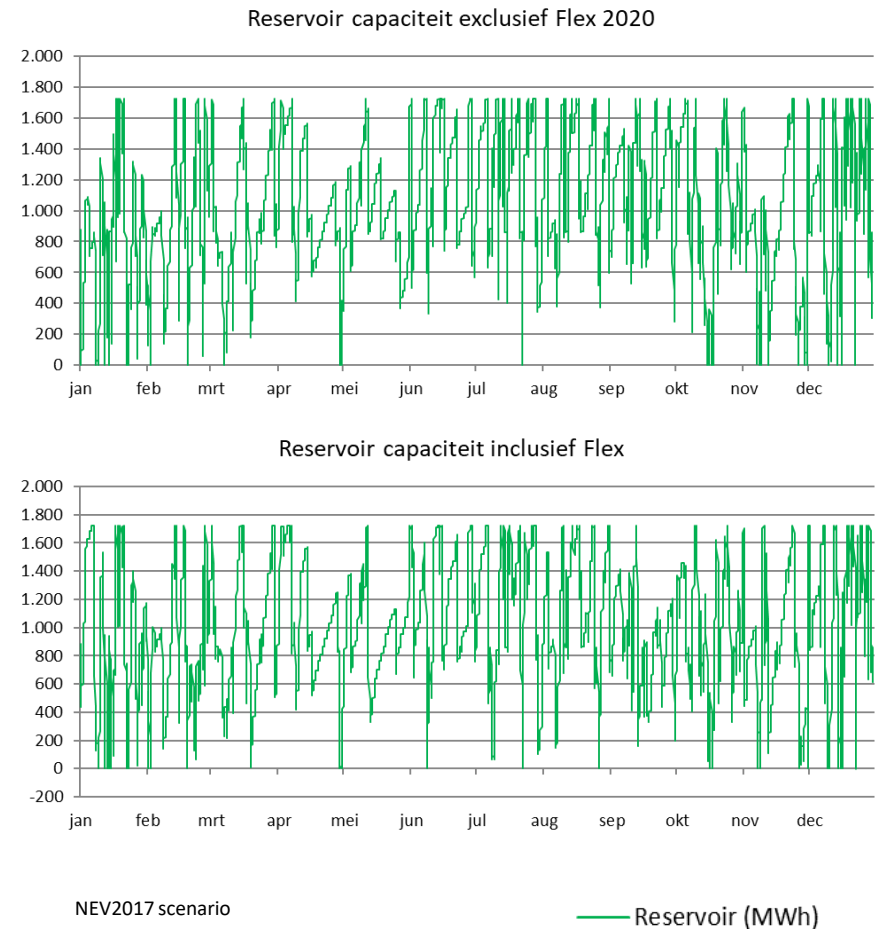
- De totale buffer en ontladcapaciteit is afgeleid van de NHI data
- Het startniveau van de buffer is gelijk aan het grondwater-streefpeelniveau (half vol)
- Totale beschikbare buffercapaciteit = 1724 MWh
- De buffercapaciteit is gelijk aan de beschikbare flexibele capaciteit die de optimalisatie van het wegpompen van dagelijkse inflow van water (ontladen) mogelijk maakt
- Totale maximale beschikbare ontlad (pomp) capaciteit per uur = 221 MW
- De toegestane maximale ontlad gradiënt (= opschakel capaciteit pomp) is gelimiteerd op 50 MW per uur
- Het totale beschikbare ontlad volume per uur (ontlad profiel) = de totale uurlijkse geïnterpoleerde en voor neerslag gecorrigeerde dagelijkse inflow van water (neerslag en kwel) van de 17 waterschappen die deel uitmaken van de analyse (= uurlijkse laadcapaciteit)
- Totale elektriciteitsconsumptie = MWh 139.602 ( Peak 43,68% / off peak 56,32%)



# Modellering flexibele inzet gemalen– Algoritme (2)

## Beschrijving werking van het algoritme voor de inzet van flexibele gemaalcapaciteit

- Aan de optimalisatie zijn de volgende randvoorwaarden gesteld:
  - Optimalisatiehorizon is een week
  - Buffercapaciteit tussen 0 en 1724 MWh. Start en Einde jaarcapaciteit = 862 MWh
  - Ontlaadcapaciteit (uitvoer water) tussen 0 en 221 MWh met uurlijkse gradiënt van max. 50 MW per uur
  - Ontlaadcapaciteit is gelijk aan laadprofiel
- De output is een geoptimaliseerd vraagprofiel, dat wil zeggen een profiel waarbij de waarde van de acties maximaal (=kosten is minimaal) is. Deze berekeningen worden voor iedere week in een jaar herhaald tot dat alle 8760 uren in een jaar zijn geoptimaliseerd.
- De PPSGen output voor 2020 laat zien dat het laadprofiel (inflow van water) worden gebufferd en maximaal wordt ontladen met beschikbare pompcapaciteit op de uren met lagere elektriciteitsprijzen
- Door de inzet van andere flexibele assets worden de prijzen beïnvloed hetgeen leidt tot een andere inzet van de beschikbare pompcapaciteit en de buffercapaciteit



1. Inleiding en doelstelling
2. Model en Scenario's
3. Modelling flexibele inzet gemalen
4. Belangrijkste resultaten en conclusies

# Belangrijkste resultaten en conclusies (1/3)

## Gemiddelde prijsniveau stijgt en prijsvolatiliteit neemt toe

- In beide scenario's nemen de gemiddelde prijzen richting 2030 toe door: **stijgende brandstof en CO2 prijzen, afnemende bijdrage van goedkopere productie door kolencentrale, en de toenemende exporten die er voor zorgen dat duurdere centrales worden ingezet om te produceren voor tekorten in de omliggende landen**
- Ook komen er richting 2030 steeds meer hogere en **lagere prijzen voor, door de invloed van de toenemende productie door vooral wind en zon PV en toenemende start/stop kosten**
- Effect van andere flexibele assets is dat het **aantal hogere en lagere prijzen kleiner als gevolg is van de inzet van die assets**
- Door grotere prijsverschillen worden de kostenbesparingen door de inzet van de gemaalflex groter worden maar de kostenbesparingen worden richting 2030 **steeds negatiever beïnvloedt door de inzet van die andere flex assets**

Gemiddelde prijzen				2020	2025	2030
NEV incl.	excl. flex	E-prijs	€/MWH	39,2	57,4	75,3
gemaal flex	incl. flex	E-prijs	€/MWH	39,5	56,7	77,1
GROEN incl.	excl. flex	E-prijs	€/MWH	44,9	69,3	92,8
gemaal flex	incl. flex	E-prijs	€/MWH	44,6	69,3	94,7

# Belangrijkste resultaten en conclusies (2/3)

---

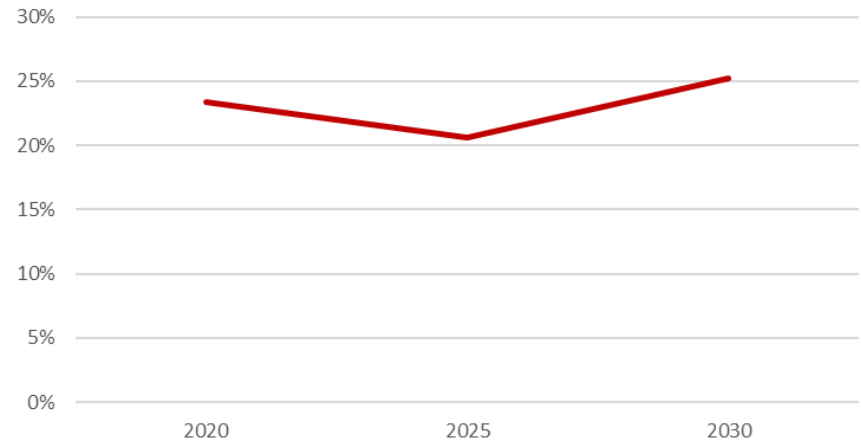
## Belangrijkste bevindingen

- Merit order effect inzet gemaal reservoir capaciteit:
  - Op sommige uren tot een betere benutting van het duurzaam vermogen en/of de inzet van efficiëntere conventionele centrales en op andere uren tot optimaler inzet conventionele base load centrales
  - Verschuiving in de merit order die een beperkt effect heeft op het gemiddelde prijsniveau omdat de inzet van de gemaalflexibiliteit op lage prijzen leidt tot een vraagverhoging die op andere uren weer tot hogere prijzen leidt.
- Effect andere flexibiliteit inzet gemaal reservoir capaciteit:
  - De prijsvolatiliteit wordt gereduceerd door de inzet van andere flexibele assets waardoor de waarde van gemaalflexibiliteit afneemt
- CO2 effect inzet gemaal reservoir capaciteit:
  - Gemaalflex sorteert een merit order effect met wisselende invloed op de CO2 emissies en het effect wordt in de tijd kleiner door een schonere bandstofmix waardoor in absolute zin minder CO2 kan worden bespaard.

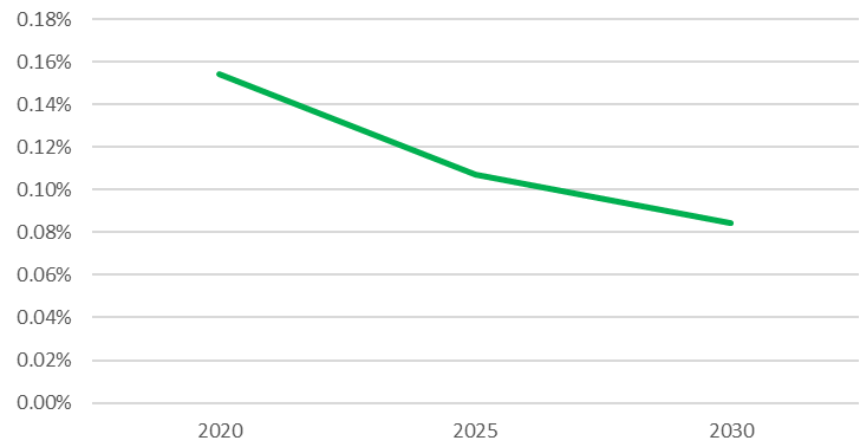
## De inzet van gemaalflexibiliteit leidt tot lagere kosten en CO2 reductie

- **Positief verband is tussen de voortschrijdende energietransitie en de CO2-reductie en financiële waarde van gemaalflexibiliteit maar dat verband is niet lineair en soms beperkt.**
- Afhankelijk van het gekozen scenario kunnen de financiële besparingen oplopen van € 1,3 – 1,9 mln. in 2020 naar € 2,5 – 5,0 mln. in 2030. De gemiddelde kostenbesparingen ten opzichte van de totale kosten liggen voor alle jaren rond de 23%
- Het onderzoek laat ook zien dat de financiële waarde van gemaalflexibiliteit afneemt als er meer en andere flexibele assets beschikbaar zijn.
- De inzet van gemaalflexibiliteit sorteert een merit order effect met een wisselende invloed per jaar op de CO2 emissies. De CO2 uitstoot vermindert met minder dan 0 tot 1 Mt per jaar. In de grafiek rechts is de reductie als percentage van totale uitstoot van Nederland weergegeven.

Gemiddelde kostenbesparing



Maximale CO2 emissiereductie





- MAARTEN MEIJBURG
  - mobile: +31 643053281
  - maarten.meijburg@eriskgroup.com
  
- RUUT SCHALIJ
  - mobile: +31 620437109
  - ruut.schalij@eriskgroup.com
  
- Website
  - [www.eriskgroup.com](http://www.eriskgroup.com)