



hoogheemraadschap
Hollands
Noorderkwartier

Monitoringsrapportage

HHNK 2018

Registratienummer
19.0238732

Datum
12 maart 2019

Versie
1.2

Status
concept

Afdeling
Ingenieursbureau



Bladwijzer

1	Inleiding	4
2	Waterveiligheid	5
2.1	Stormen in 2018	5
2.2	Droogte en waterkeringen	6
2.3	Monitoring en onderzoek langs de (zandige) kust	9
2.4	Biodiversiteit op waterkeringen	14
2.5	Ontwikkeling Hondsbossche duinen	16
3	Wateroverlast beperken	18
4	Watertekort voorkomen	20
4.1	Neerslag(tekort)	20
4.2	Wateraanvoer en -voorraad	25
4.3	Verziltting	29
4.4	Doorkijk naar de toekomst: effect klimaatverandering op watervoorziening en -afvoer	33
5	Gezond water	37
5.1	Doorzicht	37
5.2	Watertemperatuur	40
5.3	Zwemwater	41
5.4	Watersysteemanalyses voor de KRW	44
5.5	Natuurvriendelijke oevers en vis	48
6	Schoon water	49
6.1	Zuiveringsrendement en energieverbruik	49
6.2	Medicijnresten	51
6.3	Effect warme zomer op verwijdering P-totaal bij rwzi Beverwijk.	52
6.4	Zonneweides voor Klimaat en Energieprogramma	52
7	Veilige wegen	55





1 Inleiding

Vanaf 2010 zijn evaluaties van het vigerende Waterbeheerplan opgesteld. Deze bevatten twee delen: de beleidsrapportage en de (onderhavige) monitoringsrapportage. De monitoringsrapportage geeft de feitelijke toestand van water, dijken en wegen weer. Zo mogelijk worden er verbanden gelegd tussen maatregelen en de toestand.

Vanaf 2015 is de beleidsrapportage samengevoegd met de jaarrapportage, omdat beide documenten grote overlap vertonen. De monitoringsrapportage staat veel meer op zichzelf en vormt nu een afzonderlijk document. De indeling van de monitoringsrapportage is gelijk aan de jaarrapportage, waarbij wordt uitgegaan van de maatschappelijke effecten. Daardoor kunnen beide goed met elkaar worden vergeleken.

Leeswijzer

In de hoofdstukken 2 t/m 7 komen achtereenvolgens aan de orde de effecten Waterveiligheid, Wateroverlast beperken, Watertekort voorkomen, Gezond water, Schoon water en Veilige wegen. Daarbij treft u per thema een algemene beschrijving aan van de waargenomen toestand van 2018, met name van incidenten of opvallende ontwikkelingen. Voor Veilige wegen is gebruik gemaakt van de toestand in 2017, omdat gegevens later beschikbaar komen.

De beschrijving is zoveel mogelijk gedaan aan de hand van directe metingen die HHNK jaarlijks in het gebied doet. Verder is bij de meeste effecten gebruik gemaakt van indicatoren. Bij enkele thema's is extra aandacht voor actuele ontwikkelingen en verdieping.

Het jaar 2018 kende bijzondere weersomstandigheden, het was zeer warm en droog. Dit had gevolgen voor bijna alle effecten. Waterkeringen kunnen uitdrogen en scheuren gaan vertonen. Wateroverlast was logischerwijs geen issue, maar watertekort des te meer: de wateraanvoer was in het geding en verzilting moest worden voorkomen. De waterkwaliteit stond onder druk, wat onder meer leidde tot meer zwemverboden veroorzaakt door blauwalgenbloei. Hogere temperaturen hadden ook effect op de zuivering van afvalwater door bacteriën. Hoewel de verkeersveiligheid niet in gevaar kwam, waren er wegen op veendijken die scheuren vertoonden.



2 Waterveiligheid

2.1 Stormen in 2018

Het jaar 2018 kende geen zeer hoge waterstanden als gevolg van stormen in de buitenwateren (Noordzee, Waddenzee, IJssel- en Markermeer). Op drie januari was er een verhoogde waterstand ter hoogte van Den Helder. Dit betreft een stand die gemiddeld tweemaal per jaar optreedt. Op deze dag is bij de haven van Den Oever de coupure in de dijk gedicht, omdat daar een waterstand van 2.40 m +NAP werd verwacht.

datum	Storm Bft	richting	Classificatie	Voorspeld hoogwater (+m NAP Den Helder)	Werkelijk hoogwater (+m NAP Den Helder)	Frequentie	gevolgen	Bijzonderheden
3 jan	9	ZW→W	lage vloed	2,1	1,9	2x per jr	geen	Alle Nederlandse stormvloedkeringen dicht
16-17 jan	7	W	hoge vloed	1,49 en 1,44	1,5	>5x per jr	geen	
1 en 2 febr	7	NW	hoge vloed	1,63	1,39	>5x per jr	geen	
2 en 3 okt	7	WNW	hoge vloed	1,45	1,38	>5x per jr	geen	
23 okt	8	WNW	normale vloed	1,19	1,16	>5x per jr	geen	
8-10 dec	7	WNW→N W	hoge vloed	1,65	1,67	>5x per jr	geen	

Tabel 2.1. Stormen en hoogwaterstanden in 2018.

Bij Oudeschild werd drie januari eveneens een hogere waterstand voorspeld dan werkelijkheid werd: + 2.70m +NAP ten opzichte van + 2.00 m + NAP. Daardoor stroomde de haven onder water. Zie ook figuur 2.1.



Figuur 2.1. De haven van Oudeschild op 3 januari 2018.



De zuidwestpunt van Texel kent veel erosie. De suppletie bij Paal 9 is in het eerste kwartaal van 2018 uitgevoerd, maar er heeft door stormachtig weer (begin 2019) al weer flink wat erosie plaats gevonden. Op deze locatie vindt bij storm dikwijls duinafslag plaats, zie figuur 2.2.



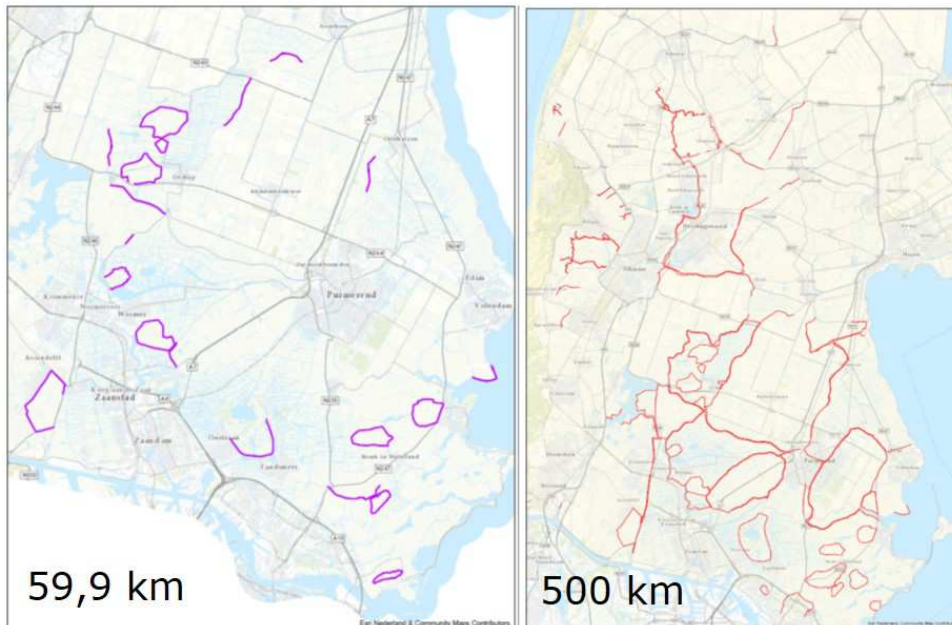
Figuur 2.2 Duinafslag bij zuidwestpunt Texel, januari 2018.

De Slufter is afgelopen jaar opnieuw doorgerekend om de veiligheid te verkennen bij een aangepast beheer. Voor deze nieuwe manier van beheren wordt in 2019 een convenant met Staatsbosbeheer en gemeente Texel uitgewerkt. In de rapportage komt naar voren dat mogelijk een veiligheidsprobleem kan optreden bij de Krimweg. Dit wordt de komende jaren opgelost door plaatselijk de weg en directe omgeving wat te verhogen.

2.2 Droogte en waterkeringen

Primaire keringen ondervinden weinig problemen van droogte. Er kan echter, ook na afloop van een droge periode, sprake zijn van verminderde erosiebestendigheid door droging van de grasmat en aantasting van wortels. Dit was bij de Waddenzeedijken begin augustus aanleiding om een beweidingsverbod in te stellen. Zodoende kon de grasmat zich voor de aanvang van het stormseizoen zo goed mogelijk herstellen. Dit herstel verliep voorspoedig.

Bij de boezemkeringen hebben zich meer problemen voorgedaan. Er zijn twee inspectierondes geweest: half juli zijn 59 km als droogtegevoelig aangemerkte keringen geïnspecteerd. Twee weken later, bij de tweede alarmfase, zijn ongeveer 500 km keringen geïnspecteerd. Zie ook figuur 2.3. Deze inspecties hebben in totaal 45 droogteschadebeelden opgeleverd met grotere scheuren en/of natte plekken. Drie locaties zijn vermeldenswaardig. Bij de jachthaven Zwaansmeer bij Uitgeest zijn scheuren en natte plekken waargenomen. De situatie is hier nauwlettend gevolgd. Om problemen in de toekomst te voorkomen wordt de steunberm verhoogd (zie figuur 2.4). Bij de Zuidoosterdijk (polder Wormer, Jisp en Nek) zijn door uitdroging van onvoldoende gerijpte klei lengtescheuren in het binnentalud ontstaan. Ook hier is de situatie nauwlettend gevolgd en wordt de berm aangepast (doorgefreest). Verder is in de kruin van de nieuwe dijk Klein Where bij Purmerend een grote lengtescheur door een nieuwe kleilaag aangetroffen.



Figuur 2.3 Inspecties bij de eerste en tweede alarmfase.

Op diverse locaties trad door ongelijke zetting scheurvorming op in wegen op dijken en in de dijken zelf. Zowel aan het eind als aan het begin van de droge periode. Dat gebeurde vooral bij veendijken, zoals bij Graftermeer. Er traden op diverse plekken in Waterland lekkages op langs kabels en leidingen. Bij de Starnmeer ontstond risico doordat het peil in dijksloten daalde. Deze sloten hebben geen inlaat omdat er onder normale omstandigheden veel kwel is.



Figuur 2.4. Zichtlijn met piketpaaltjes bij jachthaven Zwaansmeer. Met deze paaltjes wordt vervorming van de dijk gecontroleerd.



Uit verkennende sterkteberekeningen blijkt dat zich nergens gevaarlijke / risicovolle omstandigheden hebben voorgedaan. Dat hangt samen met de opbouw en samenstelling van de dijken en de ondergrond. De dijken bestaan nooit volledig uit veen en in het verleden zijn er dikwijls kleikappen aangebracht. Daardoor krijgen de dijken extra gewicht en drogen ze minder uit. Er is geen risico op dijkfalen geweest, zoals het afschuiven van een deel van de kering, zoals dat in het verleden bij Wilnis plaatsvond. Elders in Nederland deden zich wel gevaarlijke omstandigheden voor. Zo is in Drenthe bijna een dijk doorgebroken door een combinatie van droogte, boomgroei, slechte betonbeschoeiing en schade door ratten.

In het najaar, begin oktober, waren de meeste dijken in het beheergebied weer groen. Het is echter niet duidelijk of de wortels helemaal zijn hersteld en nog voor voldoende erosiebestendigheid zorgen. De scheuren zijn op veel plekken verminderd of niet meer te vinden.

De dijken herstellen langzaam door de langdurige droogteperiode en het aanhoudende neerslagtekort. De grondwaterstanden in de peilbuizen in de dijken vertoonden in oktober nog slechts een lichte stijging. In de kleilagen zal naar verwachting nog steeds zogenaamde blokvorming aanwezig zijn, zodat de dijken minder waterdicht zijn dan normaal. In veenlagen neemt uitgedroogd veen geen vocht meer op totdat deze uitgedroogde grond weer bevroren is geweest. Veen kan ook door de droogte extra oxideren en in laagdikte afnemen. De situatie van de dijken is wel beter dan tijdens de droogte, maar ze herstellen langzaam en kunnen inwendig nog steeds droog zijn. We moeten nog steeds alert zijn tijdens hogere boezemwaterstanden.

Eind december was er nog steeds een groot neerslagtekort, orde grootte 150 – 200 mm. Eind januari 2019 is het neerslagtekort nog 100 mm.

Aardbevingen

In 2018 zijn in de omgeving van Warder aardbevingen gemeten door het KNMI. Deze worden hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door gaswinning in het Middelieveland. Aardbevingen kunnen effect hebben op de stabiliteit van waterkeringen

De bevingen bij Warder hadden een kleine magnitude en konden niet worden gevoeld aan het oppervlak. Ze vormen desalniettemin aanleiding voor vragen over risico's nu en in de toekomst voor de waterveiligheid. Er is verkennend overleg geweest met KNMI, Deltares en waterschap Noorderzijlvest (Groningen). Daaruit komt naar voren dat de risico's, die waarschijnlijk gering zijn, met gespecialiseerd grondonderzoek beter in beeld kunnen worden gebracht. Daarom laat het hoogheemraadschap in 2019 een risico-inventarisatie uitvoeren voor waterkeringen in de omgeving van gasvelden.

Waterschap Noorderzijlvest –waar veel zwaardere bevingen plaatsvinden– vangt de problemen op door bij dijkversterkingen enkele aanvullende maatregelen toe te passen, zoals de aanleg van kleidepots. Verder worden na elke beving inspecties verricht. Uit onderzoek dat voor Noorderzijlvest is verricht blijkt dat de aardbevingen weinig gevolgen hebben voor het dijkontwerp.



2.3 Monitoring en onderzoek langs de (zandige) kust

Er wordt veel gemeten bij de zandige kust. Deels betreft dit reguliere metingen, die zijn bedoeld om de ontwikkelingen van de keringen in de gaten te houden. Hiermee kunnen we bijvoorbeeld vaststellen of zandsuppleties of versterking van de waterkering noodzakelijk is. Daarnaast wordt er ook projectmatig gemeten. De meeste metingen vinden plaats in opdracht van Rijkswaterstaat en Hollands Noorderkwartier, die elk hun eigen taken en verantwoordelijkheden hebben. Ook natuurbeheerders meten, hun insteek is gericht op effecten van bijvoorbeeld suppleties en versterkingen op de natuurwaarden. Een belangrijk aspect, want de gehele zandige kust is aangemerkt als beschermd natuurgebied.

Zie figuur 2. 5 voor een overzicht van de belangen en verantwoordelijkheden van verschillende partijen.

Belanghebbende	Beheer en onderhoud			Strandverpachting	Toegankelijkheid strand	Veiligheid tegen overstroming		Publieke veiligheid
	Breed duin	Strand	Zeewaartse Duinenrijen			Strand	Duinen	
Landeigenaar				X				
Rijkswaterstaat	X	X						
Provincie	X							
Gemeenten		X		X	X			X
Natuurbeheerders	X							
HHNK		X	X		X		X	

Verantwoordelijk	Volgens omgevingswet			Volgens Waterwet		Natura 2000	Natuurwetgeving nationaal	Zwemwater
	Breed duin	Strand	Zeewaartse Duinenrijen	Strand	Duinen			
Rijkswaterstaat				X	X			X (aanwijzing locaties)
Provincie		X				X		X (meten waterkwaliteit)
Gemeenten	X	X	X				X	
Min. EZ				X	X			

Figuur 2.5 Belangen en verantwoordelijkheden van verschillende partijen voor de zandige kust.



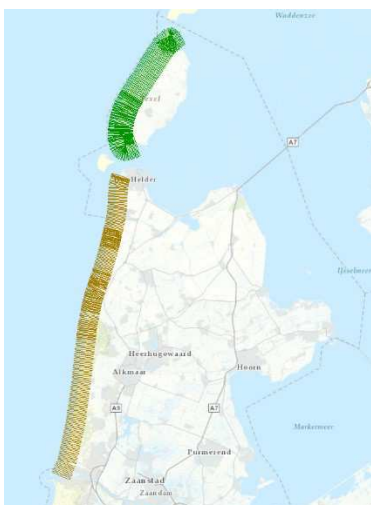
Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor alle grote wateren rond het beheergebied: Noordzee, Waddenzee, IJsselmeer en Markermeer. Zij meet op een aantal punten de waterstanden, zie figuur 2.6. Het hoogheemraadschap meet ook waterstanden in de Rijkswateren, echter alleen bij gemalen (buitenwaterstanden), zie figuur 2.9. Met deze metingen bepalen we de hydraulische belastingen voor de waterkeringen en valideren we modellen. Ze worden ook gebruikt voor de scheepvaart en de stormvloedwaarschuwingsdienst.



Figuur 2.6. Overzicht meetlocaties van Rijkswaterstaat: waterstanden (links), golven (midden) en het KNMI: wind (rechts).

Rijkswaterstaat meet vanaf 1990 jaarlijks de zandige kust om vast te stellen in hoeverre onderhoud noodzakelijk is, de zogenaamde Jarkus metingen. Dit zijn hoogtemetingen, zowel boven water (LIDAR) als onderwater (Multibeam). Jarkus data beslaat het gebied van een paar honderd meter rond de basiskustlijn. De hoogtemetingen geven aan hoeveel zand er ligt, want dit is bepalend voor de veiligheid. Met behulp van deze metingen wordt de basiskustlijn gehandhaafd, die in 1990 is vastgesteld. Deze theoretische lijn vertegenwoordigt een hoeveelheid zand en mag niet worden overschreden. De jaarlijkse metingen worden vergeleken met de basiskustlijn om de hoeveelheid onderhoud te bepalen.

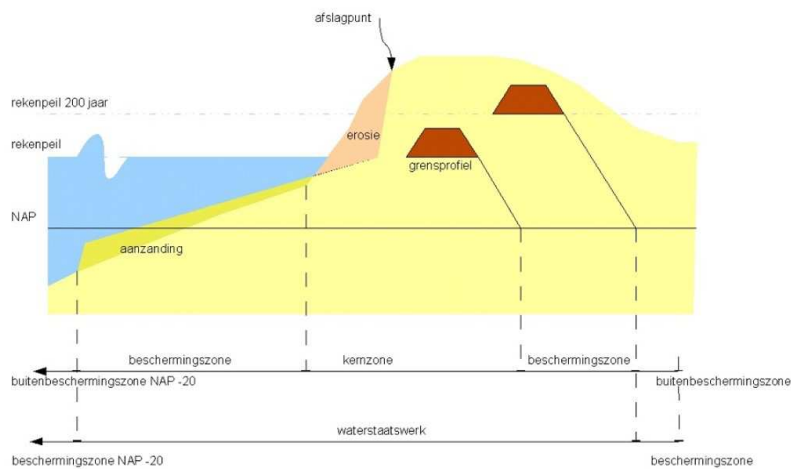


Figuur 2.7. Jaarlijkse Jarkus metingen aan de kust, ongeveer om de 250 meter.



Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Het hoogheemraadschap verricht metingen aan de kust voor de beoordeling op waterveiligheid. Daar wordt gebruik gemaakt van de Jarkus metingen van Rijkswaterstaat. De beoordeling bestaat uit berekeningen aan de hand van hydraulische belastingen op het huidige profiel. Daarbij wordt vastgesteld of er voldoende zand in het profiel zit om afslag bij een ontwerpstorm op te vangen. De legger bevat de profielen waaraan moet worden voldaan. Daarbij wordt rekening gehouden met tweehonderd jaar zeespiegelstijging, om ook in de toekomst voldoende zand te reserveren.



Figuur 2.8. De legger voor een duin met zeekerende functie.

Landmeters van het hoogheemraadschap meten profielen in bij bebouwing langs de hele kust. Deze metingen zijn aanvullend op de profielmetingen van Rijkswaterstaat. De rode lijntjes in onderstaande kaart geven de locaties weer waar de landmeters tweemaal per jaar raaien inmeten. Bij de huidige manier van meten lopen de landmeters raaien. De resultaten zijn niet nauwkeurig genoeg voor echt goede analyses te maken. Daarom schaft het hoogheemraadschap een drone aan, die ook kan worden ingezet voor andere doeleinden (bijvoorbeeld crisisbeheer).



Figuur 2.9. Locaties waar landmeters raaien inmeten (rood), bijzondere projecten plaatsvinden (blauw) en van metingen van buitenwaterstand bij gemalen (groen).

Voor diverse projecten voert het hoogheemraadschap (oppervlakte)metingen uit aan de zandige kust. Dit zijn van noord naar zuid: de Slufter, Prins Hendrik Zanddijk, Hondsbossche duinen, Markermeerdijken en Kieftenvlak. Daarnaast wordt gemeten voor diverse projecten waarbij we nauw met universiteiten samenwerken.

De Slufter (Texel)

In de Slufter ligt een geul, die door een laag liggend gebied meandert. De waterveiligheid wordt gegarandeerd door de smalle Slufterzanddijk die het gebied omsluit, in combinatie met de golfdempende werking van het gebied ervoor. Voorheen mocht de sluffermonding niet breder worden dan 400-600 meter, zodat deze golfdempende werking gegarandeerd is. Als het gat tussen de duinen groter werd, dan werd de loop van de sluffer gewijzigd. Nieuwe modellen geven aan dat de sluffermonding breder kan worden, zonder dat de waterveiligheid in het geding komt. De duinen aan de zee kant moeten echter wel intact blijven. In 2019 wordt een convenant uitgewerkt, waarin we met Staatsbosbeheer afspraken vastleggen over beheer en onderhoud van het gebied. Sinds 2014 verzamelen we samen met verschillende universiteiten en hogescholen gegevens van het gebied, om de ontwikkeling van de natuur te voorspellen en vanaf dit jaar te volgen.



Prins Hendrikzanddijk

Dit nieuwe duin in de Waddenzee wordt vanuit het project gemonitord: de hoeveelheid zand wordt gemeten, evenals de ontwikkeling van habitats en doelsoorten (met name vogels). We gaan ook het gedrag van wind, water en zand meten om de erosiemodellen te verbeteren. Met deze modellen berekenen we afslag, erosie onderwater en erosie door wind. Ze zijn echter geïkt op de Noordzee en niet op de Waddenzee. Momenteel wordt een meetplan uitgewerkt, Rijkuniversiteiten Utrecht en TU Delft willen aanhaken met een onderzoeksvorstel en twee phd's.

Hondsbossche Duinen

In de Hondsbossche is de afgelopen jaren veel onderzocht op het gebied van morfologie, ecologie, en grondwater. Het hoogheemraadschap meet hier veel raaien, zie figuur 2.10.



Figuur 2.10. Raaien in de Hondsbossche Duinen.

Ook Ecoshape heeft hier onderzoek gedaan. Voor meer informatie hierover zie paragraaf 2.5. Vanuit het hoogheemraadschap hebben studenten onderzoek gedaan naar wind-zand relaties. Als NWO subsidie (living labs) wordt toegekend, dan wordt verdergaand onderzoek opgezet. Het hoogheemraadschap zal dit gebied de komende jaren op de voet blijven volgen. Hierbij verbeteren we samen met universiteiten modellen voor onderwater en bovenwater erosie.

Markermeerdijken

In het Markermeer is bij de dijkversterking ook voor een zandige oplossing gekozen bij de Oeverdijk tussen Schardam en Hoorn. Rijkswaterstaat is gestart met de monitoring van water en zand voor de Houtribdijk en het Markerwad. Wij sluiten hier op aan om de modellen te kunnen valideren voor dit gebied.



Heemskerk (Kieftenvlak)

In Heemskerk wordt gemonitord hoe de ingrepen verlopen die uitgevoerd zijn in samenwerking met PWN. Er is geplagd en zand verplaatst om doorstuiving te bevorderen en het duin erachter te versterken.

Wetenschappelijk onderzoek

We werken met diverse universiteiten samen voor verdieping van de kennis van de kust. Er wordt dan voor een beperkte duur gemeten door studenten en promovendi. Voorbeelden zijn:

- metingen bij Egmond van wind en vocht in het zand;
- dronemetingen voor effecten van bebouwing bij onder andere Juliandorp;
- dronemetingen op de Hors bij Texel voor ontwikkeling van nieuwe duinen.

2.4 Biodiversiteit op waterkeringen

Het hoogheemraadschap past natuurtechnisch beheer toe voor versterken van de natuurwaarden op diverse waterkeringen. Op de Hondsbossche Zeewering (vanaf 2016) en de Assendelverzeedijk (vanaf 2018) gaan we nog een stapje verder door het zogenaamde sinusbeheer toe te passen. Beide dijken hebben geen waterkerende functie meer. Daarom hoeft de vegetatie niet meer overslagbestendig te zijn en zijn er veel mogelijkheden voor aangepast beheer. In en rondom dijken komen veel soorten dieren en planten voor, waaronder insecten (bijen en vlinders). Recent onderzoek in zowel Duitsland als Nederland toont aan dat het erg slecht gaat met insecten en dat de biodiversiteit onder zeer grote druk staat. Bloemrijke dijken kunnen bijdragen aan herstel en vormen tevens een kleurrijke verfraaiing van het landschap.



Figuur 2.11. Aangepast maaibeheer (sinusbeheer) op de Hondsbossche Zeewering (links) en de Assendelverzeedijk.

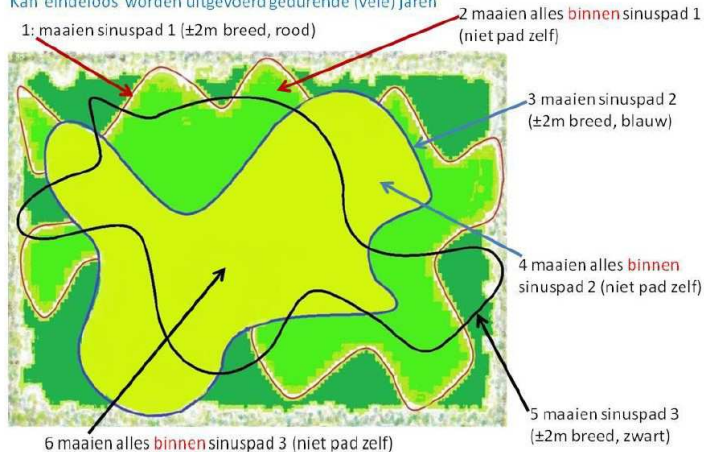
Op de Hondsbossche Zeewering wordt al 25 jaar gefaseerd gemaaid. Daarbij wordt een deel van de dijk overgeslagen. Dieren en planten kunnen zich vanuit deze delen weer verspreiden. De dijk is verschaald en heeft veel potentie voor biodiversiteit. In overleg met de Vlinderstichting is het beheer doorontwikkeld en wordt nu het eerder genoemde sinusbeheer toegepast. Dit is een innovatieve maaimethode waarbij slingerende maaipaden worden gemaakt die elke keer op een andere plek liggen, afhankelijk van de omstandigheden. Er wordt als het ware een slingerend pad gemaakt dat een (langgerekte) cirkel vormt. Eerst wordt het pad gemaaid, in de tweede maaironde komt het gebied binnen het maaipad aan de beurt. Het randgebied buiten de cirkel wordt in het betreffende jaar niet gemaaid, maar kan het volgende jaar wél worden gemaaid als het pad anders loopt. Zo ontstaat na enkele jaren een grote variatie aan milieuomstandigheden, doordat frequentie en tijdstip van maaien voor delen van de dijk verschillen. Het is belangrijk te realiseren dat er enkele



jaren voor nodig zijn om effect te krijgen in de vorm van grotere verscheidenheid aan bloemen en insecten.

Voorbeeld sinusbeheer (Bron: Jurgen Couckuyt)

Kan verdeeld over 1, 2, 3 of meer jaar afhankelijk van productie grasland
Kan 'eindeloos' worden uitgevoerd gedurende (vele) jaren



Figuur 2.12. Voorbeeld van sinusbeheer op een graslandperceel.

Sinusbeheer is op de Assendelverzeedijk op aangepaste wijze toegepast omdat daar minder ruimte is. Daar is wel in sinusvorm (slingerend) gemaaid, maar kon het pad geen cirkel maken. Om de effecten van het sinusbeheer te bepalen, is in 2018 op beide genoemde locaties monitoring uitgevoerd door de Vlinderstichting en FLORON. Resultaten geven voor Hondsbossche Zeewering een licht positief beeld, dat hangt waarschijnlijk samen met de goede uitgangssituatie. De Assendelverzeedijk is voedselrijker en hier komen minder insecten voor. Eén jaar sinusbeheer heeft daar meteen al geresulteerd in meer soorten. De komende jaren worden het sinusbeheer en de monitoring voortgezet. Deze vorm van beheer wordt in 2019 ook op twee nieuwe kansrijke locaties toegepast: de dijk langs het Waard- en Groetkanaal (vanaf de Westfriesche Vaart tot het Amstelmeer) en de Westdijk bij Heerhugowaard (vanaf de N508 tot omgeving treinstation waar de ringvaart bij de N242 komt).

Het hoogheemraadschap is het eerste waterschap dat deze methode toepast op dijken. Inmiddels is er veel belangstelling bij andere waterschappen, gemeenten en wegbermbeheerders. Er zijn, met name bij Hondsbossche Zeewering, veel positieve reacties ontvangen. Om de omgeving goed te informeren is een publieksfolder gemaakt: Pettens Pracht.



2.5 Ontwikkeling Hondsbossche duinen

In 2015 is de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ) versterkt met 35 miljoen kubieke meter zand. Dit gebied heet nu de 'Hondsbossche Duinen (HD)'. Het ontwerp bestaat uit een zachte ondiepe vooroever (strand) met verschillende soorten duinhabitats. Deze gekoppelde systemen voorzien in de primaire veiligheid en realiseren tegelijkertijd ruimtelijke kwaliteit. Hiermee is de aanleg van de Hondsbossche Duinen een mooi voorbeeld van 'Bouwen met Natuur'.

Deze methode is niet vanzelfsprekend en het is daarom van belang om te meten of de werking van het ontwerp overeenkomt met de verwachtingen. Om hier meer inzicht in te krijgen heeft het consortium Ecoshape onderzoek verricht in de periode 2015 -2018. Dit project, het Innovatie Project Hondsbossche Duinen, betreft een samenwerking van bedrijfsleven, kennisinstututen, adviesbureau's en overheden: Van Oord-Boskalis, WUR, Deltares, Witteveen+Bos, HKV, Arcadis, Rijkswaterstaat (programmadiirectie HWBP) en het hoogheemraadschap.



Figuur 2.13. Aanleg van de Hondsbossche Duinen. Goed zichtbaar zijn het (slingerende) fietspad en de zogenaamde luwe laagtes. Deze laagtes worden gevormd door de lichter gekleurde rechthoeken. Ze zijn bedoeld om plaatselijk verstuiving te bevorderen als voorwaarde voor een gezonde helmvegetatie.

Voor dit innovatieproject zijn drie thema's voor kennisverdieping uitgewerkt: (verbeterde) voorspelbaarheid van de ontwikkeling van aangelegde habitats, optimalisatie in het veiligheidsontwerp en beleving. Er heeft monitoring plaatsgevonden boven de waterlijn, waarbij hoogtemetingen zijn verricht en luchtfoto's zijn gemaakt. Tevens is de ontwikkeling van de vegetatie en habitats gevolgd en worden grondwater en zoutmetingen verricht. Met deze monitoring leren we in hoeverre we in staat zijn vooraf geformuleerde (natuurlijke) ontwerpdoelstellingen daadwerkelijk te realiseren. Dit type inzichten is onontbeerlijk voor een snellere, betere en goedkopere uitvoering van volgende versterkingsprojecten en het beheer van gerealiseerde projecten. Het belangrijkste doel van dit project is het leren van generieke lessen voor volgende soortgelijke projecten. Er is tevens een guideline ontwikkeld.



Het project heeft geen verrassende nieuwe inzichten opgeleverd. Er is vooral aangetoond dat de aannames bij het project betrouwbaar waren en met meer zekerheid bij toekomstige projecten kunnen worden toegepast. Verder is duidelijk geworden dat het belangrijk is om de kennis en ervaring van de gebiedsbeheerders (bijvoorbeeld van het hoogheemraadschap) mee te nemen. Plaatselijk is de helm bijvoorbeeld niet aangeslagen toen waarschuwingen (verkeerde seizoen en geen verse planten) niet ter harte zijn genomen.

Enkele interessante lessons learned:

- de voorspelde duinaangroei komt goed overeen met de gemiddelde raming. Er is echter ook behoorlijk veel variatie in het gebied. Hierbij zijn mogelijk de strandbreedte, kust oriëntatie en korreldiameter bepalend;
- er is minder hinder van overstuivend zand landinwaarts (op de oude dijk en verder) dan voorspeld. De hinder is verwaarloosbaar;
- maatregelen voor het sturen van zandtransport zijn (zeer) effectief. Dit zijn bijvoorbeeld stuifschermen, luwe laagtes;
- door de juiste uitgangssituatie te scheppen kan de ontwikkeling van gewenste habitats in gang worden gezet. De meetperiode was te kort om te kunnen vaststellen in welke mate deze uiteindelijk gerealiseerd worden;
- het ontwerp van de duinvallei (recht, lang en dwars op de overheersende windrichting) is niet ideaal voor natuurontwikkeling en versneld het proces van dichtslibben;
- op het buitentalud van de oude dijk hebben zich (onverwacht) maar liefst 90 plantensoorten bevestigd tussen de stenen, Dit is een voortgaand en zichzelf versterkend proces, doordat er met meer planten ter plekke meer zand in wordt gevangen.

In het eindrapport wordt aanbevolen om met vervolgonderzoek metingen voort te zetten. In het voorjaar van 2019 wordt dit uitgewerkt.



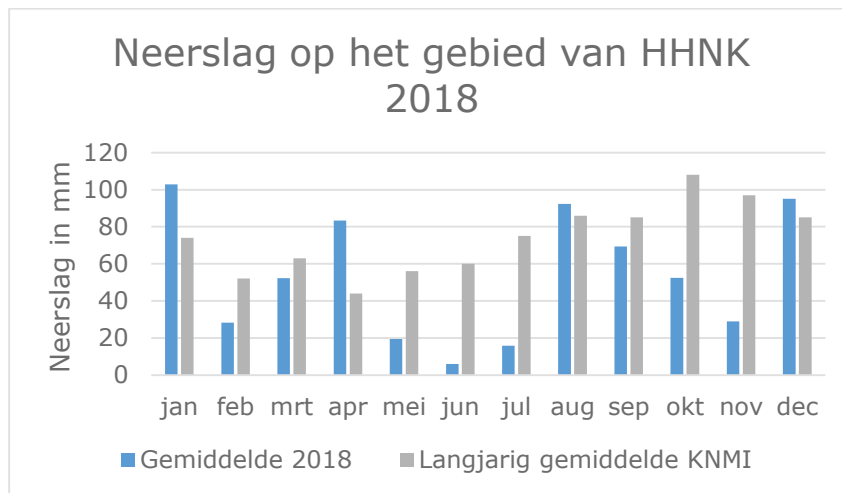
Figuur 2.14. Vegetatie op buitentalud van de Hondsbossche Zeewering.

Voor publieksvoorlichting is door Ecoshape een informatief filmpje gemaakt, dat kan worden gevonden door op Youtube (of google) de zoektermen 'Hondsbossche Duinen' en 'ecosshape' in te voeren.



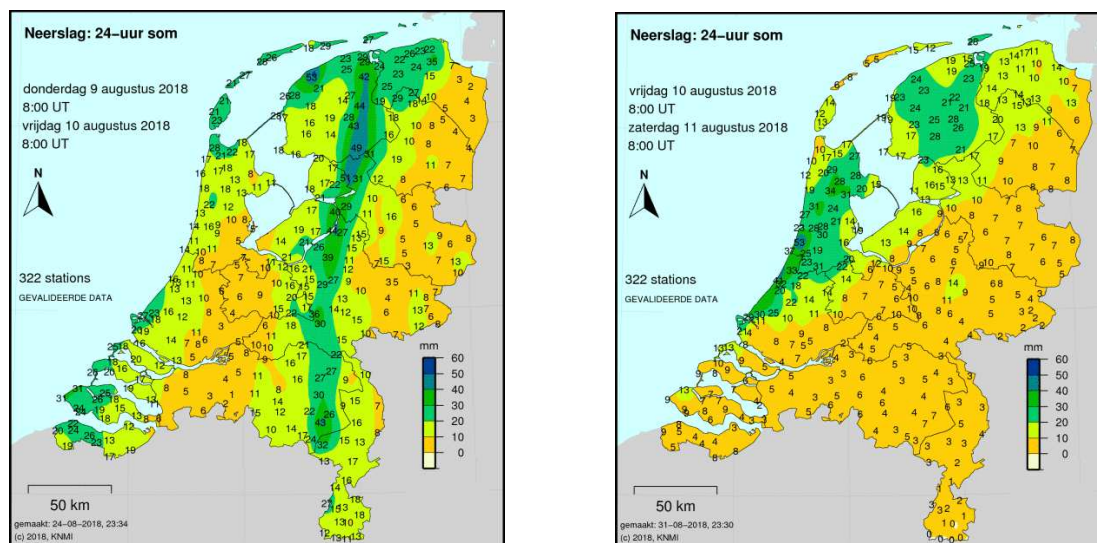
3 Wateroverlast beperken

Het jaar 2018 was zeer droog. Er waren geen langere periodes met veel neerslag en er is dan ook nergens wateroverlast geweest. Op dagen met veel neerslag kon het water zonder problemen worden geborgen in de bodem en het watersysteem. De verdeling van de neerslag over het jaar verschilde in 2018 sterk van een gemiddeld jaar. In figuur 3.1 is te zien dat de zomer en de herfst (oktober / november) extreem droog waren.

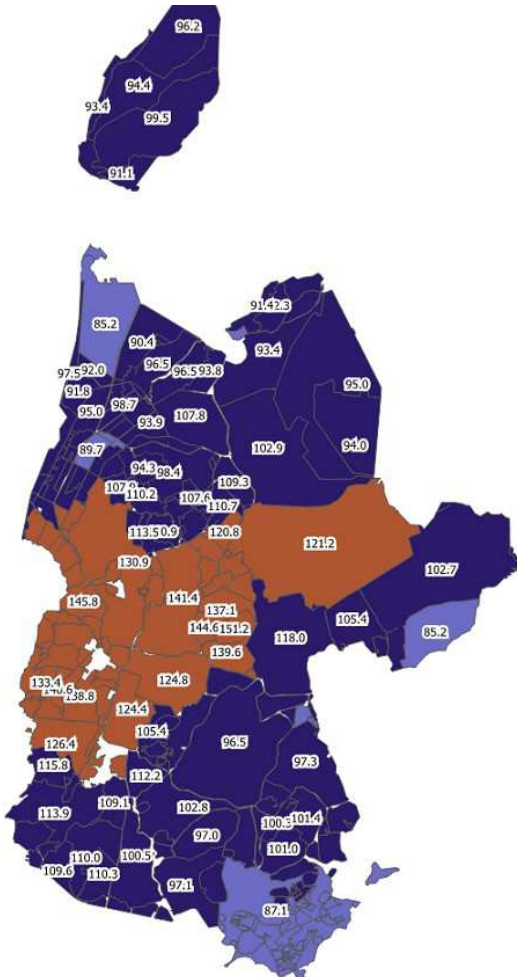


Figuur 3.1. Neerslag in 2018 verdeeld over het jaar.

April en augustus waren twee relatief natte maanden. In figuur 3.2 is de neerslag op 9 en 10 augustus weergegeven. Deze had, met name in Noord-Nederland, een sterke afname van de watervraag tot gevolg. Augustus viel er in sommige delen van Noorderkwartier ruim tweemaal zoveel neerslag als in de drie maanden daarvoor (afbeelding 3.3). Door de voorafgaande zeer droge periode en de niet al te hoge intensiteiten, leidde dit niet tot problemen.



Figuur 3.2. Neerslag op 9 en 10 augustus (bron:KNMI).



Figuur 3.2 neerslagsom augustus 2018.

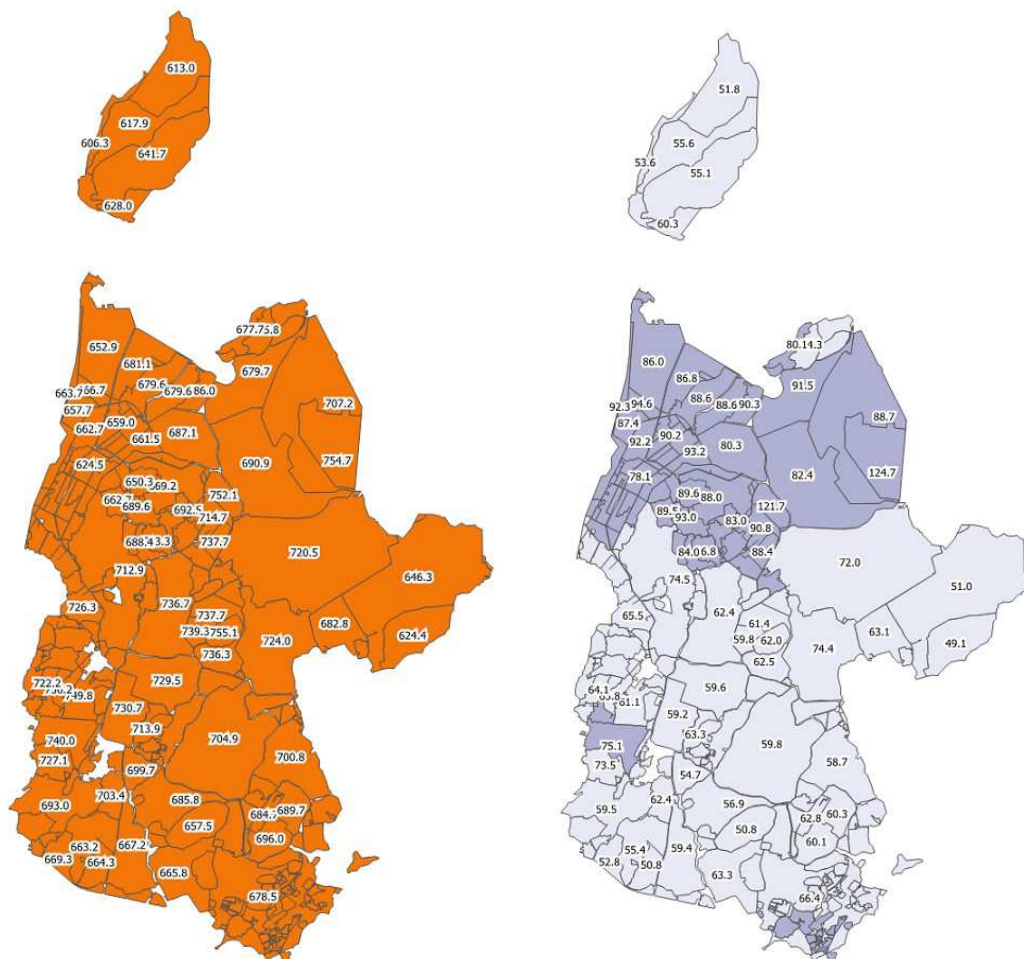


4 Watertekort voorkomen

Door het warme en droge weer was watertekort in 2018 een belangrijk issue. Daarom gaan we in deze rapportage uitgebreid in op de vrij extreme weersomstandigheden en de gevolgen voor het waterbeheer. Achtereenvolgens komen aan de orde het neerslagtekort, gevolgen voor wateraanvoer en –voorraad, verzilting in het IJsselmeer en Noorderkwartier en tot slot een doorkijk naar de toekomst. Bij deze doorkijk komt het effect van scenario's van klimaatverandering op watervoorziening en –afvoer aan de orde.

4.1 Neerslag(tekort)

Het jaar 2018 was extreem warm, zonnig en zeer droog met ruim tweemaal zo veel zomerse en tropische dagen dan in een gemiddeld jaar. De hoeveelheid neerslag in Nederland bedroeg iets meer dan 600 mm, tegenover ongeveer 800mm in een gemiddeld jaar. In het beheergebied was het iets minder droog, er viel tussen de 600 en 750 mm (figuur 4.1).



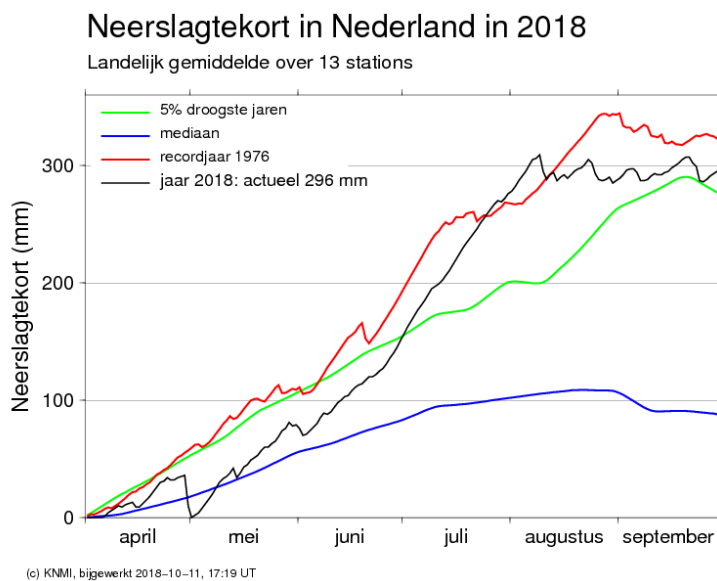
Figuur 4.1 neerslagsommen 2018 (links) neerslagsom mei t/m juli 2018 (rechts).



Het verloop van de neerslag in 2018 is in het vorige hoofdstuk en figuur 3.1 weergegeven. Samengevat: februari was een extreem droge en zonnige wintermaand, terwijl april juist gemiddeld een natte maand was met op sommige plekken tot circa 125 mm neerslag (maar zonder zeer natte dagen). Daarna kwamen drie zeer droge maanden (mei t/m juli). Juli was extreem droog, met iets meer dan 10 mm neerslag in Noorderkwartier. Augustus was een relatief natte periode. De herfst was echter weer zeer droog met een extreem droge novembermaand met rond de 30 mm neerslag. Het was de zevende maand op rij die droger was dan gemiddeld. Kortom, 2018 was een jaar waarin het draaide om het tekort aan water, wateroverlast was niet echt aan de orde.

Ontwikkeling neerslagtekort 2018

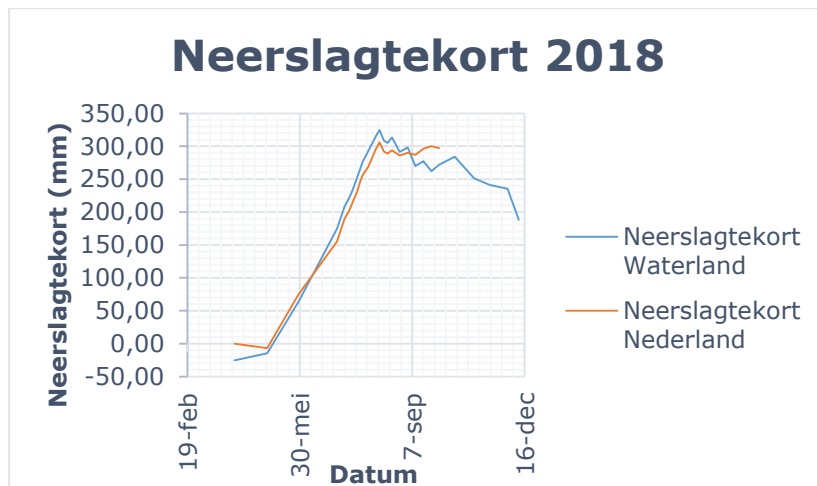
Het KNMI toont het landelijk neerslagtekort gemiddeld over 13 neerslagstations vanaf 1 april (figuur 4. 2). Vanaf mei stijgt het neerslagtekort bijna onophoudelijk tot begin augustus, waarna het tekort min of meer stabiliseert rond de 300 mm (3 keer zo hoog als gewoonlijk). De figuur laat zien dat in het record-droge jaar 1976 het tekort nog wat verder opliep en het over bijna de hele periode nog wat droger was.



Figuur 4.2 Landelijk gemiddeld neerslagtekort 2018 (bron: KNMI).

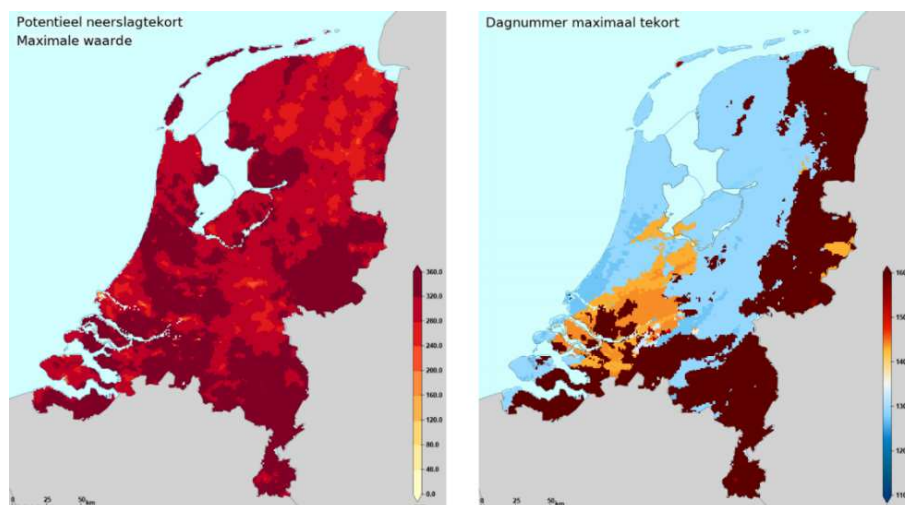


Het neerslagtekort in Noorderkwartier komt redelijk overeen met het landelijk beeld hoewel er natuurlijk regionaal verschillen kunnen zijn. Figuur 4.3 toont het verloop van het neerslagtekort in regio Waterland en gemiddeld in Nederland. Speciaal voor regio Waterland wordt dit lokale tekort in de zomerperiode frequent gerapporteerd voor inspectie van de veendijken. In ons Water-Informatiesysteem FEWS wordt dit voor iedere polder berekend en getoond.



Figuur 4.3 Regionaal neerslagtekort Waterland en landelijk gemiddeld neerslagtekort

Het maximale neerslagtekort treedt niet overal tegelijkertijd op. In figuur 4.4 is te zien dat het maximale neerslagtekort in heel Nederland groot was, maar het moment van optreden tot een maand kan verschillen. Dit is afhankelijk van de lokale neerslag en verdamping. In oost en zuid Nederland loopt de droogteperiode wat langer door en wordt het maximum neerslagtekort enkele weken later bereikt dan in het (noord)westen.

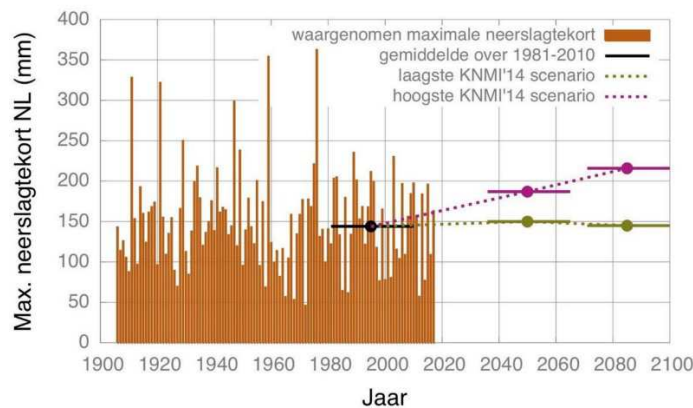


Figuur 4.4 Maximale neerslagtekort 2018 (hoe donkerder hoe groter, tot 360 mm) en moment van optreden van dit maximale tekort (vanaf dag 130 = 10 mei - in lichtblauw - , tot dag 160 = 9 juni - in donkerbruin) (bron: KNMI).



Het neerslagtekort laat het cumulatieve verschil zien tussen neerslag en potentiële verdamping voor het hydrologische zomerhalfjaar (1 april–1 oktober). Het is een globale indicatie voor droogte, gericht op het groeiseizoen. Omdat de droogte in 2018 al in februari begon, geeft de berekening over het hydrologische zomerhalfjaar een onderschatting. De gehanteerde periode is arbitrair en heeft geen absolute betekenis. In 2019 wordt door het hoogheemraadschap bekeken of de huidige definitie en berekening van het neerslagtekort gehandhaafd blijft als indicator voor droogte, met name in relatie tot de waterkeringen. HHNK blijft de berekeningswijze van het KNMI hanteren voor het vaststellen van het neerslagtekort. Zodoende kan een vergelijking worden gemaakt met historische jaren.

Het KNMI heeft de maximale neerslagtekorten sinds het begin van de metingen (1906) afgebeeld in een grafiek (figuur 4.5). Daarmee kunnen we een indruk krijgen hoe droog 2018 was in historisch perspectief.



Figuur 4.5 Maximale neerslagtekorten sinds aanvang metingen (bron: KNMI) en klimaatscenario's.

De grafiek is nog niet aangevuld met 2018, waarin het maximale tekort 306 mm bedraagt. Slechts vijf bekende droge jaren hadden een groter of vergelijkbaar maximaal neerslagtekort (1911, 1947, 1921, 1959, 1976). Opvallend is dat tussen 1976 en 2018 geen extreem grote neerslagtekorten zijn opgetreden. Hieruit kan echter niet worden geconcludeerd dat het "vroeger dus vaker droog was". Daarvoor is geen statistische onderbouwing, omdat er geen neergaande of opgaande trend is waar te nemen in het maximale neerslagtekort. Het KNMI geeft aan de droogte van 2018 niet te kunnen toeschrijven aan het versterkte broeikaseffect, daarvoor ontbreekt wetenschappelijke onderbouwing. Het KNMI heeft de grafiek aangevuld met prognoses voor de extremen van klimaatscenario's 2014. Het warmste klimaatscenario geeft een duidelijke opwaartse trend te zien voor het maximale neerslagtekort (ten opzichte van 'huidig' klimaat). Daarin speelt de toename van verdamping een belangrijke rol. In de KNMI'14-klimaatscenario's neemt de potentiële verdamping toe met 3,5 tot 15%.

Het jaar 2018 komt sinds het begin van de metingen (1906) op de vijfde plek op basis van maximaal neerslagtekort. De door het KNMI berekende herhalingstijden van de bekende droge jaren staan vermeld in figuur 4.6. Ook is weergegeven wat volgens de huidige inzichten de toekomstige kans van voorkomen zal zijn. In het warmste scenario neemt de zomerneerslag af en neemt de kans op een droge zomer flink toe. De kans op een droge zomer zoals 2018 neemt dan toe met circa een factor 2 in 2050 en factor 3 in 2085. De nieuwe KNMI-klimaatscenario's die naar verwachting in 2021 zullen worden gepubliceerd zullen hierin meer inzicht geven (zie intermezzo).



#	Jaar	N_tekort [mm]	Herhalingstijd [jaar]		
			Nu	2050	2085
1	1976	361	90	30 tot 60	20 tot 60
2	1959	352	70		
3	1911	328	45		
4	1921	321	40		
5	2018	306	30	15 tot 25	10 tot 25
6	1947	296	25		
...					
10	2003	230	10	3 tot 8	2 tot 8

Figuur 4.6 Bekende droge jaren en kans van voorkomen nu en in de toekomst (bron: KNMI).

Intermezzo: KNMI'21-scenario's

In de KNMI'21-scenario's worden de nieuwste wetenschappelijke inzichten meegenomen. Belangrijke ontwikkelingen zijn de recente indicaties voor mogelijk forse zeespiegelstijging en een toename in extreme neerslag. Maar ook andere onderwerpen, zoals stedelijk klimaat, future weather en mondiale emissiescenario's komen in KNMI'21 aan de orde. In de KNMI'14-klimaatsscenario's ligt de bovengrens op 1 meter zeespiegelstijging rond 2100 ten opzichte van 1995. Er zijn recente wetenschappelijke aanwijzingen dat de zeespiegel sneller kan stijgen dan in deze scenario's was voorzien. De snellere stijging wordt vooral toegeschreven aan een instabiele ijsskap op Antarctica. Daardoor gaan schattingen voor zeespiegelstijging omhoog, met name voor de scenario's met grote mondiale temperatuurstijging. De afkalving van Antarctica verloopt namelijk niet lineair. Het IPCC brengt in 2019 een rapport uit over de toestand van de oceanen, inclusief de laatste inzichten over wereldwijde zeespiegelstijging. Het KNMI zal daarna een Nederlandse interpretatie van dat rapport geven en het gebruiken bij de constructie van de zeespiegelscenario's die in 2021 uit zullen komen.

De KNMI'14-scenario's beschrijven dat de kans op extreme neerslag in Nederland toe zal nemen bij hogere temperaturen. Zware buien komen nu al vaker voor en zijn heviger geworden. Recent onderzoek wijst uit dat de meest extreme buien zwaarder zijn dan verwacht, en dit houdt waarschijnlijk verband met een schaalvergroting van buien bij zeer warme en vochtige omstandigheden. Bij grotere geclusterde buien neemt de kans op extreme regenval, valwinden en hagel toe. Onderzoek richt zich onder andere op de vraag of deze schaalvergroting van buien zich in de toekomst zal voortzetten.

Bron: KNMI website

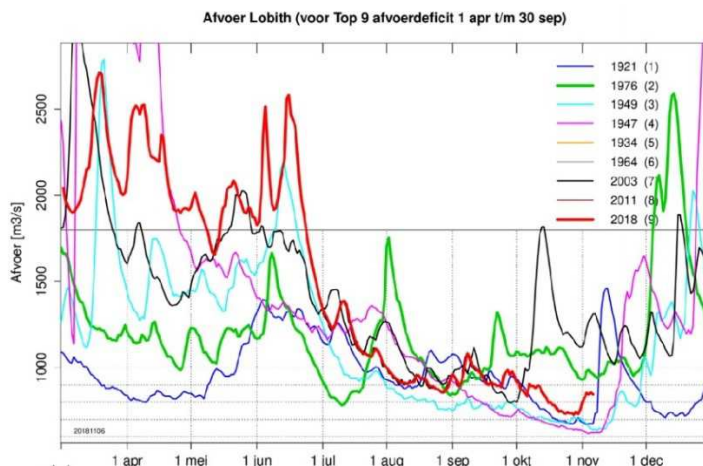


4.2 Wateraanvoer en -voorraad

Wateraanvoer

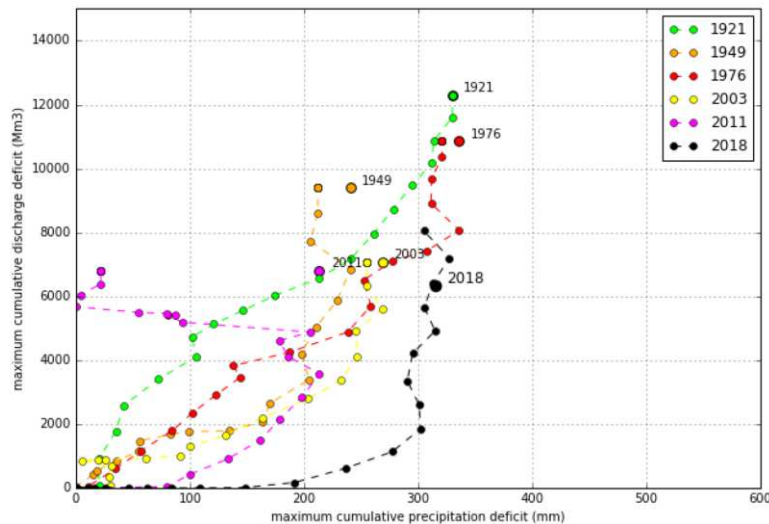
Watertekorten ontstaan als de watervraag groter is dan het wateraanbod. Het lokale neerslagtekort wordt normaal gesproken in Noord-Nederland aangevuld met water uit het hoofdwatersysteem: het IJsselmeer/Markermeer. Als de aanvoer van water naar deze meren afneemt, dan kan op termijn een watertekort situatie ontstaan. In 2018 leidde een combinatie van langdurige droogte én langdurig lage rivierafvoeren tot een landelijke watertekort situatie. De oorzaak lag bij een zeer stabiel hogedrukgebied in een groot deel van Europa.

Figuur 4.7 laat zien dat 2018 geen extreem groot afvoertekort bij Lobith kende (negende plek), doordat in het begin van het jaar de afvoeren relatief groot waren (N.B.: waterafvoer bij Lobith is in feite wateraanvoer voor de rest van het land). In de tweede helft van juni was echter sprake van een extreem snelle daling van de rivierafvoer. De lage aanvoer was langdurig en heeft de rest van het jaar aangehouden. Dit luidde de feitelijke watertekort situatie in waarmee Nederland in de tweede helft van 2018 te maken had.



Figuur 4.7. Afvoerloop bij Lobith voor de jaren met het grootste afvoertekort. Het afvoertekort is het cumulatieve tekort t.o.v. een afvoergemiddelde in de periode 1 april–1 oktober (bron: KNMI, Jules Beersma).

Het formele landelijke criterium voor watertekort is gedefinieerd als een grenswaarde van de afvoer bij Lobith, afhankelijk van de betreffende maand. Op 17 juli 2018 werd door het Watermanagementcentrum Nederland in een extra Rijn-afvoerbericht aangegeven dat het criterium voor juli (1200 m³/s) op 15 juli onderschreden was. Daardoor ontstond er formeel een landelijk watertekort. In oktober is de afvoer verder afgenomen tot 730 m³/s (de laagst gemeten Rijnafvoer stamt uit het jaar 1947 en bedroeg 620 m³/s). Deze situatie veroorzaakte met name problemen voor de scheepvaart. In de nazomer en herfst neemt de watervraag voor gewassen af, daardoor ontstonden er (in West-Nederland) geen grote problemen voor de landbouw.



Figuur 4.8. Combinatie meteorologie (neerslagtekort) en rivierafvoer (afvoertekort) voor verschillende jaren.

Als we 2018 vergelijken met 1976 is te zien dat in 2018 pas veel later sprake was van lage rivierafvoer: toen het neerslagtekort al bijna de maximale waarde had bereikt, bij 300 mm op de horizontale as, is het afvoertekort binnen hele korte tijd sterk toegenomen. Dit zien we in de sterk stijgende zwarte lijn. Vandaar ook dat de droogteproblematiek pas in de loop van de zomer ernstige vormen ging aannemen. In 1976 was al vroeger in het jaar sprake van lage rivierafvoer (zie ook voorgaande figuur 4.7) (bron NHI/Deltares).

Watervoorraad voor Noord-Nederland

Door de droge en warme zomer van 2018 ontstond een grote watervraag. Elf waterschappen worden geheel of gedeeltelijk voorzien van water vanuit het IJsselmeergebied. Bovendien is het IJsselmeer een belangrijke bron van drinkwater voor PWN. Normaal gesproken kan het IJsselmeer een grotere watervraag vanuit de regio's goed aan, omdat de IJssel voldoende water aanvoert. De IJssel ontvangt zijn water uit de Rijn. Daardoor leidde de drastische en langdurige daling van de Rijnafvoer tot minder aanvoer naar het IJsselmeer. De watervraag overtrof de aanvoer en het IJsselmeerpeil ging dalen. Het peil was in de periode voorafgaand wel enigszins opgezet om een buffer te creëren. De mogelijkheden waren echter beperkt, door de geringe aanvoer kon de maximale peilopzet van 10 cm niet worden bereikt.

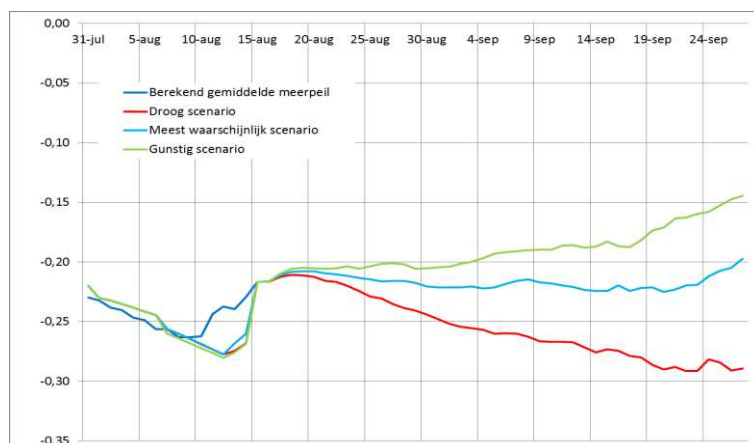
Verwacht werd dat de ondergrens van het nieuwe peilbesluit (-0,30 m NAP) gehaald zou worden en mogelijk beperkingen zouden moeten worden opgelegd voor de inname van water. Dit werd ook ingegeven door het signaal van sommige beheerders dat de inlaat onder vrij verval bij dergelijke lage waterstanden een probleem zou gaan vormen. HHNK heeft dit ondervangen door ook water bij gemaal Mantel naar binnen te kunnen pompen vanuit het Markermeer. Dit was in 2018 echter niet nodig. Het hoogheemraadschap heeft als evaluatiepunt bij het RDO ingebracht dat fysieke inlaatbeperkingen zoveel mogelijk moeten worden opgeheven om niet te snel tot een algemene inlaatbeperking te hoeven komen. In crisissituaties kan namelijk besloten worden om het peil verder te laten dalen dan ondergrens peilbesluit. Daarbij mag de veiligheid van keringen natuurlijk niet in het geding komen. Het is nog niet onderzocht bij welk peil dit het geval wordt, dit is vermoedelijk bij ordegrootte -0,60 m NAP. Voor de realisatie van de Afsluitdijk was het peil in de Zuiderzee bij eb geregeld nog lager, maar dat was niet van lange duur.



Cruciaal in deze fase van de droogte waren de Regionale Droogte-overleggen (RDO's), in ons geval voor Noord-Nederland. Dit is de plek waar de waterbeheerders informatie uitwisselen, prognoses en afspraken maken over hoe te handelen bij (dreigend) watertekort. De basis voor deze afspraken is de landelijke verdringingsreeks, die is uitgewerkt in regionale verdringingsreeksen. In 2018 is gebleken dat de verdringingsreeks en methodiek op zich duidelijk zijn, maar dat de getalsmatige invulling ervan met actuele watervragen nog problematisch is. Met name een uniforme wijze om tot een actuele watervraag per gebied te komen in een bepaalde periode ontbrak. Dit is sterk afhankelijk van het groeiseizoen van de gewassen die werkelijk op het land staan. Bij het hoogheemraadschap is binnen korte tijd een tool ontwikkeld om deze watervraag voor de hele regio te kunnen bepalen op basis van actuele gewasinformatie (BRP, Basisregistratie percelen). Deze tool is mede gebruikt om een inschatting te maken van de verwachte peildaling op het IJsselmeer en Markermeer. De tool zal als basis dienen voor de ontwikkeling van een "waterverdelingsinstrument" voor RDO Noord waarvan de eerste versie al in 2019 moet kunnen worden ingezet.

Figuur 4.9 laat het door RWS berekende gemiddelde meerpeil (voor het IJsselmeer en Markermeer) zien tot half augustus 2018 en drie scenario's voor ontwikkeling daarna. Een belangrijke maar moeilijk te berekenen factor hierin is de open water verdamping. Aanvankelijk was deze te laag ingeschat. Ook de onttrekkingen door de waterbeheerders kennen een grote onzekerheid omdat de inlaat op veel plekken niet wordt gemeten. Actuele informatie en prognoses moeten worden verbeterd. De aanvoer van rivierwater is redelijk goed te voorspellen met de huidige voorspellingssystemen.

Op 3 augustus 2018 werd een IJsselmeerpeil van -0,25 m NAP bereikt, de grenswaarde voor "code oranje" bij droogte. Het worst case scenario, dat voorzag in een peildaling tot of beneden -0,30 m NAP, is niet uitgekomen. Op 10 augustus werd met -0,27 m NAP de laagste waarde voor het gemiddeld meerpeil bereikt. Het peil is daarna weer gestegen door de neerslag op 9 en 10 augustus en een afnemende watervraag. Het kon –ondanks de lage rivierafvoer– weer terugkomen op normale waarden. De aanvoer bleef extreem laag maar was redelijk in evenwicht met de lagere watervraag.



Figuur 4.9. Prognose ontwikkeling meerpeil t.b.v. RDO (RWS 15 augustus 2018).

Echte inlaatbeperkingen zijn uiteindelijk niet nodig geweest, hoewel de waterinname door de waterbeheerders zoveel mogelijk werd geoptimaliseerd. We hebben bijvoorbeeld schutbeperkingen ingevoerd, waardoor er minder behoefte te worden doorgespoeld.



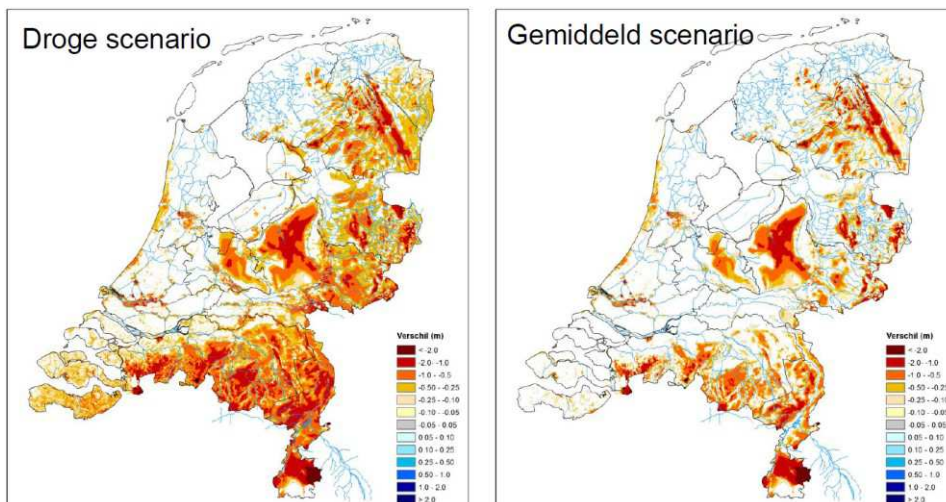
Doorwerking droogte in 2019

De droogte in 2018 kan in delen van het land doorwerken in 2019. Dit betreft met name de grondwaterstanden in de hogere delen van ons land. Op sommige locaties in het oosten en zuiden van Nederland waren deze ruim een meter lager dan normaal. Hier was de situatie in 2018 extremer dan 1976, hoewel dit over het hele land gezien niet zo was. Waterschap Rijn en IJssel heeft laten berekenen dat er 500 tot 700 mm neerslag nodig is om de grondwaterstand en de afvoer van beken en rivieren volledig te herstellen.

Deltares heeft met behulp van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium verhoogde risico's op droogte in 2019 geanalyseerd. Daarbij zijn verschillende scenario's doorgerekend, variërend van een droge tot zeer natte winterperiode. Men heeft grondwaterstanden berekend voor 1 april 2019 en deze vergeleken met het langjarig gemiddelde. De conclusies van het onderzoek zijn niet erg verrassend, maar wel zeer inzichtelijk:

- In de zandgebieden in Oost- en Zuid-Nederland zijn de berekende grondwaterstanden in een gemiddeld scenario lager dan langjarig gemiddeld. Zelfs in een scenario met een natte winter zijn in delen van deze zandgebieden de grondwaterstanden in het voorjaar lager dan gemiddeld;
- In peilbeheerste gebieden in het (Holocene) westen en het noorden van het land, zijn de grondwaterstanden in het voorjaar van 2019 weer hersteld, zelfs in een droge winter.

Voor Noorderkwartier betekent dit dat alleen in de dungebieden waarschijnlijk sprake is van wat lagere grondwaterstanden in het voorjaar 2019.



Figuur 4.10. Verschil grondwaterstand op 1 april 2019 met langjarig gemiddelde voor een droge en een gemiddelde winter (bron: NHI/Deltares).

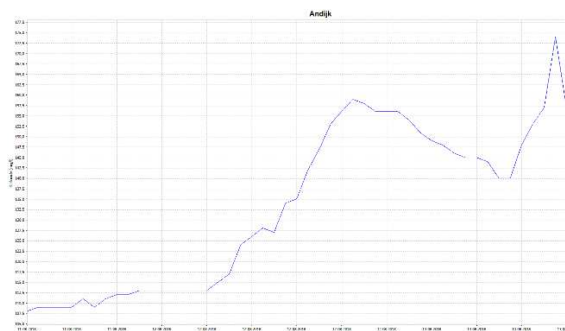


4.3 Verzilting

Verzilting IJsselmeer

Op 13 augustus 2018 ontving het hoogheemraadschap een verontrust bericht van RWS en PWN over een plotselinge sterke verzilting van het IJsselmeer bij innamepunt Andijk. Binnen enkele dagen waren de chlorideconcentraties opgelopen van circa 100 naar circa 160 mg/l en daarna nog een piek van circa 180 mg/l (figuur 4.11). Voor PWN is 150 mg/l een belangrijke alarmwaarde die jaargemiddeld niet mag worden overschreden maar die ook gebruikt wordt als een alarmwaarde om extra waakzaam te zijn en onderzoek te gaan doen naar oorzaken. In dit geval is zelfs een innamestop van kracht geworden.

In eerste instantie werd het hoogheemraadschap gevraagd om na te gaan of er (licht brak) water uit de Wieringermeer was afgevoerd met gemaal Lely. Dit gemaal was echter juni 2018 voor het laatst in gebruik. Verder zijn, op verzoek van RWS, extra chloridemetingen uitgevoerd in de West-Friese polders Grootslag en Vier Noorder Koggen. Daaruit bleek dat er geen sprake was van verhoogde chlorideconcentraties. Bovendien werd er in deze periode maar beperkt afgevoerd vanuit deze polders.



Figuur 4.11. Verloop chlorideconcentratie bij drinkwater-innamestation Andijk (bron: RWS/PWN). Op de horizontale as is de tijd weergegeven, op de verticale as de chloride concentratie.

De verhoogde chloridegehalten bij het innamepunt zijn veroorzaakt door een algehele verzilting van het IJsselmeer door aanhoudende droogte en lage rivierafvoer. Dit leidde tot onvoorspelbare zoutpieken op verschillende locaties. In het begeleidend memo van het scenarioteam HHNK van 23 augustus 2018 is de volgende tekst opgenomen:

"Afgelopen week heeft PWN de noodklok geluid omdat de verzilting van het IJsselmeer tot een innamestop bij drinkwaterwinning Andijk heeft geleid. De grenswaarde van 150 mg/l wordt nu bij Andijk gedurende langere tijd overschreden zodat PWN niet meer kan voldoen aan de drinkwaternormen voor chloride. De verzilting van het IJsselmeer is het gevolg van de lange periode van droogte waarbij er, om de buffer in het IJsselmeer zo groot mogelijk te houden, niet of nauwelijks wordt gespuid naar de Waddenzee. Het zoutgehalte van de IJssel is eveneens toegenomen door de lage afvoeren.

Het zout dat binnenkomt met de schuttingen bij de afsluitdijk wordt dus niet meer afgevoerd maar hoopt zich op in "zoutputten" bij de sluizen. Deze zoutputten zijn volgeraakt zodat het zout dat vervolgens binnenkomt niet meer wordt opgevangen maar zich makkelijker verspreidt in het IJsselmeer. Om de zoutputten te legen en weer te kunnen benutten is op 20 augustus besloten door het MTW om een éénmalige spui uit te voeren. Deze heeft dinsdagavond 21 augustus bij Kornwerderzand plaatsgevonden bij dood tij. Volgens het persbericht dat hierover is verspreid heeft dit een peildaling op het IJsselmeer van circa een centimeter tot gevolg gehad, dus er is zuinig

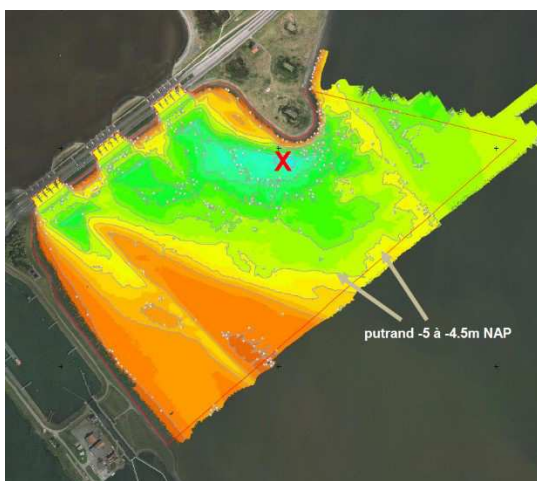


gespuid. Met het IJsselmeer weer bijna op streefpeil is dit een verantwoorde maatregel die hopelijk een verdere verzilting van het IJsselmeer kan tegengaan. Voor de prognose van de meerpeilen heeft deze maatregel nauwelijks gevolgen. Wel is RWS gestopt met spuien van water van Markermeer naar IJsselmeer, omdat het Markermeer momenteel iets zouter is."

De verzilting van het IJsselmeer was tot eind 2018 een probleem voor PWN, in november moesten de inlaatschuiten nog worden gesloten vanwege te hoge chlorideconcentraties. PWN heeft als noodmaatregel drinkwater van Waternet afgenomen. Ook werd overwogen om water met schepen aan te laten voeren vanuit delen van het IJsselmeer die minder verzilt waren. RWS heeft extra metingen uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de verspreiding van het zout.

De droogte van 2018 heeft een aantal belangrijke inzichten opgeleverd. Het blijkt dat het IJsselmeer bij een combinatie van langdurige droogte én beperkte rivieraanvoer kwetsbaar is voor verzilting. Het spuien bij de afsluitdijk om de zoutputten te "leggen" blijkt verder cruciaal om verzilting tegen te gaan. Zonder spuien komt bij de afsluitdijk zout door schuttingen en lekstromen naar binnen. Zodra de zoutputten bij de sluizen vol zijn verspreidt het zout zich door stroming en windeffecten op een nu nog onvoorspelbare wijze door het IJsselmeer. Dit is met name een probleem voor de drinkwaterwinning. Men moet dus blijven spuien, ook al is dit niet wenselijk in verband met het op peil houden van de waterbuffer.

Om meer grip te krijgen op de verspreiding van zout in het IJsselmeer is een "zoutoverleg" geïnitieerd; een initiatief van RWS en PWN waarbij ook HHNK, Wetterskip Fryslân en Waterschap Zuiderzeeland betrokken zijn. Doel is om door middel van monitoring en modellering beter begrip te krijgen van de zoutbewegingen in verschillende omstandigheden. Deltares heeft hiertoe in opdracht van RWS voor de komende vijf jaar een monitoringplan opgesteld en zal ook de zoutmodellering gaan uitvoeren. Als we het systeem beter kennen, dan kunnen we bij droogte gerichtere maatregelen nemen en operationeel sturen zowel het voorkomen van verzilting als ook het zoveel mogelijk behouden van de watervoorraad.



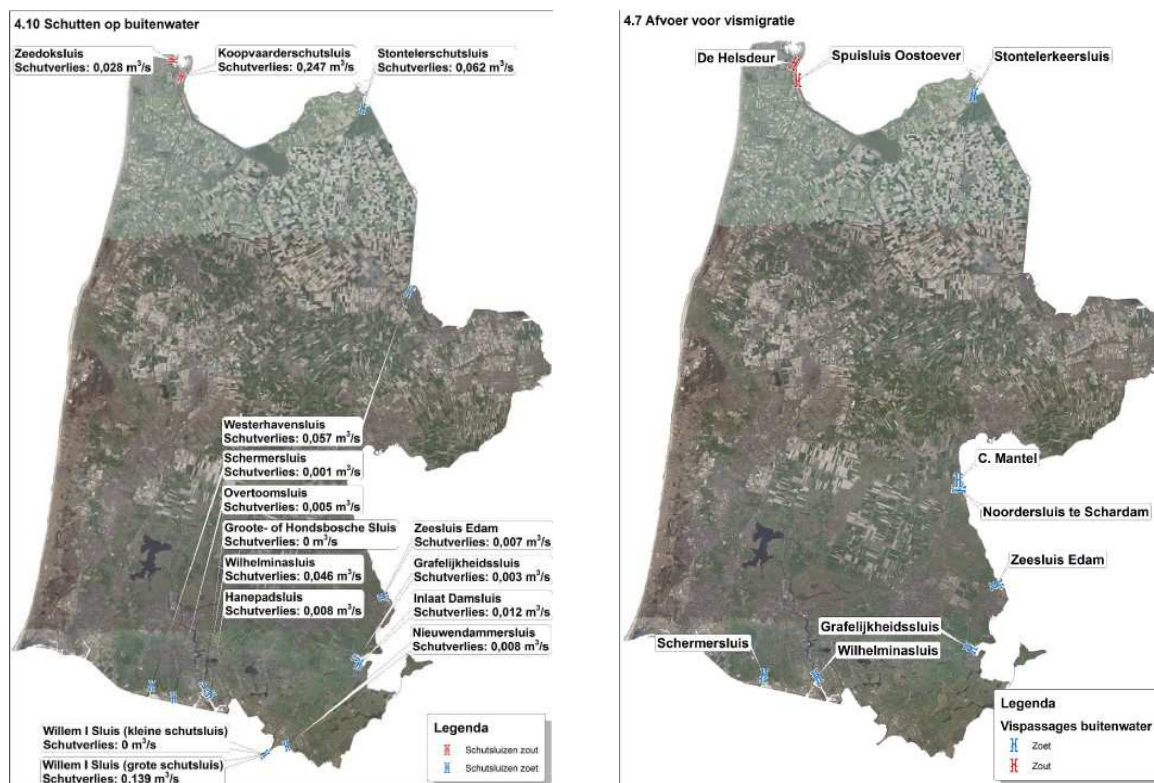
Figuur 4.12. Bathymetrie bij spuisluzen Den Oever aan IJsselmeer zijde met de ontgrondingskuil, het rode kruis markeert een voorgesteld meetpunt bij het diepste punt (bron: "Beter monitoren, begrijpen en voorspellen van zout/chloride in het IJsselmeer", concept monitoringplan Deltares 20 november 2018).



Verzilting in Noorderkwartier

Eind juli 2018 werd duidelijk dat er mogelijk inlaatbeperkingen van kracht zouden worden. Daarom zijn (vanaf 29) juli maatregelen genomen. In overleg met de provincie is het schutregime van de Koopvaardersschutsluis in Den Helder zodanig aangepast dat de toevoer van zout water is beperkt zonder onnodig veel water te spuien. In de periode ervoor heeft het hoogheemraadschap uit voorzorg per spui juist tijdelijk meer water afgevoerd om de zouttong zover mogelijk terug te dringen. Beheer heeft de ervaring dat, als de doorspoeling bij de Helsdeur terugzakt (tot onder de 100.000 m³ per spui), het enkele dagen duurt voordat de zouttong zich laat zien bij Kooybrug en de inlaat van de Anna Paulowna polder. De ervaring leert ook dat ongeveer 300.000 m³ per spui nodig is om de grootste risico's op verzilting tegen te gaan. Deze spuivolumes zijn vervolgens aangehouden. De boezembeheerder heeft extra metingen (naast de continu-metingen) uitgevoerd om de ontwikkeling van de zouttong goed in beeld te houden.

Voor de Zeedoksluis is geen aangepast regime gevoerd. Vanwege onderhoud aan de Boerenverdrietsluis was deze al gesloten. De vispassages bij gemaal De Helsdeur en spuisluis Oostoever zijn eveneens gesloten om toevoer van zout water te beperken.



Figuur 4.13. Overzicht sluisen en vispassages

Om zoveel mogelijk water vast te houden in het watersysteem zijn inslagpeilen van gemalen waar mogelijk verhoogd naar het bovenste peil van het peilbesluit. Op twee locaties zijn noodpompen in het gebied neergezet om water in hoger gelegen dijksloten te pompen.

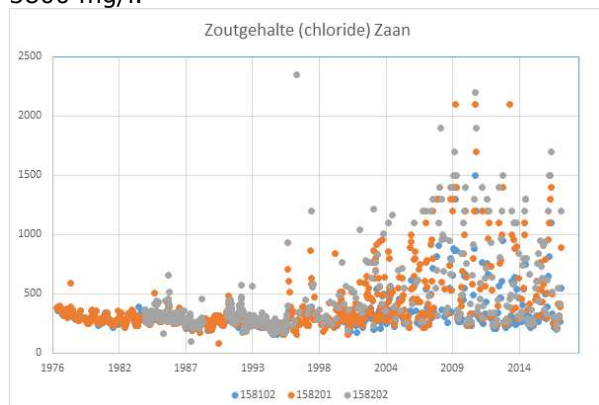
Uit de memo's van het scenarioteam, dat tijdens de droogte actief was, blijkt dat er in de eerste helft van augustus in het hoofdwatersysteem en in het Noordelijk zandgebied geen sprake was van hogere chlorideconcentraties (op basis van de reguliere metingen en extra metingen op de Schermerboezem). Er zijn extra metingen uitgevoerd om aan de vraag naar meer inzicht in



eventuele verzilting te voldoen. De eerste drie weken van augustus zijn op vier punten metingen in het Alkmaardermeer uitgevoerd (ook op grotere diepte) om na te gaan of er vanuit het zuiden sprake zou zijn van meer zoutindringing. Dit was niet het geval.

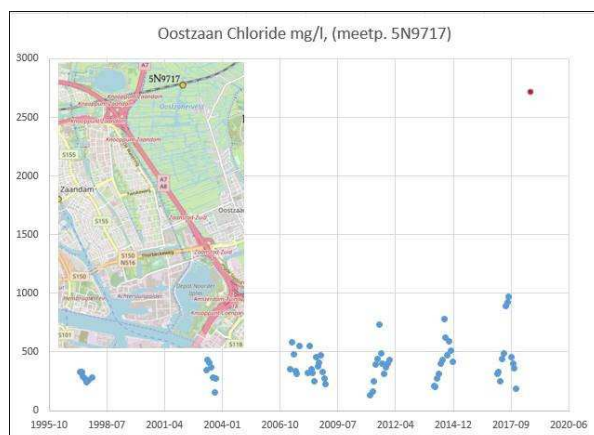
Het water in het Noordzeekanaal was door de lage afvoeren zouter dan normaal. RWS heeft voor het tegengaan van verdere verzilting eind augustus twee bellenschermen geplaatst bij de Noordersluis in IJmuiden. Dit is ook gebeurd bij gemaal Zeeburg in Amsterdam, om zoutindringing vanuit het Noordzeekanaal naar het Amsterdam Rijnkanaal tegen te gaan. Dit is van groot belang voor de drinkwaterinnamepunten van Waternet. Bij de Wilhelminasluis gaven chloridemetingen aanleiding om vanaf 20 augustus een aangepast schutregime door te voeren. Op 23 augustus is besloten ook bij andere sluisen bij het Noordzeekanaal chloride te gaan meten: Willem I Sluis, Schermersluis, Overtoomsluis.

We meten de laatste jaren regelmatig wat hogere chloridegehalten in de Zaan tot iets boven 1500 mg/l (zie afbeelding 4.14). De verhoging sinds ongeveer 2000 heeft mogelijk een relatie met een ander afvoerregiem van het Zaangemaal. Voor die tijd werd er waarschijnlijk meer doorgespoeld. In de Nauernasche Vaart, dicht bij IJmuiden bedraagt het chloridegehalte gemiddeld ongeveer 3800 mg/l.



Figuur 4.14. Toename van verzilting in de Zaan (bron HHNK)

Verder is sprake geweest van zoutindringing in Oostzaan. Dit was een gevolg van het openzetten van de Hanepadsluis voor peilhandhaving. Ook daar zijn extra metingen uitgevoerd.



Figuur 4.15 Chloridemeting bij Hanepadsluis met sterk verhoogde concentratie van 2700 mg/l (rechtsboven).



Tevens zijn extra metingen uitgevoerd bij gemalen Grootslag en Vier Noorderkoggen in verband met mogelijke verzilting van IJsselmeerwater bij het innamepunt van PWN. Er bleek geen sprake te zijn van sterk verhoogde chlorideconcentraties die significant kunnen bijdragen aan de verzilting bij Andijk.

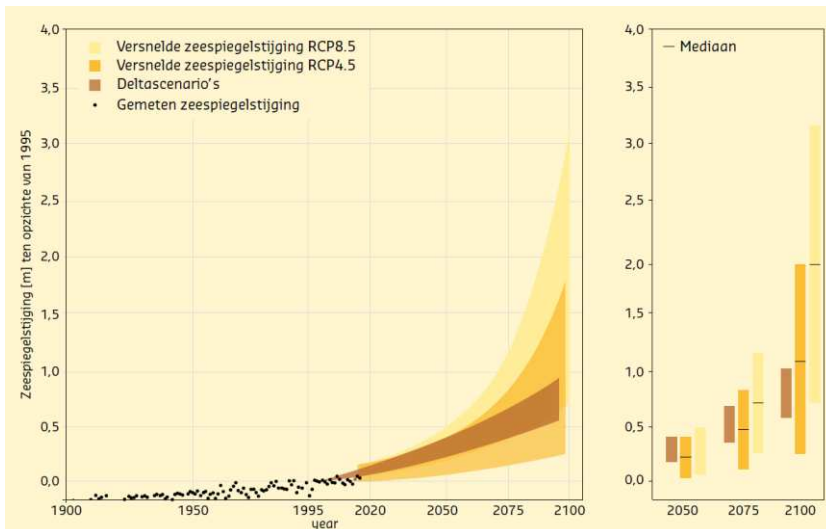
Naar aanleiding van de interne droogte-overleggen is als evaluatiepunt naar voren gekomen:
"Meetnet EGV en/of zout (chloride) opzetten waarmee bij calamiteiten (langdurige droogte) snel een inzicht kan worden verkregen over mogelijke indringing van zout. In verlenging hiervan: nagaan tot waar welk zoutgehalte (gemeten in chloride) we kunnen toestaan."

4.4 Doorkijk naar de toekomst: effect klimaatverandering op watervoorziening en -afvoer

Recent klimaatonderzoek laat zien dat de zeespiegel mogelijk (veel) sneller gaat stijgen dan tot nu toe is aangenomen. Op dit moment bedraagt de stijging voor de Nederlandse kust circa 2 mm/jaar. De nu in Nederland gebruikte Deltascenario's zijn gebaseerd op de KNMI'14-scenario's. Deze gaan uit van een zeespiegelstijging met maximaal 0,4 m in 2050 en maximaal 1,0 m in 2100 (ten opzichte van 1995). Recente signalen en inzichten over mogelijk extra versnelde zeespiegelstijging door het versneld afbreken en afsmelten van het landijs op Antarctica zijn hierin niet verwerkt. Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zal deze nieuwe inzichten nader bestuderen en hierover in 2019 (Special Report on Ocean and Cryosphere in a Changing Climate) en 2021 (6th Assessment Report) rapporteren. Daarna zal het KNMI de scenario's voor Nederland actualiseren (publicatie verwacht in 2021). Hierop vooruitlopend heeft het KNMI projecties gemaakt voor zeespiegelstijging tot het jaar 2100, waarin deze nieuwe inzichten, die overigens nog onzeker zijn, over Antarctica wel verwerkt zijn¹ (bron: "mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma", Deltares september 2018).

Deltares heeft in september 2018 een studie gepubliceerd waarin de effecten van versnelde zeespiegelstijging voor Nederland globaal zijn onderzocht. Doel hiervan is om ook bij extremere effecten van klimaatverandering in te schatten hoever in de toekomst bepaalde "knikpunten" liggen waarbij rigoureuze maatregelen of ingrepen nodig zijn. Dit is belangrijk voor het Deltaprogramma, we moeten weten of het huidige beleid voldoet op basis van deze nieuwe -maar onzekere- inzichten.

¹ Le Bars, D. et al. (2017), *Environmental Research Letters*, 12, 044013. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aa6512>



Figuur 4.16. Gebruikte zeespiegelscenario's volgens KNMI'14 (Deltascenario's) en de projecties van Le Bars et al. 2017 (RCP4.5 en RCP8.5), alsmede de metingen t.o.v. 1995 (Baart et al. 2017).

De projecties zijn specifiek voor de Nederlandse kust, en wijken dus iets af van de publicatie. De bandbreedte is weergegeven voor de onderwaarde (p5) en de bovenwaarde (p95), ook voor 2050, 2075 en 2100 aan de rechterkant van de figuur. De middenwaarde (p50) is aangegeven met een zwarte lijn. De metingen zijn ook ten opzichte van de stand in 1995. Toen stond de zeespiegel 0,04 m ten opzichte van NAP (bron: "mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma", Deltares september 2018).

De KNMI projecties voor versnelde zeespiegelstijging staan weergegeven in figuur 4.16. Tot 2050 wijken ze nauwelijks af van de meer extreme Deltascenario's. Daarna worden de afwijkingen veel groter en nemen ook de onzekerheidsmarges sterk toe. De meest extreme waarde in 2100, een stijging van 3 m ten opzichte van 1995, is gebaseerd op het niet halen van de Parijs-doelen (maximaal 2°C opwarming deze eeuw) en 4°C opwarming in 2100. Deltares heeft de effecten van versnelde zeespiegelstijging globaal berekend voor het kustfundament, de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening van Nederland. Het thema wateroverlast (door extreme neerslag) is geen op zichzelfstaand thema binnen het Deltaprogramma en moeilijker op landelijke schaal te analyseren in relatie tot zeespiegelstijging. Wel is gekeken naar de afvoer van water vanuit het hoofdwatersysteem. Dit onderzoek leidt tot onderstaande conclusies.



Conclusies watervoorziening

- Tot 2050 is extra verzilting als gevolg van zeespiegelstijging van ondergeschikt belang;
- Vanaf 2050 is er extra zoutindringing bij de rivieren waardoor belangrijke inlaatpunten in het benedenrivierengebied vaker en langer moeten sluiten;
- Vanaf 1 m zeespiegelstijging zijn permanente alternatieven noodzakelijk voor deze inlaatpunten zoals bijvoorbeeld de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA);
- Door toenemende zoute kwel vanuit het diepe grondwater kunnen in de laag gelegen gebieden aan de kust (zone 10-20 km) grondwaterproblemen optreden, en kan de zoetwatervraag voor doorspoelen toenemen. Dit is het gevolg van zowel zeespiegelstijging als autonome ontwikkeling door de inpoldering, bodemdaling, grondwateronttrekkingen. Waar de toenemende verzilting in de diepe polders ten zuiden van het Noordzeekanaal tot 2100 met name veroorzaakt wordt door autonome ontwikkelingen, domineert in andere gebieden waarschijnlijk de invloed van de stijgende zeewaterstand (Noord-Holland, Friesland, Groningen). Nader onderzoek moet uitwijzen wat dit betekent voor de benodigde beschikbare zoetwatervoorraden in het IJsselmeer en de delta. Eerste berekeningen laten zien dat de watervraag voor doorspoelen tegen het einde van de eeuw significant kan groeien als gevolg van verzilting via de ondergrond in alle projecties en scenario's.

Deze laatste conclusie betekent voor Noorderkwartier dat na 2050 de verzilting kan toenemen in de diepere delen van het gebied. Daarmee zal, bij ongewijzigd grondgebruik, de watervraag om verzilting tegen te gaan eveneens toenemen. Terwijl de zoetwatervoorraad in het IJsselmeer steeds meer onder druk komt te staan en in 2018 is gebleken dat het IJsselmeer al flink kan verzilten in ongunstige omstandigheden. In de toekomst komt daar het permanente effect van een stijgende zeespiegel bij. De omvang van dit laatste effect moet nader worden onderzocht voor verschillende scenario's voor zeespiegelstijging.

Conclusies waterafvoer

- Toenemende rivierwaterstanden (bij niet gesloten kering) en toenemende kans op gelijktijdig optreden van sluiting van kering én hoge afvoeren. Dus gemiddeld hogere rivierwaterstanden wat invloed zal hebben op keringen en buitendijkse gebieden;
- Strategie "afsluitbaar-open" Rijnmondgebied korter houdbaar;
- *"De voorkeurstrategie voor het IJsselmeergebied gaat uit van spuien als het kan, pompen als het moet. Bij een zeespiegelstijging van 0,65 m wordt spuien onder vrij verval onder gemiddelde condities van neerslag, Rijnaafvoer en stormopzet vrijwel onmogelijk, omdat het niveau van het meerpeil dan zelfs bij laagtij onder het niveau van de buitenwaterstand ligt. Bij (extreme) hoogwatergebeurtenissen op het IJsselmeer kan spuien nog wel een bijdrage blijven leveren, omdat het meerpeil dan hoger staat. Bij een zeespiegelstijging van 1,75 m is er een pompcapaciteit op de Afsluitdijk nodig van 1.000 tot maximaal 3.200 m³/s om alle IJsselafvoer en neerslagoverschot af te voeren, afhankelijk van de eisen die worden gesteld aan de waterveiligheid (4 tot 13 keer zo veel als de nu geplande beschikbare capaciteit in 2022). Een dergelijke zeespiegelstijging kan volgens de projecties met extra versnelde zeespiegelstijging mogelijk al worden bereikt rond het jaar 2100. Uitbreiding van de pompcapaciteit kan worden uitgesteld of gereduceerd indien het streefpeil op het IJsselmeer wordt verhoogd, maar hier is extra inspanning voor dijkversterking rond het meer mee gemoeid."*

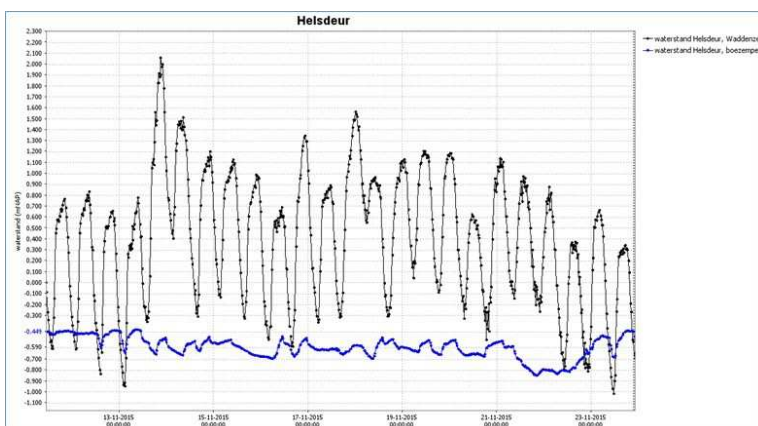


Het IJsselmeerpeil is in de winter gemiddeld hoger dan het gemiddeld boezempeil van de Schermer- en Amstelmeerboezem, maar het verschil is niet zo groot. De laagwaters bij Den Helder komen meestal niet beneden de -1,0 m NAP. Dit betekent dat bij een zeespiegelstijging van 0,65 m ook de spuimogelijkheden voor de HHNK boezems nagenoeg nihil zullen zijn. Het buitenwater komt dan niet lager dan -0,35 m NAP, terwijl het peil in de Schermerboezem niet hoger mag worden dan -0,30 m NAP (streefpeil is nog lager: -0,50 m NAP). Voor de Amstelmeerboezem zijn streefpeilen vastgesteld van -0,4 m NAP in de zomer en -0,5 m NAP in de winter, deze peilen mogen niet meer dan 5 cm hoger worden. Daarmee kan het peil in de Amstelmeerboezem alleen 's zomers bij de hiervoor aangehaalde zeespiegelstijging even hoog worden als het buitenwater (-0,35 m NAP). Er kan dan dus alleen bij toelaten van hogere waterstanden nog af en toe gespuid kunnen worden onder vrij verval.

Een situatie, zoals zich in november 2015 voordeed, (langdurig hoge laagwaters op de Waddenzee) wordt bij zeespiegelstijging normaal (figuur 4.17). Al het water moet dan worden verpompt, hetgeen tot hogere energiekosten zal leiden. Ook kunnen aanpassingen aan gemalen nodig zijn in verband met grotere opvoerhoogten.

Voor de Schermerboezem gaan we er van uit dat bescherming tegen wateroverlast geheel met behulp van gemalen moet kunnen worden gerealiseerd. De totale afvoercapaciteit van de boezem wordt in evenwicht gebracht met de aanvoer van de poldergemalen. Gemaal Monnickendam is daarin de laatste schakel. De Amstelmeerboezem is nog wel grotendeels afhankelijk van spuien onder vrij verval. Als de spuimogelijkheden afnemen dan zal een volwaardig boezemgemaal noodzakelijk zijn, al dan niet in combinatie met een grotere benutting van de berging op de Amstelmeer.

De laatste conclusie gaat ook in op eventuele verhoging van het streefpeil van het IJsselmeer om uitbreiding van pompcapaciteit uit te stellen of te reduceren. Dit heeft niet alleen gevolgen voor de omliggende waterkeringen, maar natuurlijk ook voor de afvoer van overtollig regenwater uit de omliggende gebieden. Gemalen zullen mogelijk moeten worden aangepast en de gebieden die onder vrij verval afvoeren zullen overtollig water moeilijker kwijt kunnen. Een kleinere pompcapaciteit bij de afsluitdijk werkt dus direct door naar de regio's. Hoe groot de effecten zijn bij verschillende peilverhogingen moet nader worden onderzocht.



Figuur 4.17. De laagwaters op de Waddenzee blijven 18 maal boven boezempeil (blauwe lijn) zodat er ruim een week niet gespuid kan worden. (bron: FEWS HHNK – monitoringrapportage HHNK 2015)

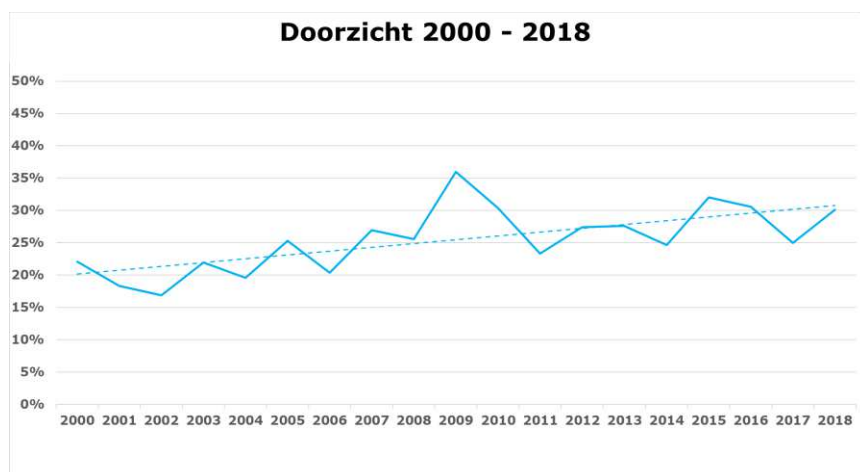


5 Gezond water

5.1 Doorzicht

Doorzicht wordt door ecologen gezien als misschien wel de belangrijkste indicator voor waterkwaliteit. Het is als het ware de vinger aan de pols van een gezond watersysteem. Het is vergelijkbaar met de meting van bloeddruk of temperatuur bij de huisarts. Als de meting een goede uitkomst geeft, dan kunnen veel factoren worden uitgesloten. Dat neemt echter niet weg dat er problemen kunnen zijn die niet in de metingen tot uitdrukking komen. Zo kan helder water heel ongezond zijn doordat er hoge concentraties bestrijdingsmiddelen in voorkomen.

De mate waarin zonlicht kan doordringen in het oppervlaktewater is van doorslaggevende betekenis voor waterplanten. Bij voldoende licht en doorzicht kunnen planten ontkiemen en groeien. Doorzicht wordt door diverse factoren beïnvloed zoals de hoeveelheid algen, die op hun beurt weer samenhangen met voedingstoffen in het water. Zwevend stof (kleine bodemdeeltjes die in het water blijven zweven) is ook van invloed op doorzicht. Zwevend stof vinden we vooral in klei- en veengebieden. De hoeveelheid zwevend stof in het water hangt samen met verschillende factoren zoals baggeronderhoud, scheepvaart/pleziervaart en bodemwoelende vissen (zoals brasem en karper). In de praktijk is een situatie met veel zwevend stof vaak lastig te verbeteren. Jaarlijks meet het hoogheemraadschap het doorzicht in de oppervlaktewateren. Een doorzicht van meer dan één meter of tot de bodem is goed. In bijna een derde van de gemeten punten in Hollands Noorderkwartier was dit in 2018 het geval (figuur 5.1). Bij de resterende meetpunten was het doorzicht minder. De trendlijn in deze figuur geeft aan dat het aantal goede waarnemingen vanaf 2000 is toegenomen van 20% naar 30%.



Figuur 5.1. Het deel waarnemingen met een doorzicht tot de bodem of tenminste één meter diepte (Gegevensbron: meetnet waterkwaliteit HHNK).

Weersomstandigheden, de geografische spreiding van meetpunten en de meetinspanning zijn van invloed op doorzicht. In sommige jaren is het doorzicht gemiddeld iets lager, doordat er vaker is gemeten in troebeler water in de veenweidegebieden. Daar zit van nature meer zwevend stof in het oppervlaktewater. Vanaf 2000 meten we een licht stijgende trend bij doorzicht. In de praktijk wordt door vissers, natuurbeheerders en anderen ook opgemerkt dat het water helderder wordt.



Quagga's

Quaggamosselen zijn zoetwaterdieren, ze zijn nauw verwant aan driehoeksmosselen. Ze komen uit de Kaspische zee en worden onder andere via ballastwater in schepen verspreid. Vanaf 2006 worden ze in Nederland waargenomen en de aantallen nemen sindsdien snel toe. Het is een zogenaamde invasieve exoot. We dachten altijd dat ze weinig voorkwamen in het beheergebied, totdat een oplettende onderzoekster ze aantroef op beschoeiingen onder water in het Alkmaardermeer. In de monitoringsrapportage over 2017 was al geconstateerd dat het doorzicht hier vanaf 2000 ongeveer anderhalf maal zo groot is geworden en dat er veel meer waterplanten zijn, terwijl de waterkwaliteit in dezelfde periode niet sterk is verbeterd. Mogelijk spelen de quaggamosselen hierbij een rol. Elders in het land hebben ze in hoge dichtheden in meren en plassen voor veel meer doorzicht gezorgd. Najaar 2018 heeft een stagiair verkennend onderzoek gedaan. Daaruit blijkt dat de quagga's in grote hoeveelheden nu ook elders voorkomen in het beheergebied. Ze zijn vooral in hoge dichtheden aangetroffen in de nabijheid van het Markermeer, waar ze al langer voorkomen. Het viel op dat de metalen damwanden in de Beemsteruitwatering in de omgeving van Oudendijk vanaf ca 20 cm onder de waterlijn helemaal waren bedekt met Quagga's.

Quagga's hebben ook nadelen, in de VS waar ze al langer voorkomen worden ze zelfs bestreden. Daar groeien ze in grote dichtheden op onder andere koelwaterbuizen, waardoor verstoppingen optreden. In het beheergebied hebben ze ook al tot problemen geleid bij een inlaatpunt (uit het IJsselmeer) nabij het stoomgemaal bij Wervershoof. Daar hebben mossellarven zich in drukmeters gevestigd en verstoren ze de automatische bediening van kunstwerken.

In het Alkmaardermeer is het water veel helderder geworden en worden de afgelopen jaren steeds meer waterplanten aangetroffen, vooral waterpest. Deze toename leidt ertoe dat recreatie (met name zeilers) en vissers lokaal enige overlast ervaren. Deze verbetering hangt mogelijk samen met het feit dat het inlaatwater van de Schermerboezem (het Markermeer, Hoornse Hop) de afgelopen jaren minder zwevend stof bevat, maar kan ook het gevolg zijn van een exoot: de Quaggamossel (zie kader). Medewerkers van het hoogheemraadschap en het recreatieschap brengen de situatie nader in beeld en zoeken oplossingen die goed zijn voor zowel de recreatie als de waterkwaliteit. De focus lag in 2018 bij het voorkomen van de ergste overlast door te maaien bij de vaargeulen.

Satellietbeelden van waterplanten

Het hoogheemraadschap is via Deltares betrokken bij een Europees project (EOMORES), waarbij satellietbeelden worden gebruikt een beeld te krijgen van de bedekking van waterplanten. Er zijn algoritmes ontwikkeld waarmee de beelden kunnen worden geïnterpreteerd. Het grote voordeel van satellietbeelden is dat er een vlakdekkend beeld wordt verkregen over grotere gebieden. En dat je met meerdere foto's in de tijd de ontwikkelingen goed kunt volgen.

In het project zijn in het groeiseizoen op verschillende momenten beelden gemaakt van de Geestmerambachtplas, het Alkmaardermeer en Park van Luna. Onderstaand figuur is een voorbeeld van satellietbeelden met watervegetatie in één van de zwembaaier van de Geestmerambachtplas.



Links de oorspronkelijke foto en rechts met toegepast algoritme. Met in het blauw oppervlakte water, planten met grote bladeren (donker groen), smalle bladeren (licht groen) en ondergedoken waterplanten (geel).

In het Alkmaardermeer wordt het water steeds helderder, maar het is te diep om de onderwatervegetatie goed vast te leggen. In onderstaande figuur is een beeld van juli 2018 weergegeven. Een donkerder kleur blauw duidt op meer doorzicht. De rode cirkels betreffen locaties waarvan bekend is dat er veel planten groeien. Deze vallen samen met donkerblauwe gebieden. Dit duidt erop dat waterplanten een rol kunnen spelen in het zuiveren van water: zwevend stof slaat neer en door opname meststoffen wordt algengroei tegengegaan.



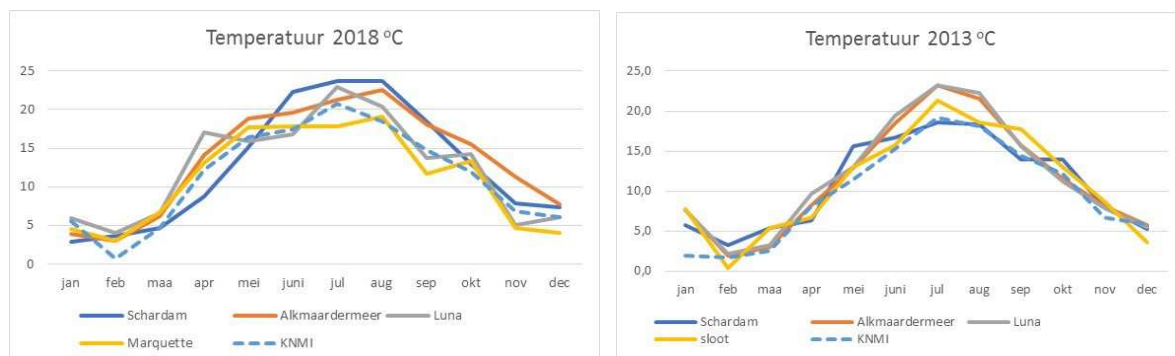
Satellietbeeld van Alkmaardermeer (18 juli 2019).

Door toename van doorzicht in de wateren in Hollands Noorderkwartier (figuur 5.1) is satellietwaarneming steeds vaker een optie voor het verkrijgen van een gebiedsdekkend beeld van de bedekking met ondergedoken en drijvend planten. Voor soortherkenning zijn voorlopig nog reguliere veldopnames noodzakelijk.



5.2 Watertemperatuur

De watertemperatuur is op verschillende manieren van grote invloed op de ecologie. Daarom is het interessant om de invloed van het warme weer in 2018 in beeld te brengen. Chemische en biologische processen (zoals afbraak organisch materiaal) versnellen als het warmer wordt. Waterbodems kunnen dan veel meer nutriënten gaan (na)leveren. Water kan bij hogere temperatuur minder zuurstof bevatten. Dat is niet gunstig voor de koudbloedige dieren (vissen, insecten, amfibieën), zij worden veel actiever en hebben juist meer zuurstof nodig. De luchttemperatuur is in Nederland vanaf 1910 gestegen met gemiddeld 1,7°C. De grote rivieren zijn met gemiddeld ongeveer 3°C nog sneller opgewarmd in deze periode. Metingen in Noorderkwartier tonen aan dat de watertemperatuur in dertig jaar tijd (1977–2007) met gemiddeld 1,7°C is gestegen. Deze stijging vond vooral plaats in de maanden april–juli (2,6°C) en bedroeg in de overige maanden gemiddeld 1,1°C. Snelheid van opwarming in het beheergebied komt vrij goed overeen met de landelijke trend, waar de laatste decennia een lichte versnelling is waargenomen. In 2018 waren er extreem veel zonuren. In totaal 2045 uur, ruim een kwart meer dan in een gemiddeld jaar. Op 13 september waren er al evenveel zonuren geweest als normaal in een heel jaar. Vooral mei en juli waren erg zonnig. Instraling van de zon is de belangrijkste bron van warmte. Het kan de watertemperatuur sterk beïnvloeden, omdat water (veel beter dan lucht) warmte kan opslaan en vasthouden. De mate waarin het water opwarmt hangt af van de eigenschappen van het systeem. In onderstaande figuur is voor verschillende typen wateren de ontwikkeling van de watertemperatuur in 2018 en 2013 te zien. De eerste helft van 2013 was bijzonder koud met erg veel vorstdagen (tot in april). Juli en augustus waren daarentegen warm met uitschieters tot ruim boven 30 graden.



Figuur 5.2. Temperatuur in 2018 en 2013 in verschillende wateren bij HHNK. KNMI is de gemiddelde luchttemperatuur. Schardam: inlaatpunt vanuit het Markermeer; Alkmaardermeer: midden op het noordelijke deel; Luna: Park van Luna, grote zwemplas; Marquette: sloten op landgoed Marquette bij Heemskerk met water- en oeverplanten.

De temperatuur loopt in de zomer 2018 relatief weinig op in de kleinere (en relatief ondiepe) sloten bij landgoed Marquette. Daar zijn veel oever- en waterplanten, deze leveren schaduw en temperen de zonnestraling. De overige drie punten betreffen grotere wateren: het Alkmaardermeer, de grote zwemplas Park van Luna en de Schermerboezem nabij Schardam. Vooral dit laatste punt laat een groot verloop zien. Dit punt ligt in de buurt van de inlaat vanuit Markermeer (groot oppervlakte en ondiep).



Het koude voorjaar van 2013 zien we terug in de watertemperatuur, die 3-5°C lager is dan in 2018. In de zeer warme zomer van 2013 bereikt het water ongeveer dezelfde temperaturen als 2018, uitgezonderd het inlaatwater bij Schardam dat minder wordt opgewarmd. In 2013 is niet gemeten bij Marquette maar wel in een vergelijkbare kleine sloot bij Grootte Vliet. Deze sloot heeft beschaduwing van bomen, maar warmt toch meer op. Dat komt doordat er beduidend minder waterplanten zijn.

Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat een warm voorjaar, zoals in 2018, sterk bijdraagt aan de groei van planten. Het kroos op het water in sloten gaat sneller groeien, waardoor enkele weken eerder al gesloten kroosdekken ontstaan. Het zorgt er daarnaast ook voor dat algengroei eerder op gang komt, vooral als er ook sprake is van veel zonuren en de aanvoer van voedselrijk water voor peilhandhaving. Dit is mooi te zien in figuur 5.3, waarin aantal niet zwembare dagen is weergegeven. Het warme weer zorgt voor een flinke toename in 2018. In 2013 kende een strenge winter en koud voorjaar, daarom waren er weinig dagen waarop niet gezwommen kon worden en was bijna nergens sprake van blauwalgenbloei.

5.3 Zwemwater

In 2018 monitorde het hoogheemraadschap op 30 locaties de zwemwaterkwaliteit in het zwemseizoen (1 mei tot 1 oktober). Dit betreft officiële zwemwaterlocaties, die bij de EU zijn geregistreerd. Soms liggen verschillende locaties geclusterd in een bepaald gebied. Dit is bijvoorbeeld het geval bij 't Twiske en in de Geestmerambachtplas, daar liggen acht zwemwaterlocaties. Voor de kwaliteit van het zwemwater controleren we de hoeveelheden blauwalgen en (darm)bacteriën. Blauwalgen kunnen huidirritatie en maagdarfstoornissen veroorzaken omdat ze gifstoffen kunnen uitscheiden. Darmbacteriën kunnen leiden tot maagkramp, misselijkheid, braken, koorts en diarree, maar zijn vooral een indicatie van vervuiling van het zwemwater. Als blauwalgen en bacteriën in grote hoeveelheden voorkomen, dan leidt dit tot ongemak. Ze leveren gelukkig alleen in zeer extreme gevallen gevaar op voor de volksgezondheid.

In figuur 5.3 is te zien dat na het aantal niet zwembare dagen in de periode 2014 –2016 geleidelijk is afgenomen. Dit zijn de dagen waarop een negatief zwemadvies of zwemverbod is gegeven door de provincie. Na een lichte stijging in 2017 is het aantal van deze dagen in 2018 ongeveer verdubbeld tot 179. Dit hangt samen met de uitzonderlijk droge, warme zomerperiode en veel zonneschijn. Dit zijn –in combinatie met voedselrijk water- ideale omstandigheden voor blauwalgen. Deze komen naarmate de zomer vordert in zeer grote concentraties voor en kunnen drijfzand vormen.



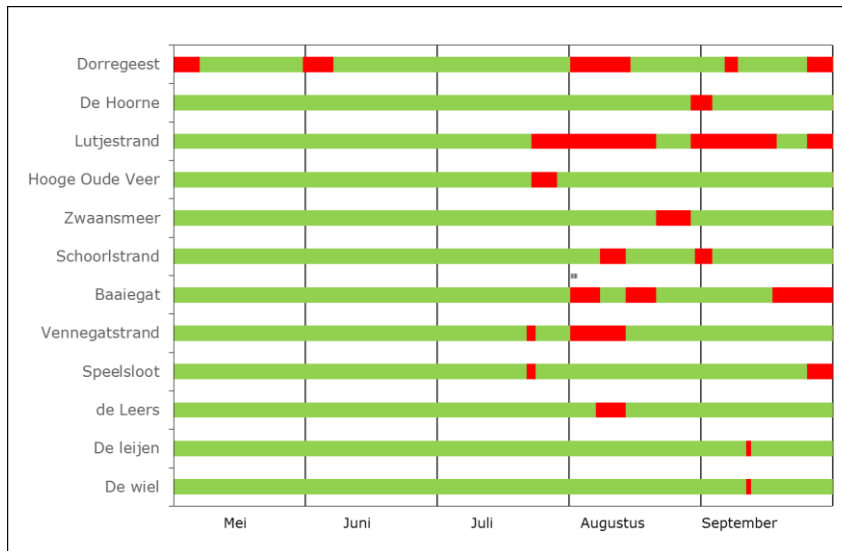
Figuur 5.3. Ontwikkeling aantal niet zwembare dagen.

In figuur 5.4 is zichtbaar op welke locaties niet kon worden gezwommen en wat de oorzaak is. Het betreft twaalf locaties, tweemaal zo veel dan in 2017. De meeste dagen waren in 't Twiske, waar zich in totaal acht zwemwaterlocaties bevinden. Op vijf van deze locaties kon in totaal 68 dagen niet worden gezwommen.

Locatie	Niet zwembare dagen	Oorzaak
Dorregeest	36 (23)	bacteriën
De Hoorne	5 (17)	blauwalg
Lutjestrاند	54 (28)	blauwalg
Hooge Oude Veer	6	blauwalg
Zwaansmeer	8 (16)	blauwalg
Twiske, Schoorstrand	10	blauwalg
Twiske, Baaiegat	28 (1)	blauwalg
Twiske, Vennegatstrand	15	blauwalg en bacteriën
Twiske, Speelsloot	8	blauwalg en bacteriën
Twiske, De Leers	7 (8)	blauwalg en bacteriën
De Leijen	1	Bacteriën
De Wiel	1	Bacteriën

Figuur 5.4. Niet zwembare dagen in 2018 per locatie. Tussen haakjes het aantal niet zwembare dagen in 2017.

In figuur 5.5 is voor de locaties met zwemverboden weergegeven wanneer er niet kon worden gezwommen. De zwemverboden beginnen na half juli en nemen verder toe in augustus en september. Uitzondering is Dorregeest, waar het zwemseizoen begon met een zwemverbod. Problemen werden hier veroorzaakt door een riooloverstort. Deze is voorzien van een zogenaamd early warning system, waardoor er na een lozing preventief een negatief zwemadvies wordt afgegeven en extra wordt bemonsterd. Dikwijls blijkt achteraf dat er geen overschrijding van de bacteriologische normen heeft plaatsgevonden.

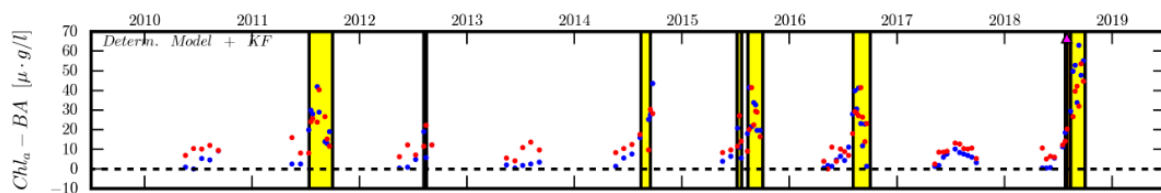


Figuur 5.5. Periodes met niet-zwembare dagen en bijbehorende locaties.

Bij Lutjestrand was er driemaal een zwemverbod. Op deze locatie is vrijwel elk jaar vanaf medio juli sprake van blauwalgenproblemen. Het betreft een klein strandje met vrij weinig bezoekers, gelegen naast een kleine camping aan de noordoostzijde van het Amstelmeer. Bij het 't Twiske waren in 2018 bij meer locaties overschrijdingen en traden vaker overschrijdingen op. Dit hangt samen met de inlaat van nutriëntrijk water uit agrarisch gebied aan de noordkant van de plas. Dit was vanaf 27 juni nodig voor peilhandhaving. De verslechterde waterkwaliteit zorgde in combinatie met de warmte en zonuren voor ideale omstandigheden voor algenbloei.

Ontwikkeling Algenradar bij 't Twiske

Het hoogheemraadschap is via Deltares betrokken bij een Europees project (EOMORES) voor de ontwikkeling van een voorspellingsmodel voor algenbloei, de zogenaamde Algenradar. Daarbij is 't Twiske als onderzoeklocatie ingebracht. De algenradar werkt op basis van rekenregels met als variabelen chlorofyl a van blauwalgen en relevante meteorologische parameters (zoals zonnestraling en temperatuur). De radar voorspelt voor een termijn van twee weken. In figuur 5.6 zijn de resultaten voor locatie 't Vennegatstrand weergegeven voor de periode 2011 – 2017.



Figuur 5.6. Resultaten Algenradar voor 't Vennegatstrand. Rode en blauwe stippen geven respectievelijk de voorspelde en gemeten waarden weer. De gele blokken markeren perioden met blauwalgenbloei.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat seizoenvariaties vrij goed worden weergegeven. Doordat het model na nieuwe metingen de rekenregels opnieuw toepast, kunnen korte termijn voorspellingen worden verbeterd. Het model kan explosieve bloei met drijfslagen nog niet goed voorspellen. Met behulp van de Algenradar kunnen zwemmers voorafgaand aan het zwemmen beter worden geïnformeerd en kunnen ze uitwijken naar zwemstrandjes in de omgeving.



5.4 Watersysteemanalyses voor de KRW

De Europese Kaderrichtlijn Water geeft een kader voor het waterkwaliteitsbeleid. De richtlijn voorziet in een systematiek, waarmee chemische en biologische doelen worden afgeleid voor gebieden en watersystemen (de zogenaamde waterlichamen). We zitten nu in de derde planvormingscyclus en hebben de verplichting om voor de nieuwe stroomgebiedsbeheersplannen de doelen opnieuw te definiëren. Daarbij kunnen we de huidige doelen technisch aanpassen, mits er een goede onderbouwing aan ten grondslag ligt. Die onderbouwing kan bestaan uit inzicht in de niet beïnvloedbare achtergrondbelasting. Of in specifieke ecologische factoren, zoals de geschiedenis van een gebied. Voor het beheergebied kan daarbij worden gedacht aan de sterke verzoeting na de realisatie van de Afsluitdijk.

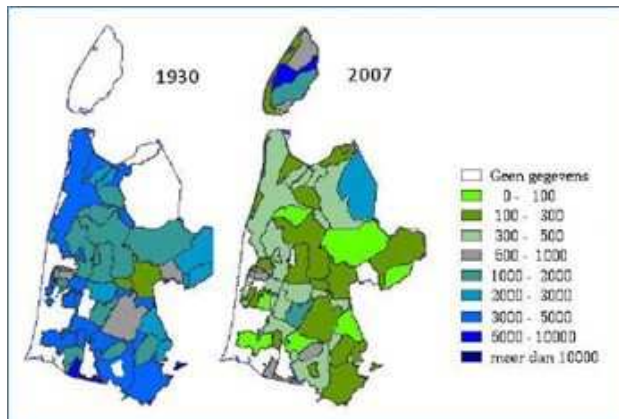
In eerste instantie is een bronnenstudie verricht, waarmee de achtergrondbelasting van waterlichamen in beeld is gebracht. Deze was vooral gericht op de herkomst van stikstof en fosfor. Om eventuele technische aanpassingen van de KRW doelen gedegen te kunnen onderbouwen, is in 2014 is gestart met het project "Doelen op maat". In de daarop volgende watersysteemanalyse ligt de nadruk op de ecologie: toestand, knelpunten, doelen en maatregelen. In de vierde en laatste fase van dit project, de zogenaamde detailanalyse, worden voor alle (51) waterlichamen analyses afgerond voor zowel het waterlichaam als voor het zogenaamde 'overig water'. Deze laatste categorie betreft wateren in de achterliggende (stroom)gebieden die afwateren op hoofdwaterlopen waaraan we de status waterlichaam hebben toegekend. De doelen voor waterlichamen zijn zogenaamd resultaatverplichtend. De doelen voor overig water zijn hieraan gelijkgesteld, maar kennen een inspanningsverplichting. Lokaal kunnen maatschappelijk hogere ambities gewenst zijn, bijvoorbeeld bij natuurgebieden en zwemwater. Deze worden dan in overleg met betrokken organisaties (zoals provincie en natuurbeheerders) uitgewerkt.

Voor het bereiken van deze doelen moeten vaak maatregelen worden genomen. Eind 2019 dienen we het bestuurlijk en maatschappelijk afgewogen maatregelenpakket in bij het ministerie I&W als input voor het stroomgebiedbeheerplan 3 Rijn West. HHNK legt zelf de maatregelen vast in het volgende Waterprogramma, de provincie stelt de doelen vast.

Centrale vragen bij de watersysteemanalyses zijn: 'waarom is het zoals het is en welke verbetering is -redelijkerwijs- mogelijk?'.

Historie en zoutinvloed

Voor de eerste vraag is het van belang om inzicht te hebben in de historie en ontstaansgeschiedenis van het landschap. Het blijkt dat de nabijheid van zee en ontwatering en bodemdaling een enorme invloed hebben gehad. Vanaf het jaar 900 wordt veen ontwaterd en begint de bodemdaling, waardoor het rond 1500 drie meter was ingeklonken tot op zeeniveau. Het water werd toen weggepompt via binnenwateren zoals de Beemster, Schermer, Wijde Wormer en Purmer, die in open verbinding stonden met zee. Deze binnenwateren zijn later drooggelegd. De aanleg van de Afsluitdijk (gereed in 1932) was een zeer belangrijke mijlpaal, omdat de verzoeting van het beheersgebied toen in gang is gezet (figuur 5.7).



Figuur 5.7. Gemiddelde chlorideconcentraties (mg/l) per afwateringsgebied in 1930 en 2007.

De zoutbelasting heeft via kwel een grote invloed, omdat er nog veel zout in het grondwater zit. Vrijwel alle droogmakerijen hebben een hoge zoutbelasting van meer dan 1000 kg/ha/jr; in de Wieringermeer, Schermer en Starnmeer bedraagt dit zelfs meer dan 10.000 kg/ha/jr tot lokaal ruim 25.000 kg/ha/jr. De Prins Hendrik Polder op Texel spant de kroon met een zoutbelasting van ruim 30.000 kg/ha/jr.

Het mariene verleden en de zoute kwel zijn van grote invloed op de waterkwaliteit. Door de directe invloed van zout, maar ook door de grote invloed op de vermessing van het water. Dat hangt samen met chemische processen. Zeewater bevat namelijk veel zwavel (in de vorm van sulfaat). Dit bindt zich sterk aan ijzer dat van nature in de bodem en watersystemen zit. Dit ijzer kan nu geen fosfaten –de belangrijkste bron van vermessing– meer vastleggen. Daardoor kunnen alle fosfaten die in het water terecht komen worden benut door blauwgiere, kroos en –als het water helder genoeg is– waterplanten. Daardoor zijn veel watersystemen in het beheergebied zeer gevoelig voor vermessing.

Ecologische Sleutelfactoren

Voor de tweede vraag bij de watersysteemanalyses, 'welke verbetering is -redelijkerwijs- mogelijk', is inzicht nodig in de processen die de toestand van de watersystemen bepalen. Daarmee krijgen we inzicht in de effectiviteit van mogelijke maatregelen en in hoeverre de toestand kan worden verbeterd.

Om meer inzicht in de processen te krijgen is bij de detailanalyse van de waterlichamen gebruik gemaakt van zogenaamde Ecologische Sleutel Factoren (ESF, figuur 5.8), die bij de STOWA zijn ontwikkeld. Hierbij worden de ingewikkelde biologische processen uiteengehaald in acht hoofdfactoren die de sleutels vormen voor de ecologie. Er zijn tools en modellen ontwikkeld waarmee de processen worden beschreven en waarmee kan worden bepaald in welke mate deze de chemische en biologische toestand beïnvloeden. Bij de eerste ESF, de productiviteit van water, wordt bijvoorbeeld gekeken naar de actuele belasting met nutriënten, de kritische belasting die voor het systeem kan worden bepaald en de verblijftijd van het water.



Figuur 5.8. De ecologische sleutel factoren voor stilstaande wateren.

De analyses voor alle waterlichamen zijn eind 2018 afgerond, ze worden in het voorjaar 2019 verwerkt in zeven deelrapporten. De analyses hebben per gebied geleid tot een overzicht van knelpunten en mogelijke maatregelen in de waterlichamen en in de overige wateren binnen het gebied.

Door de ESF's een kleur te geven (stoplichten methode) kan per waterlichaam overzichtelijk in een figuur de toestand worden weergegeven. Zie onderstaande figuur met uitwerking voor de Castricumerpolder.

NL12_720 - Waterlichaam: waterdelen Castricumerpolder +					
Systeemanalyse volgens ESF	Huidige toestand	Knelpunten	Knelpunt zichtbaar in (biologie)	Effectieve maatregelen (technisch haalbaar)	Toekomstig (na maatregelen)
Productiviteit water	1	Pact en Nact, Pnat	vrij hoge algenbiomassa, vrij veel kroos en flaab, vrij hoge visbiomassa	Belastingreductie, benodigd ten opzichte van de actuele belasting: P: 86%, N: 45%. P uit natuurlijke bronnen beperkend en N uit natuurlijke bronnen niet beperkend	1
Lichtklimaat	2	ZS, diepte	meetpunten: vrij weinig submers, ecoscans: veel drijfblad	onderzoeken herkomst en maatregelen zwevend stof	2
Productiviteit bodem	3	kiel, P-binding, sulfaat	vrij hoog aandeel bodemvoedselende vis	belastingreductie	3
Habitatgeschiktheid	4	pelbeheer, zoutgehalte	vis indiceert vrij helder water met weinig structuur (planten), vrij weinig snoek	meer natuurlijk pelbeheer	4
Verspreiding	5				5
Verwijdering	6	maaien, (afvoeren)	het totaal aantal plantensoorten is vrij gering	minder intensief maaien, (maaisel afvoeren), (benutten overruimte)	6
Organische belasting	7	uit/afspoeling	macrofauna indiceert saprobie, dlatomeeën Indiceren enige saprobie	beperken uit/afspoeling	7
Toxiciteit	8				8

Figuur 5.9. Voorbeeld uitwerking van het waterlichaam Castricumerpolder.



Bij de detailanalyses is alle beschikbare informatie gebruikt. Het gaat dan om heel veel data, afkomstig uit het reguliere meetnet, ecoscans, beheerplannen, baggerplannen, peilbesluiten, de legger, water- en stoffenbalansen. Maar ook uit de landelijk beschikbare databanken: grondgebruik kaarten, historische kaarten, grondsoorten, etc. Soms is aanvullend onderzoek uitgevoerd zoals voor metingen in de waterbodem voor nalevering van fosfor en bepalingen van de toxiciteit (de mate van belasting door gifstoffen).

Het belangrijkste knelpunt, zowel voor waterlichamen als het overig water, betreft de grote overschrijding van de kritische belasting met meststoffen. De kritische belasting wil zeggen de hoeveelheid aan stoffen die het systeem kan ontvangen voordat het omslaat naar een vrij stabiele en slechte toestand met veel algen/kroos en geen of weinig waterplanten. Deze belasting wordt voor fosfaat gemiddeld met een factor drie overschreden, terwijl de stikstofbelasting bijna anderhalf maal te hoog ligt. De oorzaak is overwegend uitspoeling van landbouwwater of inlaat uit de boezem. Daarnaast belemmeren het vaste of dynamische waterpeil, de vele peilvakken en het intensieve maaibeheer, de ontwikkeling van een goede ecologische kwaliteit.

Om de knelpunten op te heffen moet vergaande reductie van de nutriëntenbelasting worden bewerkstelligd. Dat kan worden bereikt door minder water in te laten en flexibel of natuurlijk peilbeheer toe te passen. Andere maatregelen kunnen ook bijdragen, zoals het vergroten van het wateroppervlak (bergend vermogen), het aanleggen van flauwere taluds, minder intensief maaien en juist intensiever afvoeren. Veel kansen voor het bereiken van een goede waterkwaliteit en bijzondere natuurwaarden bieden situaties met zoete kwel langs de binnenduinrand. Dit is ook zichtbaar in bovenstaande figuur, waar in de Castricumerpolder bijna alle stoplichten in de meest rechtse kolom na het nemen van maatregelen groen kleuren.

Maatregelen gericht op terugdringen (effecten van) nutriëntenbelasting komen nadrukkelijk aan de orde in het proces waarbij we met stakeholders maatregelenpakketten samenstellen voor de KRW.



5.5 Natuurvriendelijke oevers en vis

Uit onderzoek van het hoogheemraadschap en vrijwilligers naar dieren en planten bij natuurvriendelijke oevers, dat de afgelopen jaren heeft plaatsgevonden, blijkt dat de aanleg niet altijd zeer effectief is. Deze oevers kunnen wél veel toegevoegde waarde hebben als de omgeving weinig natuurlijke (oever)habitat kent, bijvoorbeeld omdat er beschoeiing is aangelegd. Het RAVON heeft, in opdracht van Provincie Noord-Holland en HHNK, in 2017 en 2018 onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van natuurvriendelijke oevers voor vis in het kanaal Omval-Kolhorn.

Bij natuurvriendelijke oevers komen significant meer vissoorten van stilstaand water voor dan in de omgeving waar beschoeiing is aangebracht. In totaal zijn er 22 soorten aangetroffen. Zowel deze oevers als het kanaal zelf zijn relatief rijk aan vissoorten. In de oevers zijn drie soorten (giebel, vetje en winde) aangetroffen die niet in het kanaal zijn gevonden. Dat komt doordat de door deze soorten gewenste habitat nauwelijks aanwezig is in de beschoeide kanaaloevers in de omgeving. De aangelegde stukken oever kunnen voor de drie soorten dienen als zogenaamde stapstenen tussen geschikte habitats in andere watersystemen.



Figuur 5.10. luchtfoto van één van de onderzochte oevers in kanaal Omval - Kolhorn.

De natuurvriendelijke oevers hebben een belangrijke kraamkamerfunctie voor visbroed. Dit blijkt uit de hogere dichtheden visbroed: een factor 15 hoger dan in de beschoeide kanaaloevers. Er kwamen ook meer subadulte en adulte vissen voor. Na de aanleg van de oevers is de score op de KRW-maatlat voor vissen gestegen van matig naar goed in 2016/2017 en zeer goed in 2018. Hierbij kunnen ook andere factoren een rol hebben gespeeld, zoals meer doorzicht en afname van de voedselrijkdom.



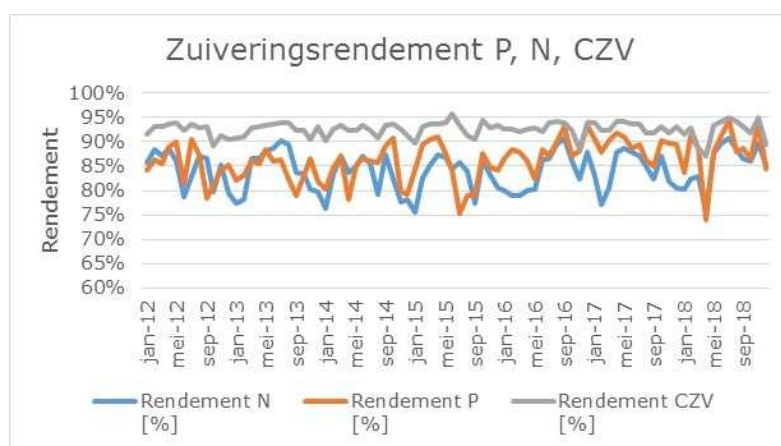
6 Schoon water

Het effect schoon water heeft betrekking op het zuiveren van afvalwater. Samen met gemeenten wordt al het, door mensen en bedrijven, geproduceerde afvalwater ingezameld, getransporteerd en gezuiverd. Daarmee levert dit effect een bijdrage aan de volksgezondheid en de waterkwaliteit, belangrijke voorwaarden voor een prettig leefbaar gebied. Op vijftien rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi) wordt jaarlijks circa 100.000.000 m³ afvalwater gezuiverd van ongeveer 1,2 miljoen mensen en 27.500 bedrijven.

Fosfaat wordt uit het afvalwater gehaald, omdat het niet in grote hoeveelheden in het oppervlaktewater terecht mag komen maar is tegelijkertijd een waardevolle grondstof. Afvalwater bevat ook andere waardevolle grondstoffen, zoals cellulose en energie. Deze worden waar wenselijk en mogelijk tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten teruggewonnen.

6.1 Zuiveringsrendement en energieverbruik

De belangrijkste parameters voor het zuiveren zijn de mate waarin stikstof en fosfaat verwijderd wordt, het zogenaamde zuiveringsrendement. De hoeveelheid stikstof en fosfaat die geloosd mag worden is vertaald in lozingsnormen per rwzi. Deze normen komen uit de Wet verontreiniging oppervlaktewater, inmiddels vervangen door de Waterwet. Deze wet is destijds in het leven geroepen om de waterkwaliteit van de Nederlandse wateren te verbeteren en te beschermen. In figuur 6.1 is het zuiveringsrendement weergegeven voor fosfaat (P), stikstof (N) en CZV (chemisch zuurstofverbruik). CVZ is een maat voor de hoeveelheid organische stoffen die in het effluent zitten. Deze stoffen gaan ontbinden en gebruiken daarbij zuurstof. Dit kan met name in de zomerperiode en in de omgeving van lozingspunten leiden tot zuurstofarme omstandigheden en in extreme gevallen tot (vis)sterfte.



Figuur 6.1 Het zuiveringsrendement (gemiddelde verwijdering uit het totale aanbod van afvalwater).



Het zuiveringsrendement is geen constante. Door wisselende aanvoer, storingsen en met name seizoensinvloeden fluctueert het rendement. Er wordt bij de rwzi's gestuurd op de lozingsnorm welke niet overschreden mag worden. Voor stikstof ligt deze op 10 of 15 mg/l, voor fosfaat op 1 of 2 mg/l (afhankelijk van grootte van de rwzi). Deze normen worden zelden overschreden.

Voor het zuiveren van afvalwater is veel energie nodig. Er is energie nodig om het afvalwater in het gebied, dat grotendeels onder zeeniveau ligt, te verpompen, voor het zuiveringsproces en voor de verwerking van het slib. Slib is het product dat na zuivering overblijft en dat een laatste verwerkingsstap moet ondergaan. Het vergroten van de energie-efficiency is daarom een belangrijke stap.

Binnen de Waterketen wordt energie verbruikt in drie hoofdprocessen: het transporteren van afvalwater, het zuiveren van afvalwater (inclusief beluchten) en het verwerken van slib.

Meetgegevens over energieverbruik hebben de waterschappen in Nederland pas de laatste jaren echt goed op orde. Een langjarige trend van het energieverbruik kan niet gegeven worden, omdat oudere data minder betrouwbaar zijn. In figuur 6.4 is het energieverbruik per hoofdproces vanaf 2014 weergegeven.



Figuur 6.2. Energieverbruik per hoofdproces in de Waterketen (MWh).

Bijna 90% van het energieverbruik van de waterketen wordt gebruikt voor het zuiveren van afvalwater, de slibverwerking verbruikt bijna 10%. Als het hoogheemraadschap de waterketen vergaand wil vergroenen, dan ligt het voor de hand dat men zich richt op het energieverbruik van het zuiveringsproces.

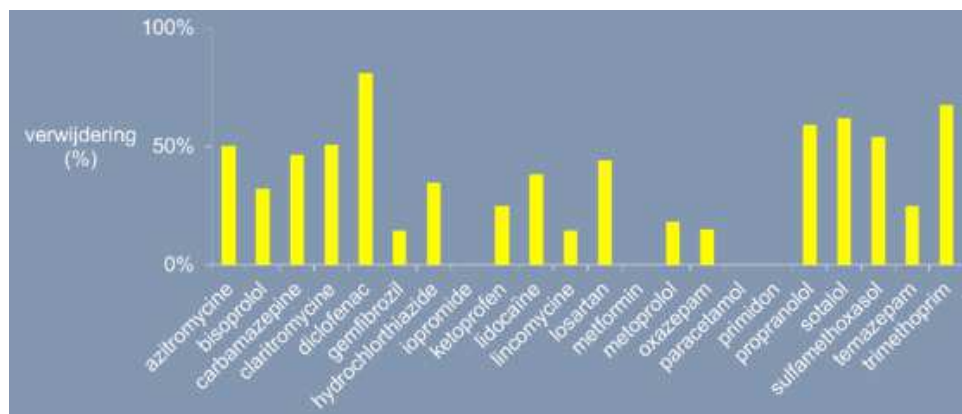
De jaarlijkse schommelingen in het energieverbruik hebben meerdere oorzaken. In een heel droog jaar als 2018 wordt er bijvoorbeeld minder water verpompt. Samen met gemeenten proberen we dit relatief schone water zoveel mogelijk af te koppelen maar dat is niet overal direct mogelijk. De hoeveelheid verbruikte energie hangt uiteraard samen met de behaalde zuiveringsrendementen. Hoe schoner er gezuiverd wordt hoe meer energie dit kost.



6.2 Medicijnresten

Met RWS en PWN is in 2016 gestart met de uitvoering van het gezamenlijk opgestelde plan van aanpak voor verwijdering medicijnresten en andere microverontreinigingen. Op verschillende schaalgroottes zijn proeven gedaan bij de rwzi Wervershoof. De resultaten hiervan zijn veelbelovend (zie figuur 6.3) en een grootschalige demo-installatie wordt inmiddels voorbereid.

Er is een nadere probleemverkenning verricht met de zorgsector in West-Friesland (ziekenhuis, zorginstelling, apothekers). Verder doen we in STOWA-verband kennis op en wisselen we ervaringen uit met andere waterschappen. Zo wordt -net als bij de landelijke ketenaanpak vanuit het ministerie van I&W- op meerdere sporen gewerkt aan de verwijdering van medicijnen uit het water.



Figuur 6.3. Verwijdering medicijnresten uit effluent bij Wervershoof.

Extra zuiveringsstappen voor verwijdering medicijnresten en microverontreinigingen vragen een grote investering. Het is momenteel nog niet duidelijk in welke mate het effluent van verschillende zuiveringen verontreinigd is en in de hoeverre de ecologie hierdoor wordt beïnvloedt.

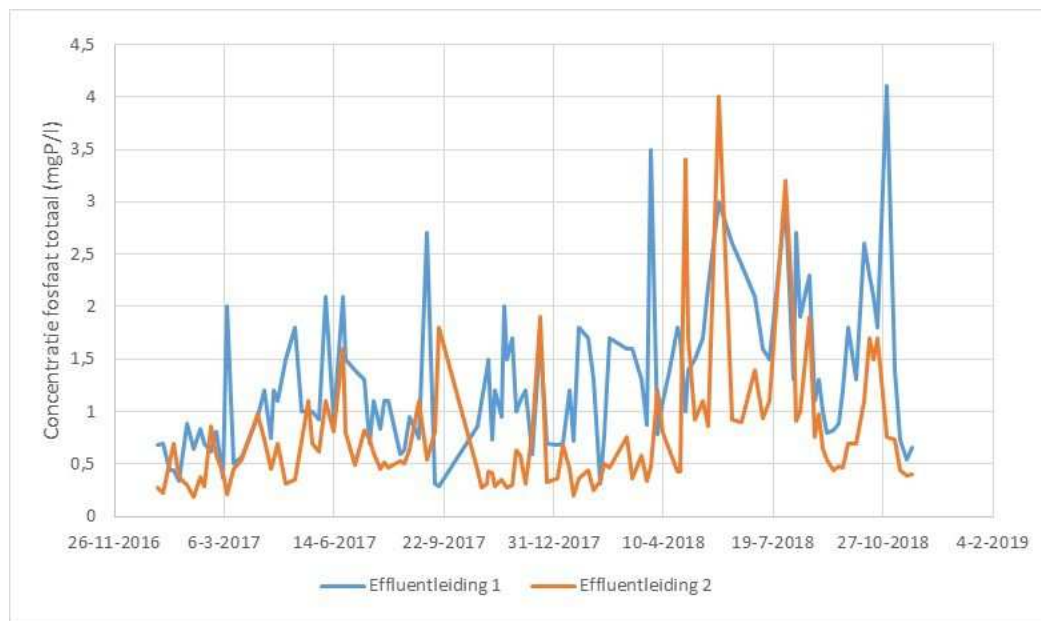
In 2018 is oriënterend onderzoek uitgevoerd om nut en noodzaak te onderbouwen. Hiervoor zijn zogenaamde SIMONI bio assays ingezet. Dit zijn biologische effectmetingen waarbij het gecombineerde effect van alle verontreinigingen wordt vastgesteld. Onderzoek is uitgevoerd bij de zuiveringen Eversteekoo, Wervershoof, Geestmerambacht en Beemster. Experimenten zijn gedaan met effluent en oppervlaktewater waarop wordt geloosd (zowel boven- als benedenstrooms van lozingspunt). Bij Eversteekoo is ook water bemonsterd dat uit het helofytenfilter komt. Er is gebruik gemaakt van passieve sampling, dit is een nieuwe methode waarbij materialen worden uitgehangen waarin zich verontreinigingen ophopen. Zodoende wordt een representatief beeld gekregen en kunnen sterke schommelingen in effluentkwaliteit worden uitgemiddeld. Met behulp van de SIMONI methode worden op gestandaardiseerde wijze risico-indicaties gegeven. Met deze testuitslagen kan een totaalscore worden berekend, die een indicatie geeft voor een verhoogd risico. Er is ook nog een situ test (op locatie) met watervlooiën uitgevoerd.

Het onderzoek toont aan dat op alle locaties microverontreinigingen aanwezig zijn. De meeste stoffen zijn aangetroffen in lage concentraties, die geen verhoogd risico vormen. Drie stoffengroepen vormen mogelijk een risico: oestrogenen, antibiotica en PCB's/pesticiden. De eerste twee stoffengroepen komen voornamelijk via effluent in het milieu. Het verwijderen van deze stoffen heeft mogelijk een positief effect op de waterkwaliteit. Nader onderzoek kan meer inzicht geven in de noodzaak tot extra zuivering van het effluent.



6.3 Effect warme zomer op verwijdering P-totaal bij rwzi Beverwijk.

In de zomer van 2018 was de fosfaatconcentratie in het effluent van de rwzi Beverwijk hoger dan de stuurwaarde (0,75 mgP/l) en de vergunningsnorm (jaargemiddelde van 1 mgP/l). Dit blijkt geen incident, maar was het geval gedurende langere tijd, zoals te zien is in figuur 6.4.



Figuur 6.4. Fosfaatconcentraties in het effluent van rwzi Beverwijk.

Het blijkt dat er fosfaat vrijkomt in de nabezinktanks. In het effluent van deze tanks was de fosfaatconcentratie een stuk hoger dan in het effluent van de aeratie tanks. Verder was de slibconcentratie in het systeem hoger dan gewenst door problemen met de slibafvoer via de slibdrooginstallatie.

Door de hoge temperatuur en de grote hoeveelheid slib in het systeem ontstaan er sneller anoxische (zuurstofloze) zones in nabezinktanks. Deze zones ontstaan doordat zuurstof geconsumeerd wordt door bacteriën, die in grote getale actief zijn in de hogere concentratie slib. Het water bevat toch al minder zuurstof door de hogere watertemperatuur. De combinatie van deze twee factoren leidt sneller dan gebruikelijk tot zuurstofloze omstandigheden. Onder deze condities gaan fosfaat accumulerende bacteriën het fosfaat afgeven, dat ze onder zuurstofrijke condities hebben opgenomen. Als oplossing is de slibretourstroom vanuit de nabezinktanks naar de aeratie tanks verhoogd. Doordat er minder slib achter blijft in de nabezinktanks en kan er minder fosfaat vrijkomen. Deze situatie heeft zich alleen voorgedaan in Beverwijk, omdat daar veel slib in de tanks werd gehouden. Er was tijdelijk sprake van overschrijding van de kwaliteitsnormen voor effluent.

6.4 Zonneweides voor Klimaat en Energieprogramma

In het voorjaar van 2017 heeft HHNK een ambitieus Klimaat- en energieprogramma (KEP) vastgesteld, dat er op gericht is om in 2025 klimaatneutraal te zijn. Dit betekent dat alle benodigde energie duurzaam wordt opgewekt. De focus ligt in eerste instantie op de aanleg van zonneweiden



en innovaties in de waterketen zoals extra productie van biogas uit slib en het terugwinnen van restwarmte.

In totaal zijn ruim 100.000 zonnepanelen gepland op diverse locaties. De eerste 2.000 panelen zijn voorjaar 2018 geplaatst op zuivering Geestmerambacht (zie figuur 6.5). Andere zuiveringslocaties die HHNK op korte termijn op het oog heeft zijn onder meer Wieringermeer, Wieringen, Stolpen, Beverwijk en Everstekoog (Texel). De geplande realisatie van deze locaties is eind 2018 tot begin 2019. Voor een aantal locaties zijn in 2018 voorbereidingen uitgevoerd (ontwerpen, businesscases, vergunningen en subsidies). Dit zijn Wervershoof, Heiloo, Ursem, Katwoude, Beemster en de 2e en 3e fase van Geestmerambacht.



Figuur 6.5. Op 8 mei 2018 is het eerste zonnepaneel gelegd op het terrein van rwzi Geestmerambacht.

Het is de ambitie van de gemeente Texel om in 2020 volledig energieneutraal te zijn. Samen met het hoogheemraadschap, burgers, bedrijfsleven en andere overheden wordt hier vol op ingezet. HHNK plaatst met de gemeente en de coöperatie TexelEnergie op de zuivering Everstekoog naar schatting 8.000 zonnepanelen en een opslagsysteem voor energie. Naast zonnepanelen wordt hier een batterij geplaatst en wordt een model ontwikkeld om het gebruik van energie op Texel af te kunnen stemmen op de verwachte productie uit de zonnecellen. De zonnepanelen zijn goed voor de opwekking van 2 miljoen kWh groene energie. Jaarlijks gebruiken we 1,6 miljoen kWh voor de gemalen en de zuivering. Daarmee opereren we energieneutraal op Texel. De resterende energie is bestemd voor de gemeente.

Dit alles gebeurt in het kader van het Europese project Logic: Low Carbon Off Grid, waarbij wordt onderzocht hoe eilanden of gebieden rondom de Noordzee 'off grid' kunnen worden gemaakt met behulp van duurzame energiebronnen. Interreg en provincie Noord-Holland subsidiëren dit project.



Figuur 6.6. Op de rwzi Everstekoog liggen zonnepanelen bij het helofytenfilter.



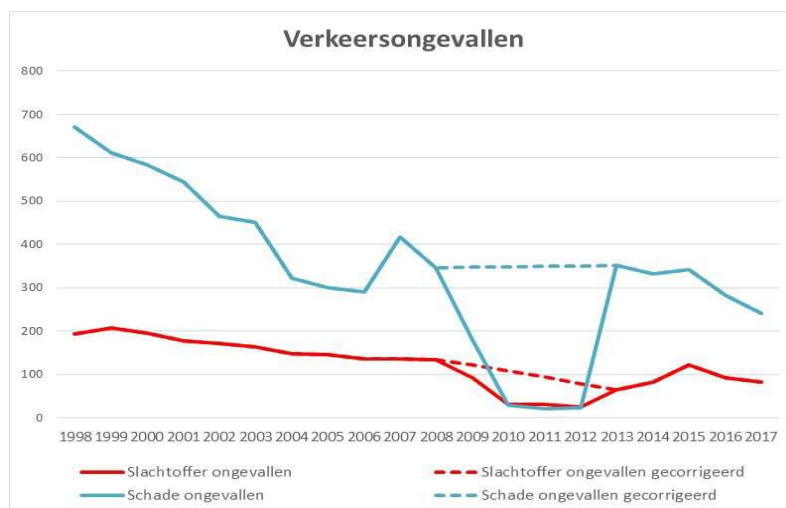
7 Veilige wegen

De gegevens over verkeersveiligheid komen laat beschikbaar. Daarom loopt de beschrijving van de toestand hiervoor een jaar achter ten opzicht van de onderdelen uit de vorige hoofdstukken. De monitoring in dit hoofdstuk heeft betrekking op 2017.

Het hoogheemraadschap had in 2017 ruim 1.400 kilometer wegen in beheer. Het betreft voornamelijk gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen buiten de bebouwde kom. De eigenschappen van dit wegareaal verschillen aanmerkelijk van het landelijke beeld, dit moet in ogenschouw worden genomen als landelijke doelstellingen, zoals afname aantal slachtoffers, worden doorvertaald. Vooral op gebiedsontsluitingswegen is sprake van veel verkeer dat elkaar met hoge snelheid kruist en is in dat opzicht gevaarlijker dan bijvoorbeeld snelwegen. Deze wegen worden verder veelal door verschillende vervoersmodaliteiten gebruikt, zoals fietsers, landbouwvoertuigen en vrachtauto's. Deze verschillen onderling vaak sterk van snelheid en kwetsbaarheid. Ongevallen hebben daarom dikwijls een grotere impact.

Voor het inschatten van de veiligheid van de wegen is het aantal ongevallen een geschikte indicator. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen ongevallen met slachtoffers en ongevallen waarbij alleen sprake is van materiële schade.

In figuur 7.1 is de ontwikkeling van ongevallen vanaf 1998 weergegeven voor wegen in beheer bij het hoogheemraadschap.



Figuur 7.1 Ontwikkeling aantal geregistreerde ongevallen op wegen in beheer bij het hoogheemraadschap.

Slachtofferongevallen wegen HHNK

Bij slachtofferongevallen is sprake van lichamelijk letsel bij één of meer personen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen ongevallen met doden en gewonden. Er vallen in het algemeen jaarlijks enkele doden.

In figuur 7.1 is zichtbaar dat het aantal slachtofferongevallen in de periode 2009 -2012 zeer laag is (rode lijn). Dit komt waarschijnlijk doordat de registratie van ongevallen toen zeer onvolledig was. In deze periode werd door de politie alleen nog geregistreerd indien er sprake was van een schuldvraag, waardoor een proces verbaal moest worden opgesteld. Een ruwe schatting geeft aan



dat dit ongeveer tien procent betreft van het werkelijke aantal ongevallen en slachtoffers. Voor deze periode geeft de stippellijn een betere inschatting. In 2013 is er weer meer aandacht gekomen voor het registreren. Daarna is de registratie sterk verbeterd. Vanaf 2016 is de kwaliteit hiervan helemaal op orde, doordat alle relevante gegevens worden vastgelegd bij ongevallen.

In 2017 waren er 83 slachtofferongevallen met 97 slachtoffers, waaronder acht doden. Vanaf 2015 is het aantal slachtofferongevallen met bijna een derde afgenomen, terwijl het totale aantal slachtoffers (doden en gewonden) met ongeveer twintig procent is gedaald. Het aantal verkeersdoden is vanaf 2015 echter licht gestegen tot acht in 2017.

Het hoogheemraadschap sluit zich aan bij de landelijke doelstelling voor toename verkeersveiligheid: in 2020 zijn het aantal doden en gewonden door verkeersongevallen afgenomen met respectievelijk 46% en 34% ten opzichte van het gemiddelde uit de periode 2001-2003. Als deze doelstelling wordt vertaald naar de wegen in beheer bij HHNK, dan betekent dit dat er maximaal 112 ernstig gewonden en vier doden te betreuren mogen zijn in 2020. Het eerste doel wordt ruim gehaald, ook als met het gemiddelde over de laatste drie jaar wordt gerekend (110). Het aantal doden ligt nog te hoog.

Schade-ongevallen wegen HHNK

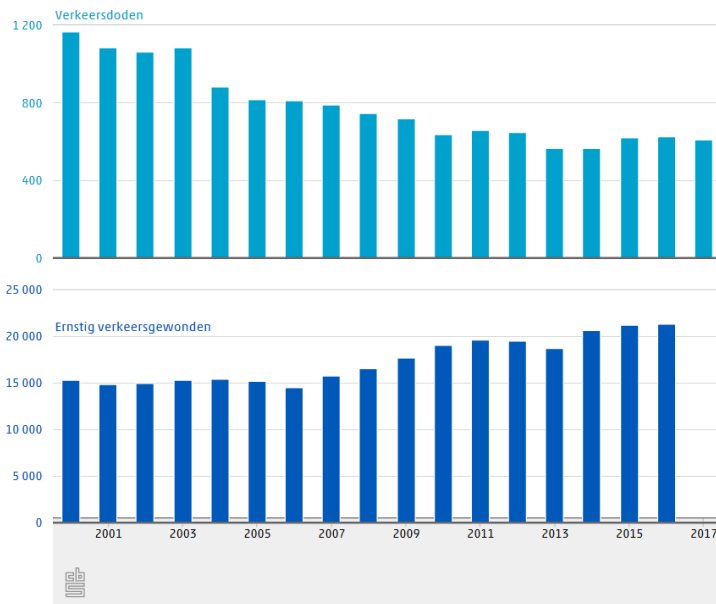
Bij schade-ongevallen is sprake van alleen materiele schade. Dit zijn overwegend lichtere ongevallen, hoewel er bij robuuste en veilige auto's ook sprake kan zijn van veel schade en gevaarlijke situaties. In de periode 2009-2012 was (evenals bij slachtofferongevallen) sprake van een zeer sterke afname door sterk verminderde registratie. De ongevallenstatistieken uit deze periode zijn zeer onvolledig en niet betrouwbaar. De stippellijn voor de 'gecorrigeerde' trend geeft waarschijnlijk een beter beeld.

Het aantal schade-ongevallen is in de periode 1998-2006 meer dan gehalveerd tot ongeveer 300. Daarna is er twee jaar een lichte stijging. In 2014-2015 is het aantal vrij stabiel (rond de 340), waarna het in 2016 en 2017 vrij sterk afneemt tot 242. Dit is een afname van bijna 30%.

Landelijke ontwikkelingen

Hierboven beschreven ontwikkelingen op wegen in beheer bij HHNK sluiten aan bij landelijke trends, zoals weergegeven in de Monitor Verkeersveiligheid van de SWOV over 2017. De toename van verkeersveiligheid in Nederland heeft de afgelopen jaren niet doorgezet. Het aantal dodelijke slachtoffers is in 2017 voor het eerst in drie jaar weer gedaald. Er vielen 613 verkeersdoden te betreuren, 3 procent minder dan in het jaar ervoor. Ten opzichte van het begin van deze eeuw is het aantal dodelijke slachtoffers bijna gehalveerd. Toch is het aantal verkeersdoden in 2017 nog altijd 8% hoger dan in de jaren 2013 en 2014.

Tussen 2000 en 2007 lag het aantal ernstige verkeersgewonden in Nederland steeds rond de 15.000. Daarna nam het aantal geleidelijk toe tot 21.400 in 2016. In 2017 was sprake van een lichte afname tot 20.800. Geschat wordt dat ongeveer een kwart van de slachtoffers blijvende beperkingen overhoudt van de verwondingen.



Bronnen: CBS (verkeersdoden), SWOV (ernstig verkeersgewonden)

Figuur 7.2 Landelijke ontwikkeling aantal doden en ernstige gewonden door verkeersongevallen.

In 2017 vielen voor het eerst meer dodelijke verkeersslachtoffers onder fietsers dan onder bestuurders en passagiers van personenauto's. Dit kwam doordat het aantal verkeersdoden onder inzittenden van personenauto's daalde, met 15 procent tot 201, terwijl dit aantal onder fietsers met 8 procent steeg tot 206. Tweederde van de mensen die in 2017 omkwamen in het verkeer zat op een fiets of in een personenauto.

Behalve bij fietsers nam ook het aantal verkeersdoden onder voetgangers, bestuurders van brom-, snorfietsen en brommobielen en motorfietsers toe.

Een mogelijke verklaring voor de toename van het aantal doden en gewonden de afgelopen jaren is de groei in mobiliteit van onervaren bestuurders, onder andere als gevolg van economisch herstel. Verder zijn er meer scootmobielen en oudere verkeersdeelnemers op de weg, deze weggebruikers zijn relatief kwetsbaar. Het gebruik van e-bikes, met hogere snelheid dan normale fietsen, groeit sterk. Dit leidt tot meer ongevallen met een grotere impact.

Analyse ongevallen HHNK

Uit analyses die zijn gemaakt met gegevens die bij de registratie zijn vastgelegd, blijkt dat een deel te verklaren is uit de hierboven genoemde landelijke trends. Op een deel van de locaties waar ongelukken plaatsvonden worden door weggebruikers duidelijk te hard gereden. Veel (polder)wegen lopen kaarsrecht en nodigen hiertoe uit. Sommige wegen krijgen ook meer verkeer te verwerken dan waarvoor ze zijn ingericht. Dit hangt soms samen met het vermijden van opstoppingen. Verder blijkt het weer ook een rol te spelen. Ongevallen (vaak eenzijdig) gaan dikwijls samen met mist, sneeuw en ijsel.

Voor wegen waar relatief veel ongelukken plaatsvinden worden vervolgstappen uitgewerkt. Daaronder vallen snelheidstellingen en aanpassingen van de weginrichting met bijvoorbeeld snelheid remmende maatregelen. Het grootste deel van de ongevallen hangt samen met weggebruik en weersomstandigheden. Veilige infrastructuur speelt in het algemeen geen (belangrijke) rol.