



Zoetwatervoorziening Waterschap Zuiderzeeland

Eindrapport

Opdrachtgever



Deltares



Waterschap Zuiderzeeland



Zoetwatervoorziening

Waterschap Zuiderzeeland

Eindrapport



Auteurs

Michiel Pezij (HKV)
Durk Klopstra (HKV)
Laura de Vries (HKV)
Gé van den Eertwegh (KnowH2O)
Joost Delsman (Deltares)
Joachim Rozemeijer (Deltares)

Deltares

PR4548.10

april 2022

Inhoud

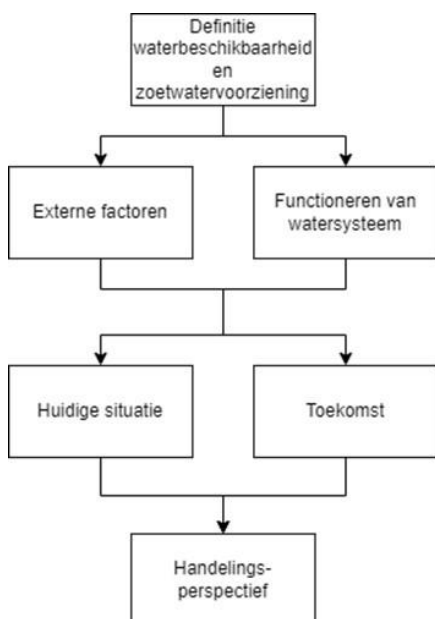
1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel van dit rapport	1
1.2	Aanpak	1
1.3	Beschikbare gegevens	2
1.4	Leeswijzer	3
2	Het hoe en waarom van de zoetwatervoorziening	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Beschrijving watersysteem	4
2.3	Droogte en watertekorten	7
2.4	Overige aandachtsgebieden	9
3	Externe omgevingsanalyse	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Meteorologische droogte	12
3.3	Klimaatverandering	15
3.4	Waterbeschikbaarheid van het IJsselmeergebied	16
3.5	Veranderende en nieuwe watergebruikers in het beheergebied	18
3.6	Conclusies	20
4	Het functioneren van de zoetwatervoorziening	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Huidige situatie	21
4.3	Toekomstige situatie	37
4.4	Aandachtspunten natuur	45
4.5	Wateraanvoercapaciteit	45
4.6	Conclusies	47
5	Conclusies	49
6	Handelingsperspectief	51
6.1	Inleiding	51
6.2	Monitoring	51
6.3	Vergroten van de externe watervoorraad	52
6.4	Vergroten van de interne watervoorraad	52
6.5	Beperken van de watervraag	53
6.6	Verbeteren van de waterkwaliteit	55
7	Referenties	56
	Bijlagen	58

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van dit rapport

In het zomerhalfjaar is in Nederland de verdamping hoger dan de neerslag. Dit heeft tot gevolg dat diverse functies water onttrekken aan het oppervlaktewater en het grondwater, om te voorkomen dat watertekorten en daarmee schade ontstaan. De grootste watergebruiker met een groot economisch belang in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland is de landbouw. Door de gunstige bodemopbouw zijn landbouwopbrengsten hoog, mits voldoende water van de minimaal benodigde kwaliteit beschikbaar is. Maar ook de natuur en andere functies hebben behoefte aan voldoende water. Door de lage ligging van het beheergebied en de nabijheid van het IJsselmeer¹ is in de huidige situatie doorgaans voldoende water beschikbaar. Dat betekent niet dat er geen problemen zijn, of aan gaan komen. In de huidige situatie is de waterkwaliteit in het beheergebied van waterschap Zuiderzeeland bijvoorbeeld niet overal optimaal, waardoor sommige gewassen niet beregend kunnen worden. De vraag is ook wat de toekomst gaat brengen. Het extreem droge jaar 2018 maakte duidelijk dat de waterbeschikbaarheid in het beheergebied onder druk kan komen te staan. De vraag is hoe vaak dergelijke extreem droge jaren mogen worden verwacht, nu en in de toekomst, wetende dat het klimaat verandert. Bovendien komen er nieuwe functies bij in het beheergebied die behoefte hebben aan zoet water. Kortom, de watervraag in het beheergebied gaat groter worden terwijl de waterbeschikbaarheid waarschijnlijk gaat afnemen. De vraag is dan ook of het waterschap in de toekomst in staat zal zijn voldoende water aan te voeren voor de diverse functies om aan de groeiende vraag te voldoen en wat in dit kader het handelingsperspectief van het waterschap is. In dit rapport gaan we in op deze vragen.

1.2 Aanpak



We analyseren en beoordelen de zoetwatervoorziening volgens de stappen in Figuur 1.

Allereerst worden de verschillende begrippen rond het thema waterbeschikbaarheid gedefinieerd en de randvoorwaarden in kaart gebracht. Vervolgens richten we ons op de externe factoren en ontwikkelingen waar het waterschap rekening mee dient te houden. Het gaat dan om ontwikkelingen waar het waterschap zelf geen of beperkt invloed op heeft, maar die wel relevant zijn voor de zoetwatervoorziening en waterbeschikbaarheid. Daarna beoordelen we het functioneren van de zoetwatervoorziening in het beheergebied van het waterschap. Hiervoor richten we ons op zowel de huidige situatie (periode 2015-2020) als de verwachte toekomstige situatie in 2050, op het gebied van waterkwantiteit en waterkwaliteit.

Figuur 1: Aanpak project Waterbeschikbaarheid Waterschap Zuiderzeeland.

¹ In dit rapport doelen we met IJsselmeer op IJsselmeer, Markermeer en de randmeren.

Tot slot beoordelen we de verkregen inzichten om het handelingsperspectief van het waterschap en andere betrokkenen in kaart te brengen. Op deze wijze krijgt het waterschap inzicht in de huidige werking van het watersysteem, de verwachte toekomstige ontwikkelingen en wat deze inzichten betekenen voor de waterbeschikbaarheid nu en in de toekomst.

1.3 Beschikbare gegevens

We maken voor het onderzoek gebruik van zowel kennis en meetgegevens van het waterschap, literatuur, modelresultaten als ook het oordeel van deskundigen om zo tot een goed onderbouwde analyse te komen.

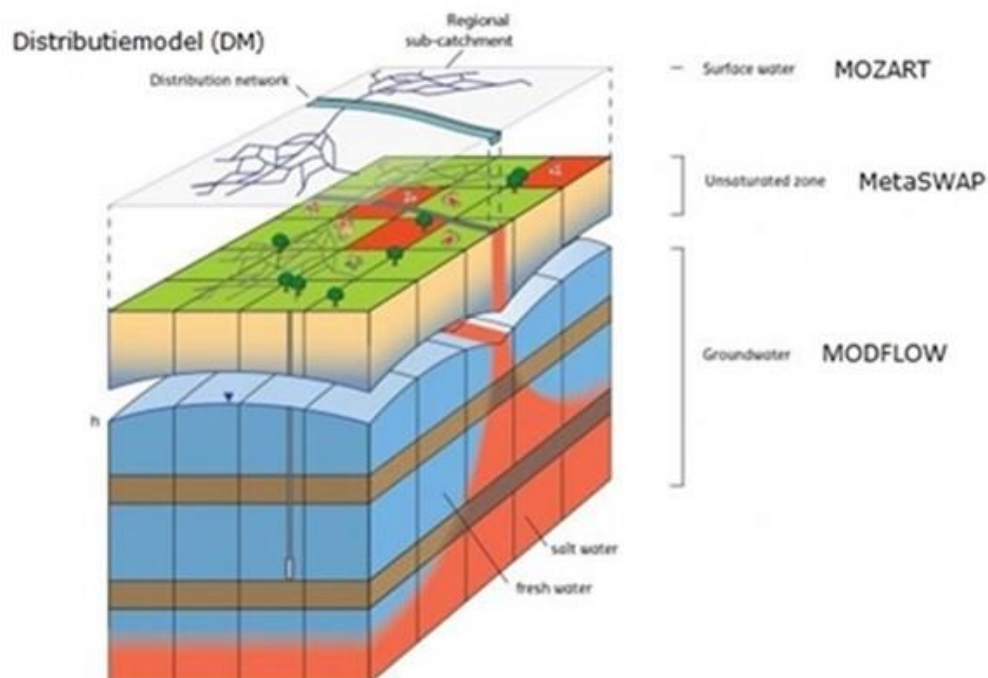
Opbouw van het LHM

Het toegepaste model betreft het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). Het LHM is een geïntegreerd landsdekkend grond- en oppervlaktewatermodel van Nederland. Het LHM wordt binnen het Nationaal Water Model (NWM) ingezet voor diverse beleidsstudies op het gebied van:

- Zoetwater, zoals het Deltaprogramma Zoetwater, en;
- Waterkwaliteit, zoals ten behoeve van de KRW-Stroomgebied Beheerplannen.

Het LHM bestaat uit een koppeling van verschillende modellen, zie Figuur 2.²

- MODFLOW (verzadigde zone);
- MetaSWAP (onverzadigde zone);
- MOZART (regionaal oppervlaktewater);
- Distributiemodel (DM, landelijk oppervlaktewater);
- WOFOST (gewasgroei, niet weergegeven in de figuur).



Figuur 2: Opbouw van het LHM (bron: Deltares).

² We verwijzen voor meer informatie over het NHI, LHM en het LHM zoet-zout naar www.nhi.nu.

Eind 2019 is LHM versie 4.0 beschikbaar gekomen. Deze versie bevat belangrijke wijzigingen in vergelijking met vorige LHM-versies. De schematisatie en parameterisatie van de ondergrond is geactualiseerd en gebaseerd op actuele informatie in REGIS en GeoTOP. Daarnaast is - ten behoeve van een betere simulatie van de gewasverdamping - een dynamische koppeling gemaakt tussen het model voor de onverzadigde zone MetaSWAP en het gewasgroeimodel WOFOST en zijn diverse overige wijzigingen doorgevoerd. Gezien de beoogde toepassing van deze nieuwe LHM-versie in waterkwaliteitsvraagstukken is begin 2020 besloten om nog een verbeter- en kalibratieslag uit te voeren, die heeft geresulteerd in het LHM 4.1. Deze versie is in 2021 uitgebreid gevalideerd en getoetst op nauwkeurigheid met een grote set aan meetgegevens (HKV, 2021a).

Naast LHM 4.0 is in 2020 een zoet-zoutmodel voor Nederland opgezet. Met dit model (LHM zoet-zout) is ook een nieuwe initiële chlorideverdeling voor het LHM beschikbaar gekomen. In LHM versie 4.1 is deze nieuwe verdeling geïntegreerd.

Toepassing van modelresultaten

In dit onderzoek hebben we gebruik gemaakt van de rekenresultaten van LHM versie 4.1 om de waterbeschikbaarheid te bepalen voor de jaren 2015-2020. Deze rekenresultaten zijn alleen beschikbaar voor de huidige situatie en het huidig klimaat. In deze periode zijn 2015, 2016 en 2017 vanuit oogpunt van droogte vrij gemiddelde jaren, terwijl 2019 en 2020 droge jaren waren en 2018 een vrij extreem droog jaar. In bijlage B is weergegeven wat voor deze jaren in Nederland de opgetreden droogte was op basis van het cumulatieve neerslagtekort. Het cumulatieve neerslagtekort is het gesommeerde verschil tussen neerslag en verdamping over het zomerhalfjaar.

Voor de analyse van de toekomstige situatie, inclusief de effecten van klimaatverandering, hebben we gebruik gemaakt van de Deltascenario's (ook wel basisprognoses genoemd), die in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater met LHM versie 3 zijn doorgerekend³. In deze scenario's is de zoetwatervoorziening van Nederland doorgerekend voor een periode van honderd jaar, voor zowel het huidige klimaat als het toekomstige klimaat, met voor de toekomst naast het klimaat ook scenario's voor socio-economische ontwikkelingen. Het klimaatscenario dat we in dit onderzoek hebben toegepast lichten we toe in paragraaf 3.3. Verder verwijzen we naar bijlage A.

Gebruik van meetgegevens

Naast modelresultaten van het LHM is gebruik gemaakt van meetgegevens van het waterschap betreffende opgetreden aan- en afvoer van water en opgetreden EC-waarden. Deze meetgegevens zijn gebruikt om de werking van het watersysteem te kunnen begrijpen en om de nauwkeurigheid van de modelresultaten van het LHM te kunnen duiden en waar nodig aan te passen. In het rapport komt in de relevante hoofdstukken het gebruik van meetgegevens terug.

1.4 Leeswijzer

We definiëren de begrippen die in dit onderzoek gebruikt worden in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 gaat in op de externe factoren die invloed hebben op de waterbeschikbaarheid in het beheergebied van het waterschap. Het functioneren van de zoetwatervoorziening nu en in de toekomst wordt toegelicht in hoofdstuk 4. Conclusies en aanbevelingen worden besproken in hoofdstuk 5. Tot slot bespreken we het handelingsperspectief in hoofdstuk 6. Voor de leesbaarheid refereren we in dit rapport naar de Noordoostpolder als NOP en naar Zuidelijk en Oostelijk Flevoland als ZOF.

³ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water-model/basisprognoses/basisprognoses-2018-zoetwater/>

2 Het hoe en waarom van de zoetwatervoorziening

2.1 Inleiding

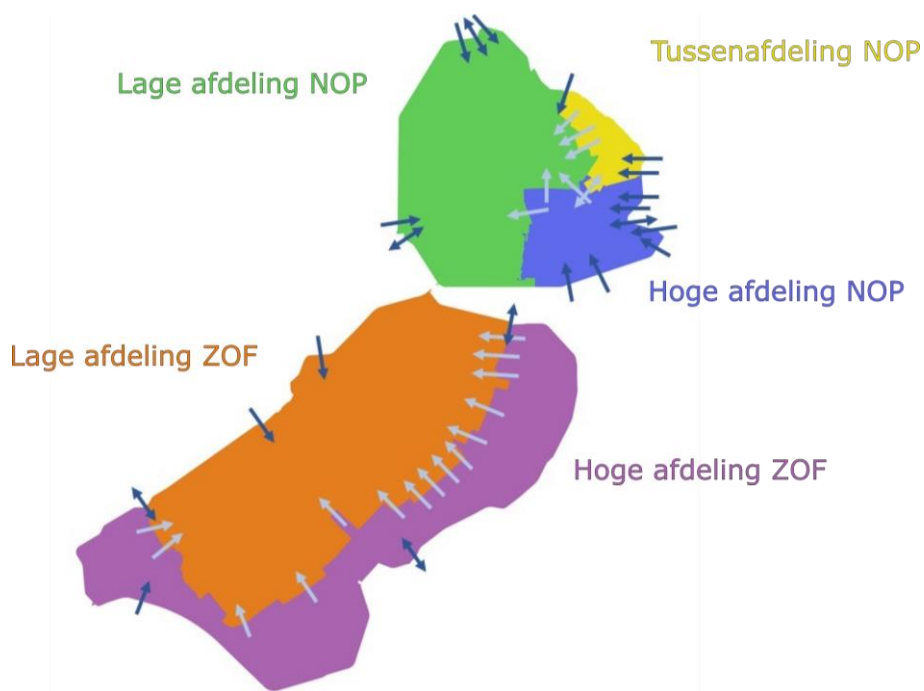
In Nederland is in het winterhalfjaar sprake van een wateroverschot, terwijl in de zomer een tekort aan water optreedt in de bodem doordat de verdamping hoger is dan de neerslag. Om schade als gevolg van watertekorten zoveel mogelijk te voorkomen, voert Waterschap Zuiderzeeland water aan uit het IJsselmeer. Voordat we daar verder op ingaan, beschrijven we eerst het watersysteem dat beheerd wordt door het waterschap, het ontstaan van watertekorten, welke definities we daarvoor hanteren en wat de taken en verantwoordelijkheden zijn van de betrokken partijen.

2.2 Beschrijving watersysteem

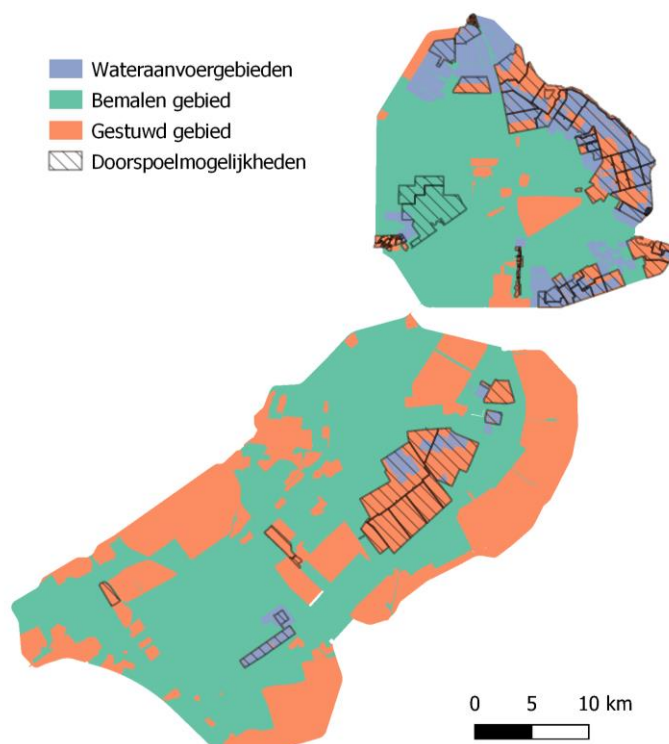
Allereerst geven we een algemene beschrijving van het watersysteem in het beheergebied. We beschrijven de bronnen die zorgen voor wateraanbod en de functies die voor een watervraag zorgen. Ook beschrijven we het oppervlaktewatersysteem, waarin onderscheid wordt gemaakt in bemalen en gestuwde gebieden. Hierbij gebruiken we de afkortingen NOP (Noordoostpolder) en ZOF (Zuidelijk en Oostelijk Flevoland). In de NOP en ZOF wordt een gebiedsindeling gehanteerd waarbij gebieden met een vergelijkbaar peil zijn ingedeeld in een afdeling. Deze afdelingen zijn weergegeven in Figuur 3.

2.2.1 Wateraanbod

Het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland kent verschillende bronnen die bijdragen aan het wateraanbod. Zo is neerslag een grote bron van zoet water. Daarnaast komt water uit diepere bodemlagen terecht in de wortelzone en vooral in het oppervlaktewater, in de vorm van kwelwater. Verder kan water uit grondwater in diepere bodemlagen opgepompt worden door agrariërs voor de beregening van hun percelen. Het waterschap zorgt ervoor dat water dat afkomstig is van het IJsselmeersysteem aangevoerd kan worden naar de plekken waar het nodig is. Het wateraanvoersysteem bestaat uit inlaten vanuit het IJsselmeer, Markermeer en Veluwerandmeren en de wateren met bijbehorende kunstwerken die het aangevoerde water verdelen. Ook komt via de afvalwaterzuiveringsinstallaties (AWZI) effluent het oppervlaktewatersysteem binnen. Figuur 3 geeft een overzicht van de wateraanvoerlocaties weer. In Figuur 4 is weergegeven wat de wateraanvoergebieden zijn waar speciale voorzieningen zijn getroffen om water te kunnen aanvoeren voor bijvoorbeeld doorspoeling. Dit betekent echter niet dat in de andere gebieden van het figuur geen water kan worden aangevoerd; ook in een deel van de groene en oranje gebieden kan water worden aangevoerd.



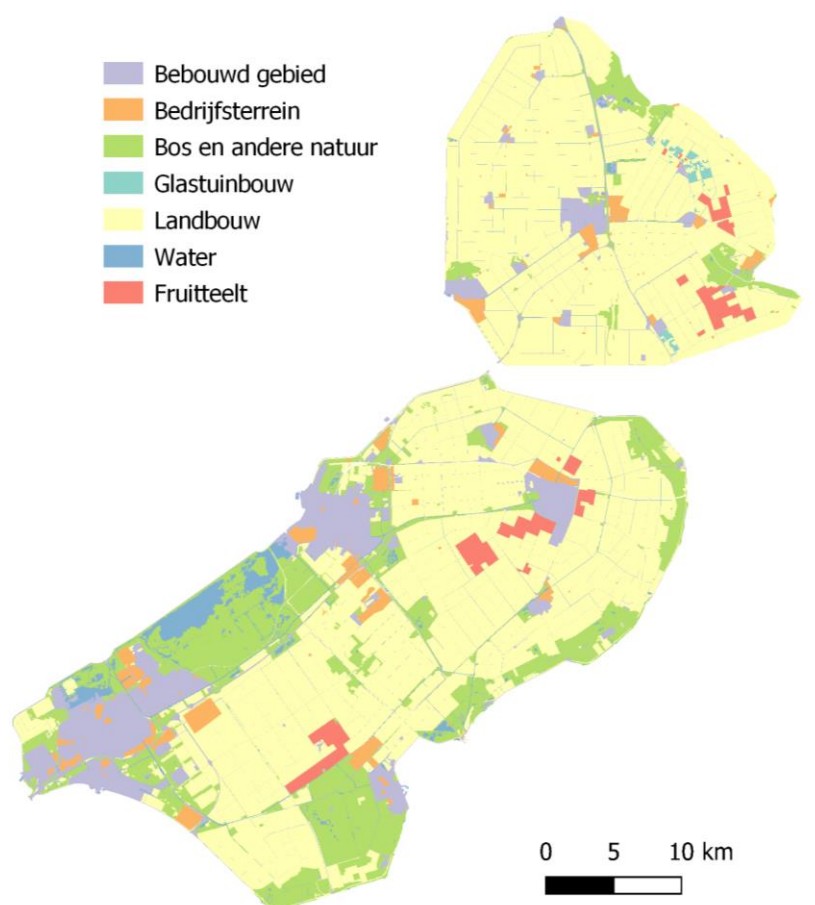
Figuur 3: De afdelingen van de NOP en ZOF zijn weergegeven als gekleurde vlakken. Wateraanvoerlocaties zijn aangegeven met pijlen: extern (donkerblauw) en intern (lichtblauw).



Figuur 4: Wateraanvoergebieden en gebieden doorspoelmogelijkheden in de NOP en ZOF.

2.2.2 Watervraag

Binnen het beheergebied zorgen verschillende functies voor een watervraag aan het oppervlakte- en bodemsysteem. Landbouw vormt een grote watervrager. Ook de natuur zorgt voor een toenemende watervraag. Verder dient een deel van de watergangen doorgespoeld te worden doordat zoute kwel naar het oppervlak komt. Dit water wordt door gemalen aan de rand van het beheergebied uit het beheergebied geslagen richting het IJsselmeer, het Markermeer en de overige randmeren. Als gevolg van verdamping, doorspoeling, bemalingen en overige onttrekkingen dienen de waterpeilen in de NOP en ZOF beheerd te worden. Indien nodig worden de peilen gehandhaafd door water in te laten. Het peilbeheer en de doorspoeling zijn dus belangrijke onderdelen van de totale watervraag. Er zijn meerdere functies die water vragen aan het oppervlakte- en bodemsysteem, zoals weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Ruimtelijke verdeling van watervragers in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland.

Figuur 5 is gebaseerd op het Bestand Bodemgebruik 2015 van het CBS, aangevuld met meer recente data: TOP10NL-gegevens voor bebouwd gebied en IBIS-NL-gegevens voor industrieterreinen. De ligging van de fruitteeltgebieden is door het waterschap aangeleverd. In de fruitteeltgebieden is sprake van nachtvorstbestrijding in het voorjaar, waar grote hoeveelheden water voor nodig zijn en waar de watergangen en kunstwerken op gedimensioneerd zijn.

In de toekomst zullen er nieuwe functies bijkomen die water nodig hebben. Dit bespreken we in hoofdstuk 3.

2.3 Droogte en watertekorten

Indien in droge tijden het wateraanbod niet aan de watervraag kan voldoen ontstaan watertekorten. In deze paragraaf definiëren we de begrippen droogte en watertekort.

2.3.1 Meteorologische droogte

Er is sprake van meteorologische droogte als de verdamping hoger is dan de neerslag. De meteorologische droogte wordt door het KNMI uitgedrukt in het neerslagtekort. Het neerslagtekort is het verschil tussen de gemeten neerslag en de berekende referentiegewasverdamping (op basis van de Makkink-formule). Het KNMI houdt jaarlijks het cumulatieve neerslagtekort bij voor de periode 1 april tot en met 30 september⁴. Door het cumulatieve neerslagtekort van een specifiek jaar te vergelijken met een gemiddeld jaar kan de ernst van de meteorologische droogte geïndiceerd worden. De bijlage bevat een overzicht van (het landelijk gemiddelde van) het cumulatieve neerslagtekort in de jaren 2016 tot en met 2020.

2.3.2 Hydrologische droogte

Planten verdampen water dat beschikbaar is in het bovenste deel van de bodem. Door meteorologische droogte neemt de beschikbare hoeveelheid water in het bodem- en watersysteem af, wat tot hydrologische droogte leidt. Agrariërs beregenen daarom hun percelen in het zomerhalfjaar. Wanneer de droogte groter is dan gecompenseerd kan worden met beregening, ontstaan watertekorten in de bodem en hebben gewassen onvoldoende water tot hun beschikking voor een optimale groei. Hydrologische droogte leidt dus tot een verlaagde gewasgroei, schade in de natuur en dalende grondwaterstanden. Er kunnen ook watertekorten in het oppervlaktewatersysteem ontstaan, die opgelost moeten worden door (meer) extern water in te laten in het beheergebied.

2.3.3 Watertekort

Meteorologische en hydrologische droogte kunnen leiden tot watertekorten. We onderscheiden twee vormen van watertekorten:

Tekort aan oppervlaktewater (wateraanvoertekort)

In het beheergebied is in droge tijden sprake van vraag naar oppervlaktewater ten behoeve van peilbeheer, beregening uit het oppervlaktewater en doorspoeling. Het tekort is de hoeveelheid water die de gebruikers van het oppervlaktewater extra nodig hebben boven de toegeleverde hoeveelheid. De watervraag voor peilbeheer ontstaat door zowel verdamping in het oppervlaktewatersysteem als infiltratie richting de bodem. Een tekort voor peilbeheer betekent dat de oppervlaktewaterpeilen gaan uitzakken. Het tekort voor doorspoeling heeft tot gevolg dat zouttolerantie-drempels of andere kwaliteitseisen niet gehaald worden. Een tekort voor beregening betekent dat er onvoldoende water is om aan de beregeningsvraag van landbouwgebieden te voldoen. Oppervlaktewatertekorten geven dus de beperkingen van het huidige watersysteem inclusief de daarin aanwezige infrastructuur weer. In de zogenaamde verdringingsreeks is vastgelegd in welke volgorde functies worden gekort op de wateraanvoer als zich watertekorten voordoen.

⁴ Overigens is bekend dat ook voor de datum van 1 april al neerslagtekorten (kunnen) voorkomen. We sluiten uit oopunt van consistentie aan bij de huidige definities van het KNMI.

Tekort aan water in de bodem (bodemvocht en grondwater)

Het tekort aan water in de bodem is met name relevant voor gewassen en (natte) natuur, maar kan ook leiden tot bodemdaling. Dit tekort kan worden uitgedrukt in de verdampingsreductie. Gewassen natuurlijke vegetatie kunnen bij watertekorten in de bodem minder verdampen dan potentieel mogelijk is. Het tekort van water in de bodem wordt veroorzaakt door perioden zonder - of met weinig - neerslag (meteorologische droogte) en beperkingen in de beregeningscapaciteit. Dit tekort manifesteert zich met name als een tekort van bodemvocht in de onverzadigde zone. Daarnaast kunnen grondwaterstanden extra uitzakken door onttrekkingen. Verder hebben watertekorten in natuurgebieden negatieve consequenties voor ecologische waarden.

Het tekort van water in de bodem geeft weer of gewassen en natuurlijke vegetatie voldoende water ter beschikking hebben, ook in gebieden waar beperkt of geen wateraanvoer mogelijk is. Het is dus van belang om naar zowel tekorten in het oppervlaktewater als bodemsysteem te kijken om de waterbeschikbaarheid goed te kunnen beoordelen.

2.3.4 Droogte en waterkwaliteit (verzilting)

De zoetwatervoorziening heeft ook een relatie met de waterkwaliteit. Het grondwater in laaggelegen Nederland, waaronder de NOP en ZOF, is op veel plaatsen brak. Dit grondwater stroomt vanuit het eerste watervoerende pakket naar het oppervlak. Dit fenomeen staat bekend als zoute kwel. Zoute kwel leidt tot verzilting van oppervlaktewater. In tijden van droogte vermindert de aanvoer van zoet water uit neerslag, waardoor de verzilting van het oppervlaktewater toeneemt. Het overgrote deel van de land- en tuinbouwgewassen en vegetatie in natuurgebieden heeft zoet water nodig. Te hoge zoutgehalten leiden tot schade aan de gewassen en beperkt de ontwikkeling van beoogde natuurdoeltypen. Het spreekt daarnaast voor zich dat drinkwater zoet moet zijn. Verder mag ook koelwater niet te zout zijn, zout water tast technische installaties aan. In dit onderzoek toetsen we de optredende EC-waarden aan de tolerantiedrempels voor gewassen die zijn gedefinieerd door Stuyt et al. (2016).

2.3.5 Zoetwatervoorziening: wie doet wat?

Om de watertekorten als gevolg van droogte zoveel mogelijk te beperken voert het waterschap water aan via de hoofdwatergangen. Het waterschap faciliteert dus de toegang van verschillende gebruikers tot zoet water in het oppervlaktewater. Het waterschap voert niet alleen water aan om droogte tegen te gaan, maar ook om de verzilting zo goed mogelijk onder controle te houden.

Het door het waterschap aangevoerde water komt uit het IJsselmeer, Ketelmeer en het Markermeer en de interne herverdeling van water in het beheergebied. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de waterbeschikbaarheid op de Rijkswateren. Als op het IJsselmeer, Ketelmeer en Markermeer een watertekort ontstaat, gaat Rijkswaterstaat in gesprek met alle waterschappen die afhankelijk zijn van dit water om het zo goed mogelijk te verdelen. Waterschap Zuiderzeeland is ook bij deze overleggen en heeft daarin een stem. Het besluit over de uiteindelijke waterverdeling ligt in het Regionaal Droogte Overleg (RDO) en op nationaal niveau bij de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW), die de minister informeert en adviseert.

De agrariërs zijn de grootste gebruikers van water in het beheergebied van het waterschap. Zij zorgen er zelf voor dat ze met beregeningsinstallaties de watertekorten in de bodem aanvullen en daarmee de gewassen van water voorzien.

Agrariërs pompen voor de beregening zowel water uit het grondwater als uit het oppervlaktewater op. De boeren en het waterschap hebben afgesproken dat waar nodig de boeren zelf zorgen dat er voldoende water in de perceelsslots beschikbaar is door het water uit de hoofdwatgangen over de peil scheidende stuwten te pompen.

Er zijn daarnaast nog andere belanghebbenden. Provincie Flevoland is verantwoordelijk voor het beheer van de grondwatervoorraden ten behoeve van drinkwatervoorziening. Ook heeft drinkwaterbedrijf Vitens een belang door de drinkwaterwinning uit diepere grondwaterpakketten.

2.4 Overige aandachtsgebieden

Aanvullend op het voorgaande zijn er nog een aantal specifieke aandachtsgebieden in relatie met waterbeschikbaarheid. We bespreken kort elk aandachtsgebied.

Doorspoeling

Om waterkwaliteitsproblemen te verminderen, vindt doorspoeling plaats in een aantal gebieden. De gebieden waar specifieke aanvoer- en doorspoelmogelijkheden zijn geïmplementeerd zijn reeds benoemd en weergegeven in Figuur 4. Mogelijk gebeurt het doorspoeling/aanvoeren ook impliciet in andere delen van het beheergebied.

Nachtvorstbestrijding

Er vindt nachtvorstbestrijding plaats in gebieden met fruitteelt, zie Figuur 5. Deze nachtvorstbestrijding vindt met name plaats in het vroege voorjaar. In deze tijd van het jaar is voldoende water beschikbaar en worden geen watertekorten verwacht.

Bruinrotgebieden

Bruinrot is een plantenziekte die bekend staat als ziekteveroorzaker voor aardappelen. De bacterie komt voor in oppervlaktewater. Hoewel de bacterie geen gevaar vormt voor de volksgezondheid, zorgt de ziekte wel voor mislukte aardappeloogsten. Als de bacterie aanwezig is in oppervlaktewater, mag het water uit die watgangen niet gebruikt worden voor beregening van zetmeel- en consumptieaardappelen. Voor pootaardappelen geldt in geheel Nederland een verbod op het gebruik van oppervlaktewater voor beregening. De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit brengt periodiek de gebieden in kaart waar een beregeningsverbod vanwege bruinrot geldt. Hierbij worden op vooraf vastgestelde locaties watermonsters genomen en onderzocht. De laatste update is gepubliceerd in 2020. In het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland geldt een beregeningsverbod uit de Urkervaart tussen Urk en Tollebeek, zie Figuur 6.



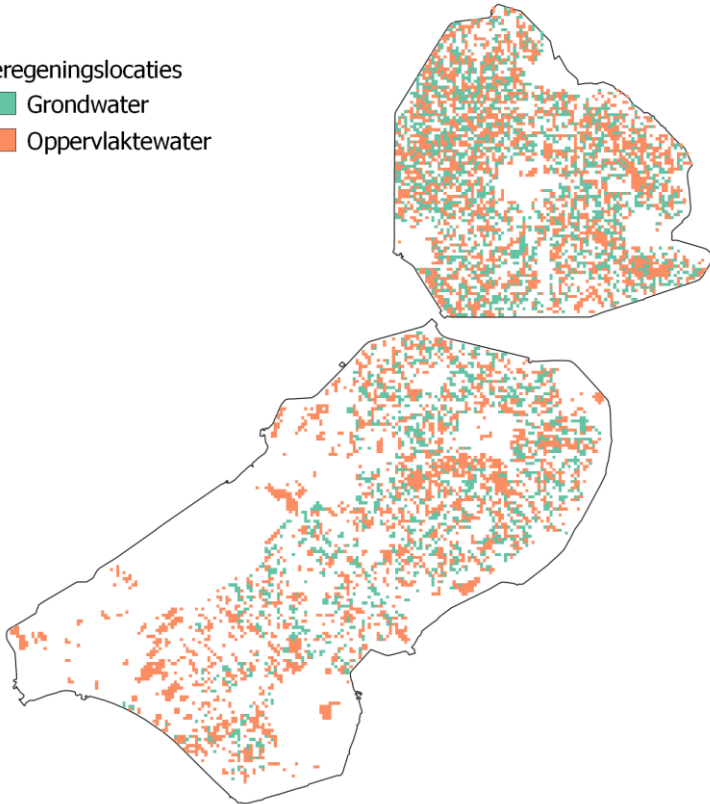
Figuur 6: Watergangen met beregeningsverboden door aanwezigheid van de bruinrotbacterie rond Urk.

Beregening uit oppervlaktewater en grondwater

Beregening uit oppervlaktewater en grondwater vormt een belangrijke zoetwaterbron voor agrariërs. Om te bepalen of tekorten optreden in het oppervlakte- of bodemsysteem, is het relevant om de locatie van de beregeningsputten in beeld te hebben. Op basis van vergunde beregeningslocaties en eerdere studies (bijvoorbeeld de zogenaamde mei-tellingen) is in het LHM een schematisatie van de beregeningslocaties toegevoegd. Uit oogpunt van consistentie gebruiken we de schematisatie van modelversie 4.1. Hierbij moet opgemerkt worden dat tijdens de validatie van het LHM 4.1 is geconcludeerd dat de schematisatie van de beregeningslocaties verouderd is (HKV, 2021a). Een update van deze locaties is doorgevoerd in modelversie 4.2 eind 2021. De modelresultaten waren echter nog niet beschikbaar voor deze studie. Een aanbeveling is dus om de analyse van de beregeningslocaties in een later stadium te herhalen wanneer de nieuwe schematisatie en bijbehorende modelresultaten beschikbaar komen.

Het waterschap heeft daarnaast een overzicht van de vergunde capaciteit van de grondwater-onttrekkingen op gemeenteschaal voor de gemeenten Dronten, Lelystad, Almere, Noordoostpolder, Zeewolde, Urk en Steenwijkerland. Dit zijn ooit vergunde vergunningen en het is dus de vraag of dit overzicht nog up-to-date is.

Beregeningslocaties
■ Grondwater
■ Oppervlaktewater



Figuur 7: Beregeningslocaties zoals geschematiseerd in het LHM versie 4.1.

3 Externe omgevingsanalyse

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de externe factoren en ontwikkelingen waar het waterschap zelf geen of slechts beperkt invloed op heeft, maar die wel belangrijk zijn voor de vraag of het waterschap moet handelen om de zoetwatervoorziening veilig te stellen. Allereerst duiden we de meteorologische droogte aan de hand van de recente droge zomers van 2018-2020, met de focus op het meest extreme droge jaar 2018. Hoe droog was het in de zomer van 2018 en hoe vaak komt zo'n droge zomer voor? We beantwoorden die vraag vanuit het perspectief van de neerslag en verdamping in de afgelopen honderd jaar. Vervolgens kijken we naar de gevolgen van klimaatverandering. Wat betekent dat voor droogte en hoe vaak komt een jaar zoals 2018 in de toekomst voor? We kijken daarbij ook hoe de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer zich ontwikkelt. Tot slot gaan we in op mogelijke nieuwe watergebruikers in het beheergebied die een beroep zullen gaan doen op de zoetwatervoorziening.

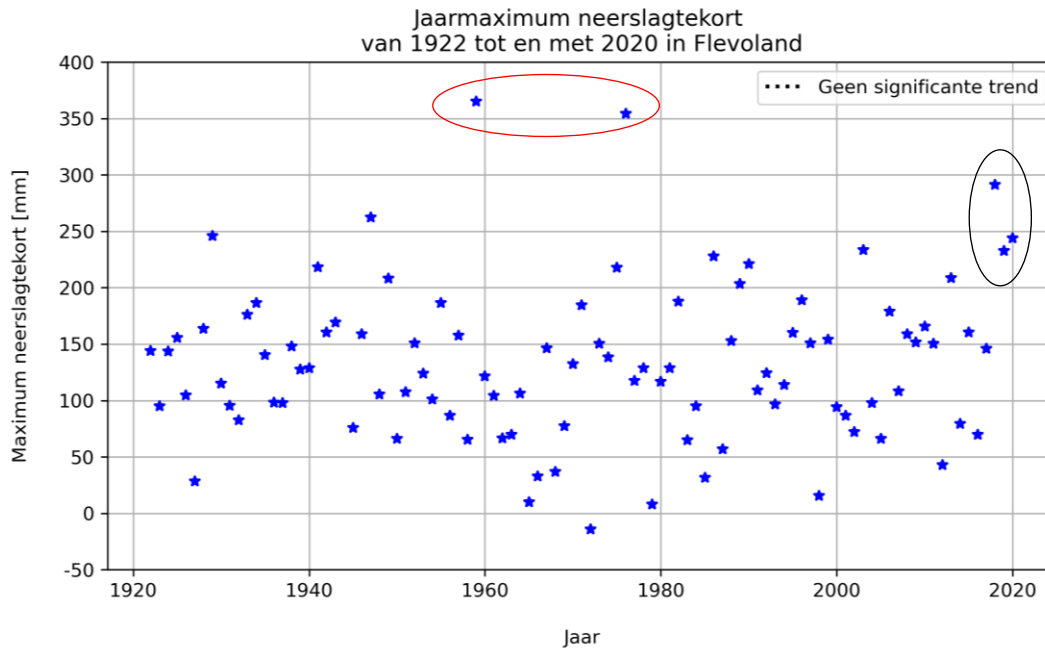
3.2 Meteorologische droogte

Droogte in de afgelopen honderd jaar

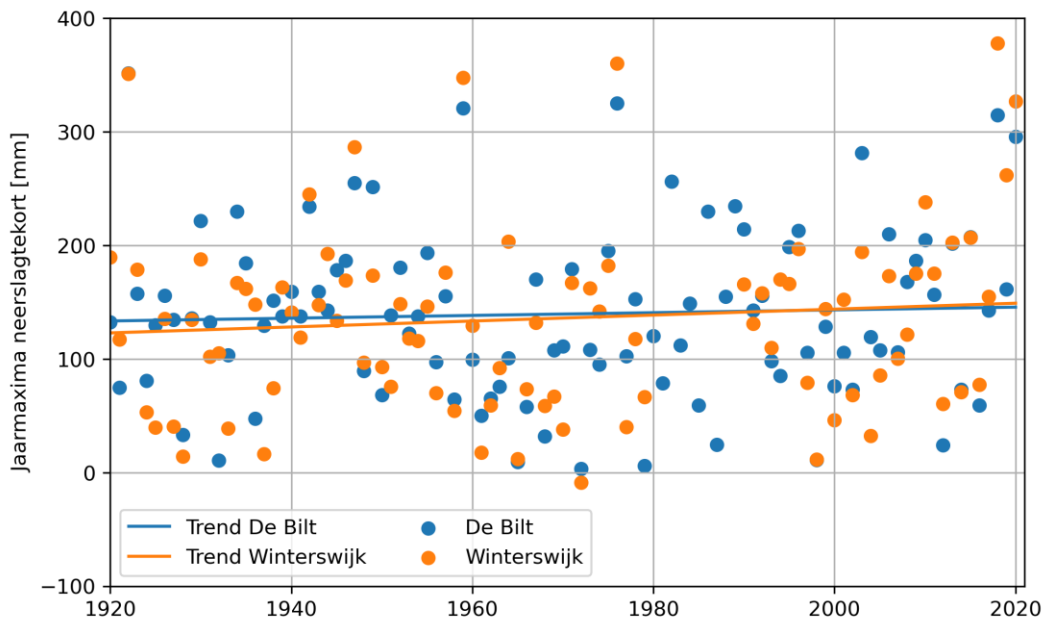
We hebben voor het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland een reeks afgeleid van het maximale cumulatieve neerslagtekort per zomerhalfjaar in de afgelopen honderd jaar. De gevolgde methode wordt in bijlage A beschreven. Het resultaat is weergegeven in Figuur 8. In de figuur zien we dat in het beheergebied de zomers van 2018-2020 droog waren, maar dat in de jaren 1959 en 1976 een hoger cumulatief neerslagtekort is (of zou zijn) voorgekomen. Dat beeld varieert overigens binnen Nederland: de zomers van 2018-2020 leidden in de Achterhoek bijvoorbeeld tot een nog hoger neerslagtekort dan in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland. In de Achterhoek had het jaar 2018 de meest extreem droge zomer van de afgelopen honderd jaar, zie Figuur 9. De figuren leren ons dat het neerslagtekort van jaar tot jaar fors varieert en ook dat droge zomers met hoge neerslagtekorten van alle tijden zijn. In de afgelopen honderd jaar is zowel de verdamping als de neerslag toegenomen (niet weergegeven in de figuur). Hierdoor, en door de grote jaarlijkse variabiliteit, zien we geen opwaartse trend in het maximale neerslagtekort.

Als de trendanalyse overigens zou worden uitgevoerd vanaf 1965, dan wordt wel een opwaartse trend gevonden⁵. De oorzaak daarvan is dat met name het aantal zonuren significant is toegenomen, vooral in het voorjaar. Of de toename van het aantal zonuren klimaat gerelateerd is, is nog niet bekend en daarmee kunnen we ook nog geen oordeel vellen over de vraag of in de afgelopen honderd jaar een klimaat gerelateerde trend is ontstaan in de droogte. Dit wordt mogelijk in 2022 verder onderzocht in STOWA-verband. We weten wel dat in het huidige klimaat in het zomerhalfjaar zowel de neerslag als verdamping hoger zijn dan in het verleden. De waterbeschikbaarheid voor de gewassen is bij een gelijkblijvend neerslagtekort toch lager dan vroeger, omdat de toename van de neerslag niet in zijn geheel beschikbaar is voor de gewassen doordat de neerslag ook deels wordt afgevoerd. Wat verder bijzonder is in de getoonde figuren, is dat de zomers van 2018-2020 opeenvolgend droog waren. Een dergelijke opeenvolging van drie droge zomers is in de beschouwde periode niet eerder voorgekomen.

⁵ Publicatie van het KNMI in het vakblad Meteorologica, nummer 2 van 2021.



Figuur 8: Jaarmaxima neerslagtekort Flevoland tussen 1922 en 2020. Het rode kader geeft de droge jaren 1959 en 1976 weer, het zwarte kader de droge jaren 2018-2020.



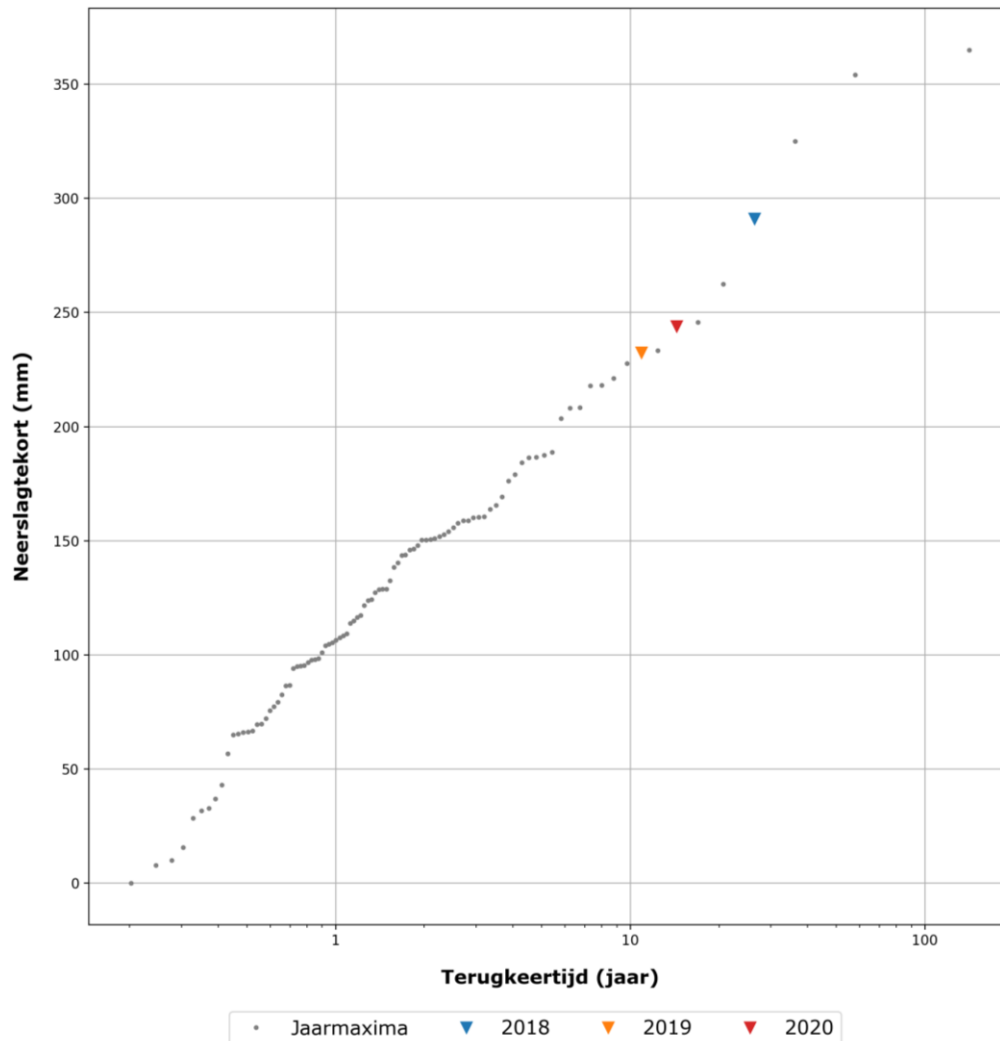
Figuur 9: Jaarmaxima neerslagtekort De Bilt en Winterswijk (Achterhoek) tussen 1910 en 2020.

We concluderen uit deze analyse het volgende:

- De jaarlijkse variatie in meteorologische droogte is groot;
- Droge zomers zijn van alle tijden;
- Vooral door een toename van het aantal zonne-uren en in mindere mate door temperatuurstijging is de verdamping sinds 1965 toegenomen. Ook de neerslag is toegenomen. De waterbeschikbaarheid voor gewassen in de bodem is afgenomen, doordat de toename van de neerslag niet geheel beschikbaar is voor de gewassen (doordat deze deels tot afvoer komt).
- De opeenvolging van de drie droge zomers van 2018-2020 is niet eerder waargenomen in Nederland.

Kans van voorkomen van droogte

Om meer te kunnen zeggen over de herhalingstijden van droge jaren zijn deze bepaald op basis van de jaarmaxima van het cumulatieve neerslagtekort van de afgelopen honderd jaar uit Figuur 8. In Figuur 10 geven we de aldus berekende herhalingstijden van de jaarmaxima van het neerslagtekort in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland weer. Uit de tabel blijkt dat de droge zomer van 2018 een berekende herhalingstijd heeft van gemiddeld eens per 26 jaar.



Figuur 10 Herhalingstijden van de jaarmaxima van het cumulatieve neerslagtekort in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland.

In eerder onderzoek voor Vitens (HKV, 2021c) hebben we vastgesteld dat droge jaren zoals 2018-2020 in de toekomst circa tweemaal zo vaak zullen voorkomen (Stoom2050 scenario, zie de volgende paragraaf). Dat betekent dus dat een droog jaar zoals 2018 in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland wat betreft het neerslagtekort in de toekomst gemiddeld eens per 10-15 jaar zal voorkomen.

Tot slot, zoals beschreven zijn de drie opeenvolgende droge zomers van 2018-2020 nooit eerder waargenomen in de afgelopen honderd jaar. We schatten daarom dat een dergelijke opeenvolging van drie droge zomers minder vaak voorkomt dan eens per honderd jaar.

3.3 Klimaatverandering

Het klimaat verandert, wat directe gevolgen heeft voor de neerslaghoeveelheden, de verdamping, de afvoeren van de grote rivieren en daarmee de waterschikbaarheid op het IJsselmeer. We brengen de effecten van klimaatverandering in kaart op basis van de Deltascenario's (Wolters et al., 2018), die ook wel bekend staan als de basisprognoses, waarmee we aansluiten op het Delta-programma Zoetwater. De Deltascenario's bevatten zowel klimatologische- als sociaaleconomische ontwikkelingen en de effecten daarvan voor het waterbeheer, zie Figuur 11.

KLIMAAT		Zichtjaar 2050					Zichtjaar 2085					
		REF'17	Deltascenario's 2017 (KNMI14)					Deltascenario's 2017 (KNMI14)				
scenario			DRUK	STOOM	RUST	WARM	DRUK-Parijs	DRUK	STOOM	RUST	WARM	
onderliggend KNMI-scenario			GL	WH	GL	WH	GL	GL	WH	GL	WH	
temperatuurstijging	°C	0	1	2	1	2	1	1,5	3,5	1,5	3,5	
zeespiegelstijging	cm	0	15	40	15	40	15	25	80	25	80	
jaarneerslagsom	mm	851	+4%	+5%	+4%	+5%	+4%	+5%	+7%	+5%	+7%	
gem. neerslag winter	mm	211	+3%	+17%	+3%	+17%	+3%	+5%	+30%	+5%	+30%	
gem. neerslag lente	mm	173	+5%	+9%	+5%	+9%	+5%	+8%	+12%	+8%	+12%	
gem. neerslag zomer	mm	224	+1%	-13%	+1%	-13%	+1%	+1%	-23%	+1%	-23%	
gem. neerslag herfst	mm	245	+7%	+8%	+7%	+8%	+7%	+8%	+12%	+8%	+12%	
jaarsom pot. verdamping	mm	559	+3%	+7%	+3%	+7%	+3%	+3%	+10%	+3%	+10%	
pot.verdamping zomer	mm	266	+4%	+11%	+4%	+11%	+4%	+4%	+15%	+4%	+15%	
herhalingstijd van een Rijnafvoer van jaar 14400 m3/s *		1250	200	200	200	200	200	200	100	200	100	
verandering gemiddelde jaarlijkse % laagste 7-daagse Rijnafvoer *		0	+5%	-20%	+5%	-20%	+5%	+5%	-30%	+5%	-30%	
herhalingstijd van een Maasafvoer jaar van 3900 m3/s **		1250	300	300	300	300	300	300	100	300	100	
verandering gemiddelde jaarlijkse % laagste 7-daagse Maasafvoer **		0	+5%	-45%	+5%	-45%	+5%	+3%	-60%	+3%	-60%	
SOCIAAL-ECONOMIE												
scenario		REF'17	DRUK	STOOM	RUST	WARM	Parijs	voor 2085/2100 geen WLO-scenario's beschikbaar				
onderliggend WLO-scenario			WLO-H	WLO-H	WLO-L	WLO-L	WLO-H					
aantal inwoners	miljoen	17	19	19	16	16	19					
omvang BBP	miljard €	600	1320	1320	940	940	1320					
economische groei	%/j		2	2	1	1	2					
stedelijk gebied	% opp	18	20	21	18	18	20					
natuur en recreatie	% opp	23	26	25	24	24	27					
landbouw	% opp	60	54	54	58	57	53					

Figuur 11: Overzicht Deltascenario's 2017 (Wolters et al., 2018).

De klimatologische ontwikkelingen zijn gebaseerd op de KNMI'14 klimaatscenario's. De KNMI'14-scenario's zijn afgeleid van de mondiale scenario's van het IPCC en worden in Nederland door alle waterbeheerders gebruikt in besluitvorming over klimaatgerelateerde opgaves. Voor meer informatie verwijzen we naar bijlage A.2. In het jaar 2023 zal het KNMI nieuwe klimaatscenario's publiceren.

We gebruiken in dit onderzoek twee scenario's, analoog aan de gebruikte scenario's in het Deltaprogramma Zoetwater:

- Ref2017 (huidige situatie met weinig klimaatverandering en lage economische groei);
- Stoom2050 (scenario met snelle klimaatverandering en hoge economische groei).

Het Ref2017-scenario staat voor de huidige situatie, maar wordt ook gebruikt als ondergrens voor het klimaat in het zichtjaar 2050 (Deltares, 2020a). Samen geven deze scenario's dus een bandbreedte van de verwachte toekomstige ontwikkelingen.

3.4 Waterbeschikbaarheid van het IJsselmeergebied

Inleiding

Het IJsselmeer (inclusief Markermeer en de randmeren) is het grootste zoetwaterreservoir van Nederland en is cruciaal voor de watervoorziening van heel Noord-Nederland. Onder meer de landbouw, de industrie en de natuur zijn in droge tijden sterk afhankelijk van de aanvoer van water uit het IJsselmeer. Daarnaast heeft PWN een drinkwaterwinning bij Andijk. De zoetwaterbeschikbaarheid van het IJsselmeer is dan ook van groot economisch en maatschappelijk belang.

Voor de waterbeschikbaarheid van het IJsselmeer en de andere meren is de waterstand een belangrijke indicator. Als het langere tijd droog is, zakt de waterstand op het IJsselmeer als gevolg van de verdamping en de aanvoer van water naar de omliggende gebieden. Uit recent onderzoek is gebleken dat de openwaterverdamping van het IJsselmeer gemiddeld rond de 4 mm/dag was in de droge zomer van 2018 (Jansen et al., 2021). Omgerekend is dat ongeveer 50 m³/s. Omdat men hier over maandgemiddelde waarden spreekt, is het aannemelijk dat de maximale openwaterverdamping op dagbasis in deze periode aanzienlijk hoger was. De afvoer van de IJssel zakte in dezelfde periode onder de 150 m³/s. De combinatie van hoge openwaterverdamping, lage IJsselafvoer en aanvoer van water uit het IJsselmeergebied naar omliggende gebieden leidt tot een daling van de waterstand en daarmee een afname van de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer.

De aanvoer van water uit het IJsselmeergebied naar de omliggende gebieden geschiedt voornamelijk onder vrij verval. Als de waterstand op het IJsselmeer daalt tot onder een niveau van -0,40 m+NAP is voor veel gebieden aanvoer van water niet meer mogelijk, maar ook bij -0,30 m+NAP ontstaan al beperkingen. De waterbeschikbaarheid van het IJsselmeer in het zomerhalfjaar is recent onderzocht middels een stresstest, uitgevoerd in het kader van het Delta-programma Zoetwater, en in een afstudeeronderzoek van WUR, Rijkswaterstaat en HKV binnen het onderzoeksproject SWM-EVAP.

Resultaten stresstest

Middels een stresstest⁶ voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II is door Deltares en Rijkswaterstaat onderzocht wat de herhalingsstijd is van het onderschrijden van de voor wateraanvoer kritieke peilen van -0,30 m+NAP en -0,40 m+NAP. Deze resultaten zijn samengevat in Tabel 1. Deze resultaten zijn berekend met gebruikmaking van rekenresultaten van het LHM. Daarin is verdisconteerd dat bij de kritieke lage waterstanden op het IJsselmeer de omliggende gebieden minder water krijgen dan gevraagd. De tabel geeft alleen weer hoe vaak het kritieke peil op het IJsselmeer wordt onderschreden. De omliggende gebieden hebben dan al een watertekort in hun oppervlaktewaterstelsel. Tekorten in de regionale systemen komen dus vaker voor dan de getallen vermeld in de tabel.

Uit Tabel 1 blijkt dat de frequentie van onderschrijden van de kritieke waterstand op het IJsselmeer van -0,40 m+NAP in de toekomst toeneemt naar eens per 15 tot 20 jaar, waar dat in de huidige situatie niet of nauwelijks gebeurt. Het peil waarbij al inlaatbeperkingen ontstaan (-0,30 m+NAP) komt in de toekomst gemiddeld zelfs eens per 5 jaar voor. Dit is een nieuw inzicht; in het zogenaamde Joint Fact Finding traject van april 2020 werd nog geconcludeerd dat de IJsselmeerbuffer met de introductie van flexibel peilbeheer robuust is.

⁶ <https://www.deltaprogramma.nl/themas/documenten/publicaties/2021/04/20/stresstest-voor-het-deltaprogramma-zoetwater-fase-ii>

Scenario	IJsselmeerpeil <-0,30 m+NAP	IJsselmeerpeil <-0,40 m+NAP
Huidig en weinig klimaatverandering (2050)	Eens per 50-100 jaar	Niet van toepassing.
Huidig en weinig klimaatverandering (2050) met nieuwe inzichten	Eens per 20 jaar	Eens per 50 jaar
Met sterke klimaatverandering (2050)	Eens per 15-20 jaar	Eens per 50-100 jaar
Met sterke klimaatverandering (2050) met nieuwe inzichten	Eens per 5 jaar	Eens per 15-20 jaar

Tabel 1: Samenvatting frequentie van onderschrijden van uitzakking IJsselmeerpeil onder verschillende omstandigheden (Deltaprogramma Zoetwater, 2021). Met sterke klimaatverandering wordt gedoeld op het Stoomscenario, met weinig klimaatverandering het klimaat in de huidige situatie. De nieuwe inzichten hebben betrekking op:

- Afname van de wateraanvoer via de IJssel als gevolg van autonome rivierbodemdaling;
- Een grotere watervraag om verzilting van het IJsselmeer via de sluizen bij de Afsluitdijk te voorkomen;
- Een kleinere buffer in het IJsselmeer, doordat het peil niet tijdig kan worden opgezet;
- Grotere watervraag om veenweidegebieden nat te houden om veenoxidatie en CO₂-uitstoot te beperken

Resultaten afstudeeronderzoek

In een afstudeeronderzoek uitgevoerd binnen het NKWK-onderzoeksprogramma SWM-EVAP⁷ is eveneens de toekomstige waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer onderzocht voor een aantal scenario's (WUR, 2021). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2.

Scenario	Herhalingstijd onderschrijden kritiek peil -0,40 m+NAP (jaar)
Huidige situatie	148
Huidige situatie + terugdringen zoutbelasting	28
2085 Deltascenario Stoom + afsluiting Rijn-Maas monding	27
2085 Deltascenario Stoom + maximaal debiet op ARK	21
2085 Deltascenario Stoom	18
2085 Deltascenario Stoom + maatregelen in Duitsland	18
2085 Deltascenario Stoom + gletsjersmelt	17
2085 Deltascenario Stoom + zeespiegelstijging	14
2085 Deltascenario Stoom + terugdringen zoutbelasting	8

Tabel 2: Waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer, weergegeven als de herhalingstijd dat het kritieke peil wordt onderschreden. De scenario's zijn gesorteerd op afnemende (en daarom niet afgeronde) herhalingstijden.

Net als in de stresstest van het Deltaprogramma Zoetwater is rekening gehouden met klimaat-scenario Stoom. Verder is rekening gehouden met een verhoogd spuidebiet bij de Afsluitdijk. Dit benodigde spuidebiet is door Rijkswaterstaat vastgesteld naar aanleiding van de verzilting van het drinkwaterinnamepunt van PWN bij Andijk in de zomer van 2018. In de berekeningen is onverkort van dit benodigde verhoogde spuidebiet uitgegaan. Echter is te verwachten dat Rijkswaterstaat dat in de praktijk niet rigide, maar afhankelijk van de heersende omstandigheden zal toepassen, omdat het verhoogde spuidebiet grote gevolgen heeft voor de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer. Verder is een scenario beschouwd waarbij de Rijn-Maasmonding in Rotterdam wordt afgesloten, waardoor meer water via het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) naar het IJsselmeer kan worden gestuurd.

⁷ Zie onder meer <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/onderzoek-naar-verdamping-voor-beter-waterbeheer> en <https://waterenklimaat.nl/nl/hoe-stuur-je-het-water/#more-11868>

De conclusie van het afstudeerwerk komt in grote lijnen overeen met het resultaat van de eerdergenoemde stresstest. De frequentie van overschrijden van het kritieke peil van -0,40 m+NAP gaat fors toenemen: van afgerond eens in de 150 jaar in de huidige situatie naar afgerond eens in de 10 tot 20 jaar in de toekomst.

Conclusies

We concluderen dat de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer in de huidige situatie nauwelijks aanleiding geeft tot zorg, maar dit gaat in de toekomst fors veranderen. Waar de kritieke waterstand op het IJsselmeer van -0,40 m+NAP in de huidige situatie slechts eens per circa 150 jaar wordt overschreden zal dat in de toekomst, afhankelijk van het scenario, gemiddeld eens per circa 10-20 jaar voorkomen. Voor waterschap Zuiderzeeland gelden al inlaatbeperkingen bij een IJsselmeerpeil van -0,30 m+NAP. Waterschap Zuiderzeeland gaat rond dit peil al water besparen en korten conform de afspraken met omliggende waterbeheerders. Dit peil zal in de toekomst gemiddeld tot zelfs eens per 5 jaar overschreden worden.

De waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer (inclusief Markermeer en Ketelmeer) gaat dus fors afnemen terwijl de watervraag gaat toenemen. In tegenstelling tot wat tot voor kort werd verondersteld, is de zoetwatervoorziening vanuit het IJsselmeer in de toekomst niet zonder meer gewaarborgd.

3.5 Veranderende en nieuwe watergebruikers in het beheergebied

In deze paragraaf gaan we in op verwachte veranderingen in de watervraag van gebruikers, nieuwe watervragers en andere socio-economische ontwikkelingen in de toekomst in het beheergebied van het waterschap. In hoofdstuk 4 kwantificeren we de verandering in watervraag door de komst van deze nieuwe gebruikers.

Tegengaan bodemdaling

Bodemdaling vindt plaats doordat in de ondergrond van het beheergebied op een aantal plaatsen veen voorkomt en door compactie en inklinking van klei. Vernatting van het land wordt gezien als een mogelijke maatregel om bodemdaling tegen te gaan. Hierbij kan gedacht worden aan allerlei typen drainage (onderwaterdrainage, drukdrainage, etc.). Ook kunnen peilen in de waterlopen structureel verhoogd worden (ook wel passieve peilverhoging genoemd). Er wordt geschat dat deze maatregelen de watervraag voor peilbeheer met 8% tot 18% kunnen verhogen in veenweidegebied (Deltares, 2019; Deltares, 2021). Wel is het zo dat er nog veel onderzoek nodig is naar het effect van de maatregelen op bodemdaling, waardoor de onzekerheid in de toename van de watervraag groot is. Zo ligt in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland op veel plekken een deklaag van klei op het veen.

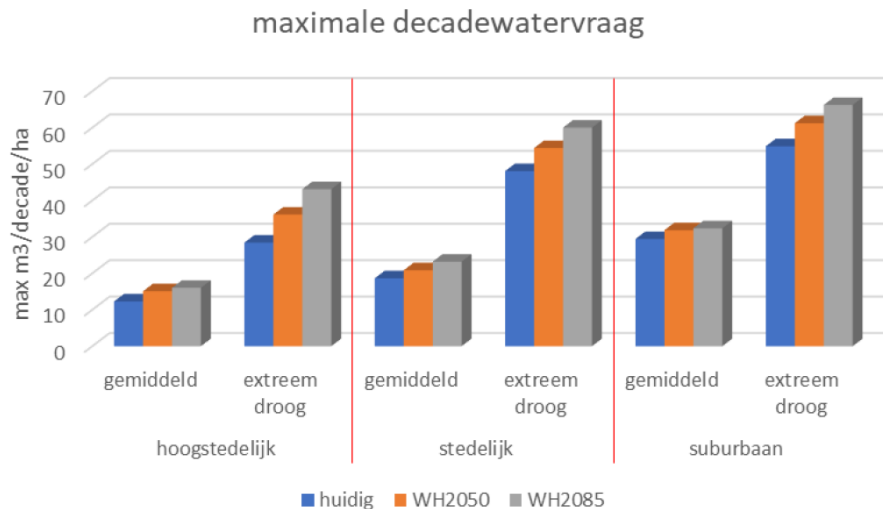
Verandering watervraag voor doorspoeling

De verandering in watervraag van doorspoeling is afhankelijk van de hoeveelheid zoute kwel in de toekomst. Paragraaf 4.3.2 gaat in op de verwachte toekomstige ontwikkeling van de zoute kwel in het beheergebied en de consequenties daarvan op de watervraag voor doorspoeling.

Toename watervraag voor bestrijding hittestress

Door klimaatverandering neemt de frequentie en heftigheid van hittegolven toe waardoor een grotere kans op hittestress in stedelijk gebied ontstaat. Royal HaskoningDHV (2021) heeft in dit kader de huidige en verwachte toekomstige watervraag in stedelijk gebied in kaart gebracht.

Figuur 12 geeft de geschatte piekwatervraag in stedelijk gebied weer voor het huidige klimaat en voor de 2050- en 2085-scenario's voor gebieden met zeeklei als ondergrond. De piek treedt op gedurende hittestress-situaties met hoge verdampingswaarden. Afgaande op een stedelijk gebied van ongeveer 100 km² is de maximale stedelijke watervraag in gemiddelde perioden 15.000 m³/dag en in droge perioden 45.000 m³/dag. Door klimaatverandering neemt de watervraag toe met 10%-35%. In 2050 wordt dus een maximale stedelijke watervraag van ongeveer 20.000 m³/dag in gemiddelde perioden verwacht voor landschappen met zeeklei. De maximale stedelijke watervraag in droge perioden met hittestress is naar verwachting ongeveer 60.000 m³/dag voor landschappen met zeeklei.



Figuur 12: Piekwatervraag in stedelijk gebied nu, in 2050 en 2085 voor landschapsklasse zeeklei (Royal HaskoningDHV, 2021).

Toename watervraag voor aaltjesbestrijding

De aaltjesproblematiek is met name van belang voor de aardappelteelt. Aaltjes tasten namelijk de aardappeloogst aan. Een veelgebruikte methodiek ter bestrijding van aaltjes is het inunderen van percelen. De aaltjes sterven vervolgens door een gebrek aan zuurstof. Deze methodiek is alleen effectief als de percelen enkele maanden onder water staan. Het is daarom de vraag of aaltjesbestrijding tijdens perioden met een grote watervraag moet worden uitgevoerd. Er is daarnaast nog weinig bekend over de effectiviteit van deze bestrijdingstechniek en het netto-effect op de watervraag. Deltares (2019) heeft voor de regio Wieringermeer onderzoek uitgevoerd naar de wegzijging van geïnundeerde percelen ter bestrijding van aaltjes. Deze studie raamt de wegzijging op 3 mm/dag bij een waterdruk op het perceel van 100 cm. Deze kwantificering is echter specifiek voor de lokale bodemkarakteristieken in de Wieringermeer en is onzeker voor het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland. Daarnaast dient men de openwaterverdamping van deze percelen op te tellen bij de wegzijging om de totale watervraag te bepalen.

Datacenters

Veelbesproken is de mogelijke komst van een nieuw datacenter bij Zeewolde. Dergelijke centers moeten actief gekoeld worden en dat leidt tot een watervraag. Het nog te bouwen datacenter wordt vooral luchtgekoeld (Arcadis, 2021). In de praktijk zal gedurende warme perioden ook koelwater nodig zijn. Het is niet bekend bij welke temperaturen de luchtkoeling ondersteund moet worden door waterkoeling. Mogelijk zal het koelwater uit de Hoge Vaart worden onttrokken en geloosd. De maximale inname zal (lokaal) 270 m³/h zijn, de maximale lozing 216 m³/h (Arcadis, 2021).

Verandering van de beregeningscapaciteit

Er zit een grote spreiding in de verwachte uitbreiding van het beregeningsareaal voor gronden die in agrarisch gebruik zijn. Het beregend areaal wordt mogelijk 13% tot 60% uitgebreid (o.a. Van Bakel, 2012; Aequator, 2015). Tegelijkertijd is ook de verwachting dat de beregening efficiënter wordt (of kan worden) door toepassing van bijvoorbeeld druppelirrigatie of elektrische beregening. In hoofdstuk 4 gaan we verder in op de effectiviteit van efficiëntere beregening.

3.6 Conclusies

In de toekomst komen grote veranderingen met betrekking tot de zoetwatervoorziening op het waterschap af. Droge jaren zoals 2018 zullen in het jaar 2050 ongeveer twee keer zo vaak voorkomen als in het huidige klimaat. De watervraag zal dus toenemen als gevolg van klimaatverandering. Daar komt bij dat nieuwe watervragers ook voor een grotere watervraag zorgen. Tegelijkertijd zal de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer, Markermeer en Ketelmeer sterk afnemen. Deze meren vormen de bron voor wateraanvoer naar het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland. Waar het kritieke peil op het IJsselmeer (-0,40 m+NAP) in de huidige situatie vrijwel nooit wordt overschreden, zal dat in het jaar 2050 gemiddeld eens per 10-20 jaar gebeuren. Het peil waarbij waterschap Zuiderzeeland al te maken krijgt met inlaatbeperkingen en de watervoorziening moet korten (-0,30 m+NAP) zal in het jaar 2050 gemiddeld tot zelfs eens per 5 jaar overschreden worden.

Kortom: de watervraag neemt toe en de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer neemt af. Dit onderbouwt en vergroot de noodzaak om (met dit onderzoek als eerste aanzet) te komen tot een visie op de zoetwatervoorziening in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland in de toekomst.

4 Het functioneren van de zoetwatervoorziening

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk laten we zien hoe de zoetwatervoorziening functioneert en hoe dit gaat veranderen in de toekomst. Eerst bespreken we de beschikbaarheid van oppervlakte- en grondwater voor de huidige situatie. Ook beoordelen we of de waterkwaliteit voldoet aan de zouttolerantiedrempels voor diverse gewassen. Vervolgens gaan we in op de verwachte veranderingen in de toekomst. Deze analyse is gebaseerd op modeluitvoer van het LHM 4.1, dat in 2021 is gevalideerd door HKV (HKV, 2021a). Daarnaast zijn de LHM-resultaten van de Basisprognoses van het Deltaprogramma gebruikt om de verwachte toekomstontwikkelingen te analyseren. Om de validiteit van de modelresultaten te toetsen voor het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland, zijn deze vergeleken met de meetgegevens van het waterschap. De daadwerkelijke toetsing wordt hier niet besproken. Wel wordt aangegeven waar de modelresultaten gecorrigeerd zijn als daartoe aanleiding was.

4.2 Huidige situatie

4.2.1 Waterkwantiteit

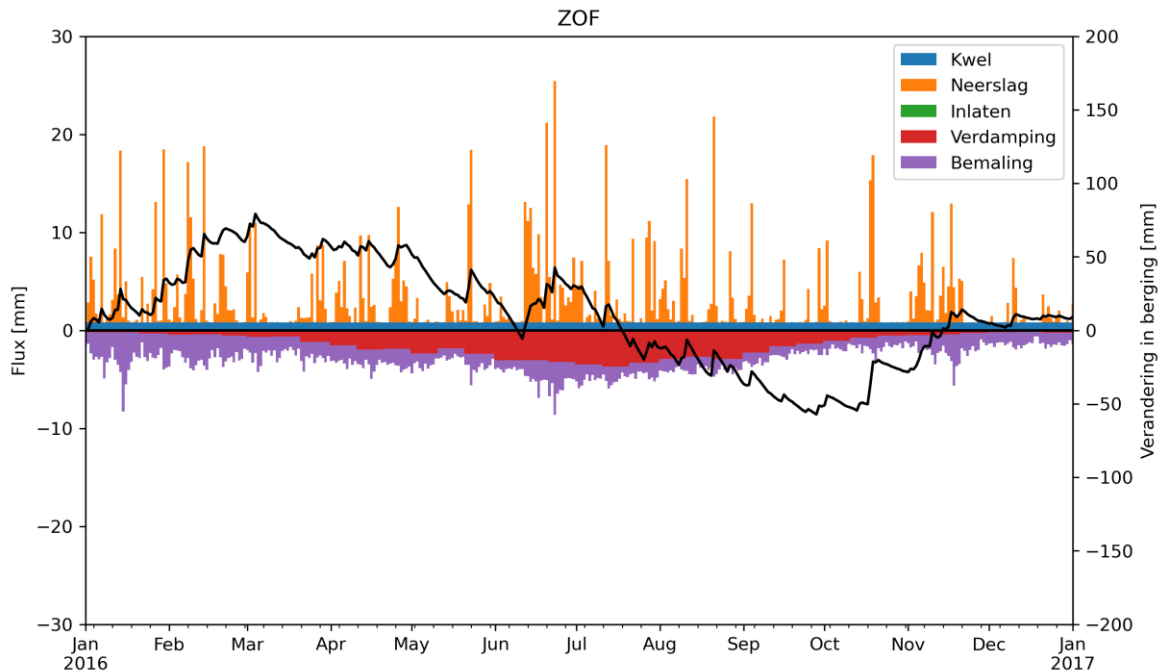
Voor de analyse van watertekorten moet zowel de watervraag als het wateraanbod in kaart worden gebracht. We richten ons eerst op een beschouwing van de waterbalans ter introductie en het begrip van droogte. Daarbij komt ook het recente droge jaar 2018 aan bod. We bepalen vervolgens de watervraag, het wateraanbod en de watertekorten in de huidige situatie. De watervraag wordt daarbij opgesplitst in een watervraag aan het oppervlaktewater en aan de bodem.

Verloop van de waterbalans

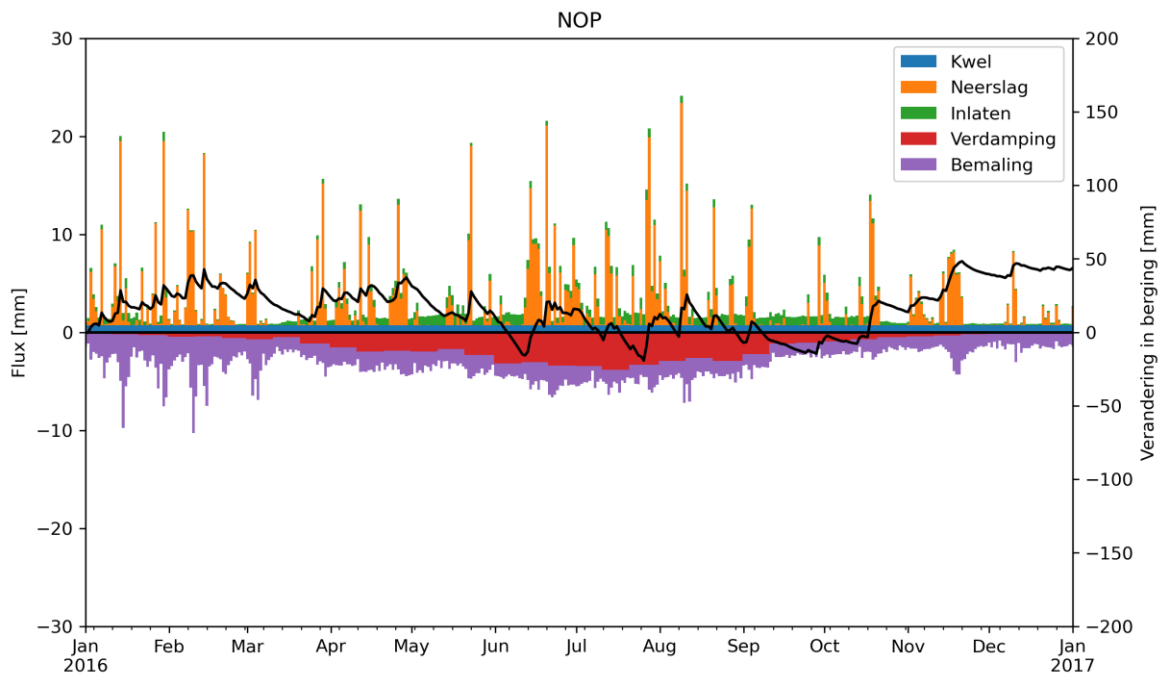
Op basis van meetgegevens zijn waterbalansen opgesteld voor het beheergebied van het waterschap. De methodiek en de onderliggende gegevens zijn beschreven in bijlage A.3. De balansen zijn goed sluitend en kunnen daarom gebruikt worden om de watervraag van het beheergebied in kaart te brengen. Het verloop van de waterbalans gedurende gemiddelde en droge jaren geeft een beeld van het verloop van droogte in het watersysteem en het effect op (benodigde) wateraanvoer.

Figuur 13 en Figuur 14 tonen het verloop van de waterbalans voor ZOF en de NOP in het jaar 2016, dat een vrij gemiddeld jaar was in termen van neerslag en verdamping. In het begin van het jaar loopt de berging in de bodem vol doordat de verdamping laag is. De berging neemt af in perioden met een neerslagtekort. Neerslag heeft ten gevolge dat de bergingsverandering groter wordt. De bergingsverandering bereikt het laagste niveau in oktober, aan het einde van het groeiseizoen. De volumes van de bemalingen nemen af in de zomerperiode en nemen toe in de winterperiode wanneer de verdamping lager wordt. Neerslagpieken leiden tot kortstondige hoge bemalingsvolumes. In perioden met neerslagtekorten werd in ZOF geen water ingelaten, terwijl in de NOP wel water werd ingelaten.

Opvallend is dat de bergingsverandering sterker varieert in ZOF dan in de NOP. Daar waar in de NOP het verschil tussen de hoogste en laagste bergingsverandering 70 mm is, is dit verschil 120 mm voor ZOF. Aan het eind van het jaar is de bergingsverandering van ZOF ongeveer gelijk aan de bergingsverandering aan het begin van het jaar. De bergingsverandering van de NOP is 50 mm groter dan aan het begin van het jaar. Uit de figuren blijkt dat in de NOP jaarrond en meer water wordt ingelaten dan in de ZOF.

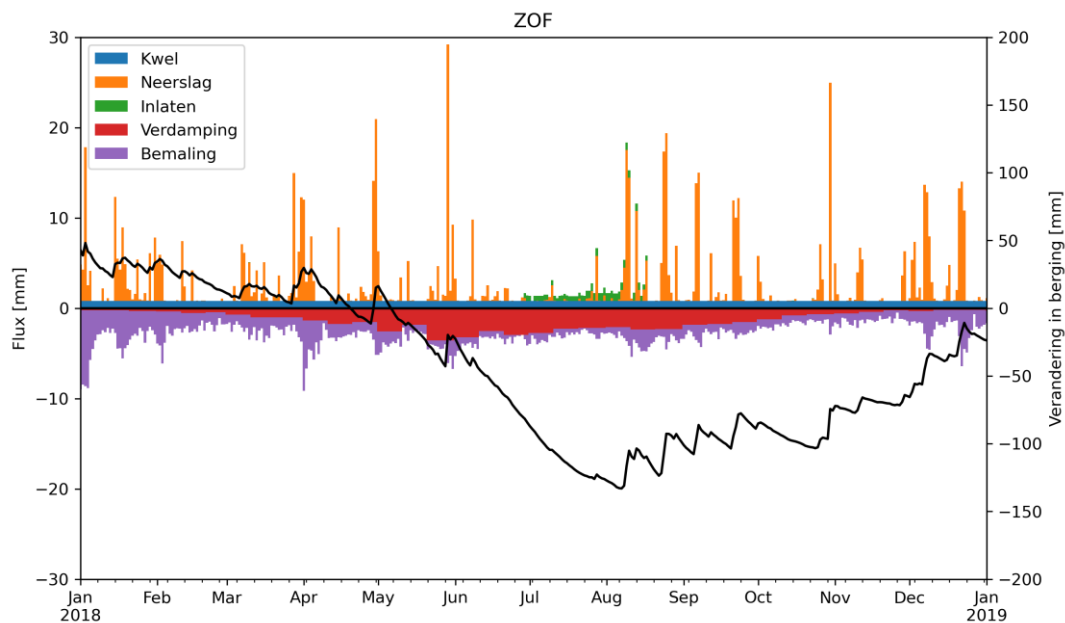


Figuur 13: Verloop waterbalans en bijbehorende termen ZOF in 2016. De staafdiagrammen geven de verschillende in- en uit-termen weer (verticale as aan de linkerkant). De zwarte lijn geeft de verandering in berging weer (verticale as aan de rechterkant).

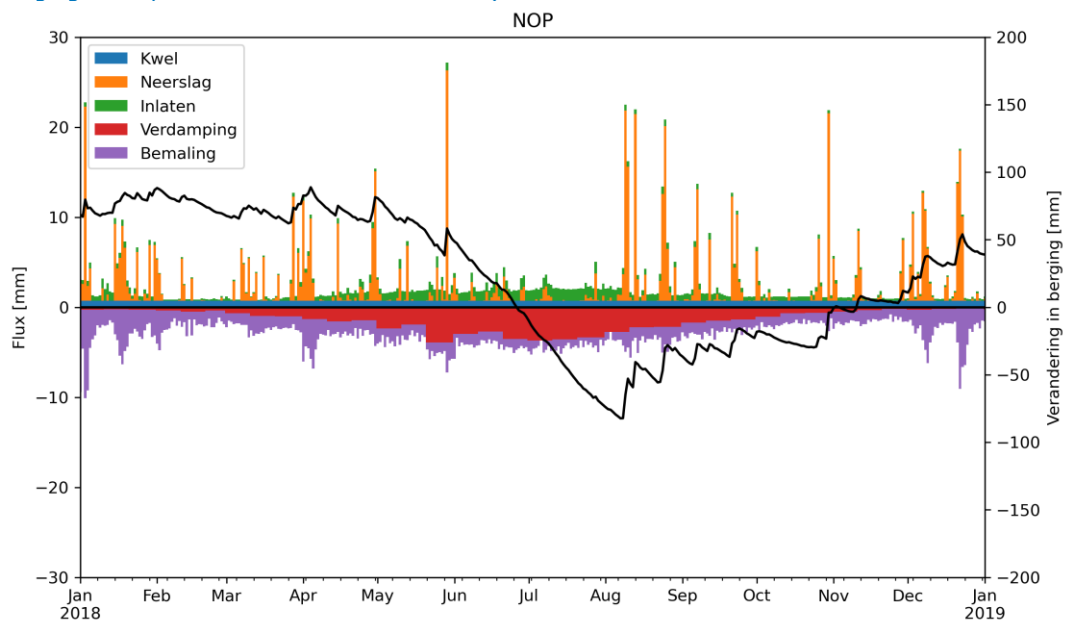


Figuur 14: Verloop waterbalans en bijbehorende termen NOP in 2016. De staafdiagrammen geven de verschillende in- en uit-termen weer (verticale as aan de linkerkant). De zwarte lijn geeft de verandering in berging weer (verticale as aan de rechterkant).

Figuur 15 en Figuur 16 tonen het verloop van de waterbalans voor ZOF en de NOP gedurende het droge jaar 2018. De berging neemt sterk af in de periode mei-augustus door de droogte. De berging bereikt het laagste punt medio augustus. In zowel ZOF als de NOP wordt water ingelaten, in de ZOF in alleen het zomerhalfjaar en in de NOP jaarrond en in grotere hoeveelheden (uitgedrukt in mm). Het verschil tussen de hoogste en laagste bergingsverandering is circa 150 mm voor de NOP en 175 mm voor ZOF. Daarnaast valt op dat de bergingsverandering aan het eind van het jaar een stuk hoger is in de NOP dan in ZOF. Deels wordt dit verklaard doordat de bergingsverandering in de NOP aan het begin groter is dan de bergingsverandering van ZOF, maar de bergingsverandering stijgt netto ook meer in de NOP dan in ZOF gedurende september t/m december door onder andere de hogere wateraanvoer.



Figuur 15: Verloop waterbalans en bijbehorende termen ZOF in 2018. De staafdiagrammen geven de verschillende in- en uit-termen weer (verticale as aan de linkerkant). De zwarte lijn geeft de verandering in berging weer (verticale as aan de rechterkant).

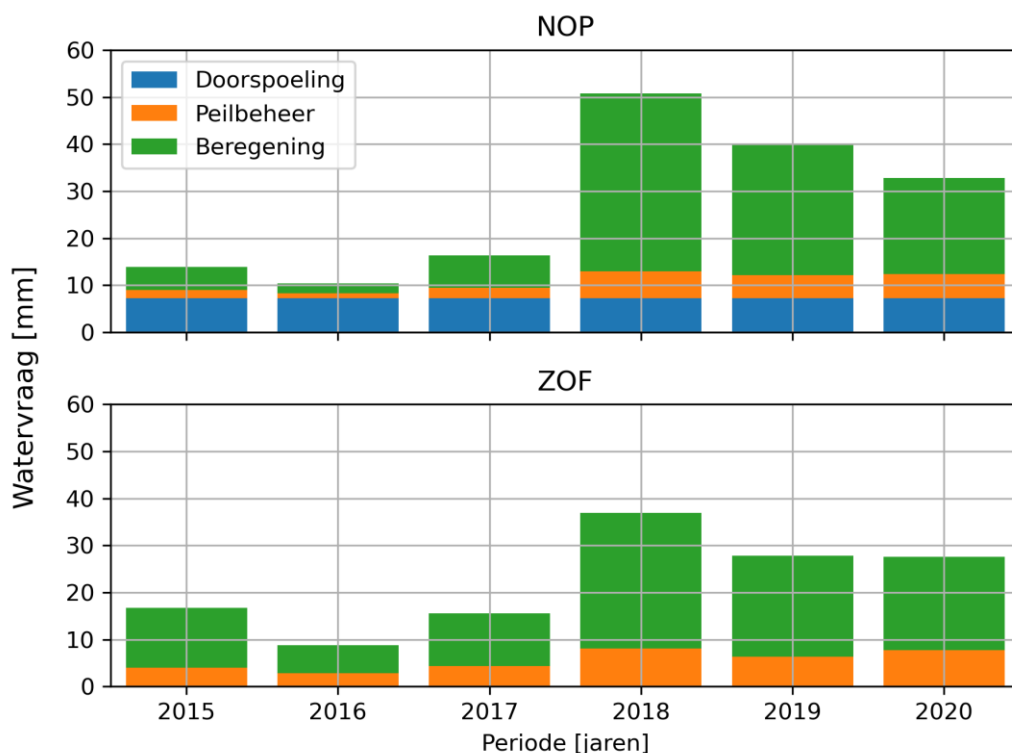


Figuur 16: Verloop waterbalans en bijbehorende termen NOP in 2018. De staafdiagrammen geven de verschillende in- en uit-termen weer (verticale as aan de linkerkant). De zwarte lijn geeft de verandering in berging weer (verticale as aan de rechterkant).

Jaarrond wordt veel meer water uit de NOP en ZOF bemalen dan dat er ingelaten wordt. De bemaling reageert op neerslagpieken en bemalt dus grotendeels de gevallen neerslag en kwel uit het beheersysteem. Opvallend is dat in zowel de NOP als ZOF gedurende de maanden juni en juli 2018 netto water is ingelaten. Neerslag in deze periode is vrijwel afwezig. Daarnaast zijn de kwel- en verdampingstermen vrijwel constant rond deze tijd. In die periode is meer water het polder-systeem ingelaten dan dat er water is uitgemaal (ongeveer 10 mm). Een logische conclusie is dat het inlaatwater (deels) verbruikt werd gedurende een deel van de droge zomer van 2018 en dus niet geheel bemalen werd.

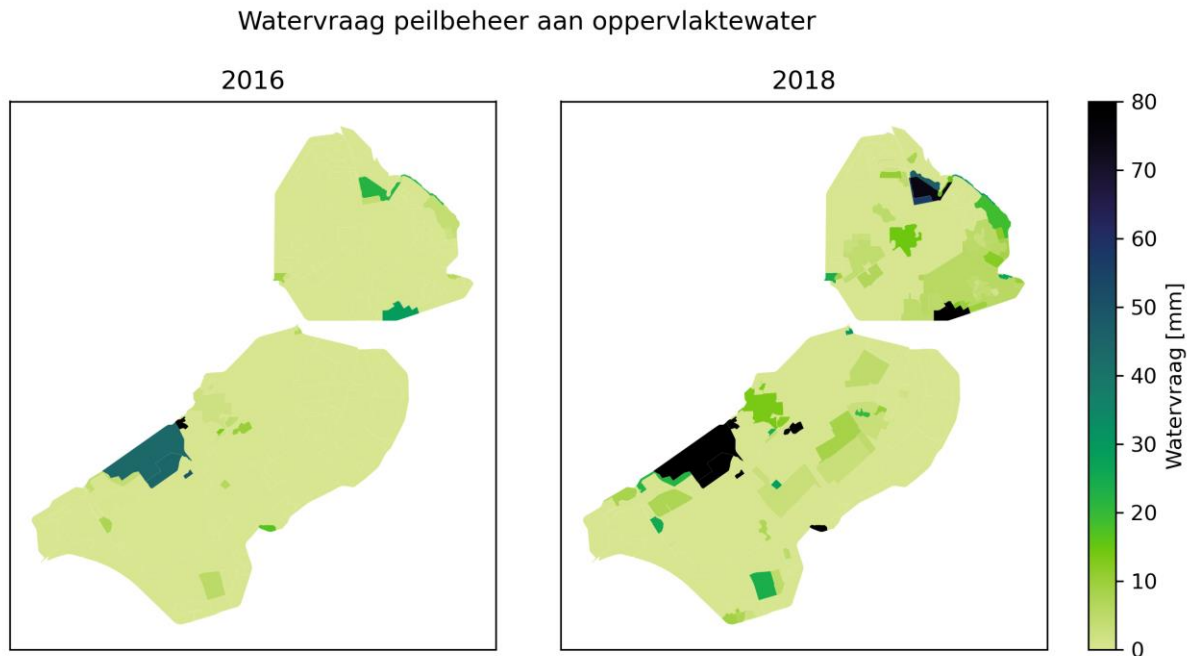
Watervraag aan het oppervlaktewater

De oppervlaktewatervraag is verdeeld in een vraag ten behoeve van peilbeheer, berekening en doorspoeling voor waterkwaliteit. Deze resultaten zijn gebaseerd op het analyseren van LHM-resultaten waarin de gebruikers natuur en industrie niet zijn inbegrepen. Daarom worden deze gebruikers niet weergegeven in komende figuren. Figuur 17 geeft de berekende jaarlijkse watervraag weer voor de meer gemiddelde jaren 2015, 2016 en 2017 en voor de droge jaren 2018, 2019 en 2020. Duidelijk is te zien dat de watervraag sterk stijgt in droge jaren, met name in 2018. De stijging van de watervraag wordt met name bepaald door de toename van de beregeningsvraag. Door de relatief grote kwel is de watervraag voor peilbeheer beperkt. Wel is de watervraag voor peilbeheer hoger in droge jaren door onder meer een hogere openwaterverdamping. De beregeningsvraag stijgt in het droge jaar 2018 ten opzichte van de normale jaren met een factor 5 in de NOP en een factor 2 à 3 in ZOF. De doorspoelvraag stijgt niet significant en de peilbehevraag neemt slechts licht toe, met een paar millimeter per zomerhalfjaar. Opvallend is dat in het LHM alleen een doorspoelvraag is gedefinieerd voor de NOP. In ZOF is geen doorspoeling met gebiedsvreemd water gedefinieerd. Na overleg met het waterschap blijkt dat er in de NOP in realiteit ook meer wordt doorgespoeld met gebiedsvreemd water dan in ZOF, zie Figuur 13 tot en met Figuur 16.



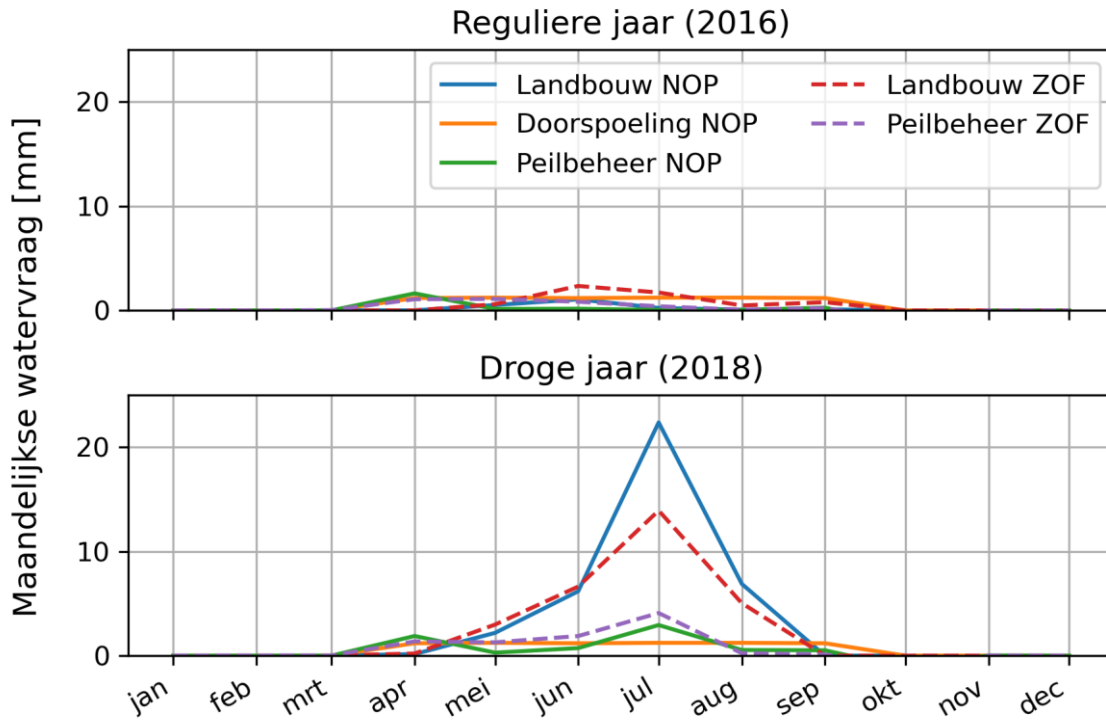
Figuur 17: Jaarlijkse watervraag (zomer halfjaar) in de NOP en ZOF gedurende de periode 2015-2020, uitgesplitst naar functie.

Verder valt op dat de peilbeheervraag in ZOF hoger is dan die in de NOP. Dit komt in het LHM doordat de Oostvaardersplassen een grote watervraag hebben in zowel gemiddelde als droge jaren, zie Figuur 18. De vraag is of dit realistisch is. De Oostvaardersplassen worden niet zonder meer aangevuld en mogen uitzakken. Er is dus in realiteit niet direct een watervraag. In de praktijk wordt in verband met de moeras-reset water sinds 2018 afgevoerd uit de Oostvaardersplassen.



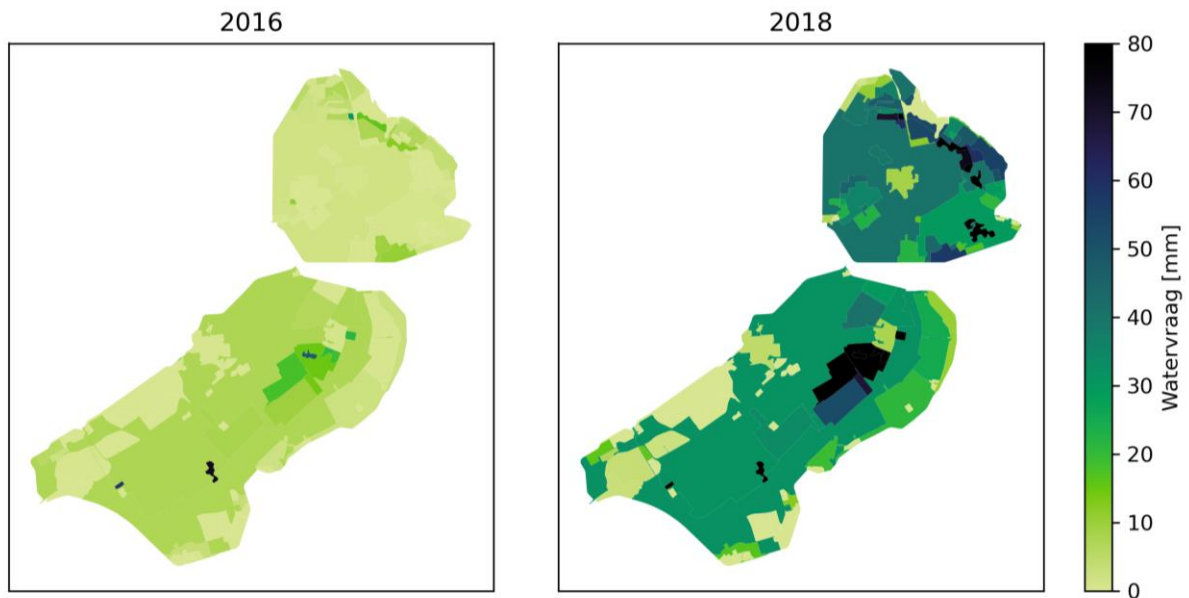
Figuur 18: Ruimtelijke verdeling van de jaarlijkse watervraag (zomer halfjaar) voor peilbeheer in het gemiddelde jaar 2016 en het droge jaar 2018.

De watervraag speelt met name een rol in het groeiseizoen dat ongeveer van april tot oktober loopt, zie Figuur 19. Deze periode wordt in dit rapport aangeduid als zomerhalfjaar. In een gemiddeld jaar als 2016 is geen grote piek in de watervraag zichtbaar, deze is vrij gelijkmatig over het groeiseizoen. In een droog jaar als 2018 is wel een piek in de watervraag zichtbaar, met name in de NOP. Deze piek komt grotendeels overeen met het verloop van het neerslagtekort en is verklaarbaar omdat in die periode juist de beregeningsvraag sterk toeneemt. De sterkste toename is zichtbaar in de watervraag van de landbouw, waarvan de piek in de maanden juni tot en met augustus plaatsvindt. De vergrote piek duurt ongeveer vier maanden. Daarnaast wordt de maximale watervraag voor peilbeheer ook lichtelijk hoger in de droge jaren. De piek hiervan verschuift van de maanden april en mei naar juli. De watervraag voor doorspoeling is vergelijkbaar voor gemiddelde en droge jaren, wat veroorzaakt wordt doordat een vast doorspoeldebiet is vastgelegd in het LHM.



Figuur 19: Maandelijksse watervraag per gebruiker in de NOP en ZOF gedurende de meer gemiddelde jaren 2011-2017 en de droge jaren 2018-2020.

De watervraag voor beregening kent ruimtelijke verschillen in zowel gemiddelde als droge jaren, zie Figuur 20.

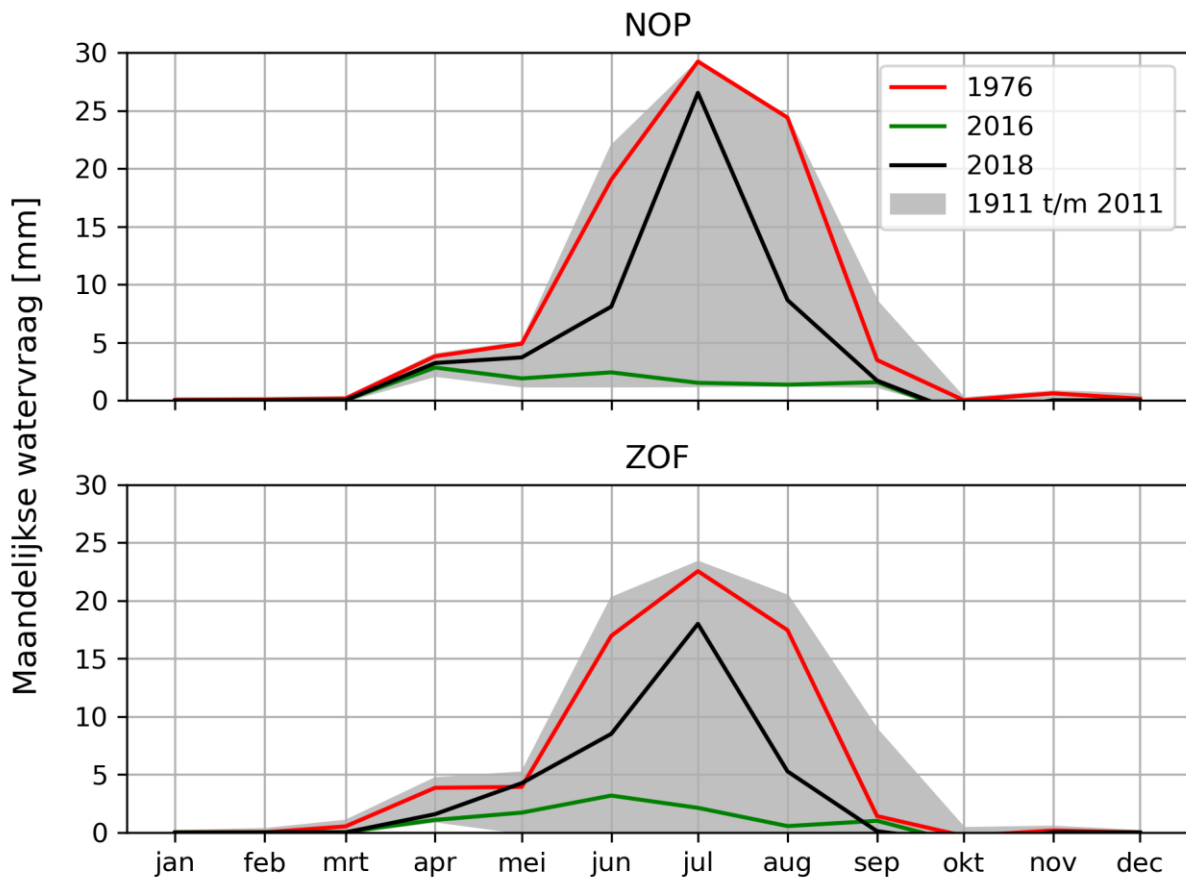


Figuur 20: Jaarlijkse watervraag voor beregening uit het oppervlaktewater in het droge jaar 2018.

De stedelijke gebieden en de natuurgebieden hebben zoals verwacht geen of een zeer lage watervraag voor beregening. Er valt een aantal gebieden op met een grote watervraag voor beregening:

- In vrijwel het gehele beheergebied stijgt de watervraag van beregening sterk in droge jaren ten opzichte van gemiddelde jaren.
- De wateraanvoergebieden aan de noordoostelijke rand van de NOP vragen veel beregeningswater uit oppervlaktewater in droge tijden. Dit zijn de wateraanvoergebieden zoals geïdentificeerd in Figuur 5. Ook valt op dat er in dit gebied relatief veel beregend wordt uit oppervlaktewater, zoals is te zien in Figuur 7;
- Verder valt het gebied ten zuiden van Dronten in ZOF op. Ook dit gebied kent een grote watervraag voor beregening uit oppervlaktewater. In dit gebied wordt oppervlaktewater middels een systeem van stuwen vanuit de Hoge Vaart aangevoerd naar het tussengebied. Ook wordt er in dit gebied relatief meer beregend uit oppervlaktewater dan uit grondwater, zie opnieuw Figuur 7. In de praktijk kent dit gebied ook een doorspoelvraag die niet in de LHM-resultaten verwerkt zit;
- Ook vallen de fruitteeltgebieden in de NOP en ZOF op. De ligging van deze gebieden zijn reeds gevisualiseerd in Figuur 5.

Door het combineren van de basisprognoses en de nieuwe resultaten van het LHM 4.1 is het mogelijk om de watervraag van recente jaren te vergelijken met historische droge jaren, zie Figuur 21. Deze figuur geeft de bandbreedte weer van de berekende maandelijkse watervraag gedurende de periode 1911 tot en met 2011 op basis van de basisprognoses. Het extreem droge jaar 1976 is specifiek uit deze resultaten uitgelicht. Daarnaast is op basis van de nieuwe resultaten van het LHM 4.1 de maandelijkse watervraag voor het gemiddelde jaar 2016 en het droge jaar 2018 weergegeven.



Figuur 21: Het historische verloop van de maandelijkse watervraag in de periode 1911 t/m 2011 versus recente jaren.

Hieruit volgen twee belangrijke observaties:

- In het jaar 2018 was de watervraag hoog, maar niet zo hoog als in 1976.
- In het jaar 2016 is de vraag aan het oppervlaktewater klein en sluit aan bij de geobserveerde gemiddelde jaren in de periode 1911 tot en met 2011.

Deze inzichten geven vertrouwen in het combineren van de basisprognoses en het LHM 4.1. Immers, het neerslagtekort in 1976 was hoger dan in 2018, zoals is beschreven in paragraaf 3.2. Ook is opnieuw de watervraag in de NOP hoger dan in ZOF.

Watertekorten in het oppervlaktewatersysteem

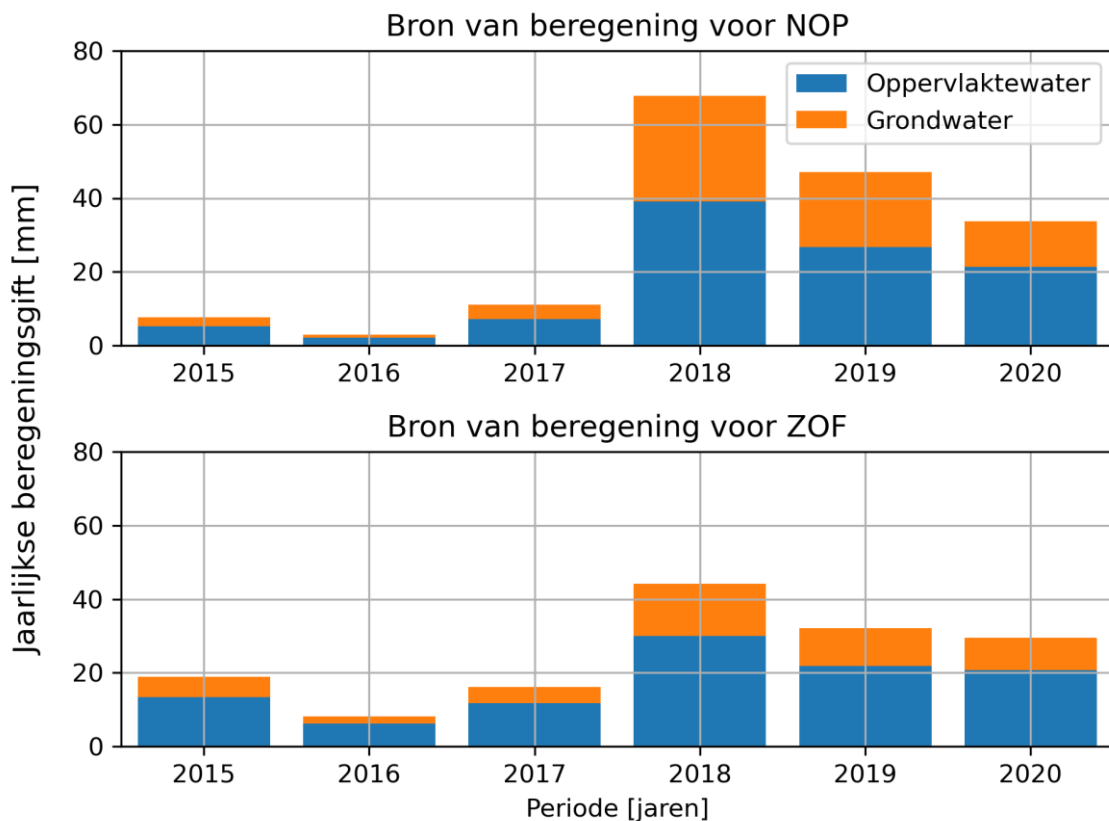
Door het verschil te berekenen tussen het berekende wateraanbod voor de verschillende gebruiksfuncties en de berekende watervraag, ontstaat een beeld van het watertekort van het oppervlaktewatersysteem. Er ontstaan vrijwel geen tekorten in het oppervlaktewatersysteem in de huidige situatie met uitzondering van een tekort voor beregening van iets meer dan 2 mm in het zomerhalfjaar van 2019 in de NOP. Dit tekort ontstaat in augustus 2019. Het tekort beslaat ongeveer 6% van de totale watervraag aan het oppervlaktewater in 2019. Uit inspectie van de modelresultaten blijkt dat het tekort wordt veroorzaakt door een tekort op het IJsselmeer, mogelijk is hier sprake van een modelartefact. Verder, hoewel bleek dat de watervraag in het jaar 1976 nog hoger was dan in 2018, leidt ook deze vraag in de huidige situatie niet tot tekorten in het oppervlaktewater.

We concluderen dat er vrijwel geen watertekorten in het oppervlaktewater in de NOP en ZOF voorkomen in de huidige situatie. Deze bevindingen komen in grote lijnen overeen met het beeld van het waterschap. Kanttekening hierbij is dat de getoonde resultaten volgen uit het LHM. In dit model blijft het oppervlaktewater veelal op streefpeil terwijl in 2018 de waterstanden in de praktijk her en der uitzakten. We gaan aan het eind van dit hoofdstuk verder in op de relatie tussen de modelberekeningen en de werkelijke situatie in het veld. Verder kan niet alleen op basis van het oppervlaktewater conclusies worden getrokken over de zoetwatervoorziening. Daarvoor dient ook het bodemsysteem geanalyseerd te worden.

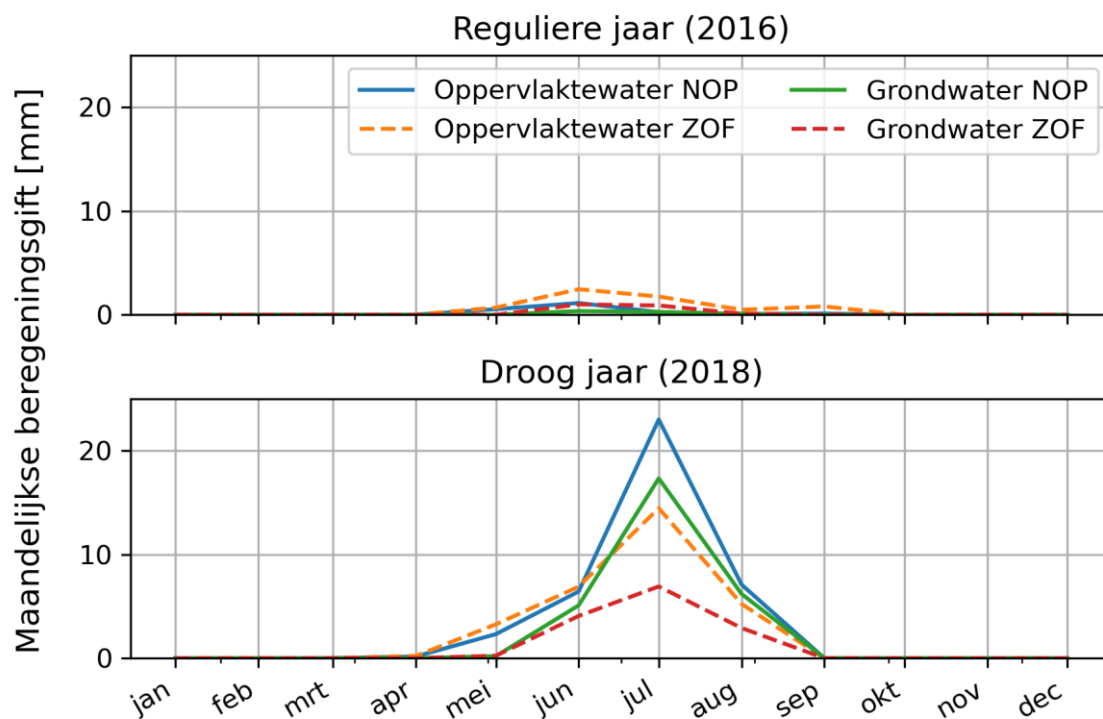
Beregening uit oppervlaktewater en grondwater

In droge perioden wordt volop beregend in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland. Het LHM modelleert de beregeningsgift en splitst deze uit naar beregening uit oppervlaktewater en beregening uit grondwater. Figuur 22 geeft de jaarlijkse beregeningsgift weer voor de NOP en ZOF. In de figuur is te zien dat de totale beregeningsgift in de NOP hoger is dan in ZOF. Dit wordt deels verklaard door de grote dichtheid van beregeningslocaties in de NOP zoals gevisualiseerd is in Figuur 7. Zoals al bleek uit Figuur 17, is in gemiddelde jaren de beregeningsvraag laag. In de droge jaren 2018, 2019 en 2020 is het beeld geheel anders. De beregeningsgift uit oppervlaktewater en grondwater schiet dan omhoog. In zowel gemiddelde als droge jaren wordt in het model meer water uit het oppervlaktewater beregend dan uit grondwater.

Volgens de LHM-modelresultaten ontstaan geen tekorten in het oppervlaktewater. We zien echter ook dat het grondwater een belangrijke bron van beregeningswater vormt in het beheergebied. Daarom is het noodzakelijk om ook de watervraag van gewassen aan specifiek de bodem (en resulterende tekorten) te evalueren.



Figuur 22: Beregeningshoeveelheden berekend door het LHM in de jaren 2015 tot en met 2020 uitgeplitst over oppervlaktewater en grondwater.

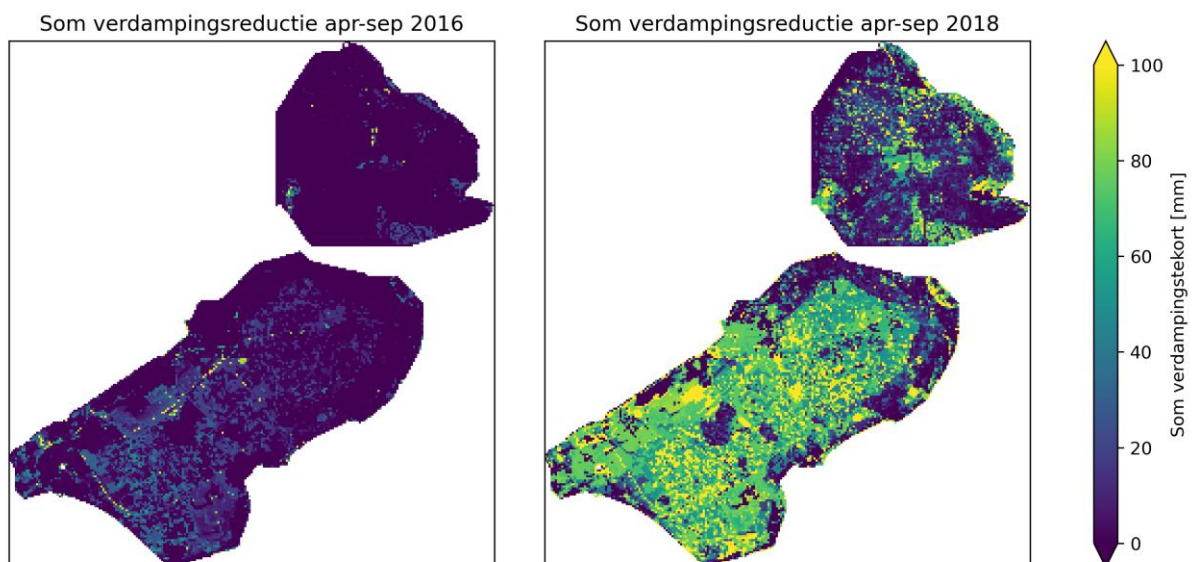


Figuur 23: Maandelijks beregeningshoeveelheden per bron in de NOP en ZOF gedurende het gemiddelde jaar 2016 en het droge jaar 2018.

Figuur 23 geeft het tijdsverloop van de berekende beregeningsgift weer voor de gemiddelde en droge jaren in de NOP en ZOF. Zichtbaar is dat de piek in beregening uit oppervlaktewater sterk toeneemt in droge perioden. Daarnaast stijgt het gebruik van grondwaterberegening ook, maar in mindere mate dan de oppervlaktewaterberegening. Verder valt op dat de beregeningsgift in met name de NOP sterk toeneemt, wat overeenkomt met de verandering in de maximale watervraag zoals zichtbaar in Figuur 19.

Bodemvocht- en grondwatertekort

Tijdens meteorologische droogte daalt de waterbeschikbaarheid in de bodem. We beoordelen dit op basis van twee indicatoren: de verdampingsreductie en de verandering in grondwaterstanden. Gewassen kunnen in droge periodes minder verdampen dan potentieel mogelijk is. Het verschil tussen de potentiële en werkelijke verdamping wordt ook wel verdampingsreductie genoemd. Figuur 24 geeft de gesommeerde verdampingsreductie weer voor de groeiseizoenen van 2016 (gemiddeld jaar) en 2018 (droog jaar). Verder geeft Tabel 3 de gebiedsgemiddelde potentiële, actuele, en de verdampingsreductie weer voor het gehele beheersysteem.



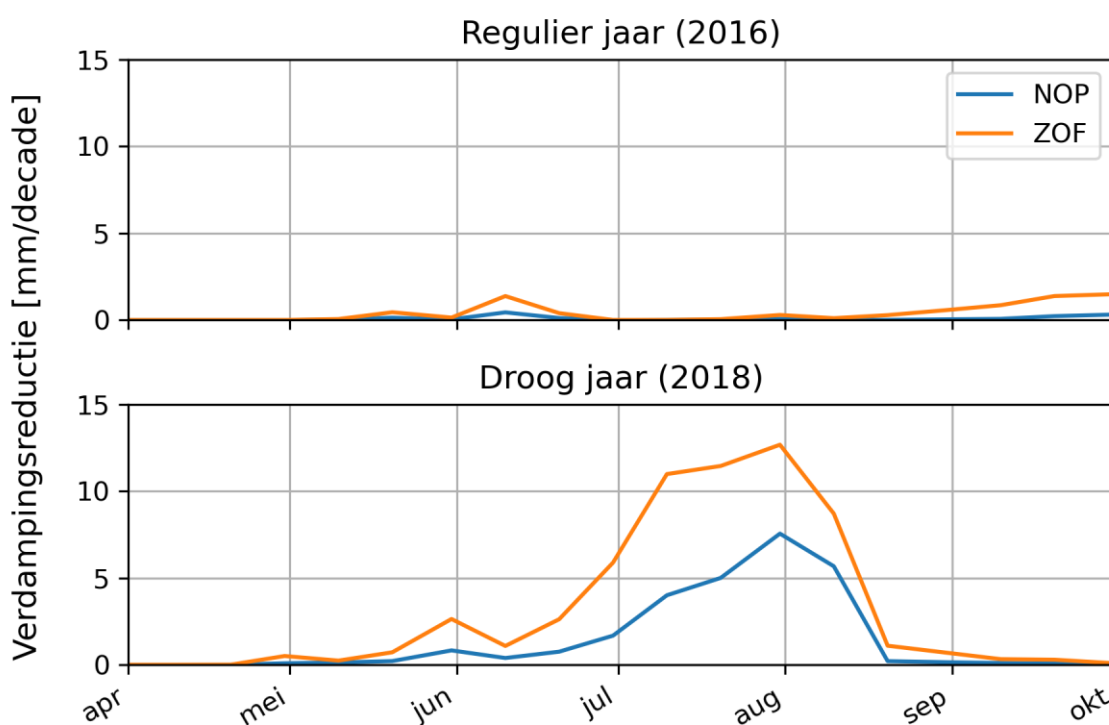
Figuur 24: Gesommeerde verdampingsreductie in de groeiseizoenen van 2016 (gemiddeld jaar) en 2018 (droog jaar).

In een gemiddeld groeiseizoen zoals in 2016 vindt weinig tot geen verdampingsreductie plaats in de NOP volgens het LHM. De verdampingsreductie in ZOF vertoont regionale verschillen, maar is met 0 tot 20 mm nooit meer dan 10% lager ten opzichte van de potentiële verdamping en blijft dus laag. In een droog groeiseizoen als in 2018 loopt de verdampingsreductie sterk op. In zowel de NOP als ZOF zijn gebieden zichtbaar waar de verdampingsreductie met orde grootte 60 tot 100 mm meer dan 40% is ten opzichte van de potentiële verdamping. Hoewel in de NOP de reductie lager is dan in ZOF, is wel degelijk een groot verschil met 2016 zichtbaar. Volgens het LHM lukt het dus niet om in een droog jaar de verdamping van de gewassen op potentieel niveau te brengen. De beregening kan dus niet aan de watervraag voldoen.

	2016	2018
Potentiële transpiratie [mm]	263	321
Actuele transpiratie [mm]	257	272
Verdampingsreductie [mm]	6	49
Procentuele verdampingsreductie [-]	2%	16%

Tabel 3: Gemiddeld verschil in potentiële en actuele transpiratie tussen een gemiddeld jaar (2016) en een droog jaar (2018) in het beheergebied.

Figuur 25 maakt inzichtelijk hoe de verdampingsreductie verloopt gedurende een gemiddeld jaar en een droog jaar voor de NOP en ZOF. Zoals eerder opgemerkt treedt vrijwel geen reductie op in het gemiddelde jaar 2016. Wel treedt er een significante reductie op in de droge zomer van 2018. Deze reductie valt samen met het neerslagtekort dat optreedt in deze periode. Verder valt op dat de reductie een stuk groter is in ZOF vergeleken met de NOP.

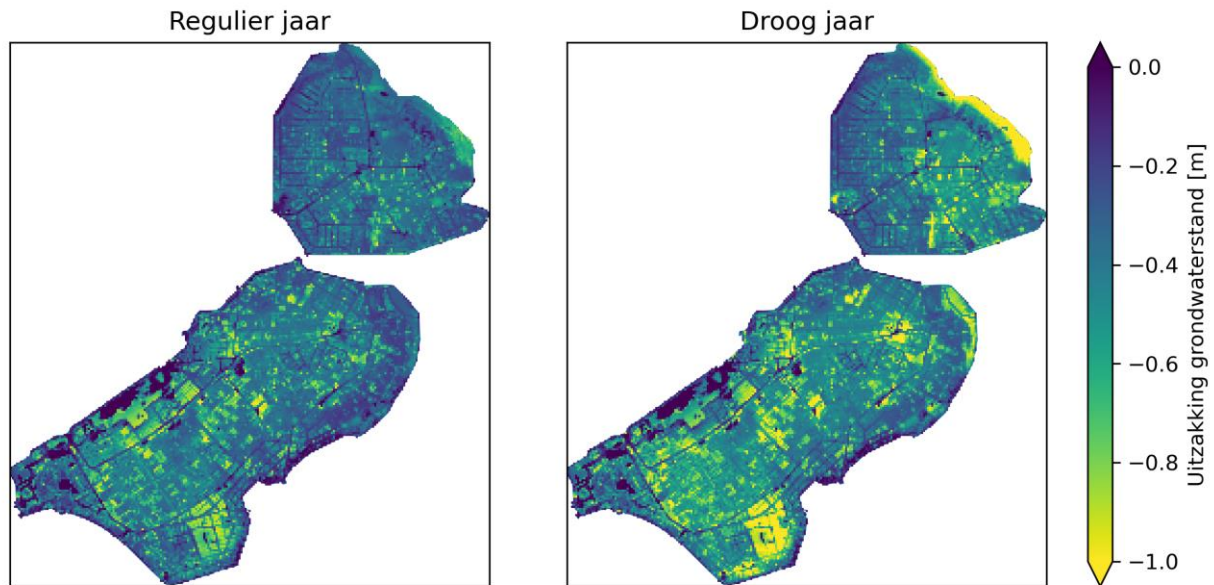


Figuur 25: Verloop van de verdampingsreductie gedurende het jaar voor een gemiddeld jaar (2016) en een droog jaar (2018).

We merken op dat de verdamping en verdampingsreductie ook kan worden afgeleid uit satelliet-waarnemingen, die door Het Waterschapshuis beschikbaar worden gemaakt onder de productnaam SATDATA 3.0. Echter blijkt dat de verdampingsuitvoer van het LHM beter overeenkomt met de eerder besproken opgestelde waterbalansen op basis van meetgegevens. Om die reden gebruiken we voor de analyse van de verdampingsreductie de resultaten van het LHM.

Naast verdampingsreductie leidt een watertekort in de bodem ook tot uitzakkende grondwaterstanden in het freatisch pakket. Ook voor de analyse hiervan maken we gebruik van LHM modelresultaten. Het beschikbare grondwatermeetnet geeft namelijk geen vlak dekkend beeld van het beheergebied. We illustreren het uitzakken van het grondwater in gemiddelde en droge jaren op basis van het verschil tussen de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), zie Figuur 26.

Duidelijk zichtbaar is dat in een droog jaar in vrijwel het gehele beheergebied de freatische grondwaterstand uitzakt. Ook is er een ruimtelijk verschil te zien waarbij de uitzakking varieert van ongeveer 0 m bij de Oostvaardersplassen tot meer dan een meter aan de rand van de NOP en in het zuidelijk gedeelte van ZOF. Hoewel in droge jaren de grondwaterstand meer uitzakt, zijn de ruimtelijke patronen vergelijkbaar met die in een gemiddeld jaar.



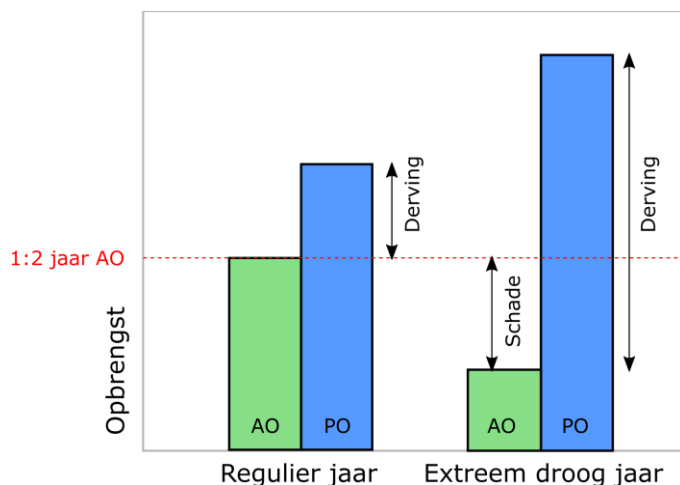
Figuur 26: Uitzakkende grondwaterstanden in het huidige klimaat tijdens een gemiddeld en droog jaar. Het uitzakken van de grondwaterstand is gedefinieerd als het verschil tussen de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG).

Tekort en schade landbouw

Voor de definitie van landbouwschade als gevolg van droogte kan een aantal maatlatten worden gebruikt:

- **Potentiële opbrengst (PO):** de potentiële opbrengst droge stof (kg) is gelijk aan de maximaal mogelijke opbrengst droge stof onder ideale condities. De potentiële opbrengst zal door bijvoorbeeld watertekorten, gewasziekten en nutriëntentekorten nooit gerealiseerd worden. De potentiële opbrengst varieert jaarlijks door variaties in het weer. Zo kan in een droog jaar met veel zonuren de potentiële opbrengst hoger zijn dan in een gemiddeld jaar met minder zonuren.
- **Actuele opbrengst (AO):** de actuele opbrengst droge stof (kg) is de werkelijk gerealiseerde opbrengst droge stof. In modelberekeningen wordt het verschil tussen de PO en AO volledig verklaard door een vochttekort in de wortelzone, waardoor verdampingsreductie optreedt.
- **1:2 jaar actuele opbrengst:** de bedrijfsvoering van de agrariërs wordt verondersteld ingesteld te zijn op de 1:2 (eens per twee jaar) actuele opbrengst (kg). De betekenis hiervan is dat in de helft van de jaren een opbrengst droge stof wordt gerealiseerd die hoger of lager is.

Deze maatlatten en de relatie ertussen is gevisualiseerd in Figuur 27 voor een gemiddeld en een extreem droog jaar. In de figuur is derving gedefinieerd als het verschil tussen de potentiële en actuele opbrengst droge stof (kg). Derving geeft de bovengrens aan van de gemiste opbrengst droge stof door watertekorten. Immers, de potentiële opbrengst zal in werkelijkheid nooit worden gerealiseerd.



Figuur 27: Maatlatten voor schade in de landbouw door watertekorten: AO is actuele opbrengst en PO is potentiële opbrengst (kg).

Schade is gedefinieerd als het verschil tussen de 1:2 jaar actuele opbrengst en de actuele opbrengst en wordt vaak uitgedrukt in euro's. Deze schade wordt bepaald door vermenigvuldiging van de fysieke opbrengst met eenheidsprijzen voor de verschillende gewassen. Een actuele opbrengst gelijk aan de 1:2 jaar actuele opbrengst is gelijk aan de opbrengst die een boer gemiddeld mag verwachten, bij deze opbrengst is de schade dus nihil.

Deze definities kunnen vervolgens toegepast worden op de eerder besproken resultaten. Door de verdampingsreductie te combineren met de uitzakking van de freatische grondwaterstand concluderen we dat in droge jaren een watertekort in het bodemsysteem optreedt. Dit ondanks dat berekend kan worden uit grond- en oppervlaktewater. Dit watertekort heeft tot gevolg dat de groei van gewassen niet optimaal is waardoor sprake is van opbrengstderving en mogelijk tot economische schade. Of deze derving ook tot schade leidt is mede afhankelijk van de marktwerking. Immers, bij droogte is het in heel West-Europa droog. Door marktwerking kunnen gewasprijzen zodanig hoog zijn dat agrariërs in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland voldoende gecompenseerd worden (Stokkers et al., 2022), afhankelijk van de vraag of termijncontracten zijn afgesloten. Het inschatten van economische schade in de landbouw in droge jaren is dus een complex vraagstuk dat in later onderzoek verder uitgewerkt kan worden.

Reflectie op gebruikte modelresultaten

In het voorliggende onderzoek zijn waterbalansen opgesteld op basis van metingen uit het beheergebied, zie bijlage C. Uit deze analyse blijkt dat de modelresultaten van het LHM redelijk tot goed aansluiten bij de metingen. Daarnaast is het LHM versie 4.1 gevalideerd in 2021 (HKV, 2021a). Uit deze validatie blijkt dat deze versie van het LHM goed presteert op het vlak van oppervlaktewatermodellering op regionale schaal. Hieruit concluderen we dat het LHM versie 4.1 bruikbaar is voor voorliggend onderzoek, met daarbij de volgende opmerkingen:

- De doorspoelingsvraag van het oppervlaktewater is op basis van een inventarisatie van Deltares aangepast in LHM 4.1. De doorspoelresultaten voor de NOP zijn alleen geldig op de schaal van de gehele Noordoostpolder. Het is niet zinvol om verder in te zoomen, aangezien de doorspoeling niet op dat niveau geschematiseerd is.
- De IJsselmeerscenario's die leiden tot tekorten eens in de 5 jaar (-0,30 m+NAP) en een kritiek laag peil eens per 10-20 jaar (-0,40 m+NAP), zoals beschreven in paragraaf 3.4, zijn niet verdisconteerd in de 100-jarige reeksen van de basisprognoses. De berekende watertekorten zullen daardoor groter zijn dan nu berekend met de basisprognoses.

- Het LHM gaat uit van grond- of oppervlaktewaterberekening. Oppervlaktewaterberekening heeft in het model prioriteit, waarna wordt overgegaan naar grondwaterberekening. Het oppervlaktewater kan naar elke beregeningsput getransporteerd worden. In werkelijkheid werken agrariërs, met name in de NOP, met een systeem van stuwen en stuwputten. Zij gebruiken stuwputten om tijdelijk water in kavelsloten vast te houden, om hieruit te kunnen beregenen. Nadat aan de beregeningsbehoefte is voldaan, wordt de stuwput opengezet. Het water kan dan verder stromen naar de benedenstroomse gebruikers. In de praktijk kunnen agrariërs dus niet op elk gewenst moment beregenen uit oppervlaktewater. Verder is het zo dat de agrariërs de keuze tussen berekening uit grond- of oppervlaktewater ook maken op basis van praktisch gemak zoals de afstand tot het deel van het perceel dat beregend moet worden. Daarnaast speelt ook de waterkwaliteit van het grond- en oppervlaktewater een rol. Zo dienen pootaardappelen altijd met grondwater beregend te worden.
- De piekwatervraag op dagbasis kan hoger zijn doordat het LHM met decadegemiddelde hoeveelheden werkt
- De verdampingsreductie aan de noordelijke rand van ZOF is volgens het LHM zeer beperkt, zie Figuur 24. Dit patroon wordt niet herkend in de daling van de grondwaterstanden in Figuur 26. Mogelijk wordt deze discrepantie veroorzaakt door de schematisatie van het bodemtype in dit gebied.
- De analyse van de watervraag van het oppervlaktewater en de bodem kan verder getoetst worden als meer informatie beschikbaar is over actuele grondwaterstanden en werkelijke beregeningshoeveelheden uit het oppervlakte- en grondwater.
- Het toetsen van de modelresultaten op lokale schalen is mogelijk met het LHM. De beschikbare metingen van met name afvoer zijn echter niet voldoende nauwkeurig om een goed beeld op meer gedetailleerde schalen dan de polder- en afdelingsschalen te krijgen. Het verdient aanbeveling om de monitoring hierop aan te passen.

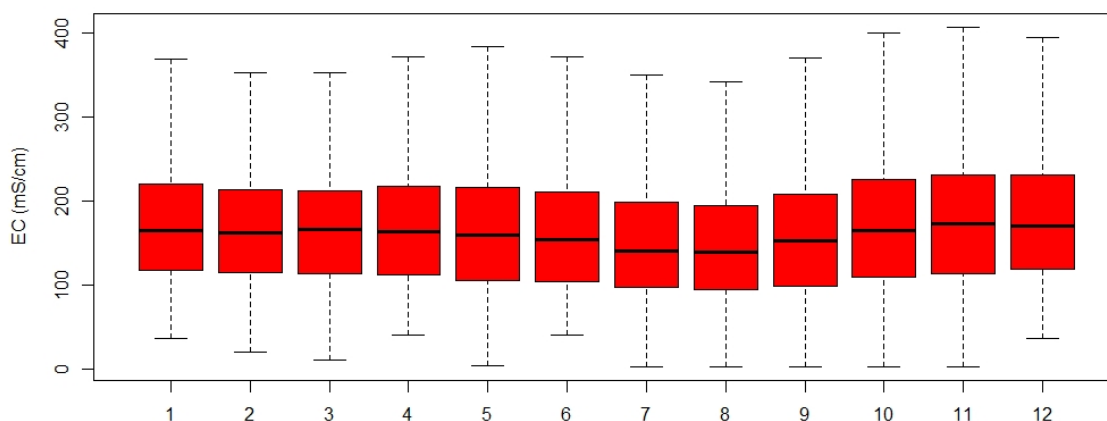
4.2.2 Waterkwaliteit (EC- en chloridewaarden)

Naast de beoordeling van de hoeveelheid water die beschikbaar is, is ook de kwaliteit van het beschikbare water van belang voor zoetwatervoorziening, met name voor de landbouw. Voor natuur is vooral voldoende water gewenst. Als de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater van onvoldoende kwaliteit is, kan het niet worden gebruikt voor berekening van gewassen.

We beoordelen de waterkwaliteit van het oppervlaktewater aan de hand van het zoutgehalte, gemeten als het elektrisch geleidingsvermogen (EGV, ook wel Electrical Conductivity (EC) genoemd); verder te noemen EC-metingen. EC-metingen beschrijven de totale concentratie ionen in water. We kiezen voor deze parameter (en niet voor parameters als temperatuur, ijzer, etc.) omdat voldoende gedetailleerde gegevens beschikbaar zijn om op deelgebiedsniveau een analyse uit te kunnen voeren in zowel droge als gemiddelde jaren. Verder zijn EC-metingen goed te koppelen aan normwaarden voor landbouwkundige gewassen. Binnen deze studie is waterkwaliteit dus gedefinieerd als EC-waarden.

Oppervlaktewater

Figuur 28 geeft een overzicht van de maandelijks variatie in EC-waarden in het oppervlaktewater gedurende het jaar voor alle relevante meetpunten in het beheergebied voor de periode 2015 tot en met 2021. De EC-waarden zijn relatief constant gedurende het jaar met een lichte uitzakking in de zomermaanden.



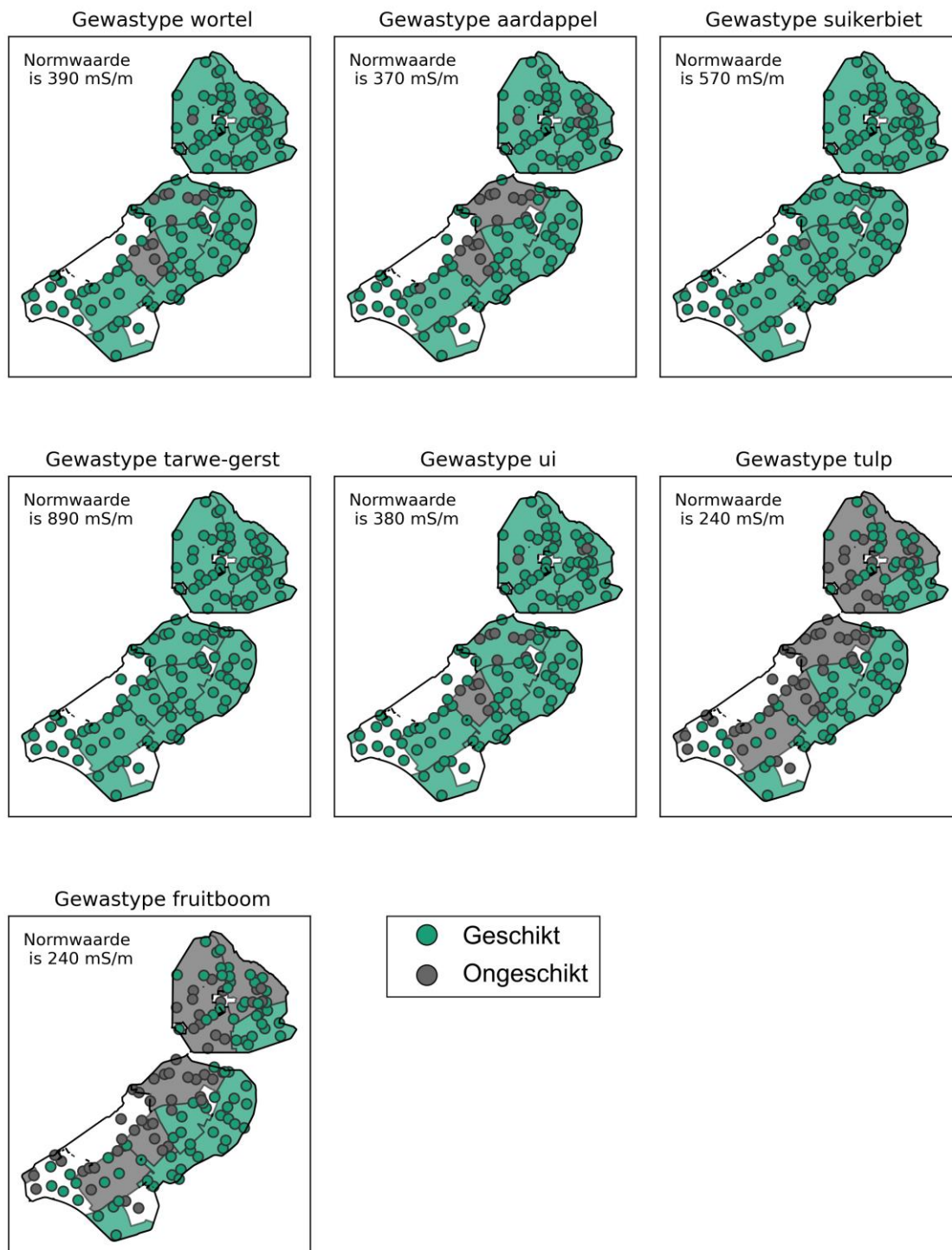
Figuur 28: Verloop van de EC-waarden in het oppervlaktewater gedurende de maanden van het jaar gemiddeld over alle metingen in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland over de periode 2015 tot en met 2021.

Per meetpunt en per jaar is het 90^e-percentiel van de EC-metingen over de maanden april tot en met september berekend voor de periode 2015 tot en met 2021, mits tenminste vier meetwaarden per jaar beschikbaar zijn. Het 90^e-percentiel betekent dat 10% van de metingen gedurende de meetperiode hoger is. Het maximum van deze 90^e-percentielen is getoetst aan de zouttolerantiedrempels van Stuyt et al. (2016), weergegeven in Tabel 4 voor een aantal belangrijke gewassen die verbouwd worden in het beheergebied. Daarnaast zijn op gebiedsniveau de EC-metingen beoordeeld. De gebiedsindeling is in samenspraak met het waterschap tot stand gekomen. Het oordeel per gewastype per deelgebied is gebaseerd op het gemiddeld 90^e percentiel van alle meetpunten in het deelgebied. Dit is vervolgens vergeleken met de zouttolerantiedrempels. NB: dit hoeft in de praktijk dus niet te betekenen dat in een geheel deelgebied het grond- en/of oppervlaktewater geschikt of ongeschikt is voor de beregening van een gewas. De oordelen per meetpunt geven een indicatie van de variatie binnen een deelgebied.

Drempelwaarden -->	EC (dS/m)	EC (mS/m)	Cl (mg/l)
Wortel	3,9	390	903
Aardappel	3,7	370	838
Suikerbiet	5,7	570	1478
Tarwe-gerst	8,9	890	380
Ui	3,8	380	867
Tulp	2,4	240	475
Fruitbomen	2,4	240	465

Tabel 4: Zouttolerantiedrempels voor verschillende gewastypen (Stuyt et al., 2016)

In Figuur 29 is per meetpunt en deelgebied weergegeven of de 90^e percentiel van de EC-meting voldoet aan de zouttolerantiedrempels. De EC-waarden van het oppervlaktewater variëren sterk in het beheergebied van het waterschap. Hierdoor worden in delen van het beheergebied de zouttolerantiedrempels voor verschillende gewassen overschreden. Voor suikerbiet en tarwe-gerst voldoet de waterkwaliteit ruimschoots aan de normwaarden. In het gebied ten zuiden van Lelystad (tussen de Larservaart en de Knardijk) voldoet de waterkwaliteit niet voor de beregening van ui en wortel. Ook voor beregening van aardappelen is dit gebied niet geschikt, met als toevoeging het gebied tussen Lelystad en Dronten. Tot slot zijn de westelijke delen van de NOP en ZOF niet geschikt voor beregening van tulpen en fruitteelt. De waterkwaliteit levert in praktijk geen problemen op voor de fruitteelt, doordat deze geconcentreerd is in de oostelijke delen van de NOP en in de oostelijke en zuidoostelijke delen van ZOF (zie Figuur 5).



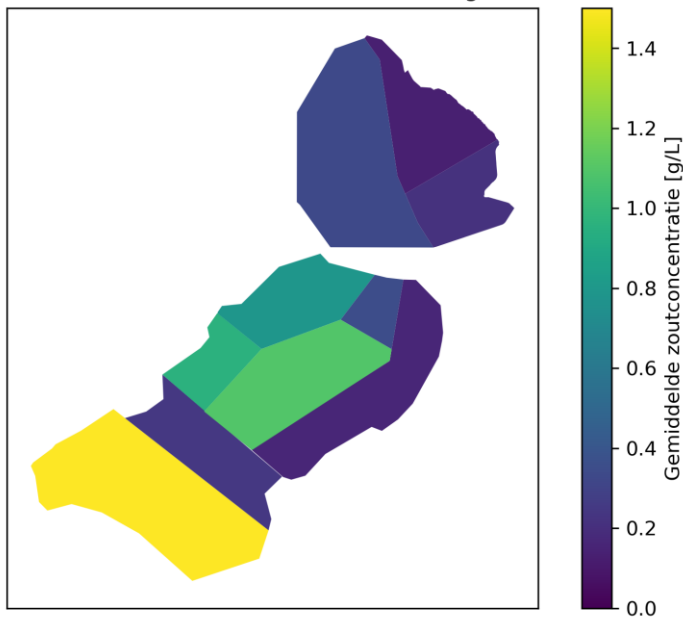
Figuur 29: Overzicht van locaties/meetpunten waar de huidige EC-waarden van het oppervlaktewater (niet) voldoet aan de zouttolerantierepels voor verschillende gewastypen zoals gedefinieerd in Stuyt et al. (2016). Per meetpunt is naar het maximale 90^e-percentiel per jaar gekeken over de periode 2015-2021. De witte vlakken zijn niet relevant voor landbouw (stedelijk gebied en grote natuurgebieden).

De gebiedsbeheerders van het waterschap herkennen de ruimtelijke patronen van de beoordeling op waterkwaliteit. Bij deze bevindingen moet in acht genomen worden dat het oordeel gebaseerd is op monitoringpunten van het waterschap. Lokaal kan de toestand hiervan afwijken. In doodlopende watergangen, waar geen doorspoeling mogelijk is, kunnen waterkwaliteitsproblemen ontstaan die niet door de metingen worden aangegeven. Verder merken we op dat de provinciale hoofdvaarten niet zijn meegenomen in deze analyse, aangezien beregning veelal vanuit de tochten plaatsvindt.

Grondwater

Ook de chlorideconcentraties van het grondwater zijn van belang. Zoute kwel stroomt met name naar de grote vaarten en tochten die door de deklaag zijn gegraven. Hierdoor heeft de oppervlaktewaterkwaliteit een belangrijke relatie met de grondwaterkwaliteit en kan zoute kwel, afhankelijk van de mate van toestromen, een direct effect hebben op de zoetwaterbeschikbaarheid. Met het LHM zoet-zoutmodel is een regionale inschatting gemaakt van de ruimtelijke patronen in zoutconcentraties van de kwel in het beheergebied voor de huidige situatie, zie Figuur 30. Gezien het model zoutconcentraties levert (chloride/saliniteit), worden in paragraaf 4.3.2 deze concentraties omgerekend naar EC-waarden.

Gemiddelde zoutconcentratie kwel in huidige situatie



Figuur 30: Gemiddelde zoutconcentratie (chloride/saliniteit) van kwelwater in de huidige situatie gebaseerd op het LHM zoet-zout.

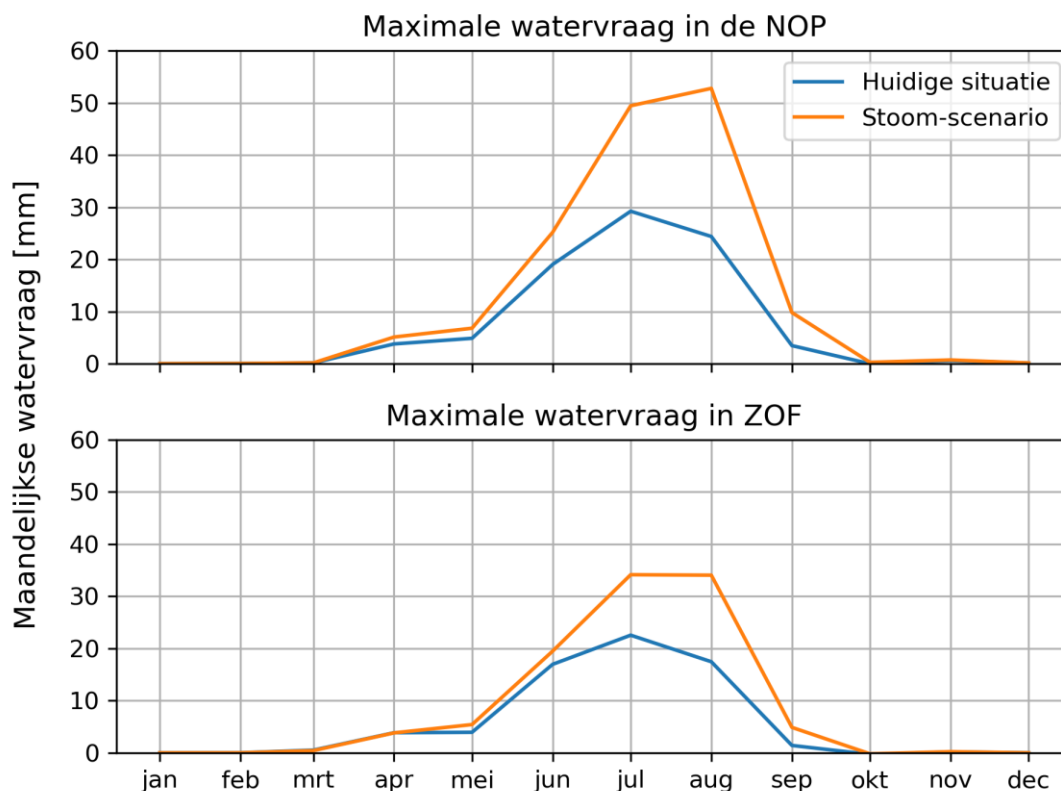
De figuur geeft een goed beeld van de gebieden die zouter zijn. Voorbeelden zijn het gebied rond Lelystad en het gebied rond Almere. Over het algemeen is de kwel in de lageregelegen delen van het beheergebied zouter dan in de hoger gelegen gebieden. Verder zijn de zoutconcentraties in de NOP lager dan in grote delen van ZOF. Echter, lokaal komen met name langs de westrand van de NOP hoge zoutconcentraties voor. Daarnaast kan door verschillen in bodemopbouw de concentratie van de zoute kwel hoger zijn, zoals in het zuiden van ZOF. Deze modelresultaten komen overeen met de van de EC-metingen en dat geeft vertrouwen in de modelresultaten.

4.3 Toekomstige situatie

We herhalen nu de analyse van de watervraag en watertekorten en waterkwaliteit in oppervlaktewater en bodem voor de verwachte toekomstige situatie. Hierbij maken we gebruik van de Delta-scenario's, specifiek het Stoom-scenario voor het jaar 2050.

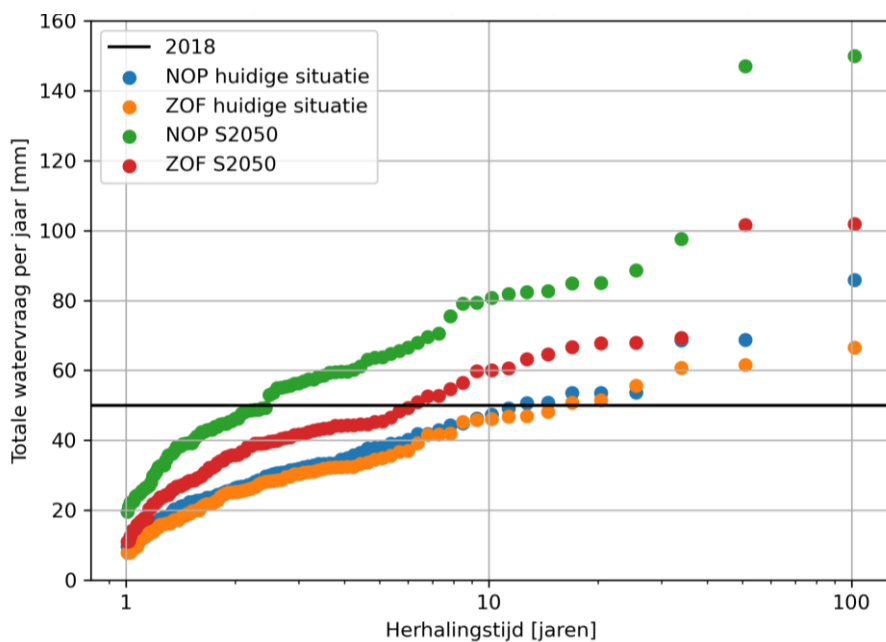
4.3.1 Waterkwantiteit

Op basis van de Deltascenario's gaat de watervraag in de toekomst veranderen. Figuur 31 laat het verloop van de maximale maandelijkse watervraag zien voor de huidige situatie en het Stoom-scenario op basis van de basisprognoses. De figuur laat een duidelijke toename van de watervraag zien in de toekomst.

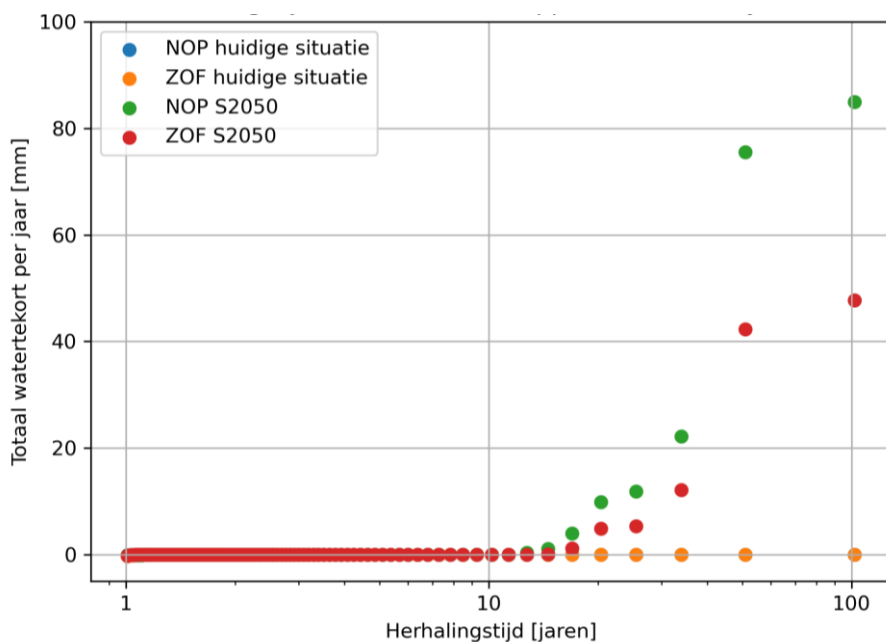


Figuur 31: Verloop van de maximale maandelijkse watervraag in de NOP en ZOF voor de huidige situatie en het Stoom-scenario.

Figuur 32 toont de herhalingsstijd van de totale watervraag aan het oppervlaktewatersysteem per jaar voor de twee Deltascenario's die we hier gebruiken (zie paragraaf 3.3). De verwachte watervraag in zowel de NOP als ZOF gaan sterk toenemen in het Stoom-scenario ten opzichte van de huidige situatie. De watervraag van de NOP is hoger dan die van ZOF. De vergrote watervraag wordt met name veroorzaakt door een hogere beregeningsvraag en in beperkte mate door een hogere doorspoelvraag. Ter referentie is de totale watervraag van het jaar 2018 voor de NOP in hetzelfde figuur geplot als horizontale lijn. In de huidige situatie heeft deze watervraag een herhalingsstijd van ongeveer 20 jaar, in het Stoom-scenario wordt dit circa 2 jaar. De watervraag neemt onder andere sterk toe door de veranderingen in beregeningscapaciteit. Niet weergegeven in de figuur, maar voor ZOF neemt de herhalingsstijd van de watervraag van het jaar 2018 toe van circa 7 jaar naar 2 jaar. De watervraag van een droog jaar zoals 2018 gaat dus in de toekomst gemiddeld ongeveer eens per twee jaar voorkomen en dat is veel vaker dan in het huidig klimaat. Ook laten deze resultaten zien dat de herhalingsstijd van de watervraag niet per se synchroon loopt met de herhalingsstijd van de meteorologische droogte (15 jaar versus 26 jaar).



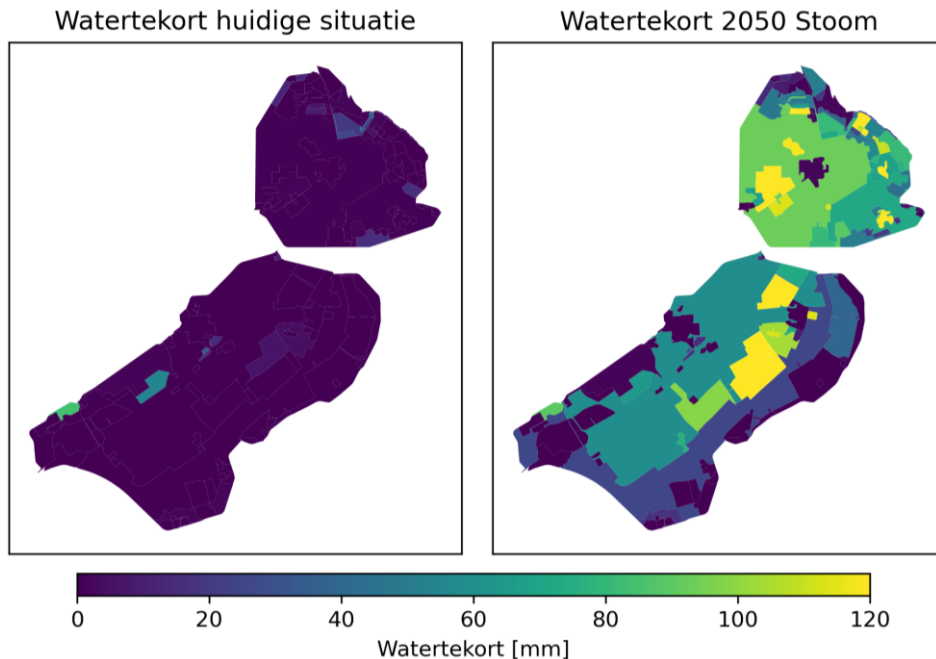
Figuur 32: De herhalingstijd van de totale watervraag aan het oppervlaktewatersysteem per jaar in de huidige situatie en in het jaar 2050 volgens het Stoom-scenario. Ter illustratie is de watervraag van het jaar 2018 voor de NOP weergegeven met de zwarte streep.



Figuur 33: De herhalingstijd van het totale watertekort van het oppervlaktewatersysteem per jaar in de huidige situatie en in het jaar 2050 volgens het Stoomscenario.

Waar in de huidige situatie geen watertekorten in het oppervlaktewatersysteem ontstaan op het schaalniveau van de NOP en ZOF, komen deze in de toekomst wel voor, namelijk gemiddeld eens per 20 jaar, zoals weergegeven in Figuur 33. De nieuwe inzichten over de waterbeschikbaarheid van het IJsslemeer zoals beschreven in paragraaf 3.4 zijn in de basisprognose voor het Stoom-scenario nog niet meegenomen, de tekorten kunnen dus nog vaker gaan voorkomen dan hier gepresenteerd.

De ruimtelijke verdeling van de (verwachte) watertekorten is gevisualiseerd in Figuur 34. Uit de figuur blijkt dat in de toekomstige situatie het aantal gebieden met watertekorten sterk toeneemt, vooral in de gebieden met lagere peilen, zoals de Lage afdeling van de Noordoostpolder en de Lage afdeling van ZOF. In deze gebieden zal dan onvoldoende water beschikbaar zijn voor beregening uit oppervlaktewater. Ook zullen in gebieden met zoute kwel de EC-waarden hoger worden, gezien er minder doorspoeling kan plaatsvinden.

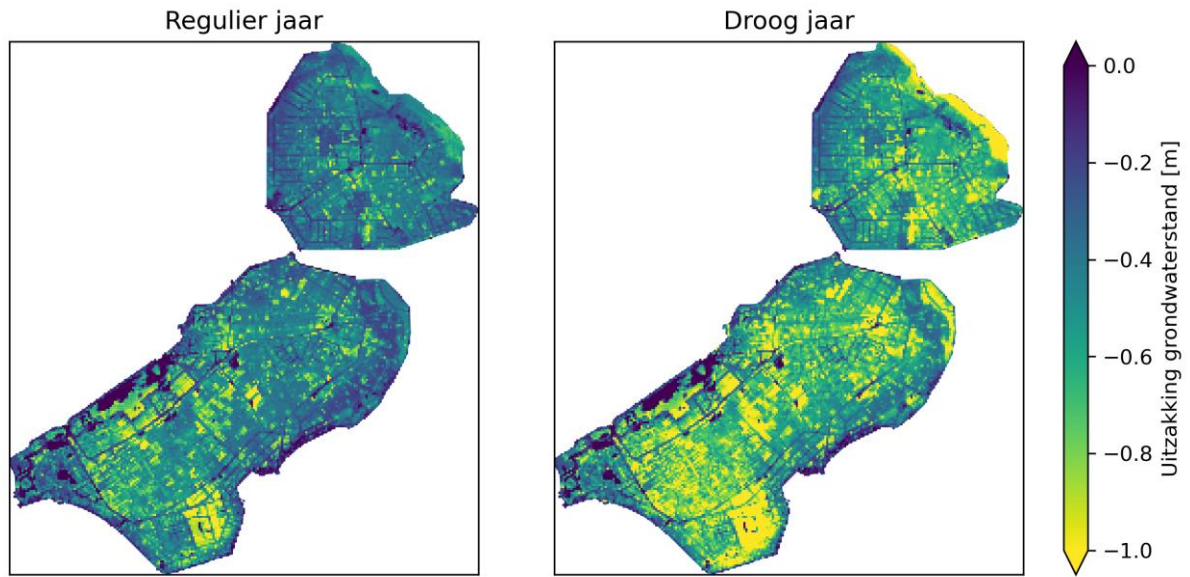


Figuur 34: Verwachte jaarlijkse watertekorten in het oppervlaktewatersysteem bij een herhalingsijd van 50 jaar voor de huidige situatie en het Stoom-scenario.

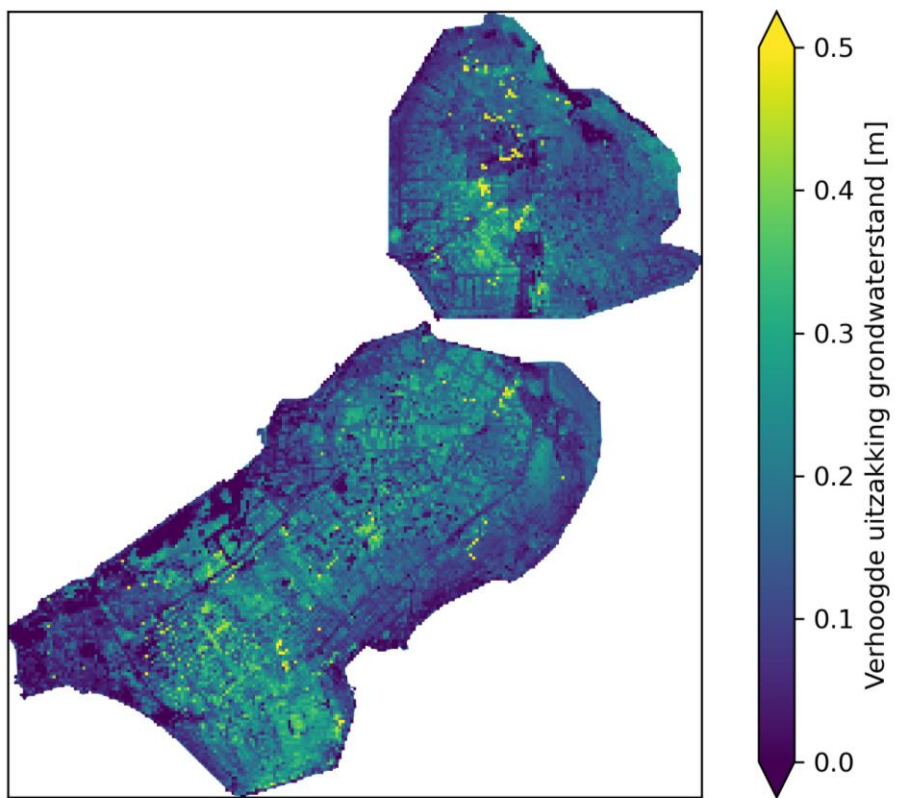
Bodemvocht- en grondwatertekort

Naast de verandering in de vraag naar oppervlaktewater en de tekorten daaraan, zal ook het watertekort in de bodem in de toekomst veranderen. De werkelijke verdamping gaat met gemiddeld 4% tot 6% toenemen in het Stoom-scenario ten opzichte van de huidige situatie. De uitzakking van het freatisch grondwater in het huidig klimaat zoals gepresenteerd in Figuur 26 kan ook berekend worden voor het Stoom-scenario in het jaar 2050, zie Figuur 35. Dit figuur laat de uitzakkende grondwaterstanden zien voor een gemiddeld jaar en een droog jaar. Zichtbaar is dat er een sterke uitzakking van de grondwaterstand zichtbaar is in het droge jaar.

Om het verschil tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie weer te geven, berekenen we het verschil in uitzakking tussen deze twee situaties, zie Figuur 36. De uitzakking is weer gedefinieerd als het verschil tussen de GLG en GVG in een bepaald jaar. Zichtbaar is dat met name in de centrale delen van de NOP en ZOF de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) extra gaan dalen in het zomerhalfjaar. De daling wordt onder andere veroorzaakt door een verwachte toename van de beregeningscapaciteit en verhoogde optredende verdamping.



Figuur 35: Uitzakkende grondwaterstanden in de toekomst tijdens een gemiddeld en droog jaar. Het uitzakken van de grondwaterstand is gedefinieerd als het verschil tussen de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG).



Figuur 36: Het verschil in uitzakking van grondwaterstanden tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie gebaseerd op het Stoom-scenario. Positieve waarden geven aan dat de grondwaterstanden sterker uitzakken in de toekomstige situatie.

Toename watervraag door nieuwe gebruikers

De verwachte watervraag van de nieuwe gebruikers zoals gepresenteerd in paragraaf 3.5 wordt in Tabel 5 in het perspectief geplaatst van de totale watervraag in de huidige- en de toekomstige situatie, waarin deze nieuwe watervragers nog niet zijn meegenomen. De watervraag van het tegengaan van bodemdaling is geschat op 8% van de watervraag van peilbeheer, zoals beschreven in paragraaf 3.5. Uit de tabel blijkt dat op de schaal van het hele beheergebied nieuwe gebruikers niet significant extra water vragen ten opzichte van waarmee reeds rekening is gehouden in het Stoomscenario voor 2050. In dat scenario zorgt met name de verwachte verhoging van de beregeningscapaciteit voor een verhoogde watervraag en dat domineert de toename van de watervraag. Op lokale schaal kan de watervraag van nieuwe gebruikers wel om aanpassing van het watersysteem vragen.

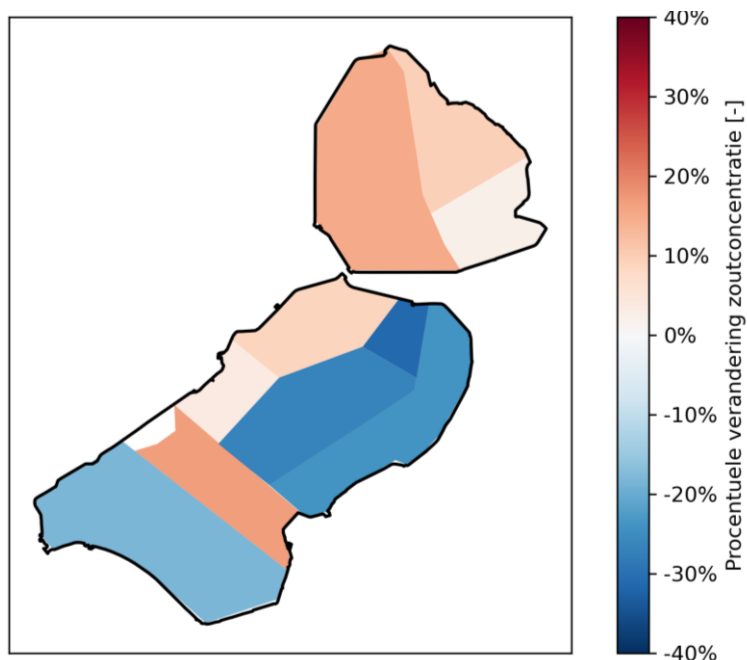
Watervraag in droge perioden	Huidige situatie [mm/jaar]	Stoom-scenario [mm/jaar]
Autonome ontwikkelingen bij T20-droogte	52-55	69-87
Autonome ontwikkelingen bij T50-droogte	62-70	102-150
Watervraag tegengaan bodemdaling	0,60-1,20	0,80-1,40
Aaltjesbestrijding (op specifieke percelen)	3	3
Veranderende piekwatervraag stedelijk gebied	0,02	0,06
Datacentra	0,007	0,007

Tabel 5: Verandering in watervraag door nieuwe watervragers op de schaal van het beheergebied.

4.3.2 Waterkwaliteit (chloride- en EC-waarden)

Ontwikkeling kwaliteit grondwater

Figuur 37 beschrijft de verwachte ontwikkeling van de gemiddelde zoutconcentratie in het kwelwater op basis van resultaten van het LHM zoet-zoutmodel, geaggregeerd voor waterkwaliteits-specifieke gebieden binnen het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland.



Figuur 37: Ontwikkeling gemiddelde concentratie van de zoute kwel (chloride) in de toekomst volgens het LHM zoet-zout.

Het LHM zoet-zoutmodel biedt inzicht in de zoutconcentraties op basis van chloride. Aangezien de ontwikkeling van de zoutflux een langjarig proces is, zijn de resultaten weergegeven voor het jaar 2078. Dit zijn overigens geen precieze jaren maar in het model gebruikte zichtjaren, die de verwachting rond dat jaar aangegeven.

In de toekomst gaat de gemiddelde zoutconcentratie (chloride) van het kwelwater veranderen. We bespreken de verwachte situatie rond het jaar 2078. We zien in de figuur dat de verandering in zoutconcentraties aan het eind van de 21^{ste} eeuw varieert binnen het beheergebied. In de zuidoostelijke delen van de NOP stijgt de gemiddelde zoutconcentratie licht, met maximaal 2%. In de westelijke helft van de NOP wordt een stijging van 15% verwacht. In de noordwestelijke delen van ZOF wordt een stijging van de gemiddelde zoutconcentratie verwacht die varieert tussen de 4 en 8%. De hoogste stijging wordt verwacht in het gebied tussen de Ooievaarstocht en de Roerdomptocht. In de zuidelijke en oostelijke delen van ZOF wordt een daling van de zoutconcentratie verwacht, die varieert tussen de 18% en 30% met de hoogste daling ten oosten van Dronten.

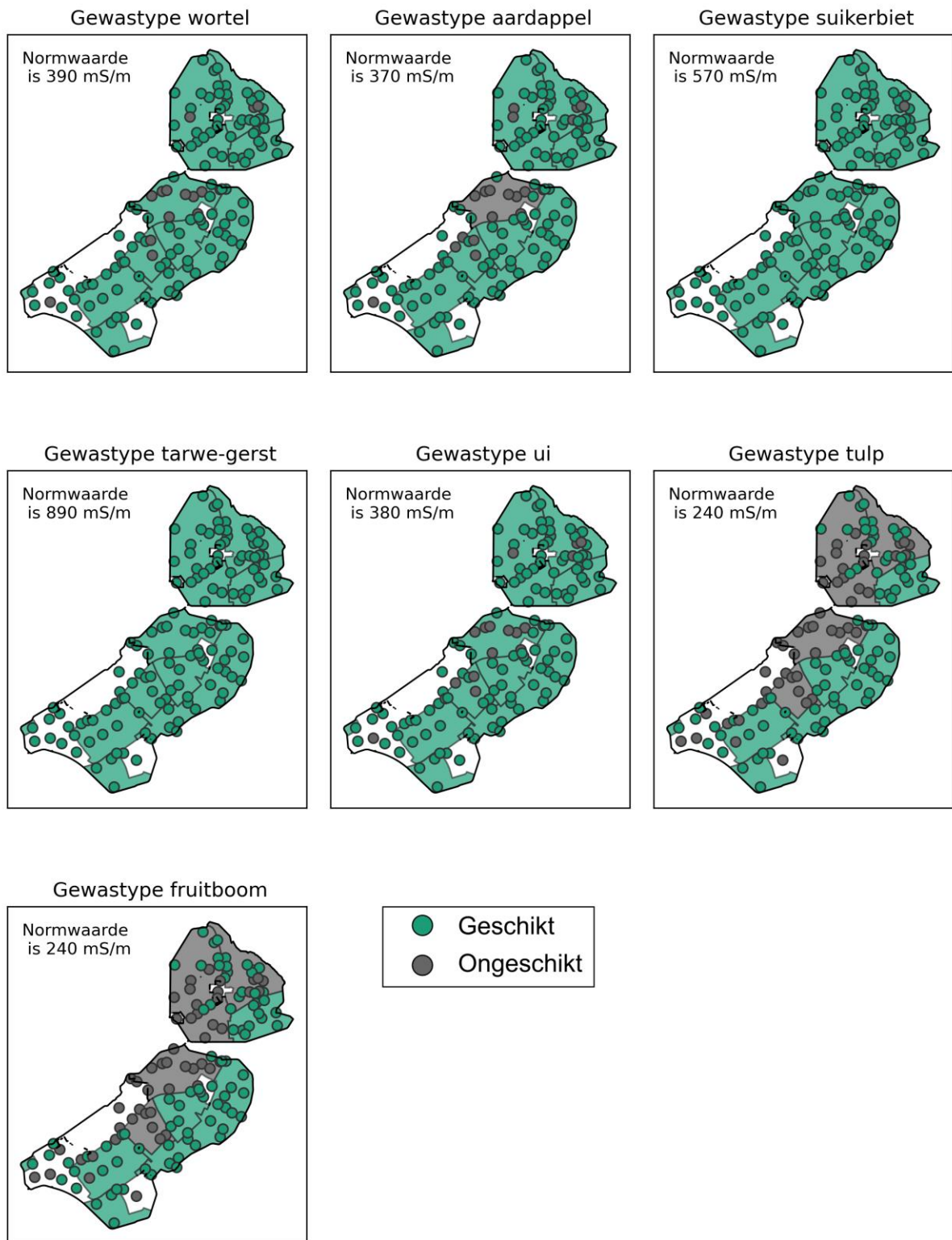
We concluderen dat de verzilting van het grondwatersysteem in de toekomst zowel beperkt toeneemt als ook afneemt, afhankelijk van de locatie in het beheergebied. In de volgende sectie gaan we in op consequenties voor de gewasteelten in de toekomst.

Ontwikkeling kwaliteit oppervlaktewater

Er zijn geen modelresultaten beschikbaar van de ontwikkeling van de waterkwaliteit van het oppervlaktewater in de toekomst. We verwachten dat de concentraties van het oppervlaktewater zullen meebewegen met de zoutconcentraties (chloride) van het kwelwater. Als de beschikbaarheid van water van het IJsselmeersysteem frequent limiterend zal worden voor doorspoeling, zullen de zoutconcentraties in het oppervlaktewater dat nu wordt doorgespoeld toenemen bij een verhoogde zoute kwellast. Om de gevolgen van de ontwikkeling van de kwaliteit van kwelwater voor berekening in beeld te brengen extrapoleren we als gevoeligheidsanalyse de verwachte verandering in de chlorideconcentratie van de zoute kwel naar het oppervlaktewater. We nemen hierbij aan dat de zouttolerantiedrempels gelijk blijven in de toekomst. We rekenen de zoutconcentraties (chloride) daarbij om naar EC-waarden (De Louw et al., 2011):

$$EC = \frac{(Cl + 450)}{360} \quad (1)$$

Vervolgens berekenen we de verhouding tussen de EC-waarden in de huidige situatie en de toekomstige situatie. Analooq aan de analyse in paragraaf 4.2.2 is de ontwikkeling van de EC-waarden per meetlocatie berekend en gemiddeld naar gebiedsniveau. Vervolgens is per gewastype beoordeeld of de toekomstige verwachte EC-waarden voldoen aan de zouttolerantiedrempels. In Figuur 38 wordt aldus per meetpunt en voor het gebied weergegeven of de verwachte toekomstige ontwikkeling van EC-waarden voldoet aan de zouttolerantiedrempels voor verschillende gewassen. Uit de resultaten blijkt dat als de verandering in zoute kwel doorzet naar het oppervlaktewater de waterkwaliteit in de toekomst voldoende blijft voor de berekening van suikerbieten en tarwe-gerst. Het gebied ten zuiden van Lelystad tussen de Larservaart en de Knardijk dat in de huidige situatie niet voldoet voor berekening van wortelen, aardappelen en uien wordt in de toekomst zoeter en daardoor wordt dit gebied meer geschikt voor de cultivering van deze gewassen. Het gebied tussen Lelystad en Dronten wordt daarentegen zouter, en wordt dus minder bruikbaar voor cultivering van deze gewassen. Daarnaast is de verwachting dat het zuiden van ZOF minder zout wordt, uitgezonderd het gebied tussen de Ooievaarstocht en de Roerdompstocht. Wellicht wordt het in de toekomst mogelijk om tulpenbollen en fruit te beregenen in deze gebieden.



Figuur 38: Overzicht van locaties waar het verwachte toekomstige EC-gehalte van het oppervlaktewater (niet) voldoet aan de zouttolerantierepels voor verschillende gewastypen zoals gedefinieerd in Stuyt et al. (2016). De witte vlakken zijn niet relevant voor landbouw (stedelijk gebied en grote natuurgebieden).

Biologische landbouw

Hogere EC-waarden in het beheergebied hebben dus consequenties voor de mogelijkheid om grondwater of oppervlaktewater te gebruiken voor de beregening van gewassen. De biologische landbouw gaat zich mogelijk sterk ontwikkelen in de toekomst. Voor biologische landbouw is het nodig dat diverse gewassen geteeld kunnen worden. Volgens het CBS zijn de belangrijkste biologische gewassen (buiten de gewassen die al behandeld zijn): grasland, spinazie, doperwt en rode bieten. Voor deze gewassen zijn de zouttolerantiedrempels (EC) uit literatuur gehaald. Grasland heeft een hoge tolerantie en de verwachting is dat nu en in de toekomst de waterkwaliteit in het gehele beheergebied voldoende is voor beregening van grasland. Voor spinazie, doperwt en rode biet is de verwachting dat bij de verwachte ontwikkeling van de zoutlast het grond- en/of oppervlaktewater niet geschikt is voor beregening in het gebied tussen Lelystad en Dronten, gelijk aan de resultaten voor ui en wortelen. In de overige gebieden is het grond- en oppervlaktewater dus wel geschikt voor beregening van deze gewassen in de toekomst.

4.4 Aandachtspunten natuur

Net als voor de overige functies vinden in de huidige situatie geen tekorten in het oppervlaktewater plaats in de natuurgebieden gelegen in het beheergebied. In alle Delta-scenario's neemt het areaal bos en natuur toe. In het Stoom-scenario neemt dit areaal met 2-3% toe. Een groot deel van deze vergroting wordt veroorzaakt door aanleg van natte natuur in laaggelegen veengebieden, langs beekdalen, rivieren en estuaria. De toename van natuur is in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland beperkt geschematiseerd in het Stoom-scenario en richt zich op de laaggelegen veengebieden, die met andere kwetsbare gebieden worden omgezet naar natte natuur. Vaak kan in deze gebieden meer zoet water vastgehouden worden en hoeft minder zout kwelwater weggespoeld te worden. Wel is het zo dat de verdamping in deze gebieden gedurende de zomer kan toenemen. Daarnaast stijgt de waterbehoefte van de huidige natuur, omdat de verdamping naar verwachting ook gaat stijgen in de toekomst. Ook is het zo dat (natte) natuurgebieden steeds hoger in het landschap komen te liggen doordat de bodem in deze gebieden minder snel daalt dan in omliggende gebieden, wat leidt tot verdroging. De waterbehoefte van natuur voor de huidige en toekomstige situatie zal nader gekwantificeerd moeten worden om sluitende uitspraken te kunnen doen over de waterbeschikbaarheid. Een mogelijk vervolg op dit onderzoek is daarom het doorrekenen van de klimaateffecten op natuur met de recent ontwikkelde Waterwijzer Natuur.

4.5 Wateraanvoercapaciteit

In de NOP is in een aantal gebieden aan de rand van de polder wateraanvoer mogelijk met hevels en inlaten. Figuur 39 geeft een overzicht van deze gebieden weer. In de figuur zijn de gebieden toegewezen aan de hevel en/of inlaat waarmee het gebied verbonden is, waardoor negen aanvoergebieden ontstaan. We toetsen vervolgens de wateraanvoercapaciteit van elk gebied, met onderscheid naar de inlaatcapaciteit en de verdeelcapaciteit. De inlaatcapaciteit bepaalt hoeveel water vanuit de buitenwateren het gebied ingelaten kan worden. De verdeelcapaciteit bepaalt vervolgens of de waterinfrastructuur in elk gebied voldoende capaciteit heeft om het water te verdelen binnen het gebied. Hiervoor worden wateraanvoersloten gebruikt met een standaard profiel. Als aangenomen wordt dat het water met een snelheid van 0.25 m/s door deze sloten gevoerd wordt, dan is de aanvoercapaciteit van deze sloten ongeveer 1 m³/s.



Figuur 39: Gebieden met aanvoermogelijkheden uit de randmeren in de NOP.

De watervraag van de aanvoergebieden is in kaart gebracht op basis van de analyses in paragraaf 4.2 en 4.3. Tabel 6 geeft een overzicht van de aanvoercapaciteiten voor elk gebied en de berekende maximale watervraag voor de huidige en toekomstige situatie.

Aanvoergebied	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inlaatcapaciteit [m ³ /s]	1.12	0.72	0.88	1.30	1.83	0.47	0.40	0.045	4
Verdeelcapaciteit [m ³ /s]	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Watervraag nu [m ³ /s]	0.27	0.0021	0.52	0.099	0.24	0.06	0.045	0.022	0.20
Watervraag toekomst [m ³ /s]	0.35	0.00075	0.94	0.13	0.34	0.065	0.063	0.037	0.29
Voldoet inlaatcapaciteit nu?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Voldoet verdeelcapaciteit nu?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Voldoet inlaatcapaciteit in de toekomst?	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Voldoet verdeelcapaciteit in de toekomst?	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabel 6: Aanvoercapaciteiten en maximale watervraag nu en in de toekomst.

Uit de tabel blijkt dat zowel de inlaat- en verdeelcapaciteiten van elk gebied voldoende zijn om aan de huidige watervraag van elk gebied te voldoen. Dit resultaat komt overeen met observaties van het waterschap. In de toekomst verandert dit beeld: de verwachting is dat de inlaatcapaciteit van gebied 3 (inlaat Kuinre) niet voldoende is om aan de watervraag van dit gebied te voldoen. Ook de verdeelcapaciteit van dit gebied gaat (in mindere mate) een knelpunt vormen. Verder moet opgemerkt worden dat door windopzet het waterpeil in de buitenwateren zodanig kan variëren dat er minder water ingelaten kan worden dan theoretisch mogelijk is. Dit effect is niet meegenomen in deze analyse.

4.6 Conclusies

In de huidige situatie worden geen of slechts op lokale schaal watertekorten in het oppervlakte-watersysteem verwacht. Dit komt overeen met de ervaring van het waterschap. In de huidige situatie zijn er wel problemen met te hoge EC-waarden. Deze hoge waarden leiden vooral tot problemen in de landbouw omdat het de beregeningsmogelijkheden beperkt. Deze problemen treden op voor een aantal specifieke gewassen in de westelijke delen van het beheergebied, met name het gebied rond Lelystad.

In de toekomst neemt de watervraag in droge jaren sterk toe, vooral doordat de verdamping toeneemt en een verhoging van de beregeningscapaciteit en het benodigde doorspoeldebiet wordt verwacht. In de toekomst kunnen daardoor in extreem droge jaren wel degelijk watertekorten ontstaan in het oppervlaktewatersysteem in de lage afdelingen en de gebieden met wateraanvoermogelijkheden. Deze tekorten worden vergroot door een afnemende waterbeschikbaarheid van het IJsselmeerwater. In Tabel 7 staan de herhalingstijden van de meteorologische droogte en de maximale watervraag zoals opgetreden in het jaar 2018 samengevat en de herhalingstijd van optredende watertekorten, voor de huidige en toekomstige situatie.

	Herhalingstijd Huidige situatie	Herhalingstijd in 2050
Neerslagtekort extreem droge zomer 2018	26 jaar	10-15 jaar
Maximale watervraag 2018	20 jaar	2 jaar
Onderschrijden IJsselmeerpeil -0,30 m+NAP	50-100 jaar	5 jaar
Onderschrijden IJsselmeerpeil -0,40 m+NAP	> 150 jaar	10-20 jaar
Watertekorten in het beheergebied	> 150 jaar	20 jaar*

*Tabel 7: Veranderende herhalingstijden van de meteorologische droogte en de maximale watervraag van het jaar 2018 en het optredende watertekort nu en in de toekomst voor het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland. *Watertekorten kunnen nog vaker gaan voorkomen door de tekorten op het IJsselmeer vanaf eens per 5 jaar.*

De verandering in EC-problematiek varieert binnen het beheergebied. De noordwestelijke delen van ZOF en de gehele NOP worden naar verwachting zouter, terwijl het zuidelijke en oostelijk gedeelte van ZOF minder zout wordt. De aandachtsgebieden voor waterkwaliteit breiden zich meer naar het noorden uit. De zuidelijke en oostelijke delen van ZOF worden minder zout en vanuit oogpunt van de zoutproblematiek dus op termijn aantrekkelijker voor verschillende typen gewas.

5 Conclusies

De resultaten van het onderzoek zoals verwoord in dit rapport geven een eerste inzicht in de waterbeschikbaarheid in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland, voor zowel de huidige als toekomstige situatie. We bespreken hier in samengevatte vorm de belangrijkste resultaten.

Huidig watersysteem en knelpunten

In het huidige watersysteem zijn de gebruikersfuncties landbouw (beregening), peilbeheer en doorspoeling de belangrijkste watervragers. In droge jaren stijgt de watervraag van deze functies aanzienlijk, met name voor beregening uit oppervlaktewater. In de huidige situatie treden niet of alleen lokaal tekorten op in het oppervlaktewater, doordat voldoende water kan worden aangevoerd en voldoende kwelwater beschikbaar is. Agrariërs maken ook gebruik van grondwater voor beregening. Hierdoor neemt de grondwatervoorraad af gedurende droge perioden. Ondanks de beregening ontstaat in droge jaren een aanzienlijke verdampingsreductie, wat betekent dat in de bodem wel watertekorten zijn. De verdampingsreductie als gevolg van droogte resulteert in schade aan de natuur en derving van de gewasopbrengst voor agrariërs. Afhankelijk van de werkelijke opbrengst en de marktsituatie kan dit leiden tot financiële schade.

Daarnaast zijn EC-/zoutproblemen geïdentificeerd voor de gebieden net ten zuiden van Lelystad en tussen Lelystad en Dronten. Dit leidt vooral tot problemen voor de landbouw. Voor suikerbieten en tarwe-gerst voldoen de EC-waarden van het oppervlaktewater ruimschoots aan de normwaarden en is het water dus geschikt voor beregening. In het gebied ten zuiden van Lelystad (tussen de Larservaart en de Knardijk) voldoen de EC-waarden niet voor beregening van uien en wortelen. Ook voor beregening van aardappelen is dit gebied minder geschikt, evenals het gebied tussen Lelystad en Dronten. Tot slot zijn de westelijke delen van de NOP en de noordwestelijke delen van ZOF minder geschikt voor beregening van tulpen en fruit.

Toekomstige ontwikkelingen en knelpunten in 2050

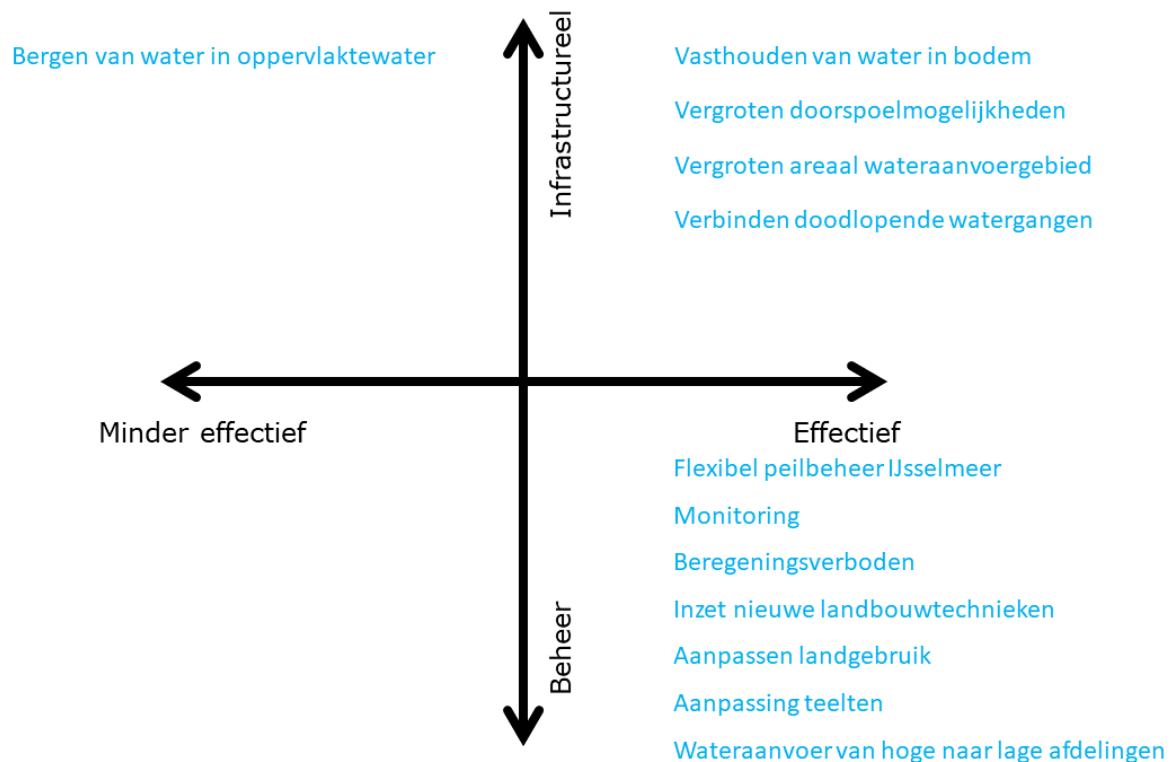
Klimatologische en socio-economische ontwikkelingen in de periode tot en met 2050 resulteren in veranderingen in de waterbeschikbaarheid in het beheergebied van het waterschap. Droge jaren zoals 2018 zullen in de toekomst eens per 10-15 jaar voorkomen, wat ongeveer twee keer zo vaak is als in het huidige klimaat. Daarnaast is de verwachting dat de waterbeschikbaarheid van inlaatwater uit het IJsselmeer, in tegenstelling tot in de huidige situatie, in de toekomst gemiddeld eens per 5 limiterend kan worden en eens per 10 tot 20 jaar zelfs tijdelijk onmogelijk wordt. Door het veranderende klimaat gaat de watervraag van een droog jaar (zoals opgetreden in 2018) toenemen van eens in 20 jaar in de huidige situatie naar eens per 2 jaar in de toekomst. De verhoogde watervraag is vooral het gevolg van een verwachte uitbreiding van de beregeningscapaciteit in de landbouw en verhoogde vraag voor doorspoeling. Daarnaast ontstaat een nieuwe watervraag voor het tegengaan van bodemdaling, aaltjesbestrijding, het tegengaan van hittestress in stedelijk gebied en de koeling van datacentra. In het jaar 2050 zullen naar verwachting eens per 20 jaar watertekorten ontstaan in het oppervlaktewatersysteem. Waarschijnlijk zullen watertekorten nog vaker voorkomen: de IJsselmeerscenario's die leiden tot tekorten eens in de 20 jaar (zie paragraaf 3.4) zijn niet verdisconteerd in de 100-jarige reeksen van de basisprognoses. De nu berekende watertekorten in het beheergebied zullen daardoor groter worden. Verder zullen grondwaterstanden in het zomerhalfjaar verder uitzakken dan in de huidige situatie.

De EC-waarden gaan in de toekomst voor de NOP en het gebied tussen Lelystad en Dronten hoger worden en voor het zuidelijk en oostelijk deel van ZOF lager worden. De aandachtsgebieden voor de EC-problematiek breiden zich meer naar het noorden uit, terwijl de zuidelijke en oostelijke delen van ZOF vanuit oogpunt van EC-waarden aantrekkelijker worden voor (berekening van) verschillende typen gewas.

6 Handelingsperspectief

6.1 Inleiding

Ter afsluiting beschrijven we in dit hoofdstuk een eerste aanzet voor het handelingsperspectief voor de zoetwatervoorziening. De samenvatting van het handelingsperspectief is weergegeven in Figuur 40. Het handelingsperspectief is hierin geplaatst in kwadranten, op basis van de verwachte effectiviteit van de maatregelen en het onderscheid naar het type maatregel: beheermaatregelen en infrastructurele (structurele, fysieke) maatregelen. Beheermaatregelen vergen doorgaans minder hoge investeringen en zijn vaak op kortere termijn te realiseren, terwijl infrastructurele maatregelen hogere investeringen vragen en de implementatie doorgaans langere tijd (jaren) vraagt. Opgemerkt wordt dat de figuur niet alleen het handelingsperspectief van het waterschap weergeeft, maar ook dat van agrariërs als de grootste watervrager in het beheergebied.



Figuur 40: Handelingsperspectief in het kader van effectiviteit en type maatregel.

6.2 Monitoring

Het waterschap werkt reeds aan het verbeteren van het (grondwater) monitoringsnetwerk. Aanvullend is het belangrijk beter zicht te krijgen op de aan- en afvoer van water op lokale schaal, de beregeningsonttrekkingen en de waterkwaliteit van zowel het oppervlaktewater als het grondwater. Daarmee wordt het inzicht in het functioneren van de zoetwatervoorziening vergroot en eventuele investeringen in de zoetwatervoorziening beter onderbouwd. Monitoring zelf vraagt ook om een investering. Aanbeveling is dan ook om tot een afgewogen besluit te komen over de verbetering van het monitoringsnetwerk.

6.3 Vergroten van de externe watervoorraad

Als uitvloeisel van het Deltaprogramma Zoetwater is in het jaar 2019 op het IJsselmeer flexibel peilbeheer ingesteld. Dat houdt in dat het zomerpeil mag variëren tussen NAP -0,10 m en NAP -0,30 m. In het zomerhalfjaar kan in geval van verwachte langdurige droogte het peil dus 20cm worden opgezet om een buffervoorraad zoetwater op te bouwen. In 2021 is duidelijk geworden dat de waterbeschikbaarheid op het IJsselmeer in de toekomst sneller verslechterd dan waarvan werd uitgegaan met instellen van flexibel peilbeheer (zie paragraaf 3.4). Dat betekent dus dat met het huidige flexibele peilbeheer de zoetwatervoorziening in de toekomst niet meer gegarandeerd is. Dit vraagt om een proactieve opstelling van het waterschap naar Rijkswaterstaat en de andere waterbeheerders die afhankelijk zijn van IJsselmeerwater, om opnieuw de waterbeschikbaarheid en de zoetwatervoorziening vanuit het IJsselmeergebied te optimaliseren.

Een mogelijke maatregel is om de watervoorraad op in het IJsselmeergebied verder te vergroten dan nu mogelijk is met flexibel peilbeheer, door het peil verder of langer te verhogen. De haalbaarheid hiervan vraagt om een integrale analyse, waarin ook effecten op de natuur en bescherming tegen overstromingen worden meegenomen.

Een andere oplossing die in het Deltaprogramma Zoetwater wordt onderzocht, is het realiseren van een nieuwe aanvoerroute via het Amsterdam-Rijnkanaal (Strategie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem), waarmee het IJsselmeergebied langer op peil zou kunnen worden gehouden.

6.4 Vergroten van de interne watervoorraad

Aangezien de watervoorraad van het IJsselmeer en omliggende meren zonder nieuwe maatregelen niet toeneemt (sterker: afneemt) is het verstandig oplossingen voor de waterbeschikbaarheid te zoeken in het vergroten van de watervoorraad in het eigen beheergebied, door het vasthouden en bergen van overtollige neerslag in het oppervlaktewater of in de bodem. We analyseren hier op hoofdlijnen de effectiviteit daarvan.

Bergen van water in oppervlaktewater

We berekenen de effectiviteit van het vergroten van de berging in oppervlaktewater met een eenvoudige berekening. Het landoppervlak van het beheergebied is circa 1500 km² groot. Het oppervlak open water bedraagt circa 3% van het totale oppervlak en is dan ongeveer 45 km². Uit hoofdstuk 4 blijkt dat in de toekomst een jaarlijks watertekort van 90 mm over het hele beheergebied kan optreden in het oppervlaktewatersysteem. Dit tekort kan, uitgaande van deze uitgangspunten, worden opgevangen door in het voorjaar de peilen orde grootte 3 meter op te zetten. Deze peilverhoging is niet realistisch. Hieruit concluderen we dat alleen het opzetten van peilen niet toereikend is om de watertekorten op te lossen.

Hetzelfde geldt voor een vergroting van het oppervlak open water. Voor een gevoeligheidsanalyse gaan we uit van circa 30 cm toegestane peilvariatie tussen maximaal en minimaal peil. In dat geval is 450 km² extra oppervlaktewater nodig om de tekorten op te heffen, een vertienvoudiging van het huidige oppervlak. In werkelijkheid zal het oppervlaktewater nog verder moeten worden vergroot, omdat open water in droge tijden circa 5 mm/dag verdampt.

We concluderen dat het vergroten van de berging van water in het oppervlaktewater om daarmee de watertekorten te mitigeren niet effectief is.

Vasthouden van water in de bodem

Eenzelfde berekening kan worden uitgevoerd voor het vasthouden van water in de bodem. Uit hoofdstuk 4 blijkt dat een jaarlijks watertekort van 84 mm kan optreden in het bodemsysteem, uitgedrukt in de verdampingsreductie, zie Figuur 24. Uitgaande van een porositeit van de bodem van 40% is dan een grondwaterstandverhoging van ongeveer 20 cm nodig om het tekort op te heffen. Deze maatregel kan dus effectief zijn. Water vasthouden in de bodem kan bewerkstelligd worden door een combinatie van infiltratiedrainage en het aanpassen van het peilbeheer. Door de afwaterende functie van de (kleinere) watergangen is het namelijk de vraag of inzet van infiltratiedrainage effectief is als de huidige staat van de waterinfrastructuur en watergangen ongewijzigd blijft. De gehele waterinfrastructuur van kavelsloten tot vaarten en tochten dient dus in beschouwing genomen te worden. Daarnaast is het met flexibel peilbeheer mogelijk om de berging in oppervlaktewater te optimaliseren voor het vasthouden van water in de bodem. Door de aanleg van flexibel in stellen stuwen kan de opslagcapaciteit van kleinere sloten en andere watergangen gebruikt worden die in de huidige situatie droog staan, zonder dat de kans op wateroverlast wordt vergroot.

Vergroten areaal wateraanvoergebied

Door het areaal van het wateraanvoergebied te vergroten, worden de kansen voor agrariërs om te beregenen uit oppervlaktewater vergroot. Dit water zal tijdens droge perioden aangevoerd moeten worden uit externe bronnen. Naast landbouwgebied kunnen ook natuurgebieden met zoet water voorzien worden door middel van aanvoer. Mogelijk zal water uit externe bronnen (bijvoorbeeld het IJsselmeergebied) aangevoerd worden naar gebieden als Harderbroek, de Lepelaarplassen, de Oostvaardersplassen en het Roggebotzand. Echter, de afnemende waterbeschikbaarheid van het IJsselmeerwater is op de langere termijn een bedreiging voor de effectiviteit van deze maatregel.

6.5 Beperken van de watervraag

Beregeningsverboden voor beregening uit grondwater

Uit onze in dit rapport beschreven analyse blijkt dat de grondwatervoorraden van het freatisch pakket in de droge zomers afnemen door beregening en dat zal in de toekomst erger worden. Niet duidelijk is welke grondwaterstands daling acceptabel is in het beheergebied. Het is onbekend wat de gevolgen zijn voor bodemdaling. Indien de grondwaterstands daling niet gewenst is, is het instellen van beregeningsverboden gedurende droge perioden een oplossing op korte termijn (zoals al gebeurt elders in Nederland). Waterschap Zuiderzeeland zal met Provincie Flevoland in gesprek moeten gaan om heldere kaders voor de beregeningsmogelijkheden, vooral voor de toekomst, te ontwikkelen.

We schatten de effectiviteit van een beregeningsverbod met een eenvoudige berekening voor de NOP. Hierbij nemen we aan dat een beregeningsverbod wordt ingesteld op de helft van het beregeningsareaal voor een periode van een maand. Het areaal voor grondwaterberegening in de NOP is op basis van de LHM-schematisatie ongeveer 10.000 hectare. Volgens Spruijt en Russchen (2015) en Stokkers et al (2022) is een typische beregeningsgift in de praktijk ongeveer 25 mm. In een zeer droge maand is het aannemelijk dat er tweemaal beregend wordt, dus 50 mm in totaal. Als slechts 5.000 hectare beregend dient te worden, levert dat een besparing op van 2.500.000 m³ water op. Dit is slechts 5% van het maximaal optredende tekort van 84 mm in de bodem in de gehele NOP.

In de gebieden waarin het beregeningsverbod van kracht is zal het grondwater (bij een bodemporositeit van 40%) circa 13 cm minder dalen dan wanneer geen beregeningsverbod wordt getroffen. In sommige gebieden in de NOP zakt de grondwaterstand tot een halve meter extra in de toekomst. Het in dit voorbeeld uitgewerkte beregeningsverbod kan die aanvullende daling dus voor circa een kwart tegengaan. Een andere redeneerwijze is dat als de aanvullende grondwaterstands-daling in droge zomers in de toekomstige situatie geheel ongewenst is, dan is eveneens een uitbreiding van de beregeningscapaciteit waarvan uitgegaan wordt in de toekomstscenario's ongewenst. Een beregeningsverbod uit grondwater kan echter niet voorkomen dat grondwaterstanden in de toekomst verder uitzakken. De daling wordt alleen beperkt.

Inzet van nieuwe landbouwtechnieken

Voor de landbouw leiden beregeningsverboden tot schade. De agrariërs kunnen inzetten op het gebruik van nieuwe landbouwtechnieken, zoals druppelirrigatie om zuiniger om te gaan met het beschikbare water. Met dergelijke technieken kan beregeningswater efficiënter worden benut voor gewasgroei. Deze technieken vergen flinke investeringen en we verwachten daarom dat deze met name op de lange termijn interessant kunnen worden. Mogelijk kan het waterschap een rol spelen door agrariërs te helpen met deze overgang. STOWA (2020) geeft een overzicht van andere ontwikkelingen die te verwachten zijn in de landbouwsector, zoals regelbare drainage, precisie-irrigatie, bodemverbetering en het hergebruik van effluent van afvalwater. We verwijzen naar deze publicatie voor een gedetailleerde beschrijving van deze ontwikkelingen.

Ter illustratie beschrijven we de impact van druppelirrigatie aan de hand van de beregeningsgift uit oppervlaktewater in de NOP. Druppelirrigatie kan tot 20% efficiënter beregenen dan traditionele haspelberegening (Deltadrip, 2020). Uit de modelresultaten van voorliggende studie blijkt dat deze gift een jaarlijkse watervraag had van ongeveer 19.000.000 m³ in de NOP gedurende het jaar 2018. Implementatie van druppelirrigatie betekent dat bij dezelfde gewasopbrengst deze watervraag zal dalen met 3.800.000 m³ per jaar. Dit is circa 8% van het totale maximale tekort van 84 mm in de bodem in de NOP.

Teelt van gewassen met een hogere zout- en droogtetolerantie

Een mogelijke maatregel is dat agrariërs de teelten aanpassen aan de beschikbare hoeveelheid water (minder water vragende gewassen) en de optredende waterkwaliteit. In dit scenario volgen de functies dus de eigenschappen van het watersysteem, in plaats van andersom. Deze maatregel is hier verder niet uitgewerkt. De haalbaarheid hangt niet alleen af van de beschikbaarheid van water, maar ook de bodemopbouw, de maatschappelijke vraag, etc.

Ander landgebruik

Voor het beperken van de watervraag kan het landgebruik ook verdergaand worden aangepast. Doel is om de watervraag en de resulterende schade bij droogte in sectoren als landbouw en natuur te verminderen door de ruimtelijke inrichting en zonering van functies aan te passen aan de natuurlijke verschillen in waterbeschikbaarheid. De waterwijzer Natuur en waterwijzer Landbouw zijn instrumenten waarmee de effecten van dergelijke veranderingen van het landgebruik in beeld kunnen worden gebracht.

6.6 Verbeteren van de waterkwaliteit

Vergroten doorspoelmogelijkheden of peilverhoging

Onder andere in de gebieden ten zuiden van Lelystad en tussen Lelystad en Dronten is momenteel slechts beperkt doorspoeling mogelijk. Uit de analyse van de EC-metingen blijkt dat met name in deze gebieden problemen zijn met betrekking tot de EC-waarden, in zowel het oppervlakte- als het bodemsysteem. Een mogelijke oplossing is het plaatsen van een extra waterinlaat ten noorden van Lelystad ten behoeve van de doorspoeling in dit gebied. Wel is het zo dat infrastructurele aanpassingen nooit een volledige oplossing bieden. De afhankelijkheid van extern water wordt hiermee vergroot, terwijl de beschikbaarheid van dit water in de toekomst onder druk staat.

Een andere mogelijke maatregel is om de peilen te verhogen en onttrekkingen uit oppervlaktewater te verminderen om zo meer tegendruk te geven aan zoute kwel in oppervlaktewater, binnen bandbreedtes die volgen uit andere functies en belangen in het beheergebied.

Verbinden doodlopende watergangen

De inrichting van watergangen is ook van belang. Idealiter worden doodlopende watergangen vermeden. Immers, in deze watergangen staat water vaak stil wat leidt tot een verslechtering van de waterkwaliteit. Mogelijk kan de waterinfrastructuur op een andere manier met elkaar verbonden worden middels bijvoorbeeld duikers, stuwen of gemalen tussen watergangen die nu nog van elkaar zijn gescheiden.

Wateraanvoer van hoge afdelingen naar lage afdelingen

Inlaatwater of intern beschikbaar water kan van de hoge afdelingen naar de lage afdelingen in het beheergebied gestuurd worden door gebruik te maken van het natuurlijk verval in de polder-systemen, aanvullend op de gebieden waar het nu al gebeurt.

7 Referenties

- Aequator (2015) Verkenning van de effecten van toenemende beregening uit grondwater als gevolg van klimaatverandering en uitbreiding beregeningsareaal en mogelijke compenserende maatregelen in Oost-Nederland. Aequator: Harderwijk.
- Arcadis (2021) MER Trekkersveld IV. Rapport C05011.000629
- Bernard, A. & Bos-Levenbach, E. (1953) The plotting of observations on probability paper. *Statistica*, 163-173.
- Delsman, J. (2020) Memo beschrijving waterbalans en zoutbalans uitvoerfile Mozart. Deltares: Utrecht.
- Deltadrip (2020) Efficiënter omgaan met water voor duurzame klimaatbestendige landbouw in Zeeland. Projectnummer 180899.
- Deltares (2019) Effecten van onderwaterdrainage op de regionale watervraag. Deltares rapport 11202752-002.
- Deltares (2018) Analyse van de 100-jarige reeks ten behoeve van de Knelpuntenanalyse Zoetwater 2017. Deltares rapport 11202240-000.
- Deltares (2019) Achteroever Wieringermeer: verkenning van effecten van het achteroeverconcept op het regionaal waterbeheer. Deltares rapport 1230338-005.
- Deltares (2020a) Uitgangspunten en modelimplementatie Voorkeurspakket en Economisch pakket Deltaprogramma Zoetwater fase II in het Nationaal Water Model. Deltares rapport 11205271-005.
- Deltares (2020b) Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II. Deltares rapport 11205271-005
- Deltares (2021) Stresstest voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II. Het effect van nieuwe inzichten en onzekerheden op knelpunten in de zoetwatervoorziening. Auteurs: Janneke Pouwels, Ilja America, Joost Delsman en Marjolein Mens. 11206829-002-ZWS-0001,13-04-2021.
- Deltares (2021) Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in veenweidegebieden op knelpunten in de zoetwatervoorziening. Deltares rapport 11205271-007.
- Deltaprogramma Zoetwater (2021) Nieuwe inzichten in zoetwaterknelpunten in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer/Markermeer: hoofdboodschappen uit de Stresstest Voorkeurspakket Deltaprogramma Zoetwater fase II. Auteurs: Neeltje Kielen en Marjolein Mens. Versie 13-04-2021.
- De Louw, P. G. B., Eeman, S., Siemon, B., Voortman, B. R., Gunnink, J., van Baaren, E. S., and Oude Essink, G. H. P. (2011) Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3659–3678. <https://doi.org/10.5194/hess-15-3659-2011>
- HKV (2021a). Validatie en toetsing LHM 4.1. Samenvattend hoofdrapport.
- HKV (2021b). Validatie en toetsing LHM 4.1. Deelrapport 3: Oppervlaktewater.
- HKV (2021c). Vitens statistiek van watervraag en -beschikbaarheid.
- Jansen, F. A., Uijlenhoet, R., Jacobs, C. M. J., and Teuling, A. J.: Evaporation from a large lowland reservoir – observed dynamics during a warm summer, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/hess-2021-549>, in review, 2021.
- Langbein, W. (1949) Annual floods and the partition-duration flood series. *Transactions American Geophysical Union*, 879-881.

- Nationaal Deltaprogramma 2021 (2020) Synthesedocument deltaprogramma Zoetwater. <https://www.deltaprogramma.nl/binaries/deltacommissaris/documenten/publicaties/2020/09/15/dp2021-h2-synthesedocument-zoetwater/DP2021+H2+Synthesedocument+Zoetwater.pdf>
- NHI (2008). Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI. Modelrapportage. Deelrapport Kenmerken Regionaal Oppervlaktewater.
- Royal HaskoningDHV (2021) *Klimaat en Watervraag Stedelijk Gebied*. Rapport BH1998WATRP2102011328WM
- Spruijt en Russchen (2015) Duurzaam elektrisch beregen. PPO-rapport 649.
- Stokkers, R., Jager, J., Van Asseldonk, M.A.P.M. (2022) Berekening in de Nederlandse landbouw op gewas- en regioniveau in de periode 2010-2019. Rapport 2022-011. Wageningen Economic Research: Wageningen.
- STOWA (2012) Deltafact: Droogte stuurt functies.
- STOWA (2020) Deltafact: Zoetwater zelfvoorzienendheid van de landbouw.
- Stuyt, L.C.P.M., Blom-Zandstra, M., Kselik, R.A.L. (2016) Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens. Rapport 2739. WUR: Wageningen.
- Van Bakel, P.J.T. (2012) Effecten van klimaatverandering op de potentiële en actuele verdamping van de landbouw in oostelijk en zuidelijk Nederland in 2050. Een prognose op basis van literatuur en expertise. [www/debakelsestroom.nl/kennisbank](http://www.debakelsestroom.nl/kennisbank).
- • Wolters, H.A., Van den Born, G.J., Dammers, E., Reinhard, S. (2018) Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017. Deltares: Utrecht.
- WUR (2012) The Impact of Climate change on the Water availability of the IJsselmeer. A probabilistic assessment for several climate and water supply and demand scenarios. Afstudeeronderzoek van Thijs de Bruijn, begeleid door Durk Klopstra en Ruud Hurkmans van HKV, met als klankbordgroep Bas de Jong, Vincent Beijck en Meinte Blaas van Rijkswaterstaat WVL. 04-06-2021.

Bijlagen

A Toelichting op enkele analyses

A.1 Meteorologische droogte

Om te kunnen herleiden hoe de droogte zich de afgelopen eeuw heeft ontwikkeld voor het (huidige) beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland hebben we de volgende gegevens verzameld en bewerkt:

- Dag-gegevens van neerslaggegevens van Zuiderzeeland zijn beschikbaar vanaf 1943 (Noordoostpolder) en 1954 (Lelystad, Flevopolder), waarbij het aantal locaties waarvan gegevens beschikbaar zijn steeds groter wordt in de tijd, tot uiteindelijk 14 grondstations in totaal. Voor de drooglegging van de polders zijn uiteraard geen neerslagstations beschikbaar voor het beheergebied van Zuiderzeeland. Om toch tot een 100-jarige neerslagreeks te komen, hebben we de voor Zuiderzeeland gebiedsgemiddelde reeks in een eerdere opdracht van Vitens⁸ aangevuld vanaf 1921 op basis van een correlatie van de neerslag in Flevoland met de neerslag in omliggende grondstations (geaggregeerd tot gebiedsgemiddelden voor de wingebieden van Vitens). Met de gevonden relatie hebben we de neerslagreeks van heel Zuiderzeeland herleid vanaf 1921 totdat de grondwaarnemingen beschikbaar komen.
- De verdampingsgegevens op basis van Makkink zijn in Nederland beschikbaar vanaf ongeveer het jaar 1960, binnen het beheergebied van Zuiderzeeland vanaf 1990 (Lelystad) en 1994 (Marknesse). De voor Waterschap Zuiderzeeland gebiedsgemiddelde potentiële verdamping voor deze periode hebben we in een eerdere opdracht voor Vitens reeds bepaald, door te interpoleren tussen de grondwaarnemingen van verdamping van heel Nederland met behulp van de *thin-plate spline* methode. Dit is een exacte interpolatiemethode, wat betekent dat de waarde van de interpolatie op de meetpunten exact gelijk is aan de gemeten waarde op dat punt. Hiermee hebben we de beschikking gekregen over de gebiedsgemiddelde potentiële verdamping in de periode 1960-2021.
- Historische gridbestanden van dagelijkse Makkink verdamping in Nederland van 1910-1980, berekend op basis van zonneshijnduur gemeten op 5 waarnemstations. (<https://data.overheid.nl/dataset/84275f9e-c8dc-49df-a7f3-6be8c2c51656>). Deze gegevens hebben we gebruikt voor de periode 1910-1960.

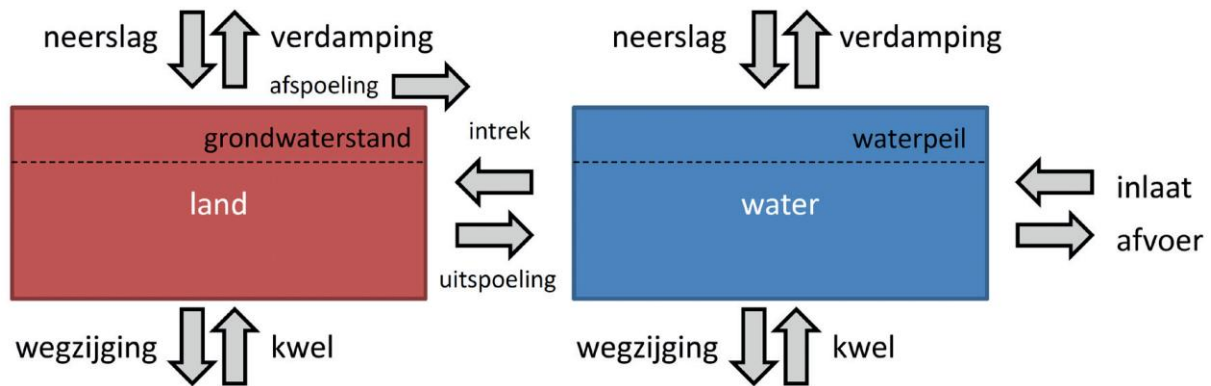
A.2 Klimaatverandering

In het Deltaprogramma Zoetwater zijn met het Nationaal Water Model (NWM) berekeningen uitgevoerd. Het NWM bestaat uit verschillende gekoppelde modellen om o.a. de waterbeschikbaarheid in Nederland door te rekenen, waaronder het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). Het LHM berekent de waterhuishouding van het bodem- en oppervlaktewatersysteem en is reeds in eerdere onderdelen van project Waterbeschikbaarheid toegepast om de watervraag van de Flevopolder en de Noordoostpolder te bepalen. Via het Deltaprogramma Zoetwater zijn 100-jarige reeksen van het LHM beschikbaar voor de huidige situatie en toekomstscenario's: de basisprognoses. De jaren 1911-2012 zijn doorgerekend. Voor meer informatie over de basisprognoses en de Deltascenario's verwijzen we naar Deltares (2018) en Deltares (2020a).

⁸ HKV, 2021c: Vitens statistiek van watervraag en -beschikbaarheid. D. Lugt en D.Klopstra. HKV in opdracht van Vitens. November 2021.

A.3 Waterbalansen

De waterbalansen worden zowel voor het grond- als oppervlakte-watersysteem berekend. Dit betekent dat de componenten in Figuur 41 een rol spelen.



Figuur 41: Componenten waterbalans voor grond- en oppervlaktewatersysteem.

Uitgangspunten

Er gelden enkele uitgangspunten bij het bepalen van de waterbalansen:

- Met het waterschap is overeengekomen om de waterbalans op grote schaal (per polder) te bepalen. Er is een afbakening afgesproken voor zowel de Noordoostpolder (NOP) en Zuidelijk en Oostelijk Flevoland (ZOF), zie Figuur 42;
- De gemalen, hevels en andere inlaten op de grens tussen de polders en het IJsselmeer, het Markermeer en de Veluwerandmeren (die betrekking hebben op de waterbalans) zijn ook weergegeven in Figuur 42. Alle kunstwerken op de grens van Zuidelijk en Oostelijk Flevoland met de omliggende meren zijn bemeten. Een aantal hevels van de Noordoostpolder zijn onbemeten;
- De waterbalansen worden bepaald met daggemiddelde waarden. Ook is een cumulatieve waterbalans voor elke polder opgesteld over een langjarige periode;
- De langjarige waterbalans wordt bepaald voor de periode januari 2016 t/m september 2020;
- De waterbalans per jaar wordt telkens gestart vanaf 1 april van het betreffende jaar (de start van het hydrologisch jaar);
- Aangenomen wordt dat de kwelterm constant is gedurende het jaar.



Figuur 42: Afbakening polders en bijbehorende kunstwerken.

Tabel 8 bevat een beschrijving van de gebruikte gegevens.

1) Component	2) Bron	3) Type
Neerslag	Meteobase	Griddata
Werkelijke verdamping	LHM 4.1	Griddata
Kwel/wegzijing	Kwelkaart LHM 4.1	Griddata
Inlaten, bemalingen en andere debietmetingen	FEWS Waterschap Zuiderzeeland	Puntmetingen

Tabel 8: Beschrijving gegevens.

Neerslag

De gebruikte neerslaggegevens zijn afkomstig van Meteobase (<https://www.meteobase.nl/>). De gegevens zijn afgeleid van radarobservaties die geïkt zijn aan meetwaarden van 216 grondstations in heel Nederland. De uurlijkse gegevens zijn als basis gebruikt. Deze gegevens zijn getransformeerd naar een dagelijkse neerslagsom voor elke polder van het beheergebied.

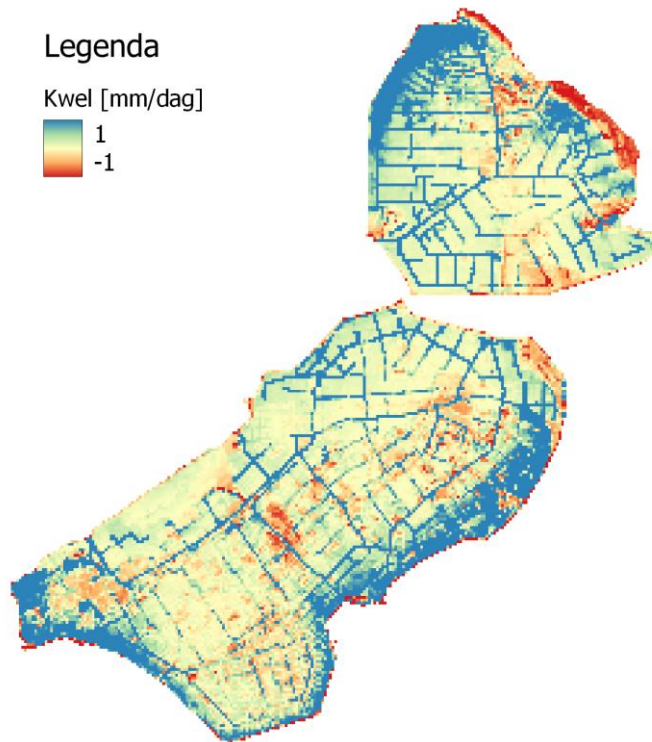
Verdamping

De gebruikte werkelijke verdampingsgegevens zijn afkomstig van LHM-uitvoer, specifiek versie 4.1. De werkelijke verdamping uit het LHM wordt bepaald door het sommeren van de modeluitvoervariabelen E_{sp} , E_{ic} , E_{pd} , E_{bs} en T_{act} . Gezien de resultaten beschikbaar zijn op decade-basis (orde grootte elke 10 dagen), zijn de verdampingswaarden evenredig verdeeld naar dagelijkse verdampingssommen voor elke polder.

Kwel/wegzijing

De kwelterm wordt ingeschat op basis van LHM-modeluitvoer. Resultaten van modelversie 4.1 worden hiervoor gebruikt, gezien deze (nieuwste) versie verbeteringen bevat in de deklaag-schematisatie voor het beheergebied van Zuiderzeeland. Via het NHI-dataportaal zijn ruimtelijk verdeelde gegevens van de gemiddelde kwel/wegzijing over de periode 2011-2018 beschikbaar in raster-formaat. De gemiddelde kwel/wegzijing-gegevens bestaan uit 1 kaart voor deze gehele periode. Er wordt aangenomen dat de kwelterm constant is gedurende het jaar, waardoor deze gemiddelde waarde gebruikt kan worden in de waterbalans. De kwelkaart van het LHM wordt

weergegeven in Figuur 43. Op basis van deze kwelkaart zijn ruimtelijke gemiddelden bepaald voor zowel de Noordoostpolder (NOP) als voor Zuidelijk en Oostelijk Flevoland (ZOF). Voor de NOP is de gemiddelde waarde van de LHM-modeluitvoer gebruikt (0.7 mm/dag). Voor ZOF is op basis van expertinschattingen de gemiddelde waarde van de LHM-modeluitvoer (0.7 mm/dag) verhoogd naar 0.8 mm/dag om zo de waterbalans goed sluitend te krijgen.



Figuur 43: Kwelkaart LHM voor periode 2011-2018. Kwel is gedefinieerd als een positieve term, wegzijging als een negatieve term.

Inlaten en bemalingen

Op verschillende plekken langs de rand van de NOP en ZOF wordt water aan- en afgevoerd. Voor elk kunstwerk zijn waar mogelijk meetgegevens (debietgegevens) verzameld voor de jaren 2016 t/m 2020. De aangeleverde uurwaarden zijn per etmaal gesommeerd tot dagwaarden. Voor de Noordoostpolder worden, indien beschikbaar, metingen van de volgende kunstwerken gebruikt:

- Hevel Neushoornweg
- Hevel Schelpenpad
- Hevel Leijnse
- Hevel Ettenlandseweg
- Hevel Waterval
- Hevel Urk
- Hevel Geitenpad
- Hevel Schapenpad
- Hevel Kadoelen
- Inlaatwerk Lemmer - Rutten
- Inlaatwerk Slump
- Inlaatwerk 't Hop Lemmer
- Inlaatwerk Blokzijl
- Inlaatwerk Vollenhover kanaal
- Inlaatwerk Ramspol

- Inlaatwerk Waterlooobos
- Inlaatwerk Repelweg
- Inlaatwerk Kuinre
- Opvoerpomp Buma
- Gemaal Smeenge
- Gemaal Vissering
- Losse slangen over dijken NOP
- Inlaat Lemstervaart
- Voorstersluis
- Urkersluis
- Friesesluis

Voor Zuidelijk en Oostelijk Flevoland worden, indien beschikbaar, metingen van de volgende kunstwerken gebruikt:

- Hevel H100
- Hevel Bovenwater
- Inlaatwerk Colijn
- Gemaal Colijn
- Gemaal Lovink
- Gemaal Wortman
- Gemaal De Blocq van Kuffeler
- Ketelsluis
- Sluis De Blauwe Dromer
- Zuidersluis + inlaat t.b.v. suppletie Veluwemeer
- Sluis Almere
- Noordersluis

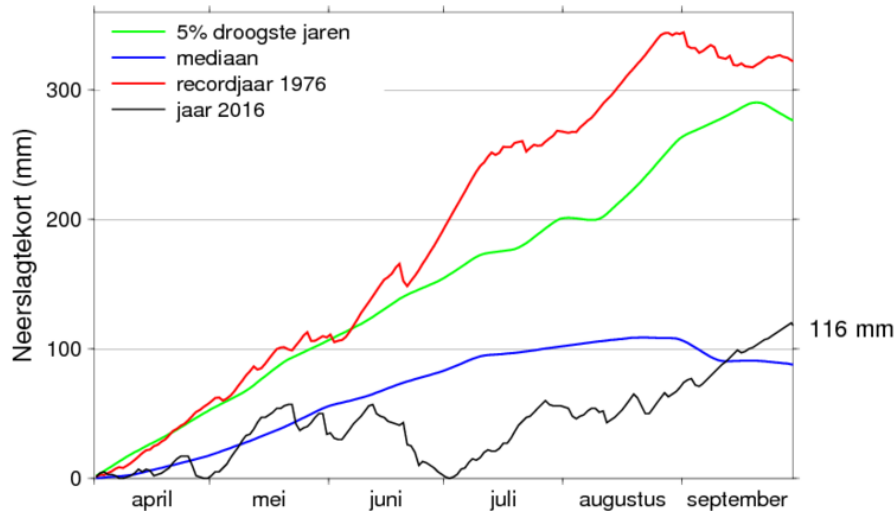
Daarnaast is ook het effluent van de AWZI's in het beheersysteem toegevoegd aan de inlaten van het systeem.

B Neerslagtekorten in 2016-2020

Het KNMI publiceert jaarlijks neerslagtekortreeksen (landelijk gemiddeld over 13 stations). Deze reeksen geven een indicatie over hoe droog of nat een jaar was.

Neerslagtekort in Nederland in 2016

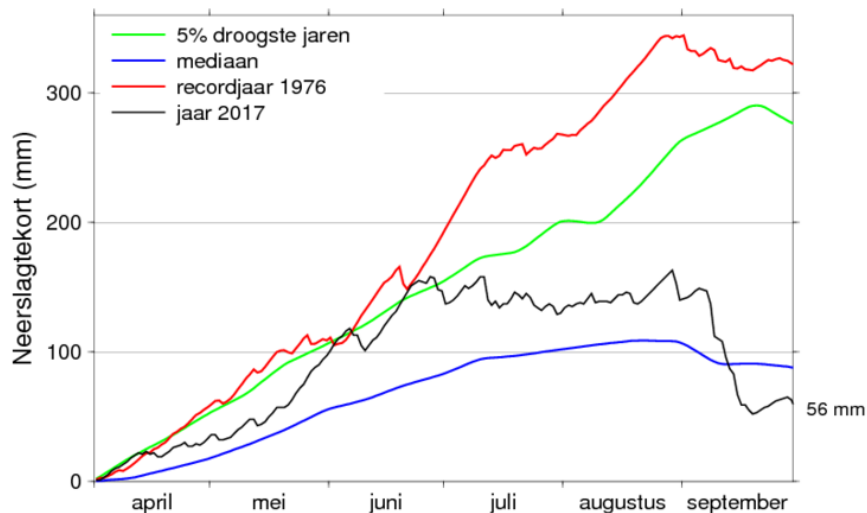
Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, 2017-01-06

Neerslagtekort in Nederland in 2017

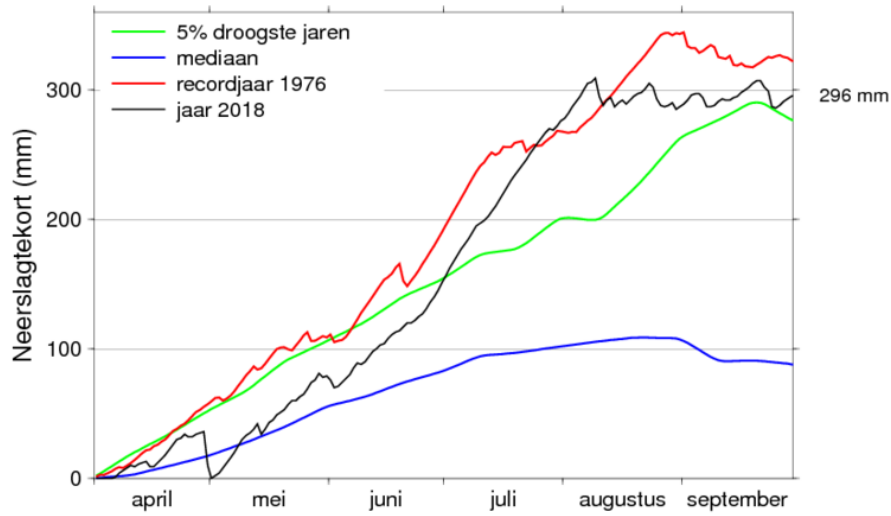
Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, 2018-04-05

Neerslagtekort in Nederland in 2018

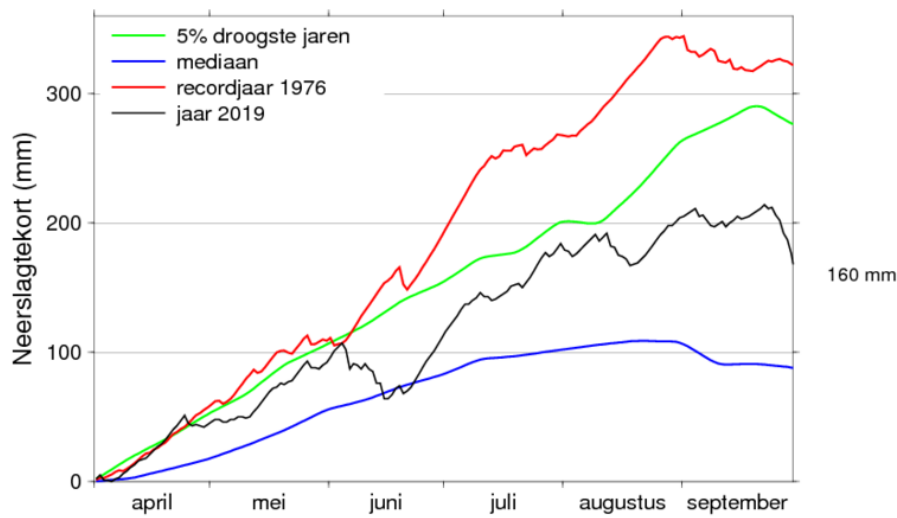
Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, 2018-10-20

Neerslagtekort in Nederland in 2019

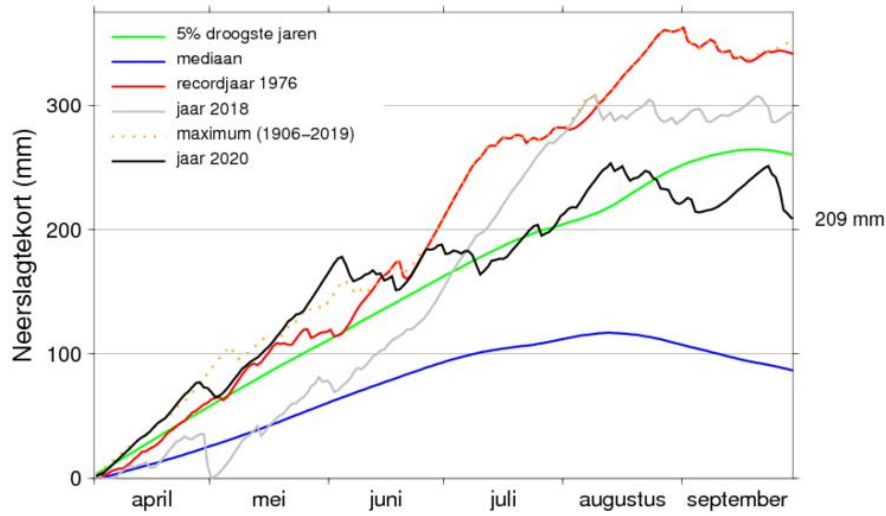
Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, 2019-10-20

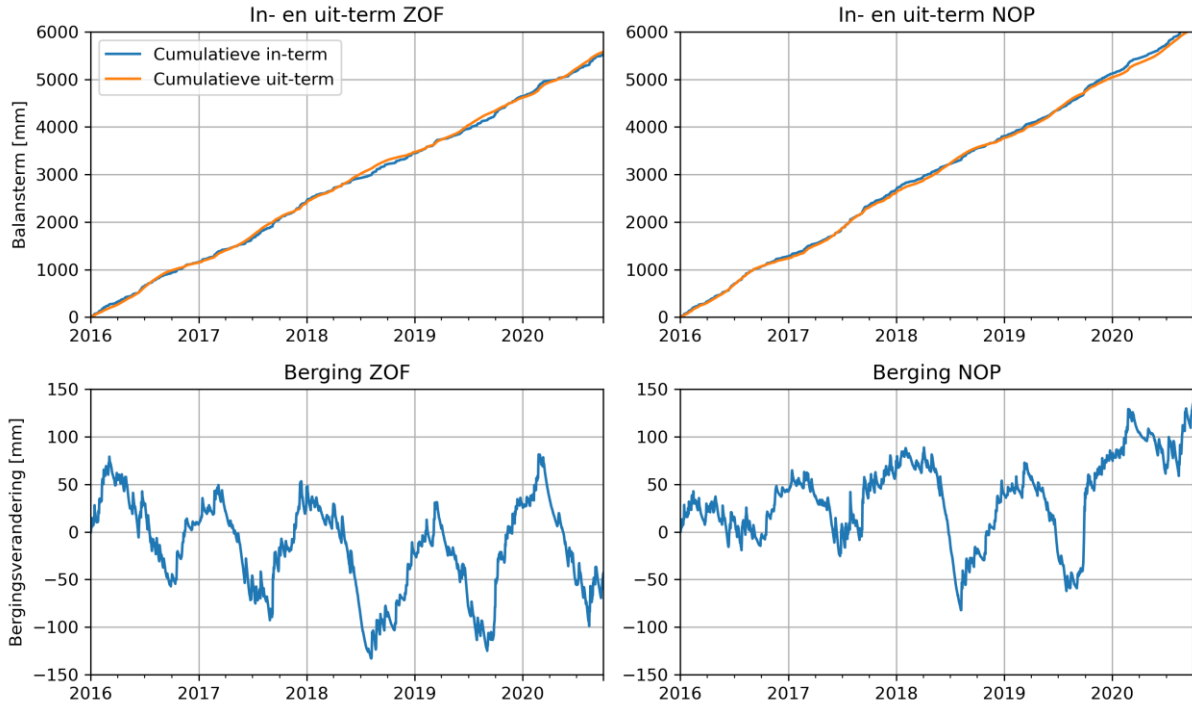
Neerslagtekort in Nederland in 2020

Landelijk gemiddelde over 13 stations



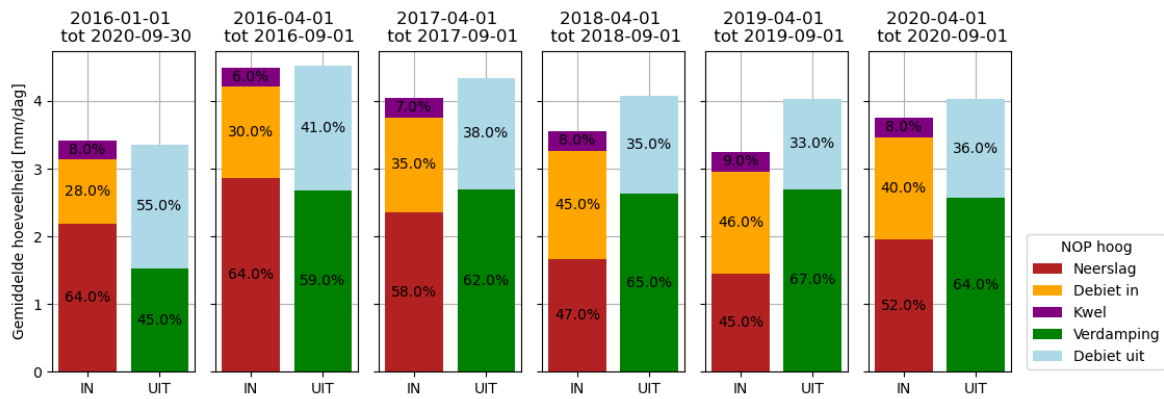
(c) KNMI, 2020-10-29

C Elementen waterbalans

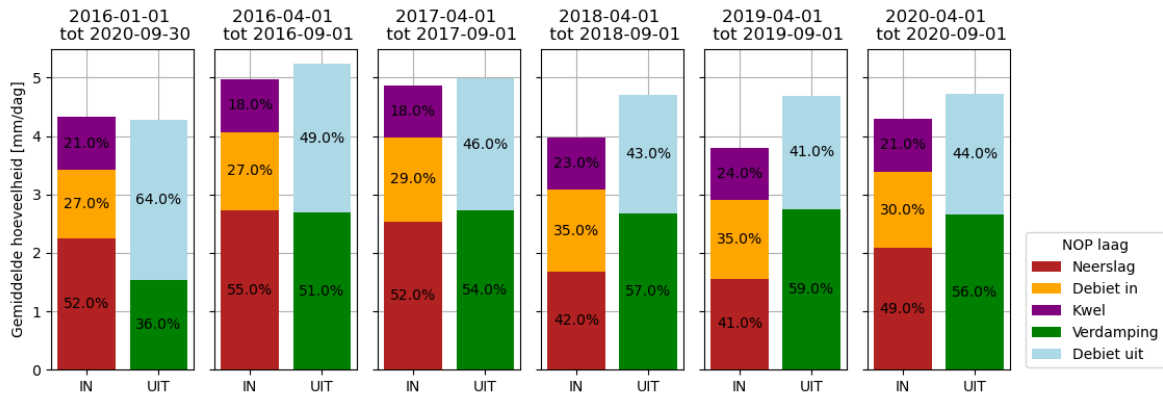


Figuur 44: Langjarige in- en uit-termen per polder en langjarige bergingsverandering per polder.

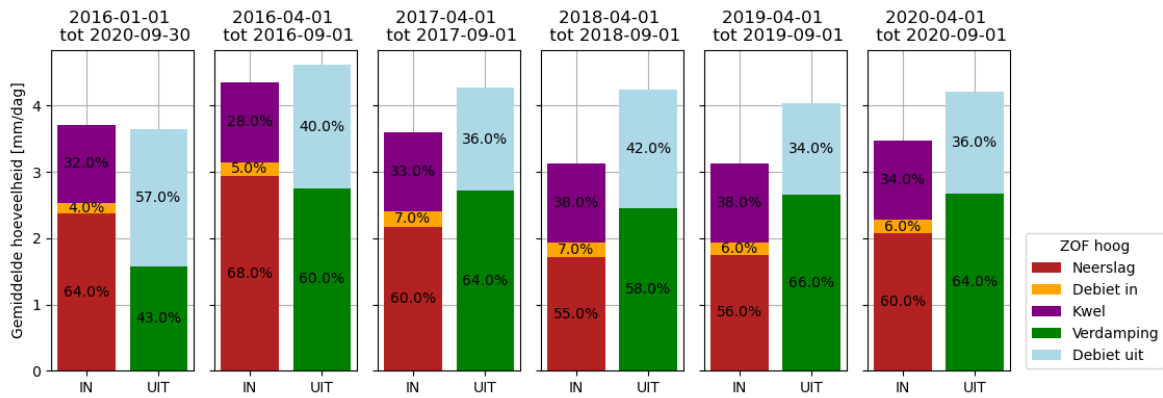
NOP hoog



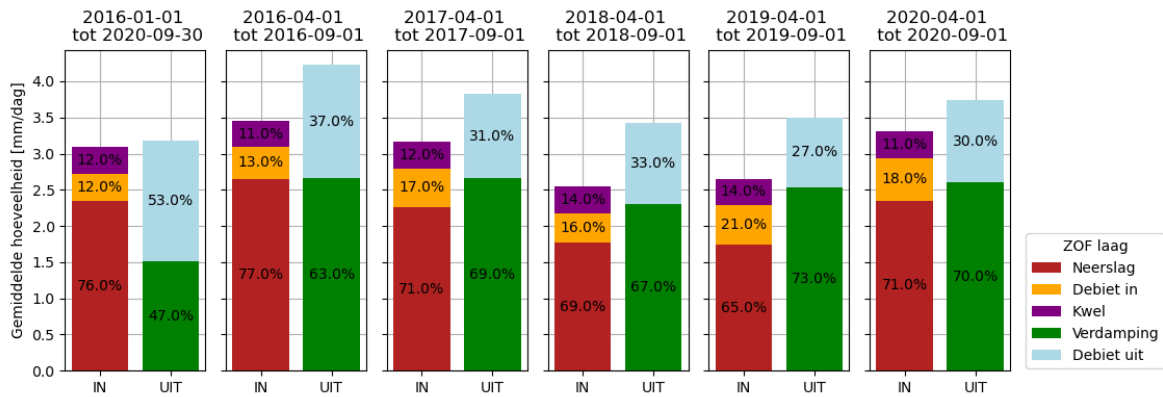
NOP laag



ZOF hoog



ZOF laag

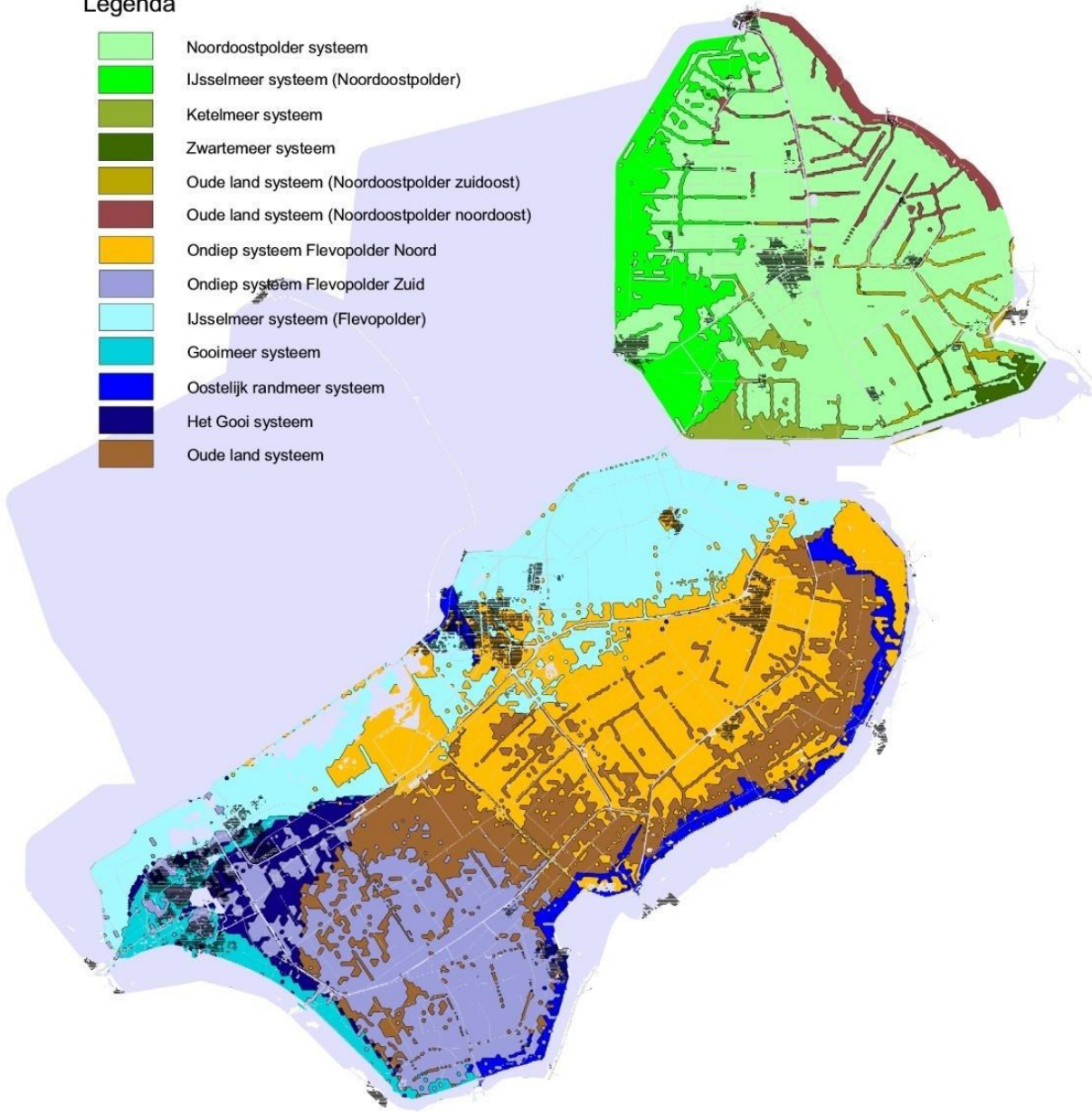


D Ondergrondsysteem



Legenda

- Noordoostpolder systeem
- IJsselmeer systeem (Noordoostpolder)
- Ketelmeer systeem
- Zwartemeer systeem
- Oude land systeem (Noordoostpolder zuidoost)
- Oude land systeem (Noordoostpolder noordoost)
- Ondiep systeem Flevopolder Noord
- Ondiep systeem Flevopolder Zuid
- IJsselmeer systeem (Flevopolder)
- Gooimeer systeem
- Oostelijk randmeer systeem
- Het Gooi systeem
- Oude land systeem





Hoofdkantoor

HKV lijn in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242

info@hkv.nl

www.hkv.nl