

WiCE 2025.009 | December 2025



Flexibiliteit in Water

Vraagsturing in de drinkwatersector

Eindrapportage

Dit document kan het beste in "volledig scherm modus" gelezen worden.

Daniël Bakker

Dirk Vries

Lotte Vijverberg

KWR

Bridging Science to Practice

wice by KWR

Water in the Circular Economy

Samenvatting

Over *Flexibiliteit in Water* – kader

De watersector ondervindt steeds vaker problemen door transportschaarste en onbalans op het elektriciteitsnet. Vooral een tekort aan transportcapaciteit kan de uitvoering van kerntaken belemmeren. Omdat deze tekorten meestal tijdelijk zijn, biedt dit kansen: door energie-intensieve processen slim te sturen kan het verbruik worden afgestemd op de beschikbare capaciteit. Dit principe noemen we elektriciteitsvraagsturing. Het project *Flexibiliteit in Water* onderzoekt hoe drinkwaterbedrijven hun infrastructuur flexibel kunnen inzetten om stappen te zetten richting een toekomstbestendig energiesysteem.

Doelstelling

De drie hoofddoelen van het project zijn:

1. **Ontwikkeling van een methodiek** om flexibiliteit in drinkwaterassets te identificeren en te kwantificeren.
2. **Selectie van kansrijke locaties** voor toepassing van elektriciteitsvraagsturing, inclusief inschatting van potentie en risico's.
3. **Kennisuitwisseling** met stakeholders in de water- en energiesector via o.a. een symposium en bijeenkomsten van de klankbordgroep van het project.

Resultaten

De methodiek omvat een vijfstappenplan: analyse van aansluiting en gebruiksprofielen, onderzoek naar flexibiliteit van installaties, vaststellen van doelen en randvoorwaarden, samenwerking met ketenpartners, en integratie van flexibiliteit in ontwerp en beheer. Binnen dit project hebben we deze stappen verder uitgewerkt (en toegepast) op het niveau van een potentiëstudie.

De methodiek is toegepast op twee casussen: het hogedrukpompstation Brakel bij Dunea en de UV/H₂O₂-zuiveringsstap bij PWN. Afhankelijk van het gekozen doel laten de beide casussen zien dat er potentie is om de elektriciteitskosten en de CO₂-uitstoot te verlagen, onder andere door meer gebruik van zelf opgewekte of elders opgewekte hernieuwbare elektriciteit. Daarmee dragen ze mogelijk ook direct of indirect bij aan het verminderen van transportschaarste. De resultaten nodigen uit tot een verdiepende analyse om de haalbaarheid te bepalen.

Het symposium *Flexibiliteit in de Watersector* bevestigde de urgentie van het onderwerp en leidde tot meer begrip tussen de verschillende sectoren. De verbinding met de waterschappen werd daarin ook expliciet gezocht, om kennis te delen en ambities af te stemmen.

Maatschappelijke impact

Electriciteitsvraagsturing biedt drinkwaterbedrijven de mogelijkheid om:

- **Capaciteitsknelpunten op te lossen** zonder directe uitbreiding van aansluitingen.
- **Bij te dragen aan oplossingen voor transportschaarste**, door het vermogen gedurende specifieke tijdblokken te verkleinen.
- **Duurzamer te opereren** door eigen opwek beter te benutten en CO₂-uitstoot te reduceren.
- **Kosten te besparen** door slim gebruik van eigen energiebronnen, inkoop van elektriciteit op verschillende elektriciteitsmarkten, en beperken of zelfs verhandelen van de eigen aansluitcapaciteit.

De sector staat aan het begin van een leerproces waarin het opdoen van praktijkervaring, samenwerking en maatwerk centraal staan. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn o.a. het uitvoeren van haalbaarheidsanalyses, verkenning van batterij- en NSA-inzet, en het ontwikkelen van passende energiecontractvormen voor drinkwaterbedrijven.



Inhoudsopgave

1. Introductie

Deel I – Kader en methodiek vaststellen

2. Noodzaak voor vraagsturing
 3. Motivatie voor vraagsturing
 4. Methodiek vraagsturing
-

Deel II – Casestudies

5. Hoge druk pompstation - Dunea
6. H₂O₂/UV desinfectie – PWN
7. Grondwaterproductielocaties – Vitens

Deel III – Kennisuitwisseling

8. Symposium Flexibiliteit in de Watersector
-

Deel IV – Afsluiting

9. Conclusies, aanbevelingen en vervolgonderzoek
 10. Bronnen
- Colofon

N.B. op elke pagina kan naar de inhoudsopgave genavigeerd worden door op de blauwe button te klikken: [Link naar overzicht](#)

1. Introductie

Over *Flexibiliteit in Water* - kader

De overgang van fossiele naar duurzame energiebronnen, zoals zon en wind, maakt het Nederlandse energiesysteem steeds afhankelijker van weersomstandigheden. Tegelijkertijd stijgt de elektriciteitsvraag door elektrificatie van onder andere industrie, mobiliteit en gebouwen. Deze combinatie legt steeds meer druk op het elektriciteitsnet. Enerzijds zorgt de weersafhankelijkheid van duurzame elektriciteitsopwekking ervoor dat er steeds meer **onbalans** optreedt tussen opwekking en gebruik van elektriciteit [0]. Anderzijds kunnen pieken in de elektriciteitsvraag of overschotten aan duurzame opwekking leiden tot een overbelasting van de fysieke onderdelen van het elektriciteitsnet: **netcongestie** [1]. Meer in detail hierover in [paragraaf 2.1](#).

Drinkwaterbedrijven krijgen steeds vaker te maken met de gevolgen van netcongestie en onbalans. Vooral netcongestie krijgt daarbij volop aandacht, omdat dit in de weg kan staan van het uitvoeren van de kerntaken. Het is niet langer vanzelfsprekend dat drinkwaterbedrijven te allen tijde kunnen beschikken over de benodigde transportcapaciteit om aan de bedrijfsnormen voor productie en levering, of zelfs de minimale eisen van de drinkwaterwet te voldoen. Dit komt mede door nieuwe uitdagingen zoals lagere grondwaterstanden, verzilting en vervuiling, waardoor de zuiveringsinspanning en daarmee het elektriciteitsgebruik toenemen [2].

Belangrijk is dat netcongestie zich (op de netten van de regionale netbeheerders) niet op willekeurige momenten aandient, maar vooral op specifieke, voorspelbare momenten van piekvraag of piekaanbod. Dit biedt ruimte voor oplossingen: door het anders aansturen van energie-intensieve processen kan het elektriciteitsgebruik worden afgestemd op de beschikbare capaciteit [3].

Dit principe van slim sturen van de energievraag noemen wij **electriciteitsvraagsturing**. In dit WiCE-project *Flexibiliteit in Water* is onderzocht hoe drinkwaterbedrijven hun infrastructuur flexibel kunnen inzetten.

Doelstelling

Het project *Flexibiliteit in Water* heeft drie hoofddoelen:

1. **Ontwikkelen van een kader en methodiek** voor het identificeren en kwantificeren van flexibiliteit in assets binnen de drinkwatersector.
2. **Selecteren van kansrijke locaties** voor toepassing van vraagsturing, inclusief een eerste inschatting van potentie en risico's.
3. **Uitwisselen van kennis en inzichten** met relevante stakeholders in de water- en energiesector om implementatie en samenwerking te stimuleren.

Leeswijzer

Deze eindrapportage beschrijft de opbrengsten van het project, uitgevoerd van mei 2024 tot en met november 2025. De resultaten zijn geordend volgens de drie hoofddoelen:

- **Deel I:** ontwikkeling van methodiek en kader voor vraagsturing van drinkwaterassets.
- **Deel II:** beschrijving van kansrijke locaties aan de hand van uitgewerkte casussen.
- **Deel III:** kennisoverdracht aan de hand van een symposium.
- **Deel IV:** conclusies, aanbevelingen, suggesties voor vervolgonderzoek en een overzicht van gebruikte bronnen.

Verwijzingen naar literatuur zijn in het document weergegeven als een getal tussen blokhaken, bijvoorbeeld “[9]”.

A decorative graphic consisting of a network of interconnected nodes and lines, rendered in shades of blue and cyan, set against a dark blue background. The nodes are represented by small circles, and the lines are thin, connecting the nodes in a complex, web-like structure.

Deel I - Kader en methodiek vaststellen

2. Noodzaak voor vraagsturing

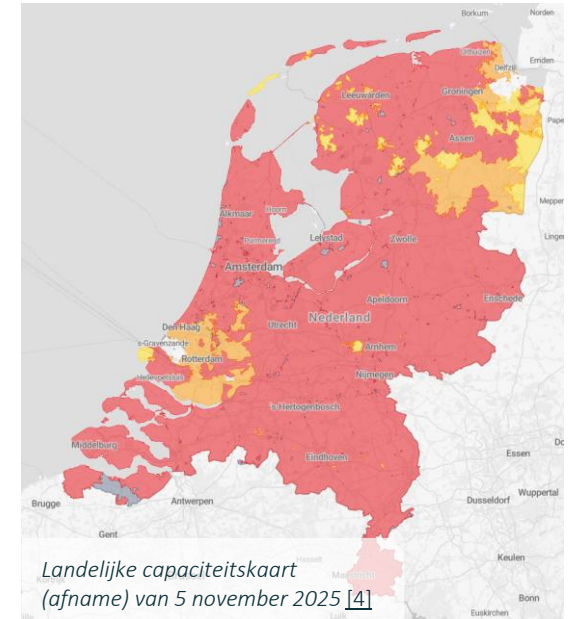
2.1 Netcongestie, transportschaarste en netbalans

De energietransitie verandert ons elektriciteitssysteem in hoog tempo, door verregaande elektrificatie en toename van duurzaam opgewekte elektriciteit uit zon en wind (zie [hoofdstuk 1](#)). **Netcongestie** ontstaat wanneer het elektriciteitsnet op enig moment onvoldoende capaciteit heeft om al het opgewekte of gevraagde vermogen te transporteren, waardoor de fysieke componenten van het elektriciteitsnet overbelast raken. Op veel plekken zien de netbeheerders in hun voorspellingen dat netcongestie in de komende jaren steeds vaker zal optreden wanneer er geen actie wordt ondernomen. Om die reden wordt er geen aanvullende transportcapaciteit meer beschikbaar gesteld aan grootverbruikers in grote delen van Nederland. Dit leidt tot **transportschaarste**. In veel regio's van Nederland heerst transportschaarste in de komende jaren. De afnamecongestiekaart van Netbeheer Nederland [\[4\]](#) laat zien dat deze problematiek bijna over heel Nederland verspreid is.

Netcongestie en transportschaarste worden als begrippen vaak door elkaar gebruikt. Belangrijk is echter om te onthouden dat netcongestie een instantane, fysieke overbelasting is, en dat transportschaarste een voortdurend probleem is ten gevolge daarvan.

Daarnaast speelt **netbalans** een belangrijke rol. Het elektriciteitssysteem moet continu in evenwicht blijven: productie en gebruik moeten op elk moment gelijk zijn. Omdat elektriciteit nog nauwelijks op grote schaal kan worden opgeslagen, zorgt de groei van weersafhankelijke bronnen zoals zon en wind voor extra uitdagingen. Op momenten met veel zon of wind ontstaat er een overschot aan stroom, terwijl er bij windstilte of bewolking juist een tekort optreedt [\[1\]](#).

Elektriciteitsvraagsturing kan een belangrijke bijdrage leveren aan het aanpakken van zowel netcongestie als onbalans. Door flexibeler om te gaan met elektriciteitsgebruik – bijvoorbeeld door het tijdelijk verminderen of verschuiven van de vraag – kan de beschikbare netcapaciteit efficiënter worden benut. Tegelijkertijd maakt flexibel elektriciteitsgebruik het mogelijk om beter aan te sluiten op momenten waarop duurzame energie in overvloed aanwezig is. Zo draagt flexibiliteit bij aan een stabielere, efficiëntere en toekomstbestendig energiesysteem [\[3\]](#).



- Transportcapaciteit beschikbaar zonder wachtrij
- Transportcapaciteit beperkt beschikbaar zonder wachtrij
- Gebied is in onderzoek met wachtrij
- Tekort aan transportcapaciteit met wachtrij
- Kleur wordt later toegevoegd

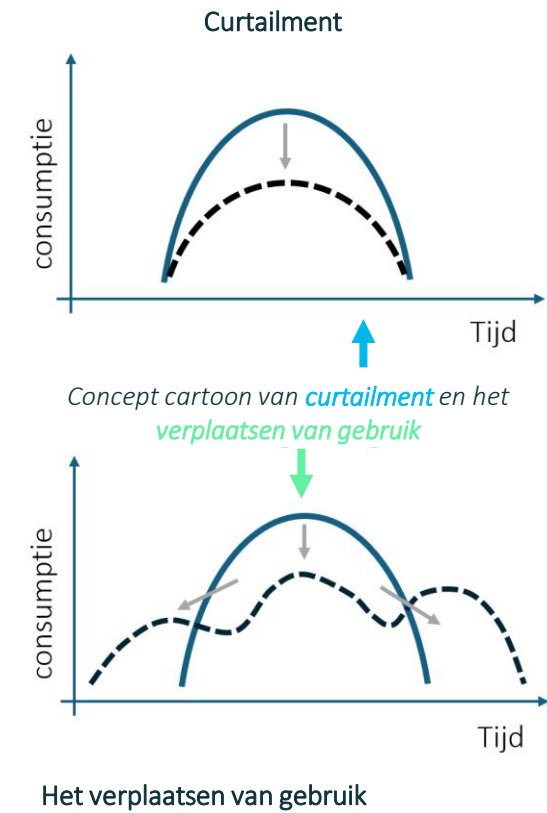
2. Noodzaak voor vraagsturing

2.2 Oplossingen gerelateerd aan flex

Er zijn grofweg drie manieren om flexibiliteit in het energiesysteem toe te passen: **vraagsturing**, **curtailment** en **energieopslag**:

1. Bij vraagsturing wordt het elektriciteitsgebruik tijdelijk aangepast aan de beschikbare netcapaciteit of de hoeveelheid duurzame opwek. Dit betekent dat apparaten, installaties of processen meer stroom gebruiken wanneer er ruimte of goedkope, duurzame energie beschikbaar is, en juist minder verbruiken op piekmomenten in afname.
2. Curtailment houdt in dat producenten, zoals zonneparken of windturbines, tijdelijk minder elektriciteit opwekken om overbelasting van het net te voorkomen. Hoewel dit leidt tot een lagere hernieuwbare productie, helpt het om spanningsproblemen te vermijden.
3. Energieopslag maakt het mogelijk om elektriciteit op te slaan in batterijen of bijvoorbeeld in de vorm van waterstof, zodat deze later kan worden gebruikt wanneer vraag en aanbod niet overeenkomen. Het gebruik maken van buffercapaciteit in bijvoorbeeld reservoirs of reinwaterkelders kan voor drinkwaterbedrijven ook een vorm van energieopslag zijn.

Van deze drie wordt vraagsturing vaak gezien als de meest directe en kostenefficiënte optie. Het grote voordeel is dat het vaak zonder grote investeringen in infrastructuur kan worden toegepast en zo bijdraagt aan het beter benutten van het elektriciteitsnet en lagere energiekosten. Tegelijk vraagt het om slimme sturing, betrouwbare data en bereidheid van gebruikers om hun processen aan te passen, wat de praktische uitvoering soms uitdagend maakt [3]. Dit project richt zich verder vooral op vraagsturing als manier voor het inbouwen van flexibiliteit, al dan niet in combinatie met energieopslag zoals buffercapaciteit.



2. Noodzaak voor vraagsturing

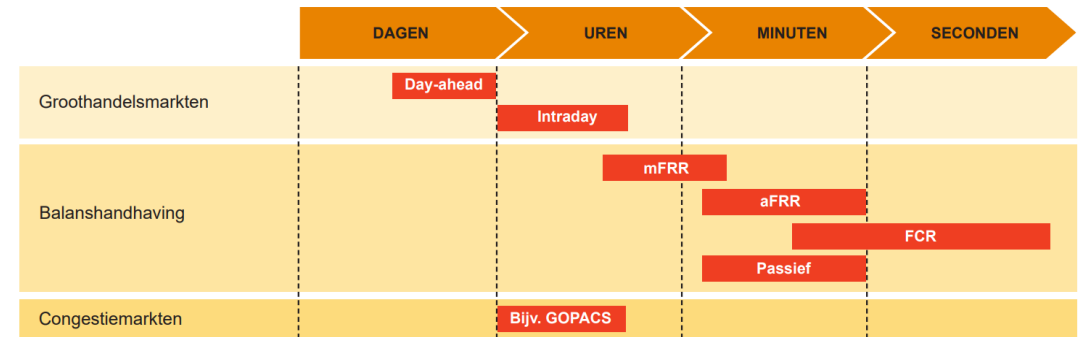
2.3 Elektriciteitsmarkten en –contracten voor flex

Flexibiliteit kan op verschillende energiemarkten worden ingezet, afhankelijk van de tijdshorizon en het doel van de maatregel. Op de groothandelsmarkten wordt elektriciteit verhandeld op dag- of uurbasis. De Day-Ahead-markt richt zich op de energieplanning voor de volgende dag, terwijl de Intraday-markt handel binnen dezelfde dag mogelijk maakt om onverwachte veranderingen in productie of gebruik op te vangen.

Daarnaast bestaan markten voor balanshandhaving, die opereren op veel kortere tijdschalen — van minuten tot seconden. Hierin worden diensten als mFRR, aFRR en FCR actief door TenneT ingezet om afwijkingen tussen vraag en aanbod direct te corrigeren. Ook is er de passieve onbalansmarkt, waarin partijen worden beloofd of beboet op basis van hun feitelijke onbalans. In plaats van actief capaciteit aan te bieden aan TenneT, dragen deelnemers hier indirect bij aan het systeem doordat hun afwijkingen helpen het net in balans te houden [6].

Tot slot zijn er de congestiemarkten, zoals het Nederlandse GOPACS-platform [5], waar flexibiliteit regionaal wordt ingezet om overschrijdingen van de beschikbare netcapaciteit te voorkomen.

Het alternatief voor deelname aan deze flexibiliteitsmarkten is om elektriciteit ver vooruit voor een vaste prijs in te kopen. Dat verkleint weliswaar het risico op prijsschommelingen, maar beperkt de mogelijkheid om optimaal gebruik te maken van duurzame, weersafhankelijke energie.



Indicatieve tijdschaal voor het plannen of afroepen van energie/vermogen op verschillende markten

Overzicht van de verschillende elektriciteitsmarkten waar flexibel op gehandeld kan worden [6].

Naast marktgebaseerde oplossingen ontstaan ook contractuele instrumenten die flexibiliteit stimuleren, zoals CapaciteitsBeperkende Contracten (CBC’s). Deze contracten verplichten eindgebruikers tot vermogensreductie in specifieke tijdvakken en hebben doorgaans een looptijd tot het einde van de congestieproblematiek (vaak tot 2030 of langer). Ze bevatten op het moment van schrijven van dit rapport bovendien zware aansprakelijkheidsclausules als er niet aan de voorwaarden wordt voldaan [7].

Het kiezen van de juiste markt of contractvorm hangt af van de aard van de flexibiliteit, de reactietijd van de technologie en de verhouding tussen risico en opbrengst. Iedere markt kent eigen kenmerken, kansen en uitdagingen op het gebied van tijdschaal, prijsvorming en mate van zekerheid. Samen vormen deze markten en contractvormen een groeiend ecosysteem waarin flexibiliteit vanuit verschillende invalshoeken kan worden benut en waarin deze niet alleen technisch, maar ook economisch waardevol kan zijn.

3. Motivatie voor vraagsturing

3.1 Huidige problematiek elektriciteitsbeheer

Om inzicht te krijgen in de uitdagingen rond netcongestie en energiemanagement hebben we een **vragenlijst** uitgezet onder de **klankbordgroep** van het project. De klankbordgroep bestaat uit vertegenwoordigers van drinkwaterbedrijven, waterschappen, netbeheerders en andere stakeholders; zie [paragraaf 8.2](#) voor details. De resultaten geven een beeld van ervaren knelpunten, handelingsperspectieven en de rol die vraagsturing daarin kan spelen.

De **elf respondenten** op de vragenlijst ervaren in toenemende mate uitdagingen rondom netcongestie en energiebeheer.



3. Motivatie voor vraagsturing

3.2 Motivatierichtingen

De respondenten benoemen diverse handelingsperspectieven om met netcongestie en energie-uitdagingen om te gaan:

- **Het gesprek aangaan met de netbeheerder:** Samenwerking en afstemming over aansluitcapaciteit en flexibiliteit.
- **Systeemkennis vergroten:** Begrip van energiestromen, piekbelasting en technische mogelijkheden.
- **Energiereductie:** Efficiëntieverbetering en gedragsverandering om de vraag te verlagen.
- **Opwek & opslag achter de meter:** Lokale oplossingen zoals zonnepanelen en batterijen.
- **Vraagsturing:** Flexibilisering van de energievraag op basis van beschikbaarheid en/of prijs.

Bij doorvragen over **vraagsturing** blijkt dat dit niet alleen wordt gezien als een technische oplossing voor capaciteitsknelpunten, maar ook als een manier om invulling te geven aan **maatschappelijke verantwoordelijkheid, duurzaamheid** en **kostenbesparing**.



Oplossen van capaciteitsknelpunten

Drinkwaterbedrijven willen nu maar vooral ook in de toekomst kunnen blijven voldoen aan de toenemende drinkwatervraag en de borging van drinkwaterkwaliteit. Hiervoor zullen ze met de huidige sturing een groter contractvermogen nodig hebben bij bestaande productielocaties, wat in het huidige elektriciteitssysteem niet zomaar mogelijk is. Vraagsturing kan helpen om binnen de bestaande aansluitcapaciteit efficiënter te opereren, waardoor uitbreiding van het contractvermogen mogelijk kan worden uitgesteld of zelfs vermeden.



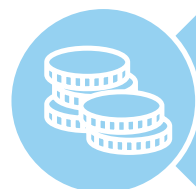
Bijdragen aan een maatschappelijk probleem (netcongestie)

Drinkwaterbedrijven voelen zich verantwoordelijk om bij te dragen aan de oplossing voor de netcongestieproblematiek. Ze willen niet alleen hun eigen elektriciteitsgebruik verduurzamen, maar ook bijdragen aan een stabiel en robuuster energiesysteem voor de samenleving. In *hoofdstuk 3* wordt verder toegelicht hoe netcongestie zich momenteel in Nederland uit en op welke manier drinkwaterbedrijven via vraagsturing de netcongestie kunnen verzachten.



Duurzaamheid

Drinkwaterbedrijven zetten zich in voor een steeds duurzamere productie van drinkwater. Door opwek en gebruik beter op elkaar af te stemmen via vraagsturing, kunnen zij meer van hun eigen duurzaam opgewekte stroom intern benutten. Wanneer grijze stroom van het net wordt vervangen door deze eigen groene stroom, stijgt het aandeel duurzame elektriciteit in het productieproces. In situaties waarin eerder ingekochte groene stroom wordt vervangen door zelf opgewekte groene stroom, komt die ingekochte stroom vrij voor andere partijen op het net.



Kosten

In het huidige energiesysteem wordt het terugleveren van eigen opgewekte duurzame elektriciteit minder rendabel. Op de momenten van teruglevering (vooral van zon-pv), is het net vaak al uit balans wat leidt tot lage of zelfs negatieve terugleververgoedingen. Vraagsturing maakt het mogelijk om meer van de eigen opgewekte stroom zelf te gebruiken of in te spelen op gunstige marktprijzen, wat kosten kan verlagen.

4. Methodiek vraagsturing

4.1 Overzicht stappenplan (1/2)

Dit stappenplan biedt een overzicht van de belangrijkste stappen om flexibiliteit en efficiëntie in de energiehuishouding van een zuiveringslocatie te realiseren. Het bestaat uit **vijf kernstappen** en is mede ontwikkeld op basis van input uit de klankbordgroep.



Buiten projectscope Flexibiliteit in Water

Naast vraagsturing zijn er ook andere handelingsperspectieven om de uitdagingen van netcongestie en onbalans aan te pakken, zoals (i) het verminderen van het totale elektriciteitsgebruik, (ii) het lokaal opwekken van duurzame elektriciteit, (iii) het toevoegen van bijv. batterijen voor opslag, (iv) het samenwerken met anderen in een energiehub, (v) of het aangaan van overleg met de netbeheerder om een grotere aansluiting te realiseren.

4. Methodiek vraagsturing

4.1 Overzicht stappenplan (2/2)

De vijf kernstappen (*zie vorige slide*) worden in de praktijk niet strikt lineair doorlopen. Het proces verloopt eerder iteratief, met verschillende rondes waarin het detailniveau toeneemt. Daarbij onderscheiden we drie typen studies, elk met een eigen doel en detailniveau:

- **Potentiestudie**: Geeft een globaal beeld van het flexibiliteitspotentieel.
- **Haalbaarheidsstudie**: Toetst of flexibiliteit praktisch uitvoerbaar is binnen technische, operationele en organisatorische randvoorwaarden.
- **Implementatiestudie**: Richt zich op de concrete integratie van flexibiliteit in ontwerp en beheer.

Het onderstaande figuur laat zien hoe de kernstappen per type studie kunnen worden doorlopen. In de praktijk zullen sommige stappen iteratief of parallel worden uitgevoerd.

In dit project heeft de nadruk gelegen op het formuleren van handvaten voor de **potentiestudie**. We maken een verdiepingsslag op drie aspecten die relevant zijn voor specifieke stappen van deze studie (voor stap 1 wordt geen aanvullende informatie gegeven):

- Paragraaf 4.2: Selectie van drinkwaterassets die flexibiliteit kunnen bieden (**Stap 2**).
- Paragraaf 4.3: Kwantificeren van kosten en baten op het detailniveau van een potentiestudie (**Stap 3**).
- Paragraaf 4.4: Aanpak voor een samenwerking met ketenpartners met behulp van een stakeholderanalyse (**Stap 4**).



4. Methodiek vraagsturing

4.2 Selectie van drinkwaterassets voor elektriciteitsvraagsturing

Deze paragraaf bouwt voort op het stappenplan uit [paragraaf 4.1](#) en richt zich op **stap 2: Onderzoek flexibiliteit van de installaties**. We gaan hierbij dieper in op het selectieproces van drinkwaterassets die (on)geschikt zijn voor elektriciteitsvraagsturing.

In [paragraaf 2.2](#) is beschreven dat elektriciteitsvraagsturing een van de **handelsperspectieven** is voor drinkwaterbedrijven om bijv. piekafvlakking in elektriciteitsgebruik te bewerkstelligen, (hoge) elektriciteitskosten te vermijden, en/of duurzame opwek beter te benutten. Deze alternatieve aansturing moet echter wel mogelijk zijn binnen het primaire productieproces (drinkwaterbereiding en –levering) of secundaire proces (zoals spoelen van filters, of reststroombehandeling). De aanpassing van de operationele bedrijfsvoering die hiervoor benodigd is, vergt een zekere flexibiliteit in aansturing door zowel mens als machine (besturing). We introduceren een definitie voor flexibiliteit voor de drinkwatersector [[lichtbruine kader](#)] en kaderen af welke assets we op flexibiliteit onderzoeken [[blauwe kaders](#)].

Flexibiliteit voor drinkwatersector

- **Elektrisch vermogen** dat in het *primaire productieproces* kan worden verschoven in tijd, duur en/of frequentie, zodat met bestaande assets dezelfde drinkwaterproductie op jaarbasis kan worden gerealiseerd en piekafvlakking wordt bewerkstelligd.
- **Elektrisch vermogen** dat in *secundaire processen* op energetisch en/of economisch gunstige momenten kan worden ingezet.

Uitgangspunten

- Bij inname en distributie wordt ervanuit gegaan dat door de inzet van **pompen** vanuit of naar **reservoirs** *flexibele aansturing* kan worden ingezet, indien de reservoirs voldoende capaciteit hebben en er aan ecologische en/of juridische randvoorwaarden kan worden voldaan. De **focus** is in dit deel van de rapportage daarom **op de zuivering**, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de hoofdzuivering van grondwater en oppervlaktewater, als ook eventuele nabehandelingsstappen.
- Voor deze analyse wordt ervan uitgegaan dat de toepassing van vraagsturing de drinkwaterkwaliteit *niet of nauwelijks wijzigt*, en dat er geen juridische of organisatorische belemmeringen zijn.
- De zuivering wordt per **zuiveringsprocesstap** *kwitatief* op **flexibiliteit** geëvalueerd.

Onderzoeksvragen

- In hoeverre kan door vraagsturing de productiecapaciteit anders worden ingezet?
- In hoeverre dragen secundaire processen (zoals spoelen van filters, of nabehandeling) bij aan flexibiliteit?
- Welke innovatieve mogelijkheden zijn er voor vraagsturing?

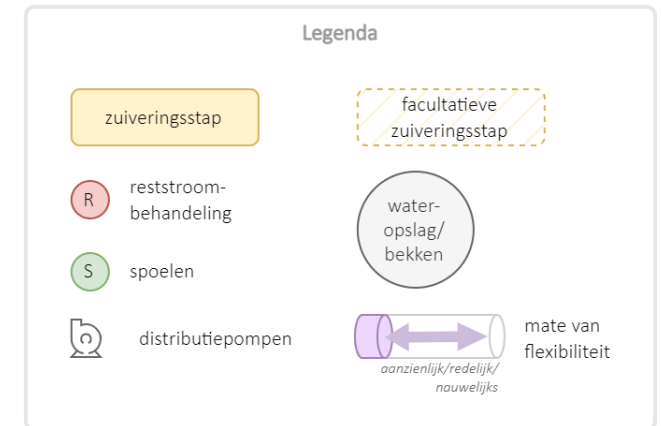
4.2 Selectie van drinkwaterassets voor vraagsturing (1/6)

4.2.1 Toelichting en inventarisatie

Op de volgende slides wordt schematisch weergegeven hoe flexibiliteit bij **grondwaterzuiveringen** én bij **alle** type zuiveringen kan worden ingezet. Daarna volgt een slide waarin per processtap de mate van flexibiliteit kwalitatief is beoordeeld. Een lijst van afkortingen voor de geanalyseerde processtappen is hieronder getoond, en een legenda behorende bij de figuren in de volgende slides. Omwille van leesbaarheid is de flexibiliteit per type zuiveringsstap weggelaten en wordt deze in een aparte slide (4.2.2) weergegeven.

Bij een aantal routes wordt de mate van flexibiliteit weergegeven middels een paars gekleurde pijl in de voorraadcilinder met een gekleurde inhoud, zie ook de legenda. De interpretatie ervan is als volgt:

- een cilinder met **weinig volume** ('paarse vloeistof') heeft een **aanzienlijke flexibiliteit**;
- een cilinder met **veel volume** heeft **nauwelijks flexibiliteit**.



| Label | Beschrijving |
|-------|--|
| ZF | Zandfiltratie. Onderscheid wordt gemaakt tussen snelle zandfiltratie (contacttijden gemiddeld tussen 10 en 20 minuten) of langzame zandfiltratie (contacttijd enkele uren) |
| RO | Omgekeerde osmose ('reverse osmosis'), een membraanproces met zeer lage doorlaatbaarheid van stoffen en mineralen. |
| AKF | Actiefkoolfiltratie. Filtratie van stoffen met behulp van actieve koolkorrels, of poederkool. |

| Label | Beschrijving |
|----------------|---|
| NF; UF; MF | Nanofiltratie; Ultrafiltratie; Microfiltratie. Alle drie membraanprocessen met verschillende doorlaatbaarheid, afhankelijk van de poriëgrootte. |
| AOP | Geavanceerd oxidatieproces, zoals ozonatie of gecombineerd UV met waterstofperoxide zodat stoffen chemisch worden afgebroken. |
| UV desinfectie | Afbraak van microben en virussen door ultraviolet licht. |

4.2 Selectie van drinkwaterassets voor vraagsturing (2/6)

4.2.1 Toelichting en inventarisatie – grondwaterzuiveringen

Bij een grondwaterzuivering wordt grondwater opgepompt uit grondwaterwinningen. Daarna wordt het water belucht wanneer het zuurstofarm (anaeroob) is en/of een hoog methaangehalte bevat. Daarna worden metalen en stikstofrijke verbindingen verwijderd door snelle ZF. Snelle ZF is een processtap dat onderhoud van de filters nodig heeft. Dit onderhoud wordt gerealiseerd door regelmatig de filters te spoelen. Processen die gespoeld moeten worden, zijn aangeduid met: **S**

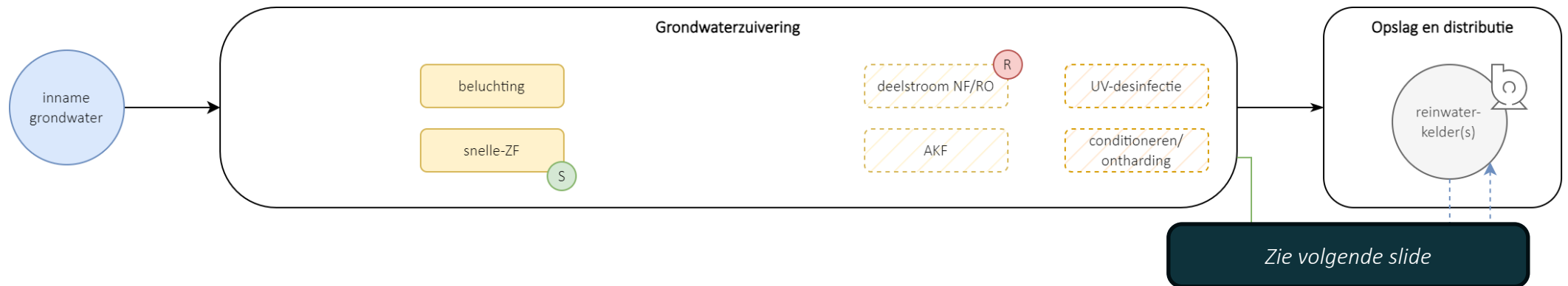
Afhankelijk van de kwaliteit van het grondwater, zijn additionele (facultatieve) processtappen in het drinkwaterproductieproces nodig. Deze nabehandelingsstappen zijn gericht op:

- het verwijderen van **microverontreinigingen**, door toepassing van AOP, AKF en/of (deelstroom) NF/RO;
- het verwijderen van **microben en virussen** door UV-desinfectie, en

- het opharden (**remineraliseren**) van water na toepassing van deelstroom RO, of het **ontharden** van water (verwijderen van kalk, d.w.z. calciumcarbonaat).

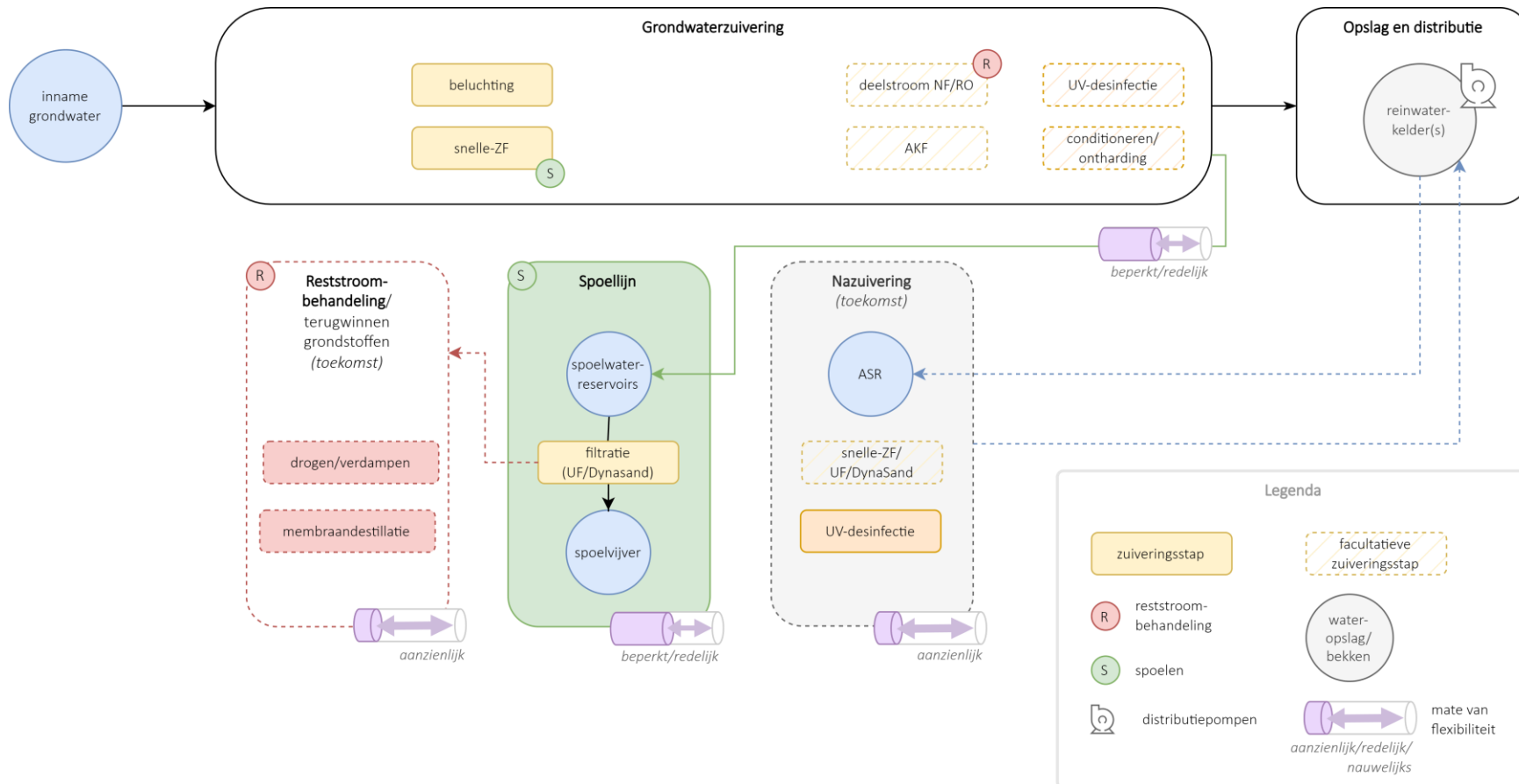
Bij sommige processtappen is er sprake van een reststroom (met terugwinbare grondstoffen zoals ijzer, mangaan) die verder kan worden behandeld (aangeduid met: **R**), of vervuiling van de filters.

Nadat het water gezuiverd is wordt het opgeslagen in reinwaterkelders. Vanuit de reinwaterkelders wordt het water gedistribueerd naar klanten. Een andere opslagmogelijkheid die met name interessant is voor oppervlaktewaterzuiveringen is om grote hoeveelheden drinkwater op te slaan in de bodem door middel van aquifers (ASR: aquifer storage & recharge). Deze opties worden in de volgende slide schematisch weergegeven en toegelicht.



4.2 Selectie van drinkwaterassets voor vraagsturing (3/6)

4.2.1 Toelichting en inventarisatie – grondwaterzuiveringen

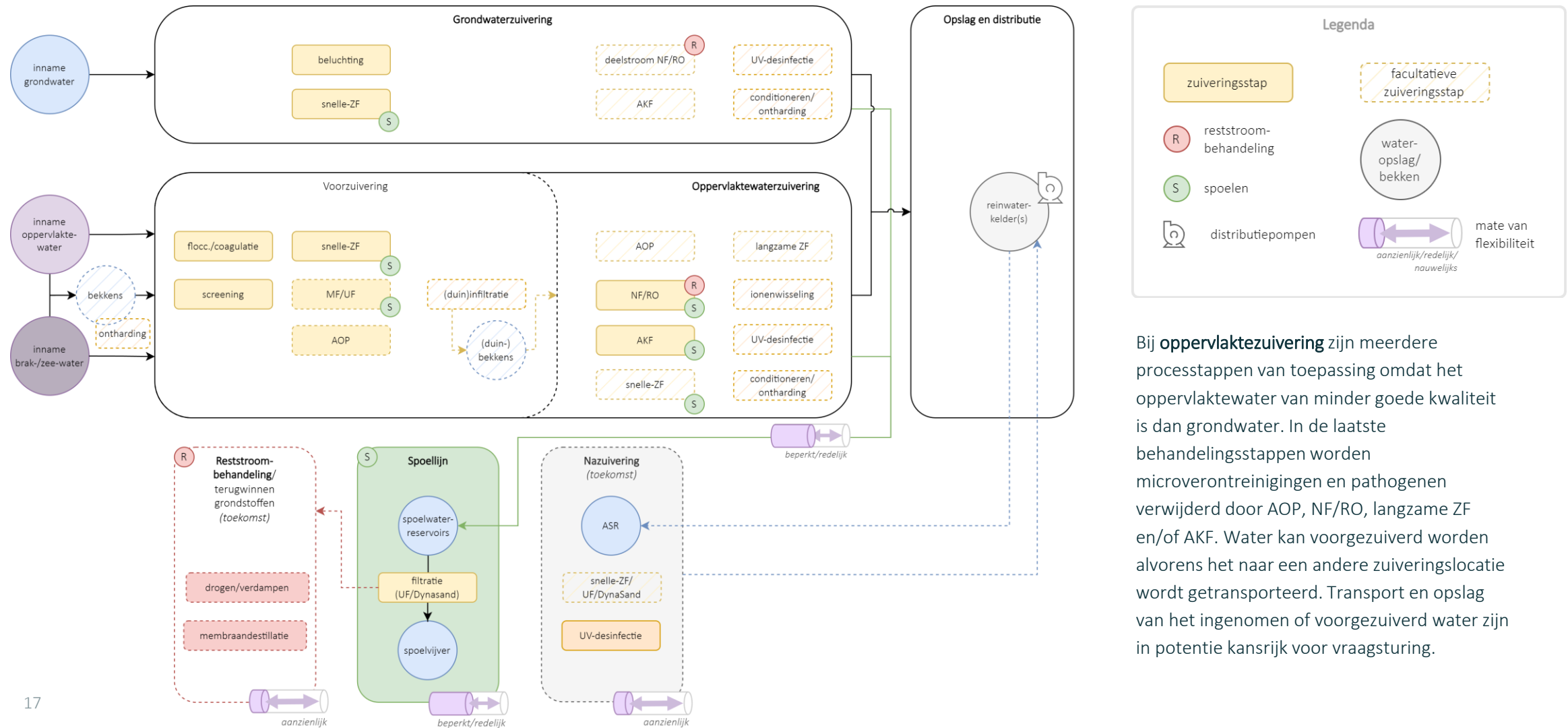


Met **reststroombehandeling** kunnen mogelijk mineralen of andere grondstoffen worden teruggewonnen uit bijvoorbeeld RO-concentraat of granulaire media (bijvoorbeeld zandkorrels met een ijzeroxidelaag). Dit zijn energie-intensieve processen die batch-gewijs en flexibel kunnen worden aangestuurd. R

Naast het spoelen van filters, wordt het spoelwater ook opgeslagen in reservoirs en verder gefiltreerd en nabehandeld in een **spoelijn**. S

Een andere mogelijkheid is om grote hoeveelheden drinkwater op te slaan in de bodem door middel van aquifers: **ASR**. Nadat het opgeslagen is in de bodem is **nazuivering** nodig voordat het water als drinkwater kan worden geleverd. Ook hier is de flexibiliteit aanzienlijk omdat het om batch-gewijs transport van grote hoeveelheden water gaat. A
S
R

4.2 Selectie van drinkwaterassets voor vraagsturing (4/6)



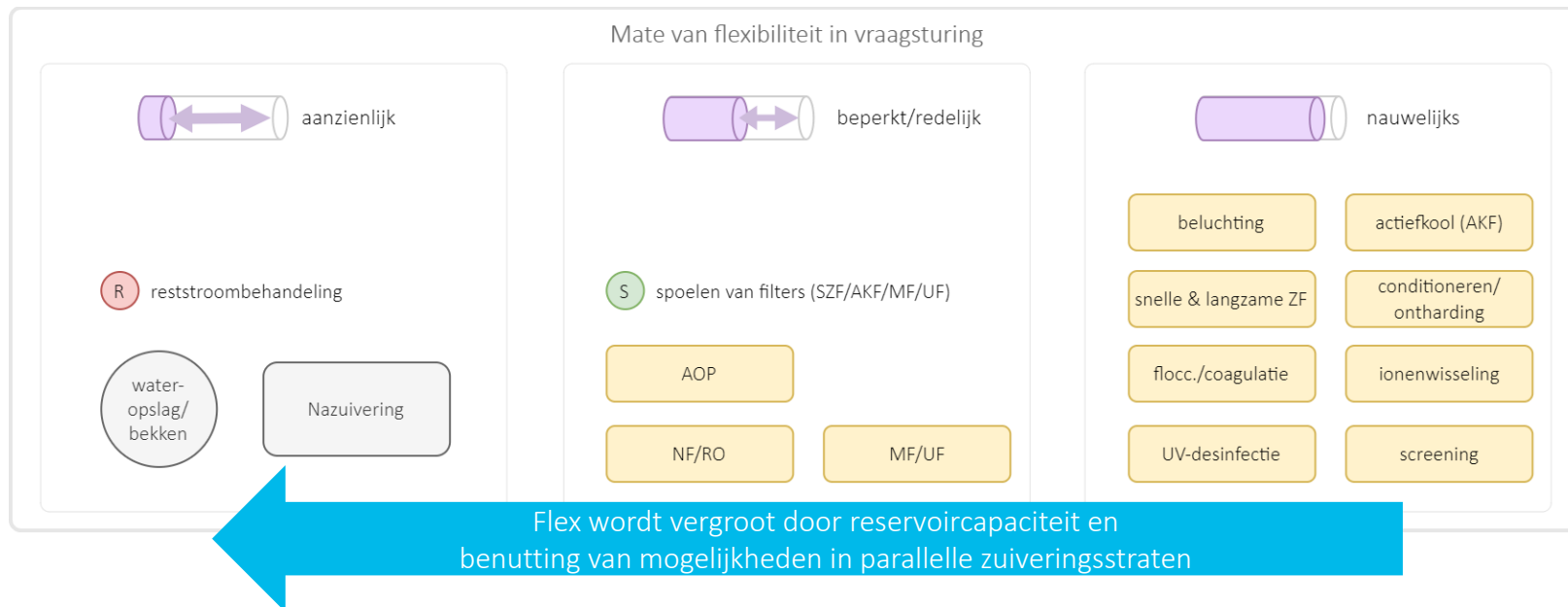
Bij oppervlaktezuivering zijn meerdere processtappen van toepassing omdat het oppervlaktewater van minder goede kwaliteit is dan grondwater. In de laatste behandelingsstappen worden microverontreinigingen en pathogenen verwijderd door AOP, NF/RO, langzame ZF en/of AKF. Water kan voorgezuiverd worden alvorens het naar een andere zuiveringslocatie wordt getransporteerd. Transport en opslag van het ingenomen of voorgezuiverd water zijn in potentie kansrijk voor vraagsturing.

4.2 Selectie van drinkwaterassets voor vraagsturing (5/6)

4.2.2 Flexibiliteit per processtap

Per *processtap* is gekeken wat de mate van flexibiliteit is. Een uitgangspunt is dat essentieel onderhoud van assets, zoals het terugspoelen van zand-, membraan- of actiefkoolfilters op *frequente basis* (dagelijks of meerdere keren per dag) wordt uitgevoerd – zie het middelste kader in het figuur hieronder. Als dat niet het geval is, dan is een lagere mate van flexibiliteit van toepassing dan ingeschat. Ook de beschikbaarheid van meerdere zuiveringsstraten kan tot meer flexibiliteit leiden. Merk op dat de meeste zuiveringsprocessen inherent weinig flexibel zijn op uur- of dagbasis, vanwege de langzame variatiedynamiek

in de waterkwaliteit van de bron(nen) enerzijds en het stuurmechanisme anderzijds. Bij processen met meerdere stuurparameters, zoals AOP UV in combinatie met waterstofperoxide, of elektriciteits-intensieve processen zoals RO waarbij gekozen kan worden minder energie te verbruiken ten koste van drinkwateropbrengst (recovery), is er enige flexibiliteit. Tenslotte is de flexibiliteit bij beluchting wezenlijk anders dan bij de beluchting bij rioolwaterzuivering, omdat bij het eerste proces de contacttijden kritiek zijn en weinig variëren terwijl bij afvalwater de dynamiek en de vraag naar energie substantieel groter.



4.2 Selectie van drinkwaterassets voor vraagsturing (6/6)

4.2.3 Bevindingen

Om de onderzoeksvragen op dit onderwerp te beantwoorden, is de selectie van drinkwaterassets verder onderverdeeld naar primair productieproces (drinkwaterbereiding en –levering) of secundair proces (zoals spoelen van filters, of reststroombehandeling). Vervolgens zijn deze processen geanalyseerd op 3 aspecten: **sturingsmogelijkheid**, **potentie** en **risiconiveau**. De bevindingen zijn per procestechnologie in een tabel samengevat.

Onderzoeksvragen

- In hoeverre kan door vraagsturing de productiecapaciteit anders worden ingezet (sturingsmogelijkheid)?
- In hoeverre dragen secundaire processen bij aan flexibiliteit (potentie en risico)?
- Welke innovatieve mogelijkheden zijn er voor vraagsturing?

| Technologie | Sturingsmogelijkheid | Primair of secundair proces | Potentie nu/korte termijn | Potentie lange termijn | Risico |
|--|---|-----------------------------|---------------------------|---|---|
| Filtratie met granulaire media i.c.m. reservoirs | Terugspoelfrequentie & -duur, niveauregeling kelders/reservoirs | Secundair | Gemiddeld/hoog* | Gemiddeld/hoog | Beperkt |
| Infiltratie en extractie vanuit/naar bekkens of reservoirs | Pompsturing | Primair | Hoog | <i>afh. volatiliteit energiemarkten</i> | Beperkt/gemiddeld (<i>afh. van waterbeschikbaarheid</i>) |
| Spoelwaterbehandeling | Indikken en terugwinnen ijzer(korrels)** | Secundair | Beperkt | Hoog | Gemiddeld/hoog |
| Reststroombehandeling bij membraanfiltratie | Indikken brijn** | Secundair | Beperkt | <i>bij circulaire bedrijfsvoering</i> | innovatieniveau hoog, <i>technologie nog niet bewezen, nu hoge kosten</i> |

*Afhankelijk van frequentie van spoeling. Bij lage frequentie (minder dan ca. 1 keer per dag) is de potentie beperkt.

**ZLD-technieken en droogtechnieken, bijv.: kristallisator, multi-flash destillatie/verdamping, eutectisch vriezen, superkritische waterbehandeling, electrolysetechnieken.

4. Methodiek vraagsturing

4.3 Kwantificeren kosten en baten (1/3)

Deze paragraaf vormt een verdiepingsslag op het stappenplan dat is ontwikkeld in [paragraaf 4.1](#) en richt zich specifiek op **stap 3: Bepaal doelen en randvoorwaarden**. In deze fase gaat het om het kwantificeren van kosten en baten om inzicht te krijgen in de bijdrage van vraagsturing aan de eerder geïdentificeerde motivatierichtingen ([zie paragraaf 2.2](#)). Deze kosten en baten worden in het vervolg aangeduid als kritische prestatie-indicatoren (KPI's). De voorgestelde aanpak biedt een eerste globale inschatting van het potentieel van vraagsturing en hoort qua detailniveau bij een **potentiestudie**.

Een algemene aanbeveling is om altijd een **volledig kalenderjaar** door te rekenen, zodat seizoensinvloeden worden meegenomen.



Oplossen van capaciteitskelpunten

Doel: Onderzoeken of de productiecapaciteit verhoogd kan worden binnen de bestaande elektrische infrastructuur.

Aanpak:

- Analyseer het huidige elektriciteitsgebruik.
- Breng in kaart welke processen in de tijd verschoven kunnen worden om piekbelasting te verminderen.
- Onderzoek of er voldoende buffercapaciteit beschikbaar is om een gelijkmatiger elektriciteitsprofiel te realiseren.
- Hou rekening mee dat het langdurig volledig benutten van het gecontracteerde vermogen mogelijk bijdraagt aan netcongestie. Ga daarom eerst in gesprek met de netbeheerder om mogelijkheden te verkennen.

Voorbeeld-KPI: Toename van de jaarlijkse productiecapaciteit (m^3/j) binnen het bestaande gecontracteerde vermogen.



Bijdragen aan een maatschappelijk probleem (netcongestie)

Doel: Bepalen in hoeverre flexibele aansturing kan bijdragen aan het verminderen van netcongestie.

Aanpak:

- Stem af met de netbeheerder om inzicht te krijgen in de aard en timing van congestie op de aansluiting.
- Onderzoek hoeveel vermogen tijdens deze momenten kan worden teruggedrongen.
- Vergelijk dit met het huidige elektriciteitsgebruik.
- Bespreek met de netbeheerder welke voordelen hieruit kunnen voortvloeien, zoals een hogere gecontracteerde capaciteit in daluren.

Voorbeeld-KPI: Reductie van het piekvermogen (MW) tussen tijdstip X en Y in seizoen Z ten opzichte van de huidige situatie.

4. Methodiek vraagsturing

4.3 Kwantificeren kosten en baten (2/3)



Kosten

Doel: Inzicht verkrijgen in de potentiële besparing op elektriciteits- en andere operationele kosten door het toepassen van flexibele aansturing van processen.

Aanpak:

- Breng alle kosten- en opbrengstfactoren in kaart die beïnvloed worden door flexibele aansturing.
- Vergelijk de kosten in de huidige situatie met een scenario waarin flexibele aansturing wordt toegepast.
- Voor een eerste inschatting van de elektriciteitskosten kan gebruik worden gemaakt van EPEX day-ahead prijzen, beschikbaar via het ENTSO-E Transparency Platform¹ [8].
- Vergelijk dit met het huidige elektriciteitsgebruik.

Voorbeeld-KPI: Besparing op elektriciteitskosten (€) tussen het huidige en het flexibele scenario, over een volledig jaar.

¹ In deze fase van de studie wordt aangenomen dat alle elektriciteit een dag van tevoren wordt ingekocht (day-ahead markt). In werkelijkheid wordt een aanzienlijk deel vaak al eerder vastgelegd via langetermijncontracten. Deze aanname vereenvoudigt de analyse, maar moet in een vervolgstudie worden genuanceerd om een realistischer beeld van de financiële impact te krijgen. We raden aan om dan ook andere aspecten van het elektriciteitscontract en de aansluiting mee te nemen.

² Hoewel CO₂-uitstoot een belangrijke indicator is voor duurzaamheid, is het slechts één aspect. Andere milieueffecten, zoals het de uitstoot van andere broeikasgassen of fijnstof, worden in deze fase buiten beschouwing gelaten. In een vervolgstudie is het aan te raden om deze bredere duurzaamheidsaspecten mee te nemen voor een vollediger beeld.



Duurzaamheid

Doel: Inzicht krijgen in de bijdrage van flexibele aansturing aan de verduurzaming van de bedrijfsvoering (met focus op CO₂-uitstoot)².

Aanpak:

- Voor het bepalen van de CO₂-voetafdruk van drinkwaterbedrijven wordt verwezen naar de praktijkcode drinkwater PCD11 [9]. Bij de drinkwaterbedrijven worden deze berekeningen intern gedaan. De betrokken collega's kunnen ondersteunen bij het inzichtelijk maken van de bijdrage van flexibele aansturing.
- Het Greenhouse Gas Protocol (GHG)[10] vormt het basisraamwerk en onderscheidt drie emissiescopes. Bepaal vooraf welke scope relevant is en vermijd het vergelijken van resultaten tussen scopes:
 - **Scope 1:** Directe emissies uit bronnen die eigendom zijn van of beheerd worden door het bedrijf.
 - **Scope 2:** Indirecte emissies door ingekochte energie, zoals elektriciteit. Rapportage gebeurt op twee manieren:
 - Markt-gebaseerd: inclusief vergroening via Garanties van Oorsprong (GvO's). Bij volledige vergroening mag een emissiefactor van nul worden gehanteerd; flexibiliteit heeft dan geen invloed op de CO₂-uitstoot.
 - Locatie-gebaseerd: op basis van de werkelijke netmix per uur. Deze benadering geeft een realistischer beeld van de impact op het net, uitgaande van het idee dat alle stroom op één hoop komt en het gebruik indirect grijze productie beïnvloedt. Scope 2-data zijn beschikbaar via het Nationaal Energie Dashboard (NED) [12].
 - **Scope 3:** Alle overige indirecte emissies in de waardeketen, zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts van het eigen bedrijfsproces. Voor het meenemen van indirecte emissies van het elektriciteitsnet kan een dataset worden samengesteld op basis van de netmix per uur van het NED en scope 3 emissiefactoren per bron.
- Emissiefactoren zijn beschikbaar via databases zoals ecoinvent [11].
- Vergelijk de CO₂-uitstoot in de huidige situatie met die in een scenario met flexibele aansturing om de reductie te bepalen.

Voorbeeld-KPI: Reductie in CO₂-uitstoot (ton CO₂): Verschil in jaarlijkse uitstoot tussen het huidige en het flexibele scenario, op basis van gekozen scope en benadering.

4. Methodiek vraagsturing

4.4 Stakeholdersanalyse (1/2)

Deze paragraaf vormt een verdiepingsslag op het stappenplan dat is ontwikkeld in [paragraaf 4.1](#) en richt zich specifiek op **stap 4: Werk samen met ketenpartners**. De overgang van een zo constant mogelijke drinkwaterproductie naar een flexibeler aansturing van specifieke assets raakt meerdere interne en externe partijen. Denk aan het operationeel personeel dat verantwoordelijk is voor de dagelijkse aansturing, assetmanagers die toezien op de prestaties en levensduur van installaties, en het managementteam dat verantwoordelijk is voor strategische besluitvorming. Ook externe partijen, zoals netbeheerders, kunnen direct of indirect geraakt worden door deze veranderingen.

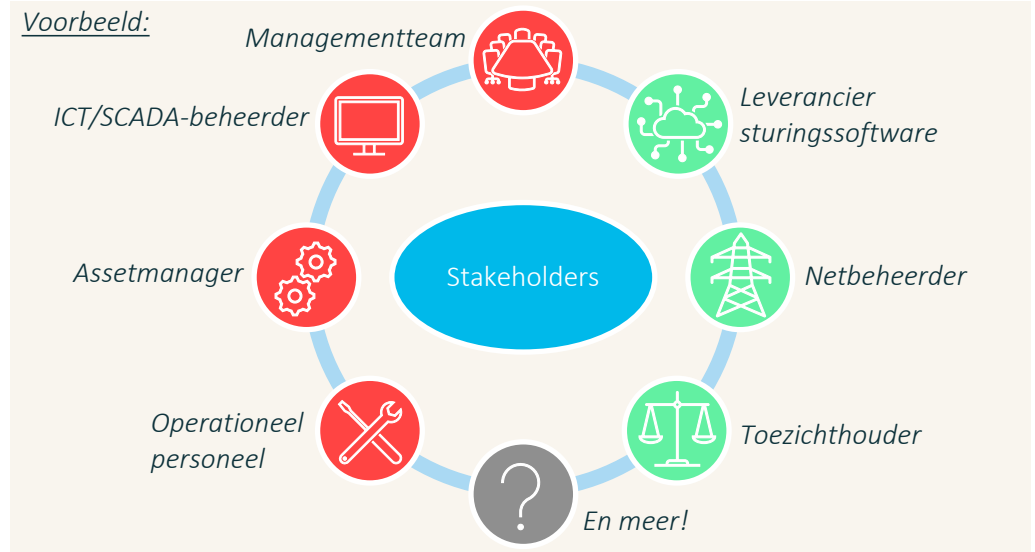
Een stakeholdersanalyse helpt om belangen, invloed en rollen van betrokkenen inzichtelijk te maken. Dit bevordert effectieve samenwerking en communicatie, en vergroot de kans op succesvolle implementatie van flexibiliteit in de operatie. Het helpt om voldoende draagvlak binnen én buiten de organisatie te creëren voor deze transitie.

Vijf belangrijke stappen voor een stakeholdersanalyse

Bij elke stap wordt er illustratief een voorbeeld behandeld. Dit is een gedachte experiment en hiervoor zijn geen interviews uitgevoerd.

Let op: onderstaande stappen bieden een globaal overzicht. Voor een volledige analyse adviseren wij contact met de afdeling Resilience Management & Governance van KWR.

- 1 **Identificeer stakeholders, zowel extern als intern.** Wie heb je nodig om de verandering in gang te zetten en op wie heeft het invloed?



- 2 **Breng belangen en verwachtingen in beeld.** Gebruik interviews, workshops of vragenlijsten om te achterhalen:

- Wat zijn hun doelen?
- Waar liggen zorgen of weerstanden?
- Wat verwachten ze van het project?

Voorbeeld (operationeel personeel):

- Doel: veilige en betrouwbare werking van de installaties
- Zorgen: toename in complexiteit en storingsrisico, afname leveringszekerheid
- Verwachting: goede ondersteuning en duidelijke instructies bij sturingswijzen.

4. Methodiek vraagsturing

4.4 Stakeholdersanalyse (2/2)

3 **Analyseer invloed en belang.** Gebruik bijvoorbeeld een *belang-invloed matrix* om stakeholders te positioneren. Bepaal voor elke geïdentificeerde stakeholder:

- **Belang:** worden hun belangen direct geraakt?
- **Invloed:** in hoeverre kunnen ze daadwerkelijk het project beïnvloeden?

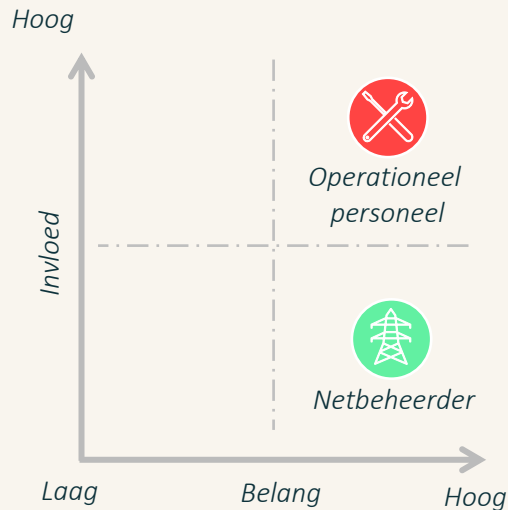
Voorbeeld

operationeel personeel:

- *Belang: Hoog, zij ervaren direct de gevolgen van flexibele aansturing*
- *Invloed: grote invloed op de uitvoering, monitoring en acceptatie van nieuwe aansturingswijzen*

Netbeheerder:

- *Belang: Hoog, zij kunnen baat hebben als er meer flexibiliteit in het net komt*
- *Invloed: Laag, geen directe invloed op interne keuzes*



4 **Bepaal een passende strategie.** De matrix kan helpen om per stakeholder een passende aanpak te kiezen. Enkele opties zijn:

- *Informer*en aan de hand van periodieke updates of nieuwsbrieven.
- *Samenwerken* door het gezamenlijk werken aan het ontwerp.
- *Betrekken* door middel van interviews, workshops of een gezamenlijke scenarioverkenning een groep te betrekken.

5 **Stem communicatie en acties af.** Werk per stakeholder uit hoe de communicatie verloopt (frequentie, vorm, inhoud). Denk aan updates, gezamenlijke sessies of technische reviews.

Voorbeeld (operationeel personeel):

Operationeel personeel stuurt installaties dagelijks aan en moet het systeem begrijpen en vertrouwen. Ook hebben zij belangrijke kennis van de installaties. Betrek hen vroeg via workshops, demo's en praktijktesten. Laat hen meedenken over grenswaarden, veiligheid en systeemgedrag.



Aanbeveling:

Begin vroeg in het project met de analyse, herzie deze bij belangrijke keuzes en gebruik de uitkomsten actief in de besluitvorming. Dit voorkomt weerstand en versterkt draagvlak.

Deel II – Casestudies

5. Casus - Hogedrukpompstation

5.1 Motivatie voor vraagsturing

Huidige situatie

Dunea transporteert dagelijks circa 206.000 m³ water van Brakel naar de duinen voor infiltratie. Dit grootschalige transport over lange afstanden vraagt aanzienlijke hoeveelheden elektriciteit. De pompen die hiervoor gebruikt worden draaien doorgaans op een constant vermogen. Hierdoor wordt er ook elektriciteit gebruikt op momenten dat duurzame elektriciteit schaars is, de prijzen hoog zijn of het net overbelast is (netcongestie).

Motivatie voor flexibilisering van elektriciteitsgebruik

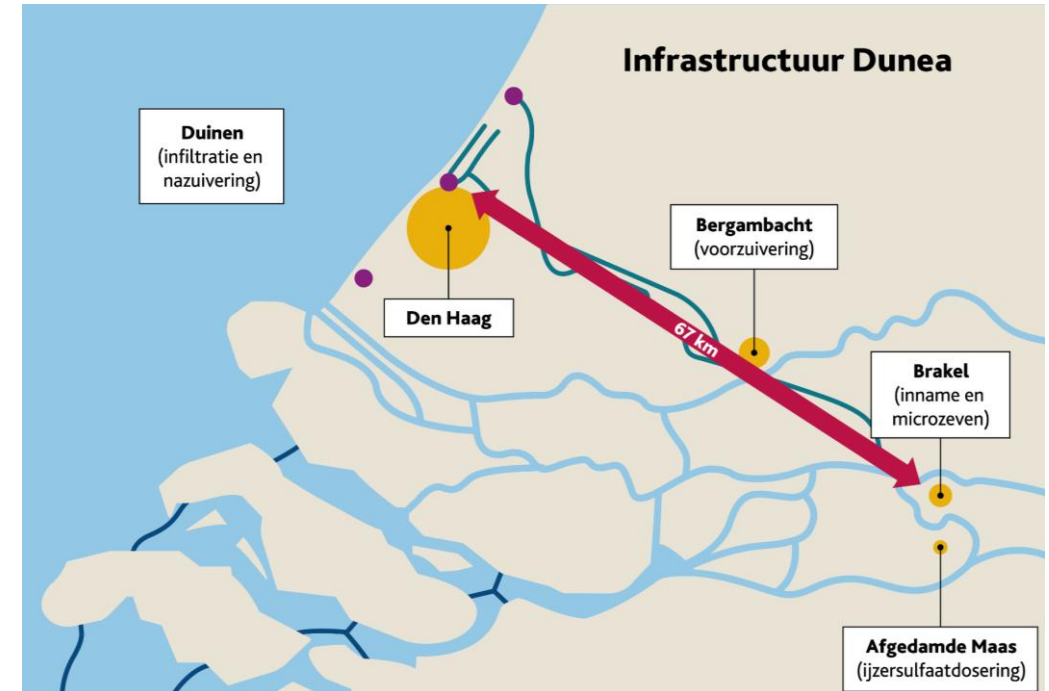
Binnenkort moeten nieuwe elektriciteitscontracten worden afgesloten. Tot nu toe werkt Dunea met vaste contracten, maar gezien de toenemende prijsvolatiliteit op de elektriciteitsmarkt wordt onderzocht of variabele contracten een aantrekkelijker alternatief bieden. Een voorbeeld hiervan is om (een deel) van de stroom een dag van te voren in te kopen op de EPEX day-ahead markt.



Door productie slim te plannen op momenten met lage stroomprijzen zou Dunea **potentieel elektriciteitskosten kunnen besparen.**



Een bijkomend voordeel is dat gebruik tijdens goedkope uren vaak samenvalt met momenten dat duurzame elektriciteit een grote bijdrage levert aan de Nederlandse elektriciteitsmix, of dat er zelfs een overschot van elektriciteit optreedt. Extra afname op die momenten draagt daarmee bij aan een lagere CO₂ voetafdrak van Dunea, en mogelijk aan de balans op het elektriciteitsnet, ten behoeve van een robuuster energiesysteem. Bovendien biedt dit daarnaast de mogelijkheid om **actief bij te dragen aan het oplossen van netcongestie en het verbeteren van de stabiliteit van het elektriciteitsnet.**



Beschrijving relevante infrastructuur Dunea

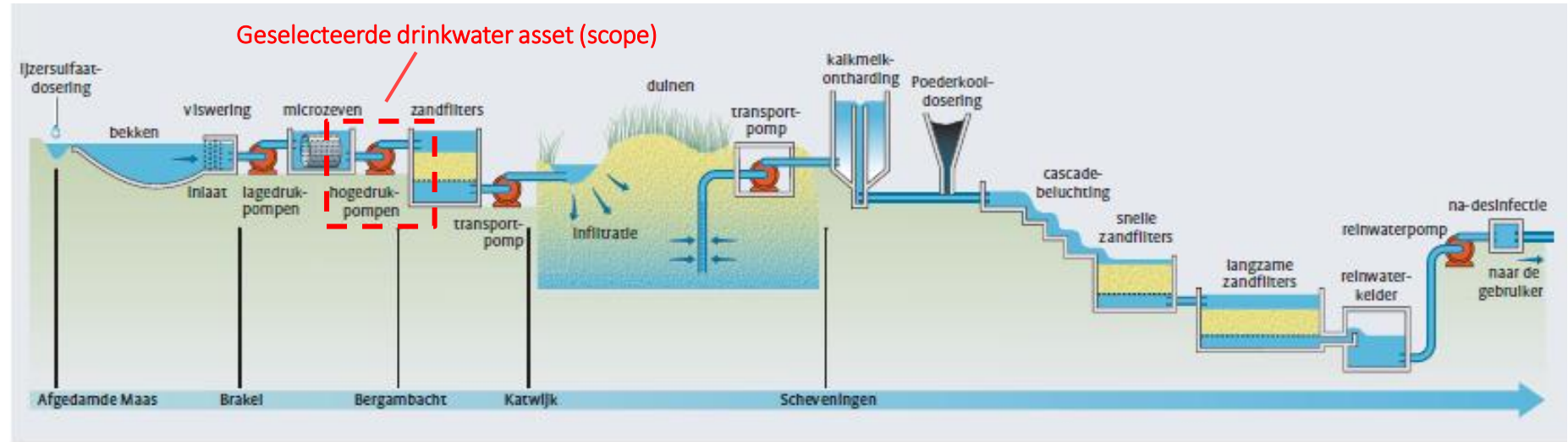
Brakel is het primaire innamepunt voor drinkwater, met de afgedamde Maas als bron. Het water wordt gezeefd en getransporteerd naar Bergambacht. Hier kan ook via de Lek water worden ingenomen, wel doorgaans met een mindere kwaliteit dan de afgedamde Maas, waardoor het dient als back-up bron bij calamiteiten. Na voorzuivering bij Bergambacht wordt het water geïnfiltrerd in de duinen.

5. Casus - Hogedrukpompstation

5.2 Methode kwantificeren kosten en baten (1/2)

Selectie drinkwaterasset

Voor deze casus is het **hogedruk pompstation Brakel** geselecteerd, omdat dit station verantwoordelijk is voor een groot deel van het totale elektriciteitsgebruik van Dunea. Dit komt doordat een grote hoeveelheid water over een afstand van ongeveer 30 km onder hoge druk worden verpompt.



© Noordhoff Uitgevers

Randvoorwaarden

Voor deze potentiëstudie is aangenomen dat het totale verpompte volume per dag ($V_{dag} [m^3]$) constant moet blijven en gelijk aan $206.000 m^3$. Dit leidt tot de randvoorwaarde:

$$\sum_{t=1}^{24} \dot{v}_t = V_{dag}$$

waarbij $\dot{v}_t [m^3/uur]$ het pompdebiet op uur t is.

De toegestane waarde van het uurdebiet \dot{v}_t wordt onder meer bepaald door de karakteristieken van leidingen en pompen. Voor deze studie is een minimumdebiet ($\dot{v}_{min} [m^3/uur] = 6000 m^3/uur$) en maximumdebiet ($\dot{v}_{max} [m^3/uur] = 12.000 m^3/uur$) vastgesteld. Daarnaast is gekozen voor een discrete aanpak met een stapgrootte van $1000 m^3/uur$. Dit leidt tot de volgende randvoorwaarden:

$$\dot{v}_{min} \leq \dot{v}_t \leq \dot{v}_{max}, \quad \dot{v}_t \in \{\dot{v}_{min}, \dots, \dot{v}_i, \dots, \dot{v}_{max}\}$$

Andere randvoorwaarden, zoals beperkingen op de snelheid waarmee het debiet kan worden aangepast, blijven in deze analyse buiten beschouwing. Hier wordt wel verder op gereflecteerd in paragraaf 5.4.

5. Casus - Hogedrukpompstation

5.2 Methode kwantificeren kosten en baten (2/2)

KPI's

Aan de hand van de **niet-lineaire pomp-efficiëntiecurve** en het uurdebiet \dot{v}_t kan het verwachte pompvermogen ($P_t [W]$) worden berekend, waarmee de volgende KPI's per dag worden bepaald:

- Dagelijkse **elektriciteitsgebruik** ($E_{dag} [kWh]$) door het pompen :

$$E_{dag} = \sum_{t=1}^{24} P_t$$

- Dagelijkse **elektriciteitskosten** ($K_{dag} [€]$) op basis van inkoop via de EPEX day-ahead markt:

$$K_{dag} = \sum_{t=1}^{24} P_t \times c_{epex,t}$$

waarbij $c_{epex,t} [€/kWh]$ de EPEX-elektriciteitsprijs op uur t is.

- Dagelijkse scope 3 **CO₂-emissies**¹ ($m_{CO_2} [kg CO_2 eq]$) op basis van het elektriciteitsgebruik, gebruikmakend van de Nederlandse elektriciteitsmix volgens de aanpak vermeld in paragraaf 4.3:

$$m_{CO_2} = \sum_{t=1}^{24} P_t \times EF_{elektriciteitsnet,t}$$

waarbij $EF_{elektriciteitsnet,t} [kg CO_2 eq/kWh]$ de emissiefactor (scope 3) van het elektriciteitsnet op uur t is.

Optimalisatie

Aangezien de motivatie van Dunea op het moment vooral voortkomt uit kostenbesparing, wordt de flexibele aansturing bepaald aan de hand van de volgende doelfunctie:

$$\text{minimaliseer}(K_{elektriciteit,dag})$$

De optimalisatie wordt per dag uitgevoerd, waarna KPI's worden opgeslagen. Dit proces herhaalt zich voor alle dagen van het jaar, waarbij telkens de actuele EPEX-prijzen en emissiefactoren worden ingeladen.

De optimalisatie is uitgevoerd in Excel met als solver de Simplex LP methode. Als controle wordt per dag nagegaan of aan de randvoorwaarde van het verpompen van 206.000 m³ water is voldaan. Indien dit het geval is, wordt de optimalisatie als succesvol beschouwd.

Scenario-analyse: effect van flexibele aansturing

Drie scenario's zijn doorgerekend voor het jaar 2024 om de potentie van flexibele aansturing van het hogedruk pompstation te onderzoeken:

- Huidige aansturing** - Fungeert als baseline zonder flexibiliteit, met als aanname dat het debiet constant is: $\dot{v}_t = 8.600 m^3/uur$.
- Flexibele aansturing zonder vermogenslimieten** - Onderzoekt het maximale potentieel van vraagsturing binnen de beschreven randvoorwaarden.
- Flexibele aansturing met vermogenslimieten tijdens piekuren** - Brengt in kaart wat het effect op de benoemde KPI's is als P_t en daarmee \dot{v}_t tijdens congestie-uren (aanname : 07:00–09:00 en 17:00–20:00) wordt gereduceerd tot het minimum. Er komt dus een extra randvoorwaarde bij:

$$\dot{v}_t = \dot{v}_{min} \text{ voor } t \in \{07:00 - 09:00, 17:00 - 20:00\}$$

5. Casus - Hogedruk pompstation

5.3 Kwantificeren kosten en baten

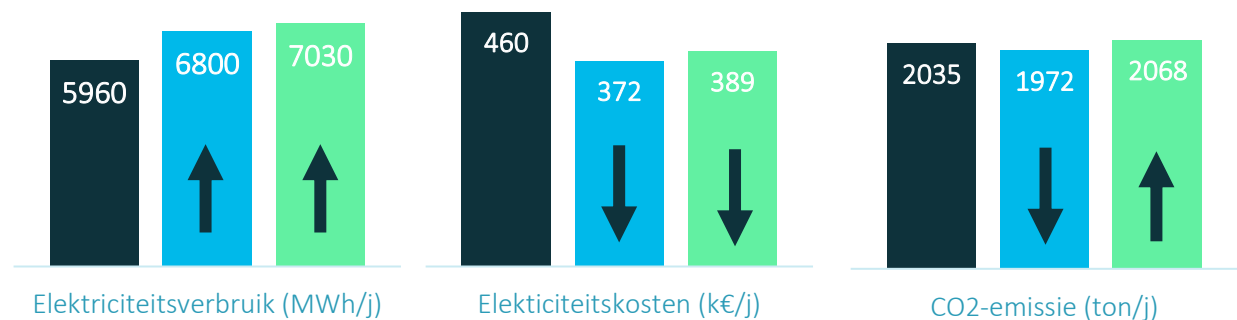
Resultaten

De analyse toont de volgende effecten van flexibele aansturing:

- **Elektriciteitskostenbesparing:** Door de pomp harder te laten draaien tijdens goedkope uren en zachter tijdens dure uren, kan ongeveer **€88.000 - €71.000 per jaar (19 -15%)** worden bespaard.
- **Hoger elektriciteitsgebruik:** Het jaarlijkse elektriciteitsgebruik stijgt met **800 - 1.000 MWh (13 - 17%)** door het opereren op lagere pompefficiëntie.
- **CO₂-emmissies:** Ondanks het hogere elektriciteitsgebruik **dalen de emissies met 63 ton (3%)** in het scenario zonder vermogenslimieten, doordat meer stroom wordt gebruikt tijdens groenere uren. In het scenario met vermogenslimieten **stijgt de uitstoot met 33 ton (2%)**, doordat het nog hogere gebruik de voordelen van de groenere stroommix niet volledig compenseert.
- **Vermogenswinst tijdens piekuren:** In het scenario met vermogenslimieten wordt tijdens piekuren **0,5 MW** minder vermogen afgenomen ten opzichte van de huidige situatie. Deze vermogenswinst wordt gecompenseerd door in de daluren het pompvermogen tijdelijk op te schalen, zodat het dagdebiet van 206.000 m³ behouden blijft.

Scenario's

| | | 1. Huidige bedrijfsvoering | 2. Flex zonder vermogens lim. | 3. Flex met vermogens lim. |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Dagdebiet | m ³ /dag | 206.000 | 206.000 | 206.000 |
| Uurdebiet | - | Constant | O.b.v. kostenoptimalisatie | O.b.v. kostenoptimalisatie |
| Geregistreerd vermogen ¹ | MW | 0,7 | 2,0 | Daluren: 2,0 Piekuren: 0,2 |



28 ¹ Met 'geregistreerd vermogen' wordt het vermogen bedoeld dat de netbeheerder daadwerkelijk ziet en waarop hij zijn berekeningen baseert. Dit vermogen is vaak niet gelijk aan het gecontracteerde vermogen. 0.7 MW is het aangenomen vermogen dat in de huidige bedrijfsvoering continu wordt verbruikt. In scenario 2 en scenario 3 (daluren) is deze waarde gelijk aan het aangenomen maximale vermogen van de pompen. In scenario 3 (piekuren) is aangenomen het pompvermogen kan worden teruggeschroefd naar het minimale verbruik dat binnen de randvoorwaarden is toegestaan.

5. Casus - Hogedruk pompstation

5.4. Conclusie en vervolgstappen

Conclusies

In deze casestudie is een globale inschatting gemaakt van de potentie van flexibele aansturing van het hogedruk pompstation Brakel. Drie scenario's zijn doorgerekend:

- Huidige situatie (baseline)
- Flexibele aansturing zonder vermogensbeperkingen
- Flexibele aansturing met vermogensbeperkingen tijdens piekuren

De belangrijkste bevindingen:

- Flexibele aansturing leidt tot hoger elektriciteitsgebruik, maar ook tot een verlaging in de elektriciteitskosten.
- Flexibele aansturing kan leiden tot een verhoging of verlaging in CO₂-uitstoot. In de doorgerekende gevallen blijft het verschil beperkt tot enkele procenten, waardoor geen eenduidige conclusie kan worden getrokken.
- Vermogensbeperkingen tijdens piekuren:
 - Beperkt de opbrengst van flexibele aansturing zonder vermogenslimieten.
 - Geeft inzicht in de beschikbare flexibiliteit voor de netbeheerder, wat een goede basis vormt voor verdere samenwerking.



Vervolgstappen

Deze eerste verkenning toont aan dat flexibele aansturing potentie heeft. Een vervolgonderzoek wordt aanbevolen, met aandacht voor:

- Wat zijn de werkelijke randvoorwaarden voor deze casus?
- Hoe beïnvloedt een flexibele aansturing de gehele waterketen van Dunea?
- Hoe kijkt de netbeheerder aan tegen deze casus?
- Wat zijn de resultaten als de kosten- en CO₂-berekeningen worden verfijnd?
- Hoe kan Dunea flexibele aansturing integreren in de bedrijfsvoering?

6. Casus – H₂O₂/UV zuiveringsstap

6.1 Motivatie voor vraagsturing

Huidige situatie

PWN haalt haar water uit het IJsselmeer, waarna het een grondige behandeling ondergaat. Enkele stappen in dit proces zijn elektriciteits-intensief, zoals UV/H₂O₂-behandeling en omgekeerde osmose (RO). Om te verduurzamen heeft PWN drie drijvende, draaiende zonne-eilanden op haar spaarbekkens geplaatst, waarmee zij een deel van hun energievraag zelf duurzaam opwekken.

Toch levert PWN ongeveer 10% van de opgewekte elektriciteit door zonne-energie terug aan het net (in 2024). Dit gebeurt meestal op zonnige momenten, wanneer er al sprake is van een overschot aan elektriciteitsproductie. Deze teruglevering vergroot daarom de onbalans op het net.

Motivatie voor flexibilisering van elektriciteitsgebruik

PWN streeft er daarom naar het **interne gebruik van eigen opwek te verhogen**. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:



Verlaging van de CO₂-voetafdruk van de productielocaties.



Een positieve bijdrage leveren aan de netbalans: als PWN haar eigen elektriciteit uit zonne-energie gebruikt in plaats van terug te leveren, wordt het net minder belast op momenten dat er toch al veel productie is.



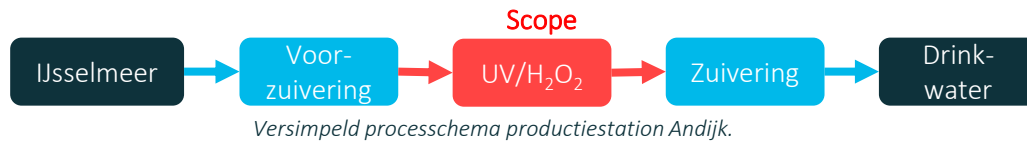
De productielocatie van PWN in Andijk beschikt over drie draaiende, drijvende zonnevelden op de spaarbekkens.

6. Casus – H₂O₂/UV zuiveringsstap

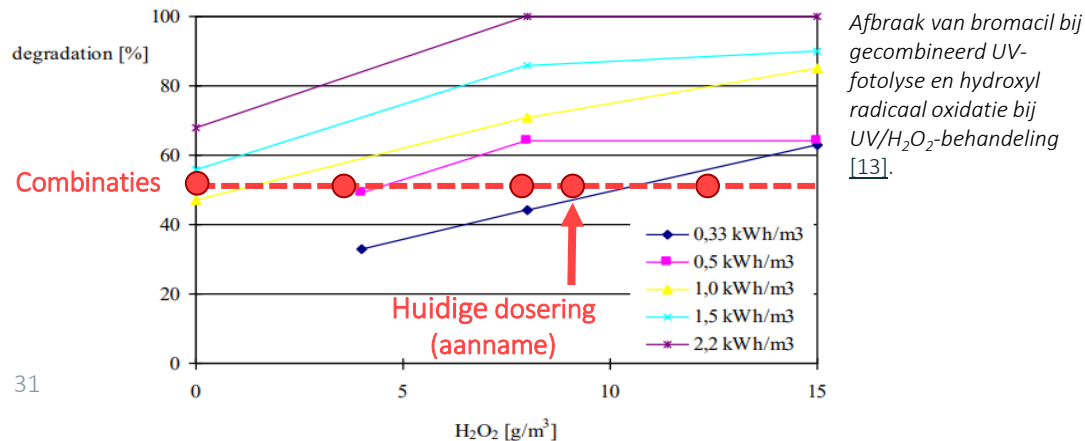
6.2 Methode kwantificeren kosten en baten (1/2)

Selectie drinkwaterasset

Circa 50% van het totale elektriciteitsgebruik van de zuivering van PWN op productiestation Andijk wordt benut voor de UV/H₂O₂ stap. Daarom is voor deze casus de **H₂O₂/UV zuiveringsstap** geselecteerd. Het doel van deze stap is zowel het afbreken van moeilijk verwijderbare organische stoffen, zoals pesticiden, als het desinfecteren van het water door bacteriën en virussen te doden.



De zuiveringsstap biedt operationele flexibiliteit, omdat bij een constant zuiveringsdebiet verschillende combinaties van UV-vermogen en H₂O₂-dosering hetzelfde afbraak of desinfectieniveau realiseren. Deze relatie is inzichtelijk gemaakt aan de hand van een afbraakgrafiek voor het pesticide *Bromacil*.



Randvoorwaarden

De afbraakgrafiek van *Bromacil* dient als praktisch uitgangspunt voor deze eerste verkenning, maar is niet volledig representatief en moet in vervolgonderzoek nader worden onderzocht. In de huidige aansturing wordt constant 9 g H₂O₂ /m³ en 0,35 kWh/m³ gedoseerd, wat neerkomt op een afbraakpercentage van 55% in het geval van *Bromacil*. Dit percentage kan worden bereikt met verschillende combinaties van UV-vermogen en H₂O₂-dosering. In combinatie met een constant zuiveringsdebiet van 3.750 m³/uur, zijn vijf mogelijke combinaties onderzocht voor het H₂O₂-massadebiet ($\dot{m}_{H_2O_2,t}$ [kg H₂O₂/uur]) en UV-vermogen ($P_{UV,t}$ [kW]):

$$\dot{m}_{H_2O_2,t}, P_{UV,t} \in \{(0, 8.200), (15, 5.700), (30, 3.700), (34, 3.550), (45, 2.900)\}$$

Het UV-vermogen kan geleverd worden door het elektriciteitsnet ($P_{elek.net,t}$ [kW]) of vanuit eigen zon-PV opwek. Voor deze casus geldt de randvoorwaarde dat alle beschikbare zon-PV-opwek wordt ingezet in het proces van de geselecteerde asset. Dit betekent dat voor de nieuwe flexibele aansturing dat zowel het huidige gebruik van zon-PV voor UV-dosering ($P_{PV\text{ gebruikt},t}$ [kW]) als de teruggeleverde elektriciteit ($P_{PV\text{ terug},t}$ [kW]) wordt benut. De vermogensbalans wordt dan:

$$P_{UV,t} = P_{elek.net,t} + P_{PV\text{ gebruikt huidig},t} + P_{PV\text{ terug huidig},t}$$

$$\text{met } P_{elek.net,t} \geq 0$$

Omdat voor deze casus geen gedetailleerde tijdreeksen van de huidige elektriciteitsverdeling bij de geselecteerde asset beschikbaar waren, zijn deze benaderd volgens de methode beschreven in [appendix I](#).

6. Casus – H₂O₂/UV zuiveringsstap

6.2 Methode kwantificeren kosten en baten (2/2)

KPI's

Voor deze casus worden per dag de volgende KPI's berekend:

- Dagelijks elektriciteitsgebruik voor UV-dosering: $E_{dag}[kWh] = \sum_{t=1}^{24} P_{UV,t}$
- Dagelijks verbruik van H₂O₂: $m_{H2O2,dag}[kg H_2O_2] = \sum_{t=1}^{24} m_{H2O2,t}$
- Dagelijkse kosten: $K_{dag}[€] = \sum_{t=1}^{24} (P_{UV,t} - P_{PV\ terug,t}) \times c_{epex,t} + m_{H2O2,t} \times c_{H2O2}$
 - $c_{epex,t}$ [€/kWh] de EPEX-electriciteitsprijs op uur t .
 - c_{H2O2} [€/kg H₂O₂] de prijs is voor pure H₂O₂-oplossing met 760 €/kg H₂O₂.
 - Aanname: geen kosten voor zon-PV-opwek.
- Dagelijkse scope 3 CO₂-emmissies¹: $m_{CO_2}[kg CO_2 eq] = \sum_{t=1}^{24} (P_{elek.net,t} \times EF_{elek.net,t} + m_{H2O2,t} \times EF_{H2O2} \times 1,1 + P_{PV\ gebruikt,t} \times EF_{PV})$
 - $EF_{elek.net,t}$ [kg CO₂ eq/kWh] de emissiefactor (scope 3) van het elektriciteitsnet op uur t .
 - EF_{H2O2} [kg CO₂ eq/kg H₂O₂] de emissiefactor van de productie van pure H₂O₂-oplossing met 1.9 kg CO₂/kg H₂O₂ (exclusief 10% bijkomende transportemissies).
 - EF_{PV} [kg CO₂ eq/kWh] de emissiefactor zon-pv opwek van drijvende zonne-eilanden met 0,05 kg CO₂ eq / kWh [14].

Indien geen bron bij een constante wordt vermeld, is deze afkomstig van PWN.

¹ Voor scope 2-emissies is aangenomen dat deze volledig zijn vergroend en daarom niet zijn meegenomen (markt-gebaseerde berekening). Conform het GHG-protocol moet echter ook de locatie gebaseerde benadering worden gerapporteerd, op basis van de werkelijke netmix.

Optimalisatie

PWN richt zich primair op het duurzaamheidsaspect, met als doel het reduceren van CO₂-emissies. De flexibele aansturing van het proces wordt daarom geoptimaliseerd op basis van de volgende doelfunctie:

$$\text{minimaliseer}(m_{CO_2})$$

De optimalisatie wordt per dag uitgevoerd, waarna KPI's worden opgeslagen. Dit proces herhaalt zich voor alle dagen van het jaar, waarbij telkens de met de dag corresponderende tijdsreeksen worden ingeladen. Voor de optimalisatie is de Simplex LP solver gebruikt.

Scenario-analyse: effect van flexibele aansturing

Twee scenario's voor het jaar 2024 zijn doorgerekend om de potentie van flexibele aansturing van de UV/H₂O₂-afbrekingsstap op Andijk te bepalen:

- Huidige aansturing** - Fungeert als baseline zonder flexibiliteit waarbij $\dot{m}_{H2O2,t}$ en $P_{UV,t}$ gelijk is gezet aan 34 kg H₂O₂/uur en 3500 KW.
- Flexibele aansturing zonder vermogenslimieten** - Onderzoekt het maximale potentieel van vraagsturing binnen de beschreven randvoorwaarden.

6. Casus – H₂O₂/UV zuiveringsstap

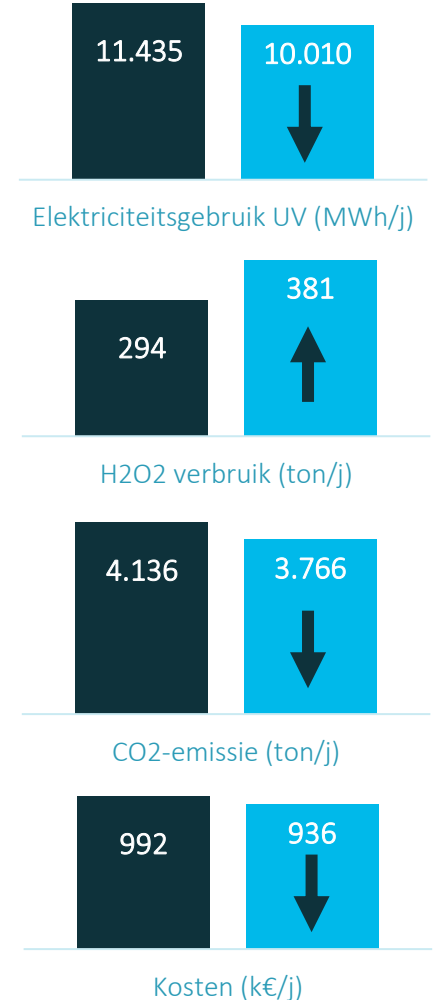
6.3 Kwantificeren kosten en baten

| | | | Scenario's | |
|--|-------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| | | | 1. Huidige bedrijfsvoering | 2. Flex zonder vermogenslim. |
| Elektriciteitsgebruik voor UV | Elek. import net | MWh/j | 9231 | 7586 |
| | Zon-pv intern gebruik | MWh/j | 2.204 | 2.424 |
| | Totaal | MWh/j | 11.435 | 10.010 |
| Zon-pv teruglevering net | | MWh/j | -221 | 0 |
| H ₂ O ₂ verbruik | | Ton/j | 294 | 381 |
| Kosten | H ₂ O ₂ | k€/j | 224 | 290 |
| | Elek. import net | k€/j | 772 | 645 |
| | Zon-pv teruglevering net | k€/j | -4 | 0 |
| | Totaal | k€/j | 992 | 936 |
| CO ₂ -eq emissie (scope 3) | H ₂ O ₂ | Ton/j | 614 | 796 |
| | Elek. import net | Ton/j | 3.412 | 2.849 |
| | Zon-pv intern gebruik | Ton/j | 110 | 121 |
| | Totaal | Ton/j | 4.136 | 3.766 |

Resultaten

Drie dagen zijn buiten beschouwing gelaten, omdat op deze dagen de reguliere bedrijfsvoering stil lag. De analyse van de resterende dagen laat de volgende effecten van flexibele aansturing zien:

- **Verhoogd intern zon-PV gebruik:** Door hoe flexibele aansturing hier is gedefinieerd (zelfconsumptie als randvoorwaarde), laten we zien dat het intern gebruik van zon-PV mogelijk kan worden verhoogd met **221 MWh (10%)**, tot 100% zelfconsumptie.
- **Verhoogd H₂O₂-verbruik en verlaagd elektriciteitsgebruik:** Binnen de gehanteerde randvoorwaarden is het doorgaans gunstiger in termen van CO₂-emissie om de UV-dosering te verlagen en de H₂O₂-dosering te verhogen. Er zijn enkele uitzonderingen: bij een groot overschot aan eigen zon-pv opwek of bij een uitzonderlijk groene elektriciteitsmix, kan het juist voordeliger zijn om meer UV in te zetten door de relatief lage CO₂-emissiefactor van elektriciteit ten opzichte van H₂O₂. Voor 2024 resulteert dit in een **daling van het elektriciteitsgebruik met circa 1.428 MWh (12%)** en een **stijging van het H₂O₂-verbruik met 87 ton (30%)**.
- **CO₂-besparing:** De netto jaarlijkse besparing bedraagt daarmee circa **370 ton CO₂ (9%)**.
- **Kostenbesparing:** Er kan jaarlijks ongeveer **€56.000 (6%)** bespaard worden. Deze besparing komt voort uit het verhoogde interne gebruik van zon-pv (waarvoor geen kosten worden gerekend in deze fase) en doordat de emissiefactor van de netmix doorgaans de trend volgt van de EPEX-marktprijzen, waardoor CO₂-vriendelijke uren vaak ook financieel aantrekkelijk zijn. De kosten van H₂O₂-dosering zijn niet tijdsafhankelijk en worden slechts bepaald door de hoeveelheid.



6. Casus – H₂O₂/UV zuiveringsstap

6.4 Conclusie en vervolgstappen

Conclusies

In deze casestudie is een globale inschatting gemaakt van de potentie van flexibele aansturing van de H₂O₂/UV zuiveringsstap op productielocatie Andijk. Twee scenario's zijn doorgerekend:

- Huidige situatie (baseline)
- Flexibele aansturing zonder vermogensbeperkingen

De belangrijkste bevindingen:

- Flexibele aansturing biedt mogelijkheden voor CO₂-reductie.
- Het resultaat en het optimale punt zijn sterk afhankelijk van de inputparameters, met name van de gekozen combinaties van H₂O₂ en UV.
- Op basis van de huidige gegevens blijkt: Het verhogen van H₂O₂ en verlagen van UV is meestal gunstiger in termen van CO₂-emissies, tenzij er veel groene of eigen elektriciteit door zonne-energie beschikbaar is — dan is meer UV juist voordeliger.



Vervolgstappen

Deze eerste verkenning toont aan dat flexibele aansturing potentie heeft. Een vervolgonderzoek wordt aanbevolen, met aandacht voor:

- Wat zijn de werkelijke operationele randvoorwaarden voor deze casus?
- Welke UV/H₂O₂-combinaties zijn technisch en praktisch toepasbaar?
- Hoe verandert de casus in het geval er extra zonne-eilanden worden geplaatst?
- Hoe verandert de casus bij inzet van duurzamere UV-lampen?
- Wat is het perspectief van de netbeheerder op deze vorm van flexibele aansturing?



7. Grondwaterproductielocaties

Parallel aan dit project is in opdracht van VEWIN in een beleidsonderbouwend onderzoek [7] onderzocht hoe grondwaterzuiveringslocaties kunnen omgaan met de netcongestieproblematiek, zonder afbreuk te doen aan leveringszekerheid.

Aanleiding en methode

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Liander, Vitens en KWR, en richtte zich op grondwaterproductielocaties met een relatief groot aansluitvermogen, gelegen in gebieden met afnamecongestie. Drie grondwaterzuiveringslocaties zijn geselecteerd en meegenomen in de studie. Voor deze locaties is een gestandaardiseerde methode ontwikkeld waarmee de mogelijkheden om flexibel met het elektriciteitsgebruik om te gaan (electriciteitsvraagsturing) systematisch kunnen worden onderzocht. De methode omvat het analyseren van het huidige elektriciteitsgebruik, het modelleren van productie- en spoelprocessen, en het optimaliseren van de aansturing binnen operationele randvoorwaarden. Eén locatie is doorgerekend met deze methode; bij de andere twee locaties bleken locatie specifieke kenmerken, zoals een omvangrijk reservoir op hoogte of de aanwezigheid van een WKK-installatie, relevanter.

Uit de studie zijn de volgende lessen getrokken:

- 1 Het seizoen waarin de congestieproblematiek op de onderstations van Liander optreedt, valt samen met een relatief rustige periode voor de drinkwaterbedrijven, namelijk de winter.
- 2 Locaties zijn interessant voor vraagsturing wanneer de processen ter plaatse aanstuurbaar zijn, en wanneer de locatie relatief grote vermogens afneemt, aangesloten op een onderstation met afnamecongestie. Deze selectie kan worden gemaakt in samenwerking met de netbeheerder.
- 3 Het formaliseren van de levering van congestiediensten is momenteel aan strenge contracten gebonden, met voorwaarden die ongunstig uitpakken voor de drinkwatersector. Deze contracten worden momenteel door de netbeheerders onder de loep genomen om samenwerking te vergemakkelijken.
- 4 Er is potentie voor het verkleinen van het elektriciteitsgebruik tijdens congestie-uren door het schuiven met productiecapaciteit en spoelmomenten van filters. Eerste modelberekeningen met een optimaliserende regelaar laten zien dat het piekvermogen tijdens congestie-uren voor een periode van een week voor grondwaterzuiveringslocatie Kolff mogelijk met 25% kan worden gereduceerd.
- 5 Wanneer wordt gekeken naar grotere productielocaties van drinkwaterbedrijven zijn deze vaak complexer van aard, wat mogelijk aanvullende, wellicht zelfs grotere kansen biedt voor flexibiliteit. Zo beschikt locatie Heumensoord samen met een aantal andere locaties over een gecentraliseerde, extra grote waterberging op hoogte, en beschikt locatie Spannenburg over methaan uit het grondwater als bijproduct waarmee lokaal elektriciteit kan worden opgewekt d.m.v. warmtekoppelingen.

A decorative graphic of a network or molecular structure, consisting of interconnected nodes and lines, rendered in shades of blue and cyan, set against a dark blue background.

Deel III Kennisuitwisseling

8. Kennisuitwisseling

8.1 Symposium Flexibiliteit in de Watersector

Op 23 september 2025 organiseerden we het symposium *Flexibiliteit in de Watersector* in het Huis voor de Provincie (Utrecht). Het doel was om de resultaten van het WiCE-project *Flexibiliteit in Water* te delen en samen met waterbedrijven, waterschappen, netbeheerders en andere belanghebbende te verkennen hoe de sector kan omgaan met de effecten van netcongestie en onbalans in het energiesysteem. Het symposium bood ruimte voor kennisdeling, discussie en het leggen van verbindingen tussen sectoren.

Programma

Inleiding op netcongestie & flexibiliteit in de watersector

Presentatie van vijf praktijkcases uit de drinkwater- en waterschapsector

Reflectie vanuit netbeheerders: netcongestie, samenwerking en contractvormen

KWR & alle aanwezigen

Interactieve sessie: samen barrières slechten voor toepassing van flex

Voor het opvragen van de slides kun je terecht bij contactpersoon Daniël Bakker.



8. Kennisuitwisseling

8.2 Klankbordgroep en overige disseminatie

Voor het *Flexibiliteit in Water* project is een klankbordgroep ingericht. Een overzicht van de leden van de klankbordgroep is hier rechts weergegeven. Gedurende de looptijd van het project is de klankbordgroep drie keer bijeengekomen. De klankbordgroep heeft de tussentijdse resultaten van het project besproken. Bovendien hebben we uitwisseling tussen de genodigde partijen gestimuleerd door telkens ook bijdragen van de leden van de klankbordgroep te agenderen.

Tijdens de looptijd van het project is tevens de connectie gemaakt met de volgende gremia:

- Het project is gepresenteerd bij het Directeurenoverleg van de drinkwatersector op 12 december 2024.
- Vanuit het project is KWR aangesloten bij de kennisgroep netcongestie georganiseerd door VEWIN vanaf 9 januari 2025.
- Het project is gepresenteerd bij de Stuurgroepen Bodem en Infrastructuur, en Bronnen en kwaliteit georganiseerd door VEWIN op 6 februari 2025.
- Het project is gepresenteerd bij de netwerkgroep industriewater op 10 september 2025, en besproken bij de netwerkgroep Water en Energie op 4 november 2025.

Verhalen over het project zijn gepubliceerd door KWR:

- Met flexibiliteit bijdragen aan de energietransitie; 11 september 2025; [link](#);
- Flexibiliteit in Water wordt opgenomen in het WICE jaaroverzicht 2025



Deel IV – Afsluiting

9. Conclusies, aanbevelingen en vervolgonderzoek

Conclusies

Drinkwaterbedrijven hebben reële mogelijkheden om hun elektriciteitsvraag flexibel te sturen en zo het benodigde netvermogen te beïnvloeden. Door processen anders aan te sturen, actief samen te werken met netbeheerders en aanvullende flexibiliteitsopties te verkennen, kunnen zij zich voorbereiden op veranderingen in het elektriciteitssysteem, die nu al zichtbaar worden. Dit biedt kansen om uitbreidingen binnen bestaande aansluitingen te realiseren en om knelpunten bij regionale netbeheerders te verlichten.

Binnen het project *Flexibiliteit in Water* is een methodiek ontwikkeld om de flexibiliteit van drinkwaterassets te identificeren en te kwantificeren op het niveau van een potentiëstudie. Deze is toegepast op twee praktijkcasussen:

1. Bij **Dunea** laat het hogedruk pompstation Brakel zien dat flexibele aansturing kan leiden tot een verlaging van de elektriciteitskosten met 15%, terwijl het piekvermogen tijdens congestie-uren van 700 naar 200 kW kan worden teruggebracht. De impact op CO₂-uitstoot blijft beperkt.
2. Bij **PWN** blijkt dat het optimaliseren van de verhouding tussen UV en H₂O₂ in de zuiveringsstap leidt tot een CO₂-reductie van 9% en een kostenbesparing van 6%, mede door verhoogd intern gebruik van zonne-energie.

Daarnaast tonen eerste modelberekeningen in een parallel project bij grondwaterproductielocaties (Vitens) een reductie van piekvermogen met circa 25% tijdens congestie-uren, mits processen zoals spoelen en productie slim worden aangestuurd. De samenwerking met Vitens en Alliander vergrootte het wederzijds begrip tussen sectoren.

Het symposium *Flexibiliteit in de Watersector* bevestigde de urgentie van het onderwerp en de bereidheid tot samenwerking. De sector staat aan het begin van een leerproces waarin praktijkervaring, kennisdeling en maatwerk centraal staan.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om de potentie van vraagsturing verder te verkennen en knelpunten in de praktijk weg te nemen, doen wij de onderstaande aanbevelingen. KWR zal na afronding van het Flex in Water project het voortouw nemen in het formuleren van een praktijkgericht onderzoeksvoorstel waarin deze elementen zoveel mogelijk terugkomen.

- Uitvoering van een **haalbaarheidsstudie** voor kansrijke assets zoals de voorzuiveringstrein (inclusief Brakel) van Dunea en de UV/H₂O₂-zuiveringsstap bij PWN, waarbij de werkelijke operationele en organisatorische randvoorwaarden in kaart worden gebracht en de effecten van flexibele aansturing op de gehele waterketen worden getoetst. De methodiek uit dit project kan daarvoor worden toegepast.
- **Batterijen** kunnen helpen bij het afvlakken van korte pieken in elektriciteitsgebruik. Tegelijkertijd zijn er zorgen over brandveiligheid, vooral op locaties met luchtinname of in waterwingebieden. Verdere verkenning is nodig voor een sectorbreed standpunt.
- **Noodstroomaggregaten** zijn verspreid door de hele sector en kunnen lokaal bijdragen aan congestieverlichting of de elektriciteitshuishouding van productielocaties. Hun inzet is echter beperkt: frequent gebruik is niet verenigbaar met hun status als noodvoorziening en ze veroorzaken relatief veel uitstoot. Binnen de sector bestaan uiteenlopende opvattingen over wanneer inzet gerechtvaardigd is. Een gezamenlijk standpunt hierover is wenselijk. Daarnaast is verdere verkenning nodig naar de technische haalbaarheid van gelijktijdige inzet van NSA-vermogen en netafname.
- **Capaciteitsbeperkende contracten** zijn op dit moment niet passend voor drinkwaterbedrijven. Deze contracten verplichten eindgebruikers tot vermogensreductie in specifieke tijdvakken en hebben doorgaans een looptijd tot het einde van de congestieproblematiek (vaak tot 2030 of langer). Ze bevatten bovendien zware aansprakelijkheidsclausules, wat voor drinkwaterbedrijven met een wettelijke leveringsplicht een (te) groot risico vormt (tenzij een NSA kan worden ingezet). Liander werkt aan nieuwe contractvormen die (mogelijk) beter aansluiten bij de operationele realiteit van de sector en meer ruimte bieden voor maatwerk.



Bronnen

- [0] Tweede kamer (2023). *Memorie van toelichting – Regels over energiemarkten en energiesystemen (Energiewet)*. Online beschikbaar: [link](#)
- [1] FAQ: *De ins- en outs van netcongestie en transportschaarste*; topsector energie; 17 mei 2023; [link](#).
- [2] Van Leerdam, R. C., As, K. S., & van der Aa, N. G. F. M. (2025). *De drinkwatervoorziening van de toekomst: Ontwikkeling bronnen, zuiveringstechnologie en klimaatrisico's 2030 tot 2050*. (RIVM-rapport 2024-0221). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Online beschikbaar: [link](#)
- [3] Sjim, J., Morales-España G., & Hernández-Serna R. (2022). *The role of demand response in the power system of the Netherlands, 2030-2050*. (TNO 2022 P10131). TNO. Online beschikbaar: [link](#)
- [4] Capaciteitskaart elektriciteitsnet | Totaal—Afname. (z.d.). Geraadpleegd 5 november 2025, Online beschikbaar: [link](#)
- [5] Flexibel stroomgebruik (z.d.). GOPACS. Online beschikbaar: [link](#)
- [6] van Gerwen, R., de Heer, H., Jansen, N., & van der Veen, A. (2021). Topsector Energie. *Flexibiliteit in de gebouwde omgeving : wegwijzer voor ondernemers*. Online beschikbaar: [link](#)
- [7] Vijverberg, L.L.M., Bakker, D.J., Heinsbroek, A. (2025). *Lessen over elektriciteitsvraagsturing bij grondwaterzuivering*. (KWR 2025.089). KWR. (Nog niet beschikbaar)
- [8] ENTSO-E. (z.d.). Transparency Platform. Online beschikbaar: [link](#)
- [9] Oesterholt, F.I.H.M., van den Brand, T.P.H., de Kramer, D. (2024). *Berekening CO2-voetafdruk van drinkwaterbedrijven*. (PCD 11). KWR. Online beschikbaar: [link](#)
- [10] GHG Protocol. (n.d.). Greenhouse Gas Protocol. Online beschikbaar: [link](#)
- [11] ecoinvent Association. (n.d.). ecoinvent. Online beschikbaar: [link](#)
- [12] NED. (n.d.). *Totale elektriciteitsproductie*. Online beschikbaar: [link](#)
- [13] Martijn, B. J., Kruithof, J. C., & Rosenthal, L. P. M. (2007). *Design and implementation of UV/H₂O₂ treatment in a full scale drinking water treatment plant*. Proceedings of the Water Environment Federation, 2007, 134-153. Online beschikbaar: [link](#)
- [14] Kester, J., Liu, J., & Binani, A. (2024). *Carbon Footprint Analysis of Floating PV systems* (Report IEA-PVPS T12-29:2024). TNO. Online beschikbaar: [link](#)



Groningehaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



[@KWR_Water](#)



[KWR](#)



[KWR_Water](#)




Daniël Bakker

Daniel.Bakker@kwrwater.nl
+31 30 606 9544




Dirk Vries

dirk.vries@kwrwater.nl
+31 30 606 9671




Lotte Vijverberg

Lotte.Vijverberg@kwrwater.nl
+31 30 606 9616



Colofon

WiCE 2025.009 | December 2025

Opdrachtnummer
404845

Projectmanager
Daniël Bakker

Opdrachtgever
Waterwijs - WiCE programma

Kwaliteitsborging
Frank Oesterholt

Auteurs

Daniël Bakker
Lotte Vijverberg
Dirk Vries

Trefwoorden

Vraagsturing, Netcongestie,
Drinkwaterassets, Elektriciteit,
Flexibiliteit

Copyright

December 2025 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR.
Niets uit deze uitgave mag - zonder
voorafgaande schriftelijke toestemming van
KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen
in een geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op
enige wijze, hetzij elektronisch,
mechanisch, door fotokopieën, opnamen,
of enig andere manier.

Bijlage I: Benadering elektriciteitsmix UV-vermogen

Voor de casus van de UV/H₂O₂-zuiveringsstap ([hoofdstuk 6](#)) was de verdeling van het UV-vermogen tussen het elektriciteitsnet en de eigen zon-PV-opwek niet beschikbaar. Deze verdeling is daarom benaderd op basis van beschikbare tijdreeksdata voor het gehele productiestation:

- Totale elektrische import van het net ($P_{elek.net\ tot,t} [kW]$);
- Totale zon-PV opwek ($P_{PV\ tot,t} [kW]$);
- Teruggeleverde zon-PV opwek ($P_{PV\ terug,t} [kW]$).

Op basis van bovenstaande gegevens is het netto intern gebruikte zon-PV-vermogen ($P_{PV\ gebruikt\ tot,t} [kW]$) berekend:

$$P_{PV\ gebruikt\ tot,t} = P_{PV\ tot,t} - P_{PV\ terug,t}$$

Om de elektriciteitsmix specifiek voor het UV-vermogen te bepalen, is aangenomen dat de verdeling van elektriciteitsbronnen voor het gehele productiestation representatief is voor het UV-deel. Op basis van deze aanname wordt de mix proportioneel vertaald naar het UV-vermogen, volgens de volgende relatie:

$$P_{PV\ gebruikt\ huidig,t} = \frac{P_{PV\ gebruikt\ tot,t}}{P_{elek.net\ tot,t} + P_{PV\ gebruikt\ tot,t}} \times P_{UV\ huidig}$$

en daarmee:

$$P_{net\ huidig,t} = P_{UV\ huidig} - P_{PV\ gebruikt\ huidig,t}$$