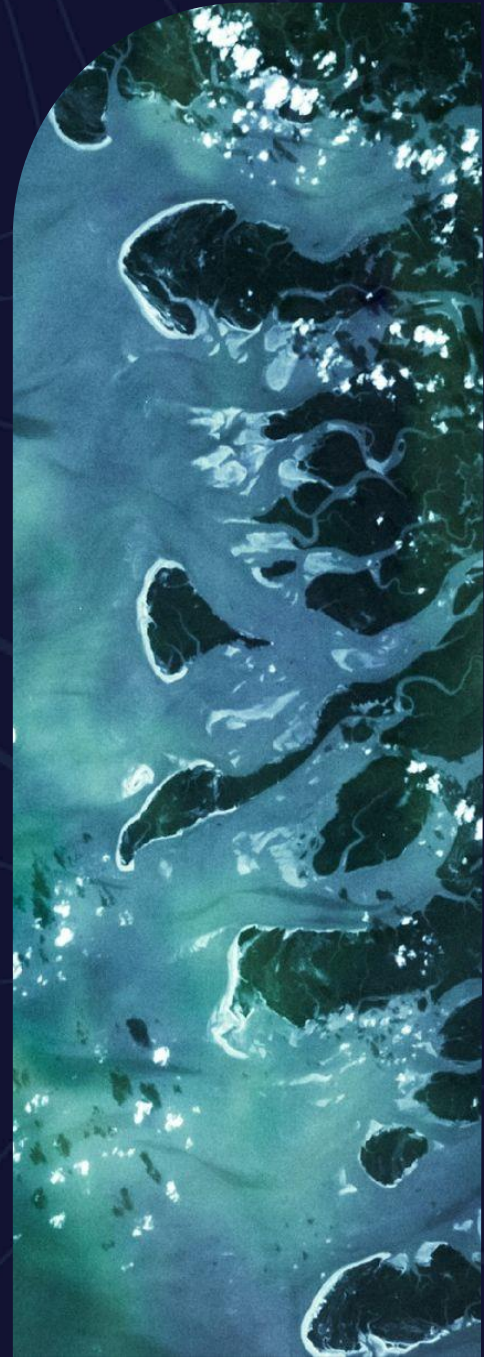


Verkennde studie van de stroomgebieden van de Vechte, Berkel en Oude IJssel.

Projectteam, 5 July 2024



Colofon

Klant	JCAR ATRACE
Contactpersoon	K.Slager
Referenties	[referentie(s)]
Trefwoorden	Vechte, Berkel, Issel, Delta - Rijn Oost, Klimaat extremen, Kennislacunes, Overstroming, Droogte

Documentgegevens

Versie	1
Datum	5 juli 2024
Projectnummer	[projectnummer].
Document ID	[document ID]
Pagina's	198
Classificatie	Open
Status	Final

Auteur(s)

Deze tabel wordt gebruikt om de correcte uitvoering van de opdracht door Deltares te controleren. Elk ander gebruik door de klant of externe verspreiding is niet toegestaan.

Versie	Auteur	Controleer	Goedgekeurd
0.1	A.Klein M.van der Vat	F.Diermanse	
0.9	A.Klein M.van der Vat	F.Diermanse	D.Morales Irato
1.0	A.Klein M.van der Vat	K. Slager	Wetenschappelijke programmaraad

Dit rapport is een gezamenlijke inspanning van onderzoekers van vier verschillende internationale kennisinstituten uit Duitsland en Nederland.

Met bijdragen van:

Evelyn Lukat (Universiteit van Osnabrück)
Pia Mueller (Universiteit van Osnabrück)
Eva-Lotte Schriewer (RWTH Aken Universiteit)
Jens Reinert (RWTH Aken)
Elena Klopries (RWTH Aken Universiteit)
Vasileos Kitsikoudis (Universiteit Twente)
Joanne Vinke-de Kruijf (Universiteit Twente)
Kris Lulofs (Universiteit Twente)
Maarten Krol (Universiteit Twente)
Martijn Booij (Universiteit Twente)
Paul Vermunt (Universiteit Twente)
Bastian van den Bout (Universiteit Twente)
Denie Augustijn (Universiteit Twente)
Lieke Meijer (Deltares)
Kymo Slager (Deltares)
Jaap Kwadijk (Deltares)

We bedanken alle belanghebbenden die we het afgelopen half jaar hebben geïnterviewd voor hun waardevolle informatie en tijd.

Samenvatting

Dit rapport presenteert de resultaten van de 'scoping' studie voor de stroomgebieden van de Vecht(e), Oude IJssel en Berkel in het kader van het JCAR ATRACE programma (Joint Cooperation programme for Applied scientific Research on flood and drought risk management in regional river basins). Dit is een samenwerkings-programma voor toegepast wetenschappelijk onderzoek naar overstromings- en droogterisicobeheer in grensoverschrijdende regionale stroomgebieden.

De doelstellingen van de 'scoping' studie zijn:

- Het beschrijven van de huidige status van de kennisbasis van het uitgebreide Vechtstroomgebied¹.
- Het beschrijven van het huidige beheer van overstromingen en droogtes in het uitgebreide Vechtstroomgebied.
- Het identificeren van hiaten in de kennis, waar onderzoek zou kunnen bijdragen aan het verbeteren van het grensoverschrijdend beheer van overstromingen en droogtes.

Het rapport geeft een beschrijving van het watersysteem, vanuit een fysiek en institutioneel perspectief, en van de relevante sectoren die worden beïnvloed door overstromingen en droogte. Een inventarisatie van relevante data en rekenmodellen wordt gepresenteerd en er wordt een overzicht gegeven van de instellingen, regelingen en plannen voor overstromings- en droogtebeheer voor beide landen. De beschrijving en inventarisatie vormen de uitgangspunten van de 'scoping' studie. De gepresenteerde informatie is grotendeels afkomstig uit bestaande rapporten en interviews met relevante stakeholders.

In dit rapport wordt alle beschikbare informatie gecombineerd om de status van het overstromings- en droogterisico en de uitdagingen op het gebied van grensoverschrijdend beheer te beoordelen. Verwacht wordt dat zowel het overstromings- als het droogterisico in de toekomst zullen toenemen als gevolg van de klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen, zoals veranderingen in landgebruik en economische groei.

¹ In dit rapport verwijzen we verder naar de drie stroomgebieden Vecht, Oude IJssel en Berkel als het *uitgebreide* Vechtstroomgebied.

Er zijn enkele voorbeelden van succesvolle grensoverschrijdende samenwerking met betrekking tot overstromingsrisicobeheer in het studiegebied, zoals het gezamenlijke overstromingsvoorspellingsstelsel voor de rivier de Vecht en het Grensoverschrijdende Platform voor Regionaal Waterbeheer (GPRW). Via dit GPRW zijn verschillende gezamenlijke projecten geïnitieerd, zoals het INTERREG-project Levende Vecht-Dinkel. Dit project resulteerde in grensoverschrijdend herstel van uiterwaarden in de Vechtregio.

Duitse actoren benadrukten in de interviews het belang om te leren van de Nederlandse kennis en ervaringen op het gebied van waterretentiemaatregelen, zoals het vasthouden van water op landbouwvelden met behulp van kleine stuwen. Het GPRW is een goed voorbeeld van grensoverschrijdende samenwerking, maar sommige deelnemers vinden dat de effectiviteit verder kan worden vergroot. Aan Nederlandse zijde vertegenwoordigen de Waterschappen alle belangrijke autoriteiten. Aan de Duitse kant nemen belanghebbenden van de lagere overheden deel, maar het hoogste niveau niet, wat leidt tot langere coördinatieprocessen.

Ondanks de vele goede voorbeelden blijft de grensoverschrijdende samenwerking in het gebied vaak beperkt tot het uitwisselen van informatie; terwijl gezamenlijke analyse en planning van risicobeheer of voorbereiding op overstromingen en droogtes nodig is. Sinds de recente droogtejaren in het gebied (2018, 2019, 2020, 2022) wordt de noodzaak van meer grensoverschrijdende samenwerking ook op het gebied van droogterisicobeheer erkend, maar tot nu toe is dit nog niet tot stand gekomen.

Verschillen in gegevens en modellen worden gezien als een van de obstakels voor grensoverschrijdende samenwerking. Er is nog geen grensoverschrijdend netwerk van relevante belanghebbenden over dit onderwerp opgericht, maar de recente indiening van een gezamenlijk INTERREG-voorstel over duurzaam grondwaterbeheer kan worden gezien als een eerste stap.

Het rapport sluit af met de identificatie van de belangrijkste kennishiaten die tijdens de interviews zijn genoemd. Op basis van deze kennishiaten zijn de volgende activiteiten geïdentificeerd die kunnen worden overwogen als onderdeel van vervolgvragen van JCAR ATRACE of in andere projecten, in deze voorgestelde volgorde:

1. Een **kwantitatieve watersysteemanalyse** om de grensoverschrijdende interactie onder normale omstandigheden te

bepalen en een grensoverschrijdende **stresstest** voor extreme overstromingen en droogte, inclusief een beoordeling van de effecten van mogelijke interventies. Wij denken dat dit één van de eerste gezamenlijke activiteiten zou moeten zijn, om verdere voorbereiding op extreme omstandigheden te initiëren en om verder onderzoek en planning te prioriteren.

2. Het wordt aanbevolen om een uitgebreide **evaluatie van de hoogwatergebeurtenis in 2023 / 2024** voor het hele stroomgebied uit te voeren, inclusief de governance met betrekking tot de voorbereiding op en de calamiteitenbestrijding tijdens het hoogwater. De evaluatie kan leiden tot meer inzichten op basis van empirisch bewijs en kan gedetailleerde lessen opleveren over hoe de grensoverschrijdende coördinatie kan worden verbeterd. Indien mogelijk kan dit een geïntegreerde stap zijn in de eerdergenoemde stresstest.
3. **Een definitiestudie** voor de gezamenlijke (door)ontwikkeling van een **toekomstbestendig voorspellingssysteem** voor overstromingen en droogtes dat ook onder extreme omstandigheden bruikbare informatie oplevert. Dit omvat o.m. ook een verbetering van het meetnet. Het belang van deze activiteit ligt in de integratie van de voorspelling van overstromingen en droogtes en in de verbetering van grensoverschrijdende voorspellingen tijdens extreme gebeurtenissen.
4. Een **evaluatiestudie** van de invloed van alle actoren op de grensoverschrijdende samenwerking binnen het **huidige bestuurskader** en mogelijkheden om dit kader aan te passen voor **effectievere samenwerking op de langere termijn**.
5. **Kwantitatieve effectbeoordeling** van **maatregelen** voor sponswerking en andere (natuurgebaseerde) oplossingen op stroomgebiedsschaal. Dit soort ingrepen heeft het potentieel om overstromings- en droogterisico's tot op zekere hoogte te verminderen en heeft een sterk grensoverschrijdend karakter, omdat deze maatregelen het meest effectief zijn als ze worden toegepast in de stroomopwaarts gelegen delen van stroomgebieden.
6. Het opzetten van een **grensoverschrijdend grondwatermeetnet** zou een eerste stap kunnen zijn op weg naar een alomvattende grensoverschrijdende droogtebeheerstrategie. Grensoverschrijdend inzicht in (trends in) de beschikbaarheid van grondwater is een

belangrijk element voor een gezamenlijke analyse en formulering van een strategie voor droogtebeheer.

Het GPRW zou een effectief platform kunnen zijn om deze gezamenlijke activiteiten te identificeren, vorm te geven en te begeleiden. Hiervoor zou echter de lijst van deelnemende overheden en andere belanghebbenden moeten worden uitgebreid evenals een uitbreiding van hun tijd en financiële budget voor grensoverschrijdende taken.

Inhoud

Samenvatting	5
Lijst van afkortingen	13
Woordenlijst	19
1 Inleiding	21
2 Beschrijving van het bekken	23
2.1 Geografie	23
2.2 Klimaat	26
2.2.1 Werkelijk klimaat	26
2.2.2 Klimaatverandering	27
2.3 Hydrologie	31
2.4 Geohydrologie	34
2.5 Waterverbruik	40
2.6 De Vecht beheren	45
2.7 Watergerelateerde infrastructuur	47
3 Extreme gebeurtenissen in het stroomgebied	53
3.1 Overstromingen	53
3.2 Droogte	60
4 Instellingen, regelingen en planning	69
4.1 Duitsland	69
4.1.1 Waterbeheer	69
4.1.2 Overstromingsrisico en rampenbeheer	74

4.1.3	Droogterisico- en rampenbeheer	80
4.2	Nederland	84
4.2.1	Waterbeheer	84
4.2.2	Overstromingsrisico en rampenbeheer	90
4.2.3	Droogterisico- en rampenbeheer	100
5	Grensoverschrijdende samenwerking	105
6	Gegevens en modellen	113
6.1	Gegevens	113
6.2	Modellen	115
6.2.1	Modelleren van afvloeiing	116
6.2.2	Modellering van overstromingen	117
6.2.3	Voorspelling van overstromingen	118
6.2.4	Modelleren van grondwater	120
6.2.5	Eerdere initiatieven voor modelsamenwerking	121
6.2.6	Conclusie	121
7	Conclusies	123
7.1	Overstromingen	123
7.2	Droogte	124
7.3	Grensoverschrijdende samenwerking	126
7.4	Hiaten in kennis	127
8	Scoping voor JCAR ATRACE	131
9	Referenties	135
Bijlagen		151
Bijlage A:	Overzicht van uitgevoerde interviews	151

Bijlage B: Beschrijving van het stroomgebied	155
Bijlage C: Gegevens en modellen	161
Bijlage D: Instellingen, regelingen en planning	181
Bijlage E: Geïdentificeerde leemten in kennis	189

Lijst van afkortingen

AGDR	Delta Rijn Werkgroep Duits: Werkgroep Rijndelta Nederlands: Werkgroep <i>Rijndelta</i>
AMIGO	Actueel Model Instrument Gelderland Oost Nederlands: Actueel Model Instrumenten Gelderland Oost
BMUV	Federaal Ministerie voor Milieu, Natuurbehoud, Nucleaire Veiligheid en Consumentenbescherming Duits: Ministerie van Milieu, Natuurbehoud, Nucleaire Veiligheid en Consumentenbescherming
BauGB	(Duits) Bouwwetboek Duits: Baugesetzbuch
BOWAB	Duits: Bodemwaterboekhouding
CMIP5	Gekoppeld modelvergelijkingsproject fase 5
CER	Europese richtlijn inzake de veerkracht van kritieke entiteiten
DEM	Digitale hoogtemodellen
DHZ	Deltaplan Hoge Zandgronden Nederlands: Deltaplan Hoge Zandgronden
DWD	Duitse weerdienst Duits: Deutscher Wetter Dienst
ECMWF	Europees Centrum voor weersvoorspellingen op middellange termijn
EU	Europese Unie
FEWS	Systeem voor vroegtijdige waarschuwing voor overstromingen
FPA	Wet bescherming tegen overstromingen
FRM	Beheer van overstromingsrisico's
FRMD	Richtlijn overstromingsrisicobeheer
GER	Duitsland

GIS	Geografisch informatiesysteem
GHOR	(Nederlandse) Medische Hulpverleningsorganisatie in de Regio Nederlands: Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio
GPRW	Grensoverschrijdend platform voor regionaal waterbeheer Duits: Grensoverschrijdend platform voor regionaal waterbeheer Nederlands: Grensoverschrijdend Platform voor Regionaal Waterbeheer
GRADE	Generator van neerslag en afvoerextremen
HARMONIE	Hirlam Aladin Onderzoek naar Mesoschaal Operationeel Nwp In Euromed
HWVZ	Hoogwatervoorspellingscentrum Nedersaksen Duits: Hoogwatervoorspellingscentrum (Nedersaksen)
JenV	(Nederlands) Minister van Justitie en Veiligheid Nederlands: Minister van Justitie en Veiligheid
INTERREG	Europese territoriale samenwerking
IPPC	Intergouvernementele Werkgroep inzake klimaatverandering
JCAR ATRACE	Engels: Joint Cooperation programme on Applied scientific Research to Accelerate Transboundary Regional Adaptation to Climate Extremes. Duits: Gezamenlijk samenwerkingsprogramma voor toegepast wetenschappelijk onderzoek naar overstromings- en droogterisicobeheer in regionale stroomgebieden Nederlands: Samenwerkingsprogramma voor toegepast wetenschappelijk onderzoek naar overstromings- en droogterisicobeheer in grensoverschrijdende regionale stroomgebieden
KliBoG	Klimaatadaptatie bodem en grondwater Duits: Klimafolgenanpassung Boden und Grundwasser
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Nederlands: Koninklijk Nederlands Meteorologisch
Instituut

KRITSE	Kritieke infrastructuur Duits: Kritische infrastructuur
KWB	klimatologische waterbalans van het groeiseizoen Duits: Klimaatwaterbalans in de vegetatieperiode
LANUV	Het NRW Staatsbureau voor Natuur, Milieu en Consumentenbescherming Duits: Staatsbureau voor natuur, milieu en consumentenbescherming NRW
LAWA	Federale/deelstaatelijke werkgroep water Duits: Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser
LBEG	Nedersaksisch Staatsbureau voor Mijnbouw, Energie en Geologie Duits: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LCO	Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging Nederlands: Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging
LCW	Nationale Coördinatiecommissie Waterverdeling Nederlands: Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling
EAA	Nationaal Grondwater Register Nederlands: Landelijk Grondwater Register
LHM	Nationaal Hydrologisch Model Nederlands: Landelijk Hydrologisch Model
LWG	Staatswaterwet van NRW Duits: Landeswassergesetz NRW
MIPWA	Methodologie Interactieve Planning Waterbeheer Nederlands: Methodiek Interactieve Planning Waterbeheer
MTW	Managementteam over watertekorten Nederlands: Watertekorten management team
MU	Ministerie van Milieu, Energie en Klimaatbescherming Nedersaksen Duits: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
MUNV	Ministerie van Milieu, Natuurbehoud en Verkeer NRW

Duits: Ministerie van Milieu, Natuurbehoud en Verkeer van de deelstaat Noordrijn-Westfalen

NCTV	Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid Nederlands: Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid
NFPP	(Nederlands) Nationaal Hoogwaterbeschermingsprogramma
NGO	Niet-gouvernementele organisatie
NIPV	Nederlands Instituut Publieke Veiligheid Nederlands: Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
NKatSG	Nedersaksische rampenbestrijdingswet Duits: Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz
NKomVG	Nedersaksische gemeentelijke grondwet Duits: Niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz
NL	Nederland
NLWKN	Nedersaksisch agentschap voor waterbeheer, kust- en natuurbescherming Duits: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserschutz, Küsten- und Naturschutz
NLPG	Nationaal programma voor landelijke gebieden Nederlands: Nationaal Programma Landelijk Gebied
NM7Q	Het gemiddelde jaarlijkse minimumdebiet over 7 dagen
NRW	Engels: North-Rhine Westphalia Duits: Nordrhein-Westfalen
NWG	Nedersaksische waterwet Duits: Niedersächsisches Wassergesetz
OGewV	(Duits) Oppervlaktewaterverordening Duits: Oberflächengewässerverordnung
RBO	Regionaal Bestuurlijk Overleg Nederlands: Regionaal Bestuurlijk Overleg
RDO	Regionale bijeenkomsten over droogte Nederlands: Regionale Droogte Overleggen

ROG	(Duitse) Wet op de ruimtelijke ordening Duits: Wet op de ruimtelijke ordening
RS	Detectie op afstand
RWS	(Nederlands) Rijkswaterstaat
SGDR	Stuurgroep Delta Rijn Duits: Stuurgroep Delta Rijn Nederlands: Stuurgroep Rijndelta
SGI	Gestandaardiseerde grondwaterniveau-index
SGK /PGK	Permanente Grenswatercommissie Duits: Permanente Grenswaterencommissie Nederlands: Permanente Nederlands-Duitse Grenswaterencommissie
SOG	(Duits) Wet op de openbare veiligheid en orde Duits: Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung
THW	(Duits) Federaal agentschap voor technische bijstand Duits: Technisch Hilfwerk
UDAG	Actualisering van de gegevensbasis voor aanpassing aan klimaatverandering in Duitsland
VR	Veiligheidsregio's Nederlands: Veiligheidsregio's
WAZ	Water- en afvalwatervereniging Niedergrafschaft Duits: Wasser und Abwasser Zweckverband Niedergrafschaft
WMCN	Nationaal Watermanagement Centrum Nederland Nederlands: Watermanagementcentrum Nederland
WDOD	Waterschap Drents Overijsselse Delta Nederlands: Waterschap Drents Overijsselse Delta
WFD	Kaderrichtlijn Water
WHG	(Duitse) Waterwet Duits: Wasserhaushaltsgesetz
WRIJ	Waterschap Rijn en IJssel Nederlands: Waterschap Rijn en IJssel
WRO	(Wet Ruimtelijke ordening

WSV	Dienst Waterwegen en Scheepvaart Duits: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
ZON	Zoetwatervoorzieningsprogramma Oost-Nederland Nederlands: Zoetwater Oost Nederland

Woordenlijst

Term (Engels)	Language	Term	Definitie (door auteurs voor het toepassingsgebied van dit document indien niet anders gespecificeerd)
Stroomgebied	Duits Nederlands	Stroomgebied Stroomgebied	
District	Duits	Provincie, district, onafhankelijke stad	Administratieve onderverdeling hoger dan een gemeente.
Overheidsdistrict	Duits	District, administratief district	Regionale lagere bestuursseenheden in vier Duitse deelstaten, waaronder Nordrhein-Westfalen
Gemeente	Duits Nederlands	Gemeente gemeenschap	Laagste niveau van territoriale verdeling.
stroomopwaarts	Duits Nederlands	stroomopwaarts bovenstrooms	Omhoog gelegen langs een waterloop ten opzichte van een bepaalde locatie dezelfde waterloop
stroomafwaarts	Duits Nederlands	onderstroom benedenstrooms	Naar beneden gelegen langs een waterloop ten opzichte van een bepaalde locatie dezelfde waterloop
Watervereniging (Duitsland)	Duits	Waterschap	Een publiekrechtelijke organisatie in Duitsland met verschillende organisatiestructuren en taken. Typische taken zijn afvalwaterbehandeling, waterbeheer, overstromingsbeheer en andere. De leden zijn industriële watergebruikers en gemeenten die de huishoudelijke watergebruikers vertegenwoordigen.
Regionale Waterautoriteit (Nederland)	Nederlands	Waterschap	Publieke organisatie in Nederland die verantwoordelijk is voor het waterbeheer van een specifieke regio. De regionale waterschappen hebben een gekozen bestuur en heffen een waterbelasting van de inwoners die in hun regio wonen.
Beheersplan overstromingsrisico's	Nederlands Duits	Overstromingsrisicobeheerplan (ORBP) Overstromingsrisicobeheerplan	Overstromingsrisicobeheerplannen vereist door de Europese Overstromingsrichtlijn (2007).
Europese Richtlijn Overstromingen	Nederlands Duits	Europese richtlijnen voor overstromingsrisico's (ROR) EU - Richtlijn Overstromingen	
Kaderrichtlijn Water	Nederlands Duits	Kaderrichtlijn Water (KRW) Kaderrichtlijn Water (KRW)	

Vecht	Nederlands Duits	Vecht Vecht	
Oude IJssel	Nederlands Duits	Oude IJssel Issel	

1 Inleiding

De missie van het gezamenlijke samenwerkingsprogramma voor toegepast wetenschappelijk onderzoek (JCAR) is het verbeteren van de samenwerking op het gebied van overstromings- en droogtebeheer en onderzoek om de grensoverschrijdende regionale aanpassing aan klimaatextremen (ATRACE) te versnellen. Om dit te bereiken is het de ambitie van JCAR ATRACE om internationale onderzoekspartnerschappen op lange termijn te bevorderen om de kennisbasis en het kennisnetwerk over overstromings- en droogterisicobeheer in grensoverschrijdende regionale stroomgebieden te verbeteren.

De eerste hoofddoelstelling is het verbeteren van de paraatheid voor overstromingen en droogtes door regionale overheden in België, Duitsland, Luxemburg en Nederland te faciliteren bij het verbeteren van geïntegreerde planning, ontwikkeling en beheer van regionale stroomgebieden en voorbereidingen op extreme klimaatgebeurtenissen. De tweede doelstelling is het verbeteren van grensoverschrijdende samenwerking door het bevorderen van langdurige samenwerkingsverbanden tussen Europese kennisinstellingen om de kennisbasis te vergroten en overstromings- en droogtestrategieën in grensoverschrijdende regionale stroomgebieden te informeren. Ga naar <http://jcar-atrace.eu> voor meer informatie over het programma.

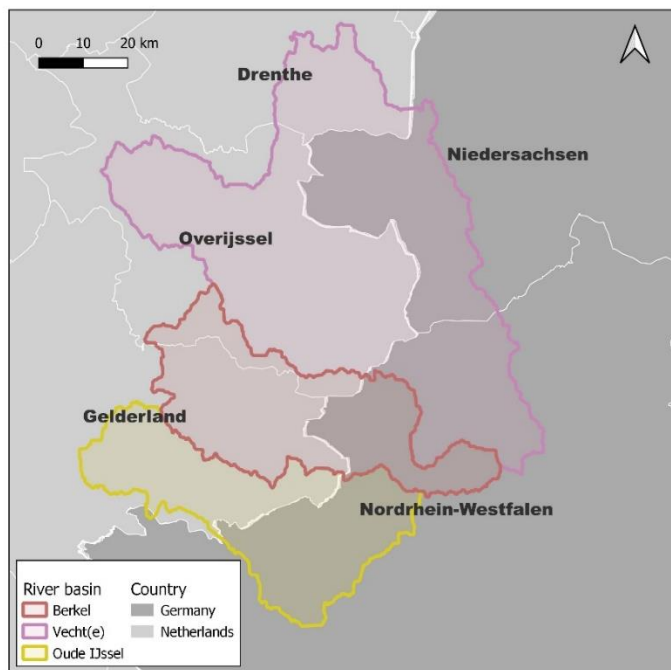
Opgemerkt moet worden dat het JCAR ATRACE-programma zich richt op de gevolgen van extreme overstromingen en droogtes in regionale stroomgebieden. Overstromingen en droogtes langs (de hoofdtakken van) de grote rivieren, zoals de Rijn, Maas, Eems en Schelde, worden buiten beschouwing gelaten, omdat deze onder de bevoegdheid van de respectieve internationale riviercommissies vallen.

Het uitgebreide Vechtebekken, inclusief de bekkens van de Vechte, Oude IJssel en Berkel (Afbeelding1), staat centraal in dit rapport.

De belangrijkste doelstellingen van deze verkennende studie zijn:

- De huidige status van de kennisbasis van het uitgebreide Vechtebekken beschrijven.
- Het beschrijven van het huidige beheer van overstromingen en droogtes in het uitgebreide Vechtebekken.

- Het identificeren van hiaten in de kennis, waar onderzoek zou kunnen helpen om het grensoverschrijdend beheer van overstromingen en droogtes te verbeteren.



Afbeelding1: Studiegebied met de ligging van de stroomgebieden.

De inhoud van dit rapport is gebaseerd op een beoordeling van bestaande rapporten, documenten, plannen en andere relevante documenten. Verder zijn er ongeveer 25 interviews gehouden met relevante belanghebbenden. De lijst met interviews is opgenomen in bijlage A.

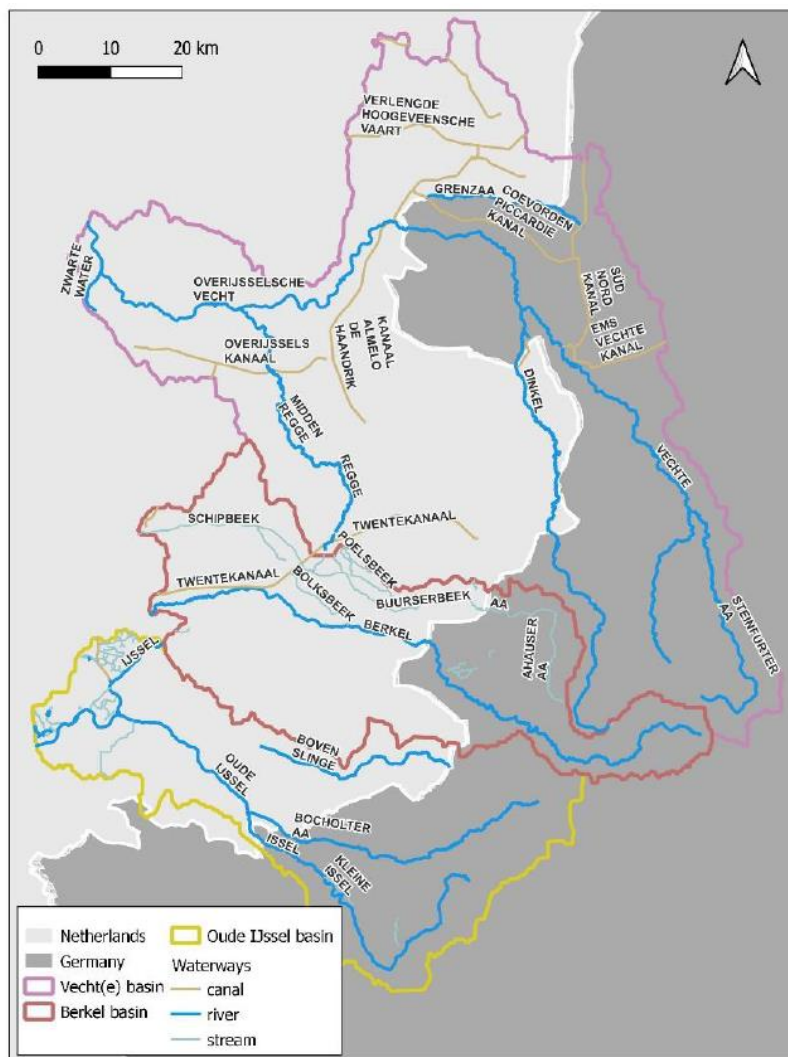
Hoofdstuk 2 van dit rapport geeft een beschrijving van het uitgebreide stroomgebied van de Vecht, inclusief beschrijvingen van het watersysteem en de relevante sectoren die worden beïnvloed door overstromingen en droogte. In hoofdstuk 3 worden extreme gebeurtenissen - overstromingen en droogte - in het studie gebied beschreven. De instellingen, regelingen en planning die relevant zijn voor het beheer van overstromingen en droogtes worden beschreven in hoofdstuk 4 en de grensoverschrijdende samenwerking wordt geëvalueerd in Hoofdstuk 5.

Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de relevante gegevens en rekenmodellen voor het stroomgebied en de manier waarop deze worden gebruikt. Het rapport wordt afgesloten in hoofdstuk 7 met een beoordeling van het huidige overstromings- en droogterisico en de grensoverschrijdende beheerpraktijken, resulterend in de identificatie van de belangrijkste hiaten in de kennis. Vervolgonderzoek binnen JCAR ATRACE zal zich richten op deze kennishiaten (hoofdstuk 8).

2 Beschrijving van het bekken

2.1 Geografie

Het studiegebied omvat verschillende grensoverschrijdende regionale rivieren die vanuit Noordwest-Duitsland naar het noordoosten van Nederland stromen. Het gebied bestaat uit drie hoofdstroomgebieden (de Vechte, de Berkel en de Oude IJssel) zoals weergegeven in Afbeelding 2. Voor de consistentie met lokale structuren is het studiegebied gedefinieerd door het GPRW-werkgebied (grensoverschrijdend platform voor regionaal waterbeheer), dat synoniem is met het Deltarijn-Oost / Deltarhein Ost-gebied zoals gedefinieerd in het beheersplan voor overstromingsrisico's van de Rijn en dat in dit rapport het uitgebreide stroomgebied van de Vecht wordt genoemd.



Afbeelding 2 Studiegebied met de rivieren en kanalen

²²²Het hele gebied heeft een oppervlakte van 7.600 km, waarvan ongeveer 57% in Nederland ligt (4.300 km) en de resterende 43% in Duitsland (3.300 km).

Het gebied beslaat twee deelstaten in Duitsland: Nedersaksen (1.100 km²) en Noordrijn-Westfalen (NRW, 2.200 km²), evenals drie provincies in Nederland: Drenthe, Overijssel en Gelderland.

Tabel 1 geeft een korte beschrijving van de drie bekkens. Het stroomgebied van de Vecht is met 4.393 km² het grootste van de drie stroomgebieden. Het is 2,5 keer zo groot als het stroomgebied van de Oude IJssel (1.638 km²) en 5,5 keer zo groot als het stroomgebied van de Berkel (792 km²) (zie tabel 1). Terwijl de Berkel een gemiddelde helling van 0,9‰ heeft, hebben de Vechte en de Oude IJssel slechts een gemiddelde helling van respectievelijk 0,4‰ en 0,3‰.

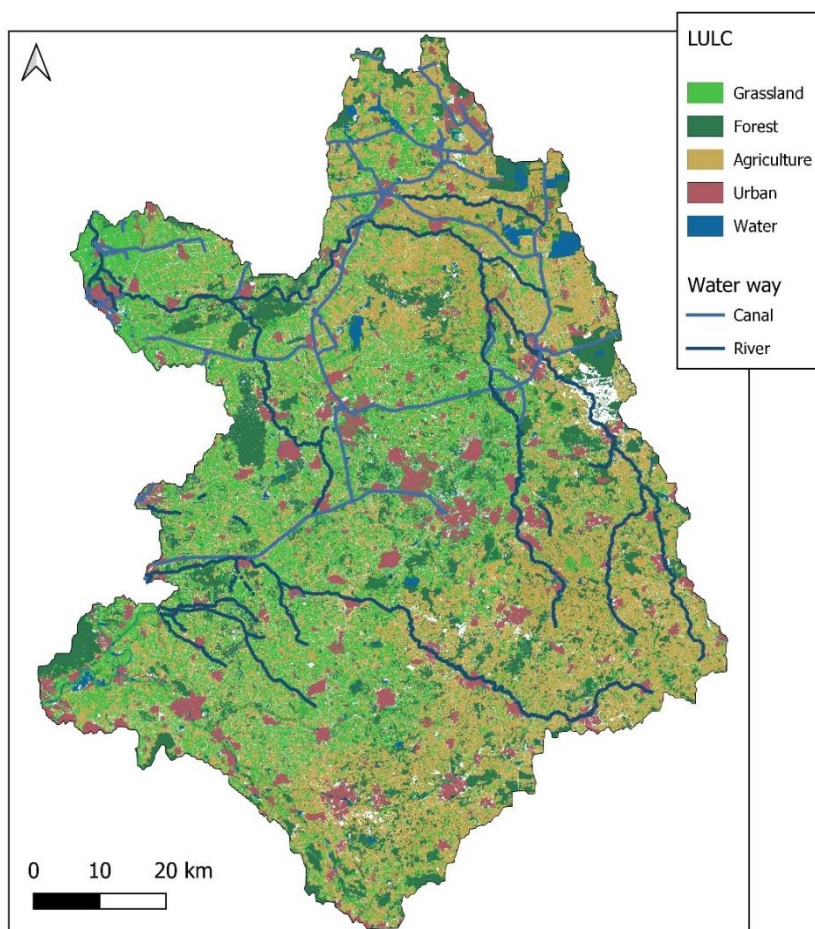
Tabel 1 Kenmerken stroomgebied (MUNV, 2005, 2022)

Stroomgebied	Grootte bassin [km ²]	Rivier lengte [km]	Hoogteverschil [m]	Belangrijkste zijrivieren	Landgebruik
Vecht / Vechte	4,393	182	70	Steinfurter Aa, Lee, Dinkel, Regge	Weiden 32% Bossen 18% Landbouw 38% Stedelijk 10% Water 3%
Oude IJssel	1,638	178	49	Aa-streng, Bocholter Aa	Weiden 30% Bossen 19% Landbouw 38% Stedelijk 11% Water 2%
Berkel / Berkel	792	114	103	Groen-losche Slinge	Weiden 38% Bossen 18% Landbouw 35% Stedelijk 7% water 1%

In totaal wonen er ongeveer 2,08 miljoen mensen in het studiegebied, waarvan 1,41 miljoen in Nederland en 0,66 miljoen in Duitsland. Dit komt neer op een gemiddelde bevolkingsdichtheid van 324 mensen/km² in Nederland en 203 mensen/km² in Duitsland.

Aan beide zijden liggen verschillende steden direct aan de rivieren, zoals Schüttorf (GER), Nordhorn (GER), Emlichheim (GER), Coesfeld (GER), Vreden (GER), Borken (GER), Bocholt (GER), Hardenberg (NL), Ommen (NL), Zwolle (NL), Lochem (NL) en Doetinchem (NL). Hoewel al deze steden het schadepotentieel voor een mogelijke overstroming langs de waterlopen vertegenwoordigen, hebben slechts vijf steden (Nordhorn, Bocholt, Hardenberg, Zwolle, Doetinchem) meer dan 50.000 inwoners.

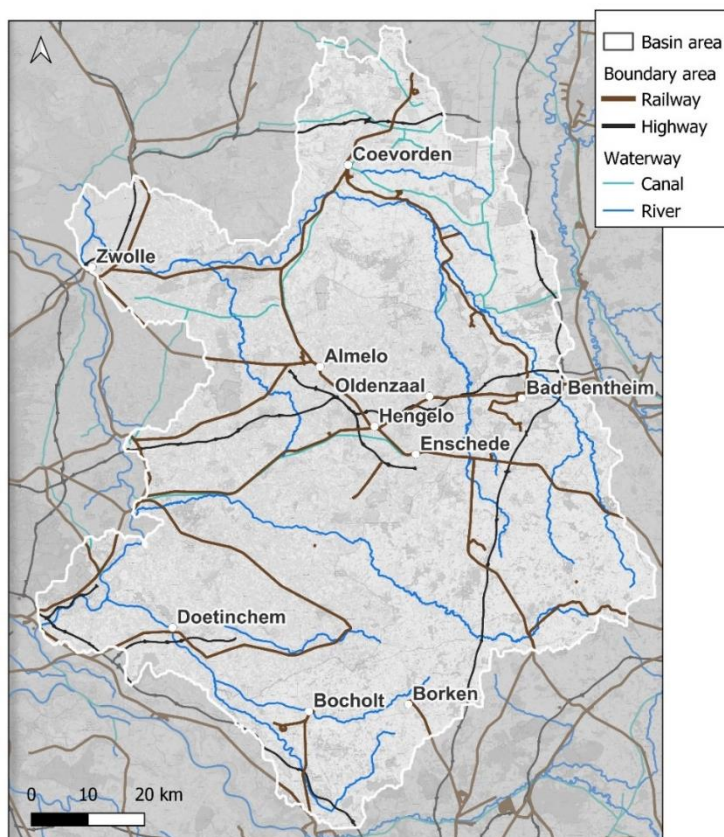
In het studiegebied is landbouw (37%) het overheersende landgebruik, gevolgd door grasland (33%), bossen (18%) en stedelijke gebieden (9%) (zie Afbeelding 3). In Nederland wordt het winterbed van de Vechte (winteroverstromingsgebied) de rest van het jaar gebruikt voor reguliere landbouw. Wetlands liggen vooral in de grensstreek en in beide landen zijn er worden inspanningen gedaan om ze te herstellen. In het algemeen zijn er geen grote verschillen in landgebruik tussen beide landen of tussen de afzonderlijke stroomgebieden.



Afbeelding 3 Kaart landgebruik (gebaseerd op CLC 2018)

Het Vechtstroomgebied speelt een vitale rol in het goederenvervoer tussen Nederland en Duitsland (Europese Commissie, 2017). Beide maken deel uit van de Noordzee Baltische corridor (Bundesnetzagentur, n.d.). De A1 in Nederland van Amersfoort naar Bad Bentheim die eindigt in de A30 in Duitsland richting Osnabrück is een belangrijke route voor goederenvervoer over de weg. De spoorvervoersroute Noordzee Baltische corridor doorkruist het Vechtbekken op zijn weg van Amersfoort naar Osnabrück (zie Afbeelding 4). Er zijn plannen om het goederenvervoer via deze route nog verder uit te breiden (Rijksoverheid, n.d.-b). Ook hebben de steden Almelo

en Hengelo kernbinnenhavens voor de Noordzee-Baltic Corridor (Europese Commissie, 2017) waardoor het logistieke hotspots zijn (Omgevingsagenda Oost-Nederland, 2020).



Afbeelding 4 Spoorwegen, snelwegen, kanalen en rivieren in het studiegebied op basis van OpenStreetMap-gegevens.

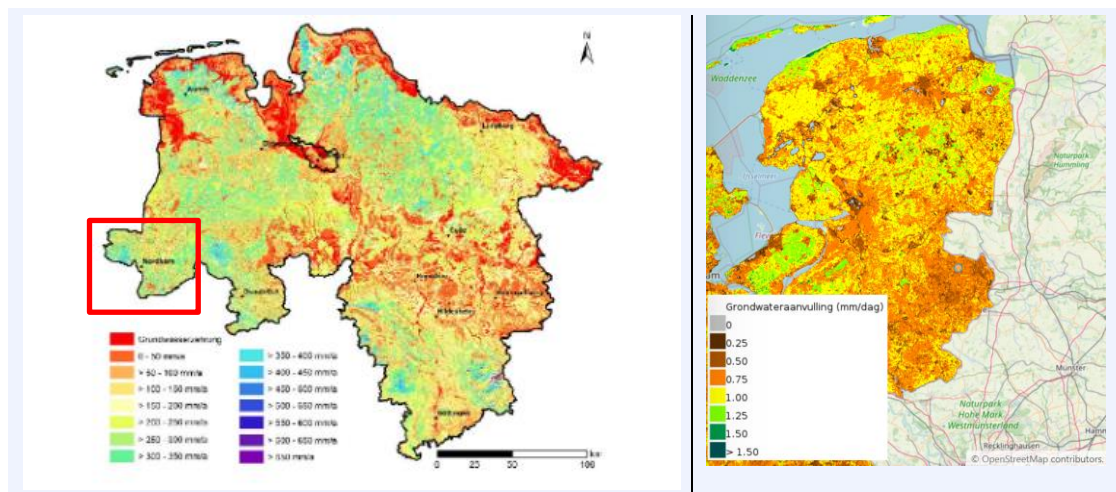
2.2 Klimaat

Historische gegevens en toekomstige klimaatprognoses in Duitsland worden geleverd door de Duitse weerdienst (Deutscher Wetter Dienst - DWD) en in Nederland door het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).

2.2.1 Werkelijk klimaat

Het klimaat in het studiegebied kan worden omschreven als gematigd en zeeklimaat met koude winters en warme zomers. Gemiddeld valt er in het studiegebied ongeveer 835 mm neerslag per jaar, zonder duidelijke seizoenspatronen. De jaarlijkse evatranspiratie in het studiegebied is ongeveer 555 mm (WRIJ, n.d.).

De aanvulling van het grondwater is seizoensafhankelijk en vindt plaats tijdens het hydrologische winterhalfjaar (november-april) door infiltratie van neerslag in de bodem. In het zomerhalfjaar (mei-oktober) overheerst de evapotranspiratie, waardoor het grootste deel van de neerslag verloren gaat zonder bij te dragen aan de aanvulling van het grondwater. (NLWKN, 2022a). De jaarlijkse gemiddelde grondwatersuppletie in Nedersaksen was 156 mm (1981 - 2010; LBEG, 2019) en 110 mm in Noordrijn-Westfalen (2001 - 2020; LANUV, n.d.). In het Nederlandse studiegebied was de jaarlijkse gemiddelde grondwatersuppletie op basis van het nationale hydrologische model (LHM4.1) ongeveer 180 mm (2011 - 2018; NHI, n.d.). In Afbeelding 5 is te zien dat in het Nedersaksische deel van het studiegebied de grondwatersuppletiesnelheid meestal tussen 100 - 300 mm per jaar ligt.



Afbeelding 5 links: Verdeling van de grondwateraanvullingspercentages in Nedersaksen (berekend voor de periode 1981-2010, LBEG, 2019) rechts: verdeling van de grondwateraanvullingen in Oost-Nederland, NHI, n.d.)

2.2.2 Klimaatverandering

Verwacht wordt dat Europa als geheel te maken zal krijgen met een grotere kans op zware regenval, met overstromingen als gevolg, maar ook met langdurige perioden met hoge temperaturen en een hoge evapotranspiratie, met droogte als gevolg (Verdonschot, 2009). Hogere neerslagniveaus zullen leiden tot meer afvloeiing van oppervlaktewater naar beken en grotere overstromingen van rivieren (Verdonschot, 2009). Naarmate de opwarming van de aarde toeneemt, zullen zowel zomerse laagwatersituaties als droogtes in de landbouw verergeren (Samaniego et al., 2018).

De effecten van klimaatverandering op het studiegebied zijn al zichtbaar. Over de afgelopen 120 jaar worden stijgingen van de jaarlijkse temperatuur van 1,5°C tot 2,3°C gerapporteerd. (KNMI, 2023; Scheihing, 2019). De stijging gaat gepaard met meer warme dagen (>25 graden) en vaker

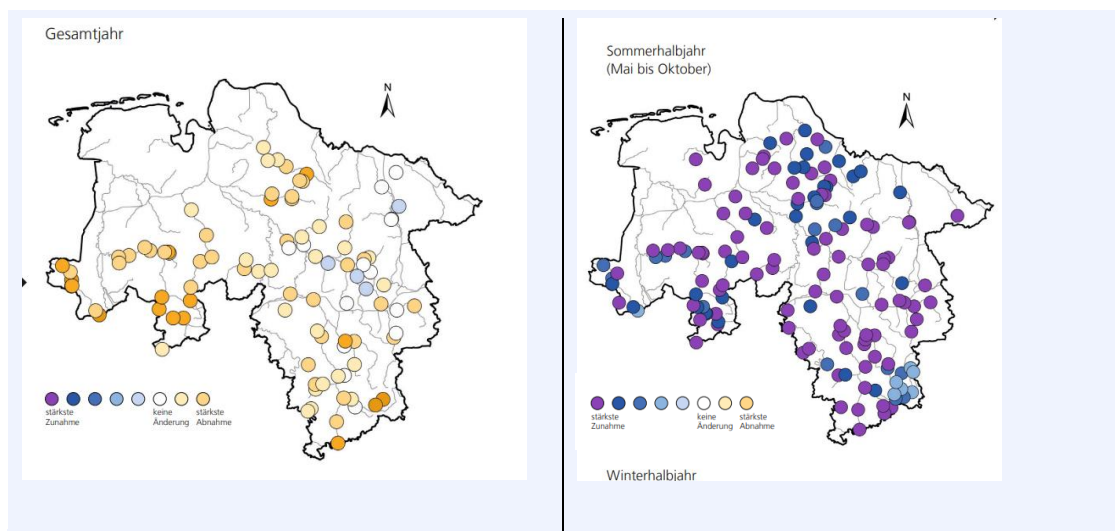
voorkomende hittegolven. Tegelijkertijd is het aantal vorstdagen afgenomen en is de totale neerslag toegenomen, vooral in de herfst en winter (NLWKN, 2022a; Scheihing, 2019). De Duitse weerdienst meldt een neerslagtoename van ongeveer 100 mm voor de periode 1881 tot 2015 in Nedersaksen (Bender et al., 2009). In de Nederlandse studie is de neerslag in de wintermaanden (december - februari) sinds 1906 met 26% toegenomen (WRIJ, n.d.).

Ook de verschillen tussen de afzonderlijke jaren nemen toe. In 2023 werden de hoogste neerslaghoeveelheden in minstens 100 jaar gemeten voor Nedersaksen (1070 mm), Nederland (1153 mm) en Noordrijn-Westfalen (1203 mm). (DWD, 2023). Terwijl 2018 een van de droogste jaren was met 500 mm in Nedersaksen, 607 mm neerslag in Nederland (KNMI, 2018) en 601 mm in NRW (LANUV, n.d.-b). Variaties in de jaarlijkse gemiddelde neerslag van +/- 20 % zijn niet ongebruikelijk in de laatste tien jaar (LANUV, 2024). In de afgelopen 15 jaar zijn in het studiegebied verschillende regenbuien met een hoge intensiteit waargenomen, zoals in augustus 2010, mei 2012, juli 2014, juni 2020 en december 2023; WRIJ, n.d.).

Het Duitse weerbureau bereidt klimaatprojectiegegevens voor en levert regionale klimaatprojecties voor de toekomst. De huidige projecties zijn gedownscaled van de wereldwijde klimaatprojecties van het vijfde evaluatierapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR5) als onderdeel van het Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5). Aangezien de mondiale klimaatprojecties zijn bijgewerkt en gepresenteerd in het AR6-rapport van het IPCC, loopt er momenteel een project UDAG (Updating the data base for adaptation to climate change in Germany) om de regionale klimaatprojecties voor Duitsland bij te werken op basis van de CMIP6-projecties. (DWD, n.d.).

De bestaande ensembles van regionale klimaatmodellen wijzen consistent op een significante stijging van de jaarlijkse gemiddelde temperatuur voor Noord-Duitsland. De temperatuurstijging voor Nedersaksen varieert van een minimum van 0,6 °C tot een maximum van 4,9 °C tegen het jaar 2100 (referentieperiode 1971-2000). Deze verwachte temperatuurstijging gaat gepaard met een verminderde kans op vorstdagen (minimumtemperatuur < 0 °C), een toename van het aantal warme dagen (maximumtemperatuur \geq 25 °C), warme dagen (maximumtemperatuur \geq 30 °C) en een toename van de lengte van de thermische vegetatieperiode. (Scheihing, 2019). Ze geven ook een breed scala van mogelijke veranderingen in de seizoensgebonden neerslaghoeveelheden weer (Scheihing, 2019). De neerslaghoeveelheden in de zomer zullen naar verwachting met 6%

afnemen, terwijl de neerslaghoeveelheden in de winter naar verwachting met 11% zullen toenemen voor de periode van 2021 tot 2050 ten opzichte van de periode 1971 tot 2000. Voor de periode van 2021 tot 2050 wordt een relatieve verandering van -2% tot 10% van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid verwacht ten opzichte van de periode 1971 tot 2000. Voor de periode van 2071 tot 2100 wordt een relatieve verandering van -12% tot -21% verwacht. (MU, 2019). In de toekomst wordt een verdere intensivering van de laagwatersituatie in het studiegebied verwacht ten opzichte van de referentieperiode (1971 - 2000). Een vermindering van 20% van de afvoer tijdens laagwater in de zomer (NM7Q) is mogelijk, terwijl tegelijkertijd wordt verwacht dat overstromingen in de zomer extremer zullen worden (Toename van de HQ100-afvoer met 50%, MU, 2019).



Afbeelding 6: links: Veranderingen in de laagwaterafvoer NM7Q aan het eind van de 21e eeuw die zouden kunnen optreden bij een "business as usual" scenario, rechts: Veranderingen in de piekafvoer voor een HQ100 aan het eind van de 21e eeuw, die zouden kunnen optreden bij een "business as usual" scenario (MU, 2019).

In Nederland levert het KNMI klimaatprojecties voor Nederland. De nieuwe klimaatscenario's op basis van de IPCC CMIP6 projecties zijn gepubliceerd in 2023. De scenario's kunnen worden gecategoriseerd in:

- een scenario met hoge emissies (aangeduid met hoofdletter 'H') waarin de emissies sterk toenemen tot 2080 en daarna afvlakken. De wereldwijde temperatuurstijging rond 2100 wordt geschat op 4,9°C.
- een scenario met lage emissies (aangeduid met hoofdletter 'L') waarin de emissies snel worden verminderd en broeikasgassen uit de atmosfeer worden verwijderd om de opwarming van de aarde te beperken tot minder dan 2°C. De wereldwijde temperatuurstijging rond 2100 wordt geschat op 1,7°C.

Deze twee scenario's zijn bedoeld om het bereik van de uitkomsten van klimaatverandering weer te geven. Verdere opwarming zal leiden tot drogere zomers en nattere winters in Nederland; de klimaatmodellen

verschillen echter in de mate van dit effect. Om deze verschillen te laten zien, zijn de scenario's verder onderverdeeld in:

- een 'nat' scenario (aangeduid met de letter 'n') met sterk bevochtigde winters en licht uitgedroogde zomers.
- een 'droog' scenario (aangeduid met de letter 'd') met licht natte winters en aanzienlijk uitgedroogde zomers.

Meer informatie over de verschillende scenario's wordt geïllustreerd in Afbeelding 7. Over het algemeen voorspellen deze scenario's een stijging van de gemiddelde temperatuur (meer in de zomer dan in de winter). De temperatuurstijging zal leiden tot een toename van de neerslag en een toename van de hevige zomerregens. Het zal natter zijn in de winter en droger in de zomer. In de zomer wordt minder regen verwacht en zal de verdamping toenemen, wat zal leiden tot meer en langere droogteperioden. (KNMI, 2023).



Afbeelding 7 Vier scenario's voor klimaatverandering in Nederland rond 2100 (KNMI, 2023).

De nieuwe klimaatscenario's kunnen worden gebruikt om het effect op verschillende sectoren te berekenen. ²De scenario's zullen worden gebruikt

² De nieuwe Deltascenario's worden gebaseerd op de combinatie van de KNMI 23 klimaatscenario's en de sociaaleconomische scenario's van het PBL voor Nederland (de WLO-scenario's). (KNMI, 2023). Het doel van de Deltascenario's is om gezamenlijk een samenhangend beeld te schetsen van de klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen, de onzekerheden daarin en de implicaties voor het waterbeheer (Deltares, 2018).

om de Deltascenario's en de Nationale Adaptatiestrategie te actualiseren. (Deltares, 2018).

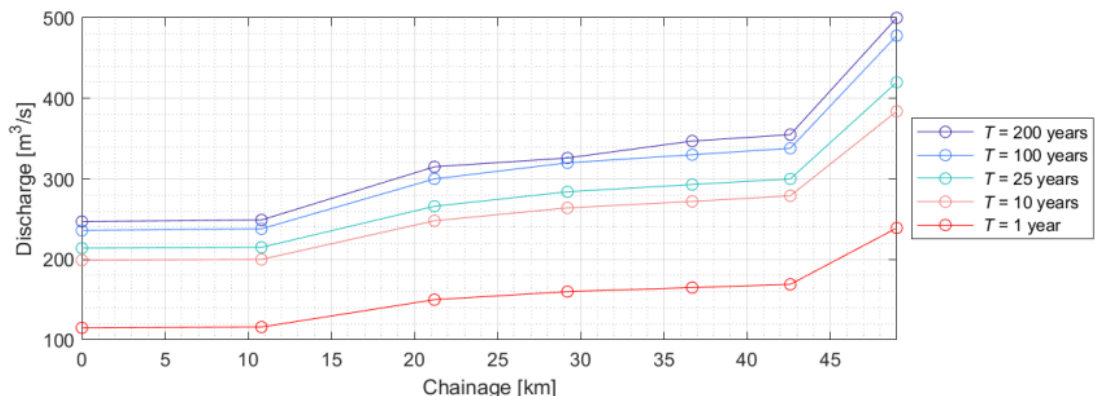
Voor zowel het Duitse als het Nederlandse deel van het uitgebreide Vechtebekken wordt een toename in frequentie en ernst van overstromingen en droogte verwacht.

2.3 Hydrologie

De Vecht ontspringt in Noordrijn-Westfalen en stroomt over een afstand van ongeveer 182 km door Nedersaksen naar Nederland. De rivier heeft vijf grote zijrivieren die bijdragen aan de stromingsdynamiek. Naast de Vechte zijn de Berkel en de Oude IJssel de andere twee grote wateren in het stroomgebied van de IJssel. De Vechte, Berkel en Oude IJssel ontspringen allemaal in Duitsland.

De Vecht komt Nederland binnen bij Emlichheim en mondt uit in het Zwarte Water (bij Zwolle), dat uitmondt in het Zwarte Meer, en ten slotte in het IJsselmeer. (WDOD, 2021). De gemiddelde afvoer bij de monding van de rivier is $50 \text{ m}^3/\text{s}$, maar kan variëren van $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij laag debiet tot $300 \text{ m}^3/\text{s}$ bij hoog debiet.

Van benedenstrooms naar bovenstrooms monden in Duitsland de volgende zijrivieren uit in de Vechte: Steinfurter Aa, Eilleringsbecke, Ahlder Bach, Lee en Emlichheimer Entlastungskanal en in Nederland: Beneden Regge, Ommerkanaal, Mariëberg Vechte Kanaal, Radewijkerbeek en Afwateringskanaal (Holthone). De piekafvoeren voor verschillende terugkeerperioden op verschillende locaties langs het Nederlandse deel van de Vechte verdubbelen bijna van het meest bovenstrooms naar het meest benedenstrooms gelegen deel (Afbeelding 8) (Haastregt, 2023).



Afbeelding 8: Piekafvoeren op verschillende locaties langs de Nederlandse Vecht (T =terugkeerperiode van de afvoer) (Haastregt, 2023)

De debietdynamiek van de Vechte is sterk afhankelijk van de neerslag en de wateronttrekking in de zomer (Koronaci, 2022). De omvangrijke ontwateringsactiviteiten in het Vechtdal, gekoppeld aan het rechte trekken van de loop van de Vechte, resulteren in een snelle afvoer van water (Maas & Woestenburg, 2013). Dit leidt op zijn beurt tot een uitzonderlijk laag basisdebiet tijdens lange droge perioden, wat een tekort aan water veroorzaakt voor zowel natuurlijke ecosystemen als landbouwbehoeften.

Door de debietregeling heeft de Vechte te maken met verminderde stroomsnelheden over lange perioden per jaar, terwijl tegelijkertijd hoge stroomsnelheden snel worden afgevoerd. De intermitterende hoge stroomsnelheden dragen bij aan de insnijding van de rivier, waardoor een diepe geul ontstaat met habitats die diversiteit ontberen. Bovendien veroorzaken de damconstructies vocht in de bovenste riviervallei en uitdroging in de onderste vallei. Aanzienlijke delen van de natuurlijke uiterwaarden zijn niet langer verbonden met het riviersysteem, wat resulteert in onvoldoende bergingscapaciteit. (Waterschap Vechtstromen, 2021b).

In Nederland heeft het gebied een lange geschiedenis van menselijk ingrijpen. Het natuurlijke veen is sinds de Middeleeuwen afgegraven en het gebied is ontwaterd om het geschikt te maken voor agrarisch gebruik. De verkleining van de uiterwaarden en de retentiecapaciteit heeft grote invloed op het stromingsregime in de Vechte. Bovendien werd de Vechte gekanaliseerd om transport mogelijk te maken, waardoor de stromingskarakteristieken verder werden beïnvloed.

De Berkel mondt bij Zutphen uit in de IJssel. Het Duitse deel van de Berkel heeft een meanderend karakter met een smal profiel (Blom & Van der Werf, 2022). Het Nederlandse deel is sterk gekanaliseerd met een breed en diep zomerbed (Van Dongen, R., Eysink, F., Van de Weerd, 2015).

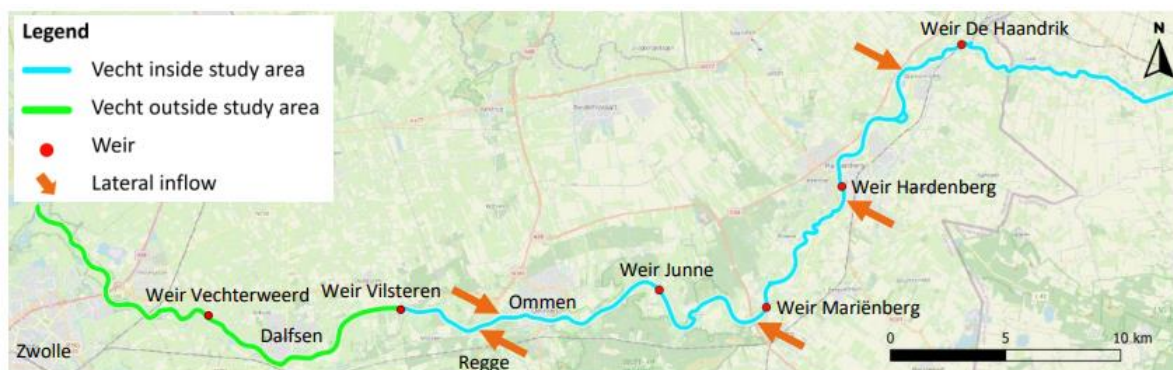
³De jaarlijkse maximale dagafvoer van de Berkel bij Rekken (dicht bij de Duits-Nederlandse grens) voor terugkeerperioden van 1 en 100 jaar is respectievelijk 42 en 78 m/s. (Van Dongen, R., Eysink, F., Van de Weerd, 2015).

³De jaarlijkse maximale dagafvoer van de Oude IJssel bij stuw De Pol voor terugkeerperioden van 1 en 100 jaar is respectievelijk 54 en 126 m/s. (Botterhuis & Klopstra, 2004)

De twee belangrijkste zijrivieren van de Oude IJssel zijn de IJssel en de Bocholter Aa, die bij Ulft samenkomen. Stroomafwaarts van stuw De Pol

mondt de Bielheimerbeek uit in de Oude IJssel. (Botterhuis & Klopstra, 2004).

In De Jong (2023) is een waterbalans gemaakt voor een deel van de Vechte. De belangrijkste in- en uitstromen van het systeem zijn gekwantificeerd. Ook in Luijckx (2020) is een waterbalans gemaakt voor enkele delen van het stroomgebied van de Vechte (Ommerkanaal, Dinkel en Sallandse Wetering).



Afbeelding 9: Nederlands deel van de Vechte inclusief locaties van stuwen en belangrijkste zijinstromers (Haastregt, 2023)

Om het debiet in de rivier op verschillende locaties te regelen, zijn er in het verleden stuwen gebouwd (Figuur 9) (Haastregt, 2023; Koronaci, 2022). Om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen, ligt de nadruk van de stuwen in de Vecht tegenwoordig op het vasthouden en opslaan van water bij watertekorten en het afvoeren van water stroomafwaarts bij wateroverschotten. Door water vast te houden en op te slaan, blijft het water in het systeem, wat later de negatieve gevolgen van droogte kan verzachten. (Waterschap Vechtstromen, 2021b). Het vasthouden en opslaan van water is geïmplementeerd door het creëren van meanderende geulen rond de stuwen om de rivier op sommige locaties in zijn oorspronkelijke staat te herstellen (Koronaci, 2022). Dit zal het debiet en de waterniveaus in de rivier beïnvloeden. Veranderingen in waterlopen zijn gerapporteerd in documenten zoals "Factsheet KRW 49 waterlichamen Vechtstromen" op de site van het regionale waterschap Vechtstromen (<https://www.vechtstromen.nl/bestuur/waterbeheerprogramma-2022-2027/>) of "KRW factsheets" op de site van Drents Overijsselse Delta (<https://www.wdodelta.nl/waterbeheerprogramma>). Als middel voor aanpassing aan klimaatverandering zullen de stuwen ook anders worden beheerd. Ze zullen vaker en sneller worden bediend wanneer perioden van droogte of extreme neerslag worden verwacht. (Waterschap Vechtstromen, 2021b). Al deze maatregelen worden genomen om de gevolgen van droogte en wateroverschotten voor de watergebruikers, voor

de Vecht vooral landbouw en natuur, te beperken. (Waterschap Vechtstromen, 2021b).

Een van de eerste klimaatveranderingsstudies voor het stroomgebied van de Vecht is uitgevoerd door Middelkoop et al. (2001). Zij pasten een conceptueel regenval-afvoermodel toe om de effecten van klimaatverandering op de stroomafvoer te beoordelen en vonden een toename van de jaarlijkse piekafvoer van ongeveer 20% en een afname van de late zomerstroom van ongeveer 5% in het UKHI2050-scenario. Van Velzen et al. (2007) rapporteerden een verwachte toename van het debiet tussen 7 en 18% in 2050 en 11 en 31% in 2100 in het WB21-scenario. Verdonschot (2009) behaalde resultaten in lijn met Middelkoop et al. (2001) met behulp van een fysisch gebaseerd hydrologisch model voor een deel van het stroomgebied van de Vecht. Hij vond dat zowel de frequentie van piekafvoeren als het aantal droogtegebeurtenissen zal toenemen voor verschillende Hadley Centre scenario's. Onlangs zijn de KNMI-klimaatscenario's en -effecten kwalitatief vertaald naar het stroomgebied van de Vecht. (Waterschap Vechtstromen & WDOD, 2022). De hydrologische gevolgen zijn over het algemeen consistent met eerder onderzoek dat een toename van de droogtefrequentie en overstromingskans laat zien. Hydrologische klimaatveranderingsstudies voor de Oude IJssel en Berkel zijn niet gevonden in de wetenschappelijke en vakliteratuur.

2.4 Geohydrologie

Beschrijving van het systeem

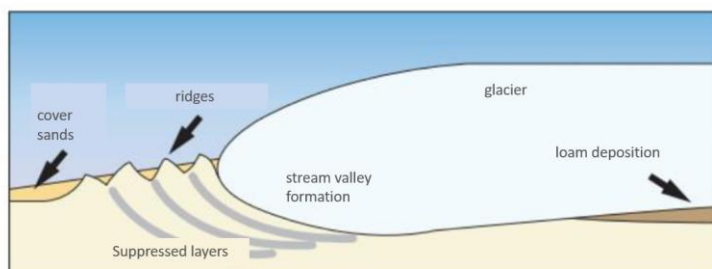
De stroomgebieden van de Vechte, Berkel en Oude IJssel maken deel uit van het stroomgebied van de Rijn en hun geologische kenmerken worden beïnvloed door de complexe geologische geschiedenis van de regio. De stroomgebieden vertonen een diversiteit aan bodemtypes als gevolg van de aanwezigheid van glaciële afzettingen uit ijstijden in het verleden in combinatie met voortdurende fluviale processen.

Het studiegebied bestaat uit overwegend vrij afwaterende zandgebieden afkomstig uit het Pleistoceen, in Nederland Hoog Nederland genoemd (Hendriks et al., 2022) en laaglanden in het Noord- en Midden-Duitse ongeconsolideerde gesteentegebied in Duitsland (LBEG, 2016).

De Pleistocene zanden worden gekenmerkt door hun unieke geomorfologie en dominante zand- en leemafzettingen, die hun oorsprong vinden in het

Pleistoceen tijdperk [2,6 miljoen - 11700 jaar voor Christus] (Stouthamer et al., 2020).

De variaties tussen glaciële en interglaciële warme perioden met afwisselend erosies en afzettingen en voortschrijdende en terugtrekkende ijskappen resulteerden in een landschap dat wordt gekenmerkt door hoge ruggen (morenen), fijne eolische zandafzettingen (dekzanden) en beekdalen (Stouthamer et al., 2020) zoals geïllustreerd in Afbeelding 10.



Afbeelding 10 Vorming van het landschap in het studiegebied (vertaald uit Provincie Overijssel, 2013)

De stuwwallen, dekzanden en beekdalen bepalen het huidige functioneren van het grondwatersysteem in het gebied. De hydrogeologische basis in het Vechtstroomgebied ligt gemiddeld op ongeveer 100 m boven zeeniveau. (Waterschap Vechtstromen, 2017). Bovenop liggen klei- en zandlagen van verschillende formaties uit het Holoceen en Pleistoceen. Op de hogere gronden met zand of keileem infiltreren regenwater en oppervlaktewater via het freatisch watervoerende pakket (voornamelijk zanden) naar diepere watervoerende pakketten. Onder het freatisch watervoerend pakket bevindt zich een relatief ondoordringbare laag van 3 - 4 meter dik die de grens vormt tussen het freatisch grondwater en het eerste (semi-)besloten watervoerend pakket. De dikte van het eerste watervoerende pakket varieert tussen 10 en 90 m (LBEG, 2016).

De hoger gelegen gronden (morenen) zijn de belangrijkste grondwateraanvullingsgebieden. Door hun dikke onverzadigde laag is de verblijftijd van het grondwater groot en de algehele dynamiek in het systeem laag (van Doorn & Jalink, 2017).

Het grondwater stroomt van de hogere gronden naar de leemachtige en veengronden in de lagere gronden, waar het grondwater naar de oppervlakte sijpelt en bijdraagt aan de rivierafvoer. In het algemeen worden de pleistocene zandige bovengrond en ondergrond gekenmerkt door een hoge doorlatendheid en een bijbehorende hoge infiltratiecapaciteit, en dus beperkte verblijftijden van water in de onverzadigde zone (van Doorn & Jalink, 2017).

In principe volgt het grondwater de loop van de zijrivieren naar de

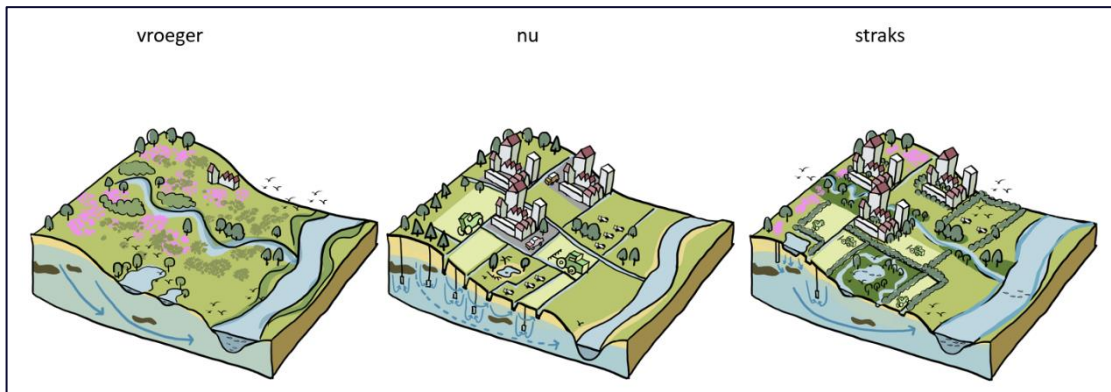
hoofdwaterlopen. Alleen langs de Oude IJssel wijkt het ondergrondse stroomgebied af van het topografische stroomgebied, omdat het watervoerend pakket ook afwatert op de Rijn. (MUNV, 2005).

Menselijke interventies

De invloed van de mens op het grondwatersysteem is aanzienlijk. Vóór het ingrijpen van de mens werd de grondwaterstroming van hoger naar lager gelegen gebieden sterk vertraagd. Intensieve drainage, grondwateronttrekkingen (bijv. voor drinkwater en irrigatie) en veranderingen in landgebruik beïnvloedden echter de grondwaterstroming en leidden tot veranderingen in grondwaterniveaus en -stromen, zoals geïllustreerd in Afbeelding 11. Zowel in Nederland als in Duitsland werd en wordt het gebied zwaar gedraineerd om het landbouwgebruik te maximaliseren.

Grondwater is de belangrijkste bron voor de drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Vecht, omdat de rivierafvoer in de zomer te laag is om voldoende te zijn voor de drinkwatervoorziening (Interview Vitens, NLWKN). In Duitsland is de watervoerende laag van de Issel een belangrijke bron voor de drinkwatervoorziening, waar het water voornamelijk wordt gewonnen uit de ondiepe watervoerende lagen. (MUNV, 2005). Grondwater wordt ook gebruikt voor irrigatiedoeleinden. Terwijl in het Nederlandse deel de watervoorziening voor een groot gebied (Berkel, Oude IJssel en delen van de Vechte) wordt verzorgd door water via een oppervlaktewateraanvoersysteem (Twentekanalen, zie paragraaf 2.7), is het overige gebied uitsluitend afhankelijk van neerslag en grondwater. Grondwateronttrekking neemt sterk toe in droge jaren. Naar verwachting zal het grondwatergebruik voor irrigatie in 2050 in Nederland met 55% zijn toegenomen. (Waterschap Vechtstromen, 2024) en met 100% in 2050 in NRW.

Om deze redenen is de grondwaterstand in het studiegebied al 150 jaar aan het dalen (Hendriks et al., 2022) wat een grote invloed heeft op de rivierafvoeren in de zomer; de periode waarin de rivieren voor een aanzienlijk deel gevoed worden door grondwater (MUNV, 2005). Vooral kleine beken drogen vaak op tijdens droge perioden (NLWKN, 2024a).



Afbeelding 11 Veranderingen in landgebruik en watergebruik in Hoog-Nederland door de tijd heen en het effect daarvan op grondwater en natuur. Links: natuurlijke situatie (tot ongeveer 200 jaar geleden); midden: huidige situatie; rechts: mogelijke toekomstige situatie waarin met een aantal maatregelen de grondwaterstanden verhoogd en kwelstromen versterkt kunnen worden. Het gaat om de volgende typen maatregelen: minder drainage, minder onttrekken, infiltratie van oppervlaktewater (Hendriks et al., 2022).

Door de beperkte beschikbaarheid van oppervlaktewater is de lokale grondwateraanvulling voornamelijk afhankelijk van neerslag en wordt deze vaak belemmerd door de effectieve drainage.

Daarom is het grondwatersysteem gevoelig voor veranderingen in neerslagregimes door klimaatverandering (van Doorn & Jalink, 2017).

Klimaatverandering zal waarschijnlijk leiden tot hogere grondwaterniveaus in de winter en lagere grondwaterniveaus in de zomer, wat zal resulteren in grotere schommelingen van de grondwaterniveaus; dit zal de natuurlijke functies van het grondwater aantasten.

In de zomer zal een toename van langdurige perioden van droogte, en als gevolg daarvan een stijging van de vraag naar water, de druk op de grondwatervoerende lagen doen toenemen. (Waterschap Vechtstromen, 2024) De natuur heeft nu al te kampen met structureel verlaagde grondwaterstanden als gevolg van grootschalige veranderingen in landgebruik en toenemende grondwateronttrekkingen.

In de afgelopen jaren zijn verschillende projecten gestart om de eerste stappen te zetten naar het herstel van het watersysteem, zoals [Emslandplan 2.0](#), [Zoetwatervoorziening Oost-Nederland \(ZON\)](#) en het EU Horizon Project [SpongeWorks](#) (start september 2024).

In recente en lopende studies in de stroomgebieden van de Berkel en de Oude IJssel wordt het effect van een verhoging van het grondwaterpeil met 20-40 cm op verschillende vormen van landgebruik beoordeeld. Een verhoging van de grondwaterstand is nodig om verdroging tegen te gaan (Provincie Gelderland).

Er zijn verschillende soorten maatregelen om de grondwaterstand in de zandgebieden te verhogen. Volgens Hendriks (2022) zijn de drie meest effectieve:

- Afwatering verminderen: Verwijderen of verhogen van ontwateringsvoorzieningen (waterlopen, sloten, greppels, afvoerkanalen)
- Onttrekking verminderen: de grondwateronttrekking verminderen en de onttrekking compenseren door extra infiltratie in de winter.
- Infiltratie van oppervlaktewater in gebieden met diepe grondwaterspiegels

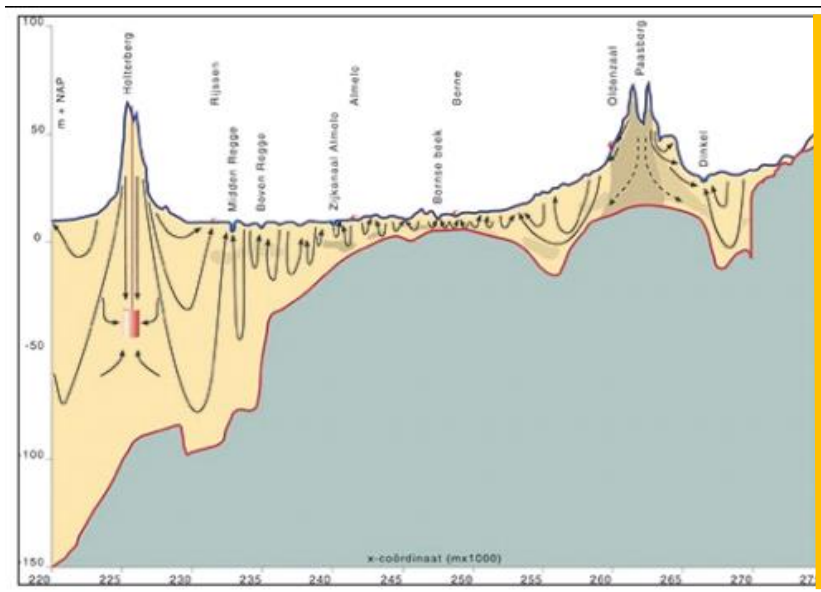
Grensoverschrijdende gevolgen

Uit de interviews kan worden geconcludeerd dat de kennis over grensoverschrijdende effecten van grondwater beperkt is. Vooral de Nederlandse autoriteiten noemden de grensoverschrijdende effecten van grondwater als een van de belangrijkste kennishiaten in het systeem (Provincie Gelderland, Waterschap Vechtstromen, Provincie Overijssel). Meer samenwerking en gezamenlijke grondwatermodellen werden ook genoemd door de Duitse belanghebbenden (LBEG, Wasserverbandstag, WAZ).

In het algemeen kunnen twee soorten grensoverschrijdende grondwatereffecten worden onderscheiden:

- Rechtstreekse beïnvloeding van grensoverschrijdende grondwaterstanden door onttrekkingen/aanvullingen.
- De invloed van de (bovenstrooms gelegen) grondwaterstand op de (benedenstrooms gelegen) stroom, bijvoorbeeld het droogvallen van stromen of lage basisstromen als gevolg van lage grondwaterstanden bovenstrooms.

Volgens Vitens is het directe grensoverschrijdende effect van veranderingen in de grondwaterdynamiek beperkt, omdat de grondwatervoerende laag richting de grens dunner wordt (Interview Vitens), wat ook wordt geïllustreerd in Afbeelding 12.



Afbeelding 12 Conceptueel model van het grondwatervoerende pakket in het Nederlandse deel van het studiegebied dat uitdunt richting Duitsland (De grens is gemarkeerd als een oranje lijn aan de rechterkant van de x-sectie) (RIWM, 2014).

In het studiegebied is slechts één locatie bij Manderveen bekend, waar Nederlandse en Duitse (drink)waterwinningen grensoverschrijdende invloeden hebben.

Omdat er echter geen grensoverschrijdende grondwatermodellen op regionale schaal bestaan, is het directe grensoverschrijdende effect niet goed beoordeeld. Volgens de provincie Overijssel is meer samenwerking nodig om te voorkomen dat de ene belanghebbende de onttrekking moet beperken terwijl de andere belanghebbende de onttrekking verhoogt (Interview Provincie Overijssel). Ook het drinkwaterbedrijf in Duitsland (WAZ) noemde de noodzaak van grensoverschrijdende samenwerking bij het aanvullen van grondwaterlichamen (Interview WAZ).

Het tweede type grondwatereffect is het effect van de grondwaterstand stroomopwaarts op de basisstroming stroomafwaarts. De mechanismen worden veel beter begrepen, maar de kwantificering is beperkt. In de zomer zijn de grensoverschrijdende beken en rivieren afhankelijk van grondwateraanvulling, en natuurbeschermingsgebieden in de grensregio (bijv. veengebieden) hebben te lijden onder een te lage basisstroming, waardoor hun mogelijkheden voor ecologisch herstel beperkt zijn en grensoverschrijdende samenwerking nodig is (Interview Natuurmonumenten). In dit verband werd vooral de Buurserbeek genoemd. Maatregelen voor het vasthouden van water in Duitsland, die leiden tot hogere grondwaterstanden, zouden dus ook ten goede komen aan natuurbeschermingsgebieden in Nederland.

In het algemeen, zoals vermeld in verschillende interviews in beide landen

(Provincie Gelderland, GPRW) is de grensoverschrijdende samenwerking voor grondwater veel minder ontwikkeld dan de samenwerking voor oppervlaktewater, wat ook samenhangt met de beperkte kennis over de mate van grondwaterinteractie over de grens.

2.5 Waterverbruik

In het uitgebreide stroomgebied van de Vecht overheersen de grondwateronttrekkingen door de openbare watervoorzieningsbedrijven, die verschillende sectoren bedienen, maar in droge jaren kan de landbouw ten minste vergelijkbare hoeveelheden water gebruiken. In het proefgebied van het Vechtebekken in Nedersaksen wordt het drinkwatergebruik opgedeeld in drie categorieën. Volgens de drink- en afvalwatervereniging WAZ (Wasser und Abwasser Zweckverband Niedergrafschaft, WAZ, 2024) wordt ongeveer 50 % van het drinkwater gebruikt door particuliere huishoudens, 30 % voor de landbouw en 20 % voor de industrie. Sommige industriële bedrijven in het gebied hebben echter hun eigen waterrechten en gebruiken hun eigen water in hun processen. Veel landbouwbedrijven hebben ook hun eigen bronnen voor het irrigeren van de velden en het voeden van de dieren. Dit maakt het ingewikkeld om in detail te bepalen hoeveel water door wie wordt gebruikt. Voor al deze vormen van gebruik is een onttrekkingsvergunning nodig.

³³Binnen het Nederlandse deel van het Vechtstroomgebied is voor onttrekkingen boven 60 m /uur of 50.000 m per maand of binnen gebieden met beperkingen een vergunning nodig, die moet worden aangevraagd bij de Waterbeheerder. ³Voor winningen boven 10 m/uur is ten minste een melding bij de Waterbeheerder nodig. Vergunningplichtige winningen en winningen met melding vereisen ook monitoring en registratie in het LGR (Landelijk Grondwater Register), maar voor winningen met melding wordt de uitvoering in de praktijk slechts gedeeltelijk gerealiseerd. (Rekenkamer Oost-Nederland, 2022).

In de periode 2000 tot 2015 waren de grondwateronttrekkingen in de provincie Overijssel, met daarin het grootste deel van het Nederlandse deel van het stroomgebied van de Vecht, vrijwel constant, maar tussen 2015 en 2020 stegen de onttrekkingen met 10%. Industriële grondwateronttrekkingen bedragen 5% van de totale onttrekkingen en zijn gedaald. (Rekenkamer Oost-Nederland, 2022).

In het geval van watertekorten wordt water in Nederland toegewezen aan gebruikers volgens een beleid van prioritering. Watergebruik wordt verdeeld in vier klassen van hoogste tot laagste prioriteit:

1. Veiligheid en preventie van onomkeerbare schade: stabiliteit van waterkeringen, waterpeilbeheer ter voorkoming van vestiging en van onomkeerbare ecologische schade.
2. Nutsbedrijven: zekerheid van drinkwatervoorziening en (waterbehoefte onderliggende) energievoorziening
3. Kleinschalig hoogwaardig watergebruik (tijdelijke irrigatie kapitaalintensieve gewassen, industrieel proceswater)
4. Overig gebruik: scheepvaart, landbouw, natuur (zonder onomkeerbare schade), industrie, recreatie, binnenvisserij, drinkwater- en energievoorziening (niet nodig voor voorzieningszekerheid) en overige belangen (MInW, 2020).

Industrieel watergebruik heeft over het algemeen een laag consumptief deel: het meeste water keert terug naar het oppervlaktewatersysteem. Wat betreft de impact op watersystemen, kunnen waterkwaliteitsproblemen veroorzaakt door vervuilende stoffen in de retourstroom veel groter zijn dan de schaarsteproblemen van het oppervlaktewater veroorzaakt door de verbruikte hoeveelheid water; voor grondwatergebruik kan het de duurzaamheid van aquifers aanzienlijk beïnvloeden.

De wateronttrekking door de landbouw neemt toe in droge jaren. Als gevolg van de klimaatverandering (zie hoofdstuk 2.2) is er vaker opbrengstverlies te verwachten door droge periodes en hevige regenval. De landbouw zal zich aanpassen aan de veranderende neerslag, wat zal leiden tot een aanzienlijke toename van irrigatie in de zomermaanden (Anter & Kreins, 2013).

In grote delen van het Vechtstroomgebied is zoet water voor agrarisch gebruik beschikbaar uit lokale bronnen zoals privébronnen en regionale waterleveranciers.

Stroomafwaarts gelegen gebieden, bijvoorbeeld in het beheersgebied van de Regionale Waterautoriteit Drents Overijsselse Delta (WDOD) en in de provincie Drenthe, worden via kanalen van zoet water uit de IJssel voorzien, deels door middel van pompen. In de meer stroomopwaarts gelegen delen van het stroomgebied in Nederland worden gewassen en weilanden in droge perioden tijdens het groeiseizoen vaak van extra zoet water voorzien door middel van beregening. Voor korte droge periodes kan zoet water opgeslagen in sloten of lokale vijvers relevant zijn, maar grondwater dat door boeren wordt opgepompt is veruit de belangrijkste bron van irrigatiewater.

Uit een analyse van het watergebruik in de landbouw in 2018 en 2019 blijkt dat de grondwateronttrekkingen voor gebruik in de landbouw zelfs even groot kunnen zijn als de onttrekkingen door het openbare

waterleidingbedrijf, maar dat de onzekerheden groot zijn (Projectteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

³³De geschatte winningen voor beregening in 2018 voor Waterschap Vechtstromen werden met twee methoden geschat op 20 miljoen m (LHM - Nationaal Hydrologisch Model) en 45 miljoen m (RS - Remote Sensing).

³³Voor Drents Overijsselse Delta leverde het LHM 25 miljoen m en RS 51 miljoen m op. Het grootste verschil in de schattingen kwam voort uit de aannames over het beregende gebied. In de LHM-schatting werd verouderde informatie over landbouwpraktijken in het late voorjaar gebruikt; in de RS-schatting werd teledetectie gebruikt om de irrigatietoepassing te diagnosticeren. Teledetectie gaf aan dat 30 tot 33% van het landbouwgebied werd geïrrigeerd, LHM ging uit van ongeveer 10%. Bij beide methoden bestaat er een aanzienlijke onzekerheid over de irrigatiediepte (in mm).

Een derde schatting, gebaseerd op geregistreerd watergebruik, was niet beschikbaar voor de twee waterschappen van de Vechte. Voor de andere waterschappen lag de schatting op basis van geregistreerd en gerapporteerd gebruik structureel onder de modelmatige schattingen.

³³³³De geregistreerde winningen voor beregening in de beheersgebieden van Waterschap Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta bedragen in een gemiddeld jaar respectievelijk 6 miljoen m en 5 miljoen m; in een typisch droog jaar loopt dit op tot 19 miljoen m en 17 miljoen m. Het extra watergebruik van kleine niet-geregistreerde winningen is onbekend voor Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta, maar modelmatige schattingen in gebieden van waterschappen in Noord-Brabant suggereren dat deze even groot of zelfs veel groter kunnen zijn dan de geregistreerde winningen. (UVW & IPO, 2021).

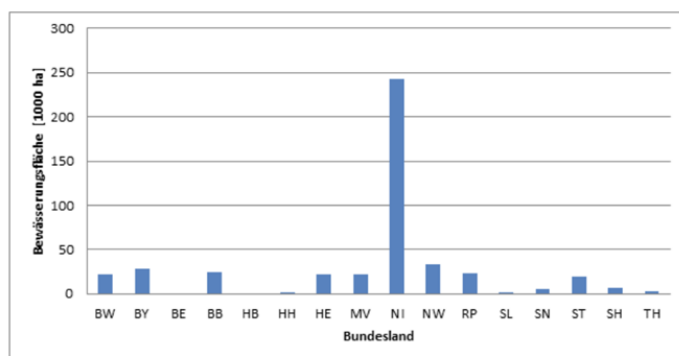
³³Om de landbouwwateronttrekkingen in 2018 in perspectief te plaatsen: de gemiddelde grondwateronttrekkingen van het openbare waterleidingbedrijf in Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta bedragen respectievelijk 45 miljoen m en 47 miljoen m. De RS-ramingen geven aan dat het agrarisch watergebruik in droogtejaren gelijk of hoger kan zijn dan de onttrekkingen voor het hoger geprioriteerde gebruik. De natuureffecten van het agrarisch watergebruik worden nog verergerd door de locatie van de winningen, want 29 tot 33% van de agrarische winningen vindt plaats in natuurgebieden en hun bufferzones voor Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta (vergeleken met 8 tot 13% van andere typen winningen).

Discussies in de literatuur en het beleid over agrarisch watergebruik behandelen verschillende belangrijke aanbevelingen:

- De registratie van watergebruik moet verbeteren, zowel wat betreft de dekking als de tijdige beschikbaarheid van informatie over watergebruik.
- De drempels voor registratie (of rapportageverplichting) moeten worden verlaagd. Een regio met verspreide kleinere winningen uit een grondwatervoerende laag is een prototypisch voorbeeld van een probleem met gemeenschappelijke hulpbronnen. Het achterwege laten van substantiële winningen zonder registratievereisten kan leiden tot een "tragedie van het gemeengoed" met waterschaarste als gevolg. Uitgebreide internationale ervaringen met het beheer van gemeenschappelijke hulpbronnen pleiten sterk voor een bredere registratie (en rapportage) (Witte et al., 2020).
- Er moeten minder waterintensieve culturen worden geteeld. In de huidige situatie worden gras- en gewasculturen geselecteerd op basis van netto economische opbrengst, niet op basis van het watergebruik. Omdat zoet water (blauw water) in reguliere jaren niet als schaars wordt ervaren, worden culturen gekozen die in dergelijke jaren zelfs groen water (regenwater, tijdelijk opgeslagen in de bodem) verbruiken en in drogere jaren meer irrigatiewater nodig hebben. (Witte et al., 2020).
- In verband hiermee wordt aanbevolen om expliciet rekening te houden met groen water in het waterbeheer (Hoekstra, 2012). De rapportage over watergebruik, die traditioneel gericht is op blauw watergebruik en blauw waterbalansen, kan worden uitgebreid met informatie over groen watergebruik en aangeven waar intensief groen watergebruik de gevoeligheid voor blauw water kan voeden en waterschaarste kan verminderen.

In het Duitse stroomgebied van de Vecht in het WAZ-gebied in Nedersaksen wordt 30% van het openbare water gebruikt voor de landbouw, particuliere bronnen niet meegerekend.

In totaal wordt 2,7% van het landbouwareaal in Duitsland geïrrigeerd (Federaal Statistisch Bureau, 2016). Nedersaksen is de meest irrigatie-intensieve deelstaat met ongeveer 242.000 hectare geïrrigeerd gebied in 2015 (zie staafdiagram hieronder).



Quelle: Destatis (2016).

Afbeelding 13 Bewaterde landbouwgrond in 1000 ha in de Duitse deelstaten in 2012 (Anter & Kreins, 2013). Nedersaksen wordt afgekort als NI, Noordrijn-Westfalen als NW.

De volgende tabel van het Thünen-instituut (2015) toont de waterbehoefte voor landbouwirrigatie in Noordrijn-Westfalen voor verschillende perioden. ³Voor de uitgangssituatie wordt voor NRW een waterbehoefte van ongeveer 19 miljoen m per jaar berekend. De waterbehoefte voor tuinbouwgewassen in Noordrijn-Westfalen zal met minder dan 50% toenemen, terwijl de waterbehoefte voor landbouwgewassen tot 2050 ruwweg verdrievoudigt. In de loop van de tijd worden deze ontwikkelingstendensen sterker. In de laatste beschouwde periode (2051-2080) zal de waterbehoefte in Noordrijn-Westfalen naar verwachting ongeveer 19 keer zo groot worden. ³Volgens Kreins et al. (2015) betekent dit ongeveer 350 miljoen m (Kreins et al., 2015). Meer dan 90% hiervan is afkomstig van landbouwirrigatie.

	1961-1990			1990-2020		
	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau
NRW	14,1	3,4	10,7	25,1	12,6	12,4
Düsseldorf	6,2	1,9	4,4	10,9	6	4,9
Köln	3,4	0,8	2,6	7,1	4,2	3
Münster	2,9	0,6	2,3	4,9	2	2,9
Detmold	1,3	0,2	1,2	1,8	0,4	1,3
Arnsberg	0,3	–	0,3	0,4	0	0,4

	2021-2050			2051-2080		
	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau	Gesamt	Landwirtschaft	Gartenbau
NRW	56,6	39,4	17,1	128,6	101,9	26,6
Düsseldorf	22,7	15,9	6,9	50,2	39,5	10,7
Köln	21,5	17,5	4	50,5	44,3	6,2
Münster	7,2	3,5	3,7	12,5	7	5,6
Detmold	4,2	2,2	2	11,2	8	3,2
Arnsberg	1	0,4	0,6	4,1	3,1	1

Quelle: Kreins et al. (2013; 2015).

Afbeelding 14³Ontwikkeling van de irrigatiebehoefte in de landbouw in Noordrijn-Westfalen (in miljoen m)(Anter et al., 2018).

Vervoer door de scheepvaart en de recreatievaart zorgen voor een extra waterbehoefte. Dit is voornamelijk in de vorm van een minimaal vereist waterpeil, wat een vorm van niet-consumptief gebruik is. De bediening van sluisen resulteert echter in een benedenstroomse afvoer, wat gezien kan

worden als consumptief gebruik voor het bovenstroomse gebied. Het transport door de scheepvaart in het gebied concentreert zich op het Twentekanalensysteem, terwijl de recreatievaart vooral plaatsvindt op de Vechte en de Oude IJssel.

De laatste belangrijke functie die gebruik maakt van water is natuur. Dit betreft zowel de aquatische natuur als de waterafhankelijke terrestrische natuur, die voornamelijk afhankelijk is van voldoende hoge grondwaterstanden. Het kwantificeren van deze waterbehoefte voor het stroomgebied is complex. Voor de Vechtstreek wordt momenteel binnen de grenswatercommissie gesproken over het toevoegen van minimumdebieten als bijlage bij de grenswaterverdragen (zie ook hoofdstuk 4.3).

2.6 De Vecht beheren

De Vechte heeft een lange geschiedenis van menselijke ingrepen, die van invloed zijn op de morfologie van de rivier. De eerste ingrepen werden uitgevoerd in de periode tussen het einde van de 19e eeuw en het midden van de 20e eeuw. In het Duitse deel van de Vecht gingen de ingrepen samen met de ontwatering van de veengebieden in Noordwest-Duitsland voor agrarisch gebruik in de jaren 1950 (Emslandplan) (DHV, 2009). Naast afwatering werd de waterstroom gereguleerd door sloten parallel aan de rivier de Vechte (Talgräben). Stroomafwaarts van Neuenhaus monden deze sloten uit in de rivier.³ Om te voldoen aan de KRW zijn verschillende stuwen verbeterd met het oog op continuïteit. Het waterpeil in de rivier werd al voor de Tweede Wereldoorlog verhoogd met stuwen voor irrigatiedoeleinden. Sinds de jaren 1960 is het lagere deel van de Duitse Vecht gekanaliseerd en rechtgetrokken. Tijdens deze ingrepen werd de lengte van de rivier met ongeveer 50 km verminderd.

In Nederland werden ook meanders van de vrijstromende rivier verwijderd en werd de rivier rechtgetrokken om overstromingsgolven sneller af te voeren ter voorkoming van overstromingen. (Wolfert & Maas, 2007). Deze

³ "Riviercontinuïteit verwijst naar de mogelijkheid voor water, sedimenten en waterfauna om zich vrij te verplaatsen in de stroomopwaartse en stroomafwaartse richtingen langs de rivier [...]. Elke door de mens veroorzaakte barrière in een rivier kan deze riviercontinuïteit verstoren door de riviercorridor en fluviaatiele habitats te fragmenteren. Deze fragmentatie verandert de uitwisseling en passage binnen de riviercorridor en de rivierconnectiviteit, waarvan ecologische processen afhankelijk zijn. (ECRR, 2019)."

kanalisatie van de rivier werd bereikt door 69 meanders recht te trekken en de rivier 25 km korter te maken (Spruyt & Fujisaki, 2021; Wolfert & Maas, 2007). Het onmiddellijke resultaat van deze rivierrechtmaking was een toename van de helling van de rivierbedding, wat leidde tot beddingafbraak en een afname van de stromingsdiepte (Wolfert & Maas, 2007). De bodemdegradatie werd tegengegaan door de aanleg van oeverbeschoeiingen en zeven stuwen met kantelpoorten om de stromingsdiepte te regelen, waarvan er zes nog steeds in gebruik zijn (Haastregt, 2023).

De afgelopen 25 jaar is geprobeerd de ecologische functies van de rivier te verbeteren door de morfologische activiteit te vergroten en de rivier weer gedeeltelijk natuurlijk te maken door een reeks ingrepen langs de rivier. Dit is met name goed gedocumenteerd voor het Nederlandse Vechte deel (zie bijlage A en Haastregt, 2023) voor meer informatie. In Duitsland is de ontmanteling van de stuw in Schüttorf (NLWKN, 2021e) het creëren van uiterwaarden bij Nordhorn (NLWKN, 2021a) en het creëren van successie- of initiële geulen in de buurt van Schüttorf (NLWKN, 2021c) zijn recente projecten die zijn gedocumenteerd.

In Nederland zijn tot 2000 op verschillende plaatsen in de rivier noodretentiegebieden en poelen in uiterwaarden aangelegd voor wateronttrekking tijdens droge perioden. Na 2000 en tot voor kort is er langs de rivier een reeks nevengeulconstructies en -aanpassingen uitgevoerd. Tegelijkertijd zijn de oevers van delen van de Vechte en sommige nevengeulen in een meer natuurlijke staat hersteld door volledige of gedeeltelijke ontpoldering. De uiterwaarden zijn beïnvloed door de inspanningen om de Vechte te renaturaliseren, hetzij door delen ervan te verlagen, hetzij door de rivier op sommige delen meer ruimte te geven door de dwarsdoorsnede van de hoofdgeul te verbreden en/of door opnieuw te meanderen. Ten slotte zijn er verschillende andere soorten ingrepen uitgevoerd, zoals de bouw van sluizen en de vervanging en versterking van dijken.

In de huidige situatie heeft de Vecht een verval van 105 m over een totale lengte van 182 km, waarvan 10 m in het Nederlandse deel. (Lamers, 2017). De mediane sedimentdiameter van de rivier is 0,325 mm (Lamers, 2017).

Otermann (2015) gaf een overzicht van enkele recente morfologische ontwikkelingen in de rivier de Berkel, dat hieronder is samengevat. De rivier de Berkel was vroeger een dynamische rivier, maar heeft sinds de Middeleeuwen veel veranderingen ondergaan (Driessen et al., 2000; Pinkert, 2017). De meest opvallende verandering is waarschijnlijk de grootschalige rechtekking van de rivier, waardoor de lengte is afgenomen

van 170 km tot 110 km. De rivier de Berkel heeft de grootste verandering in bodemhoogte in het Duitse deel. De totale hoogtedaling bedraagt ongeveer 100 meter over de gehele waterloop, d.w.z. vanaf de plaats Billerbeck waar de rivier ontspringt tot aan de IJssel bij Zutphen, nadat de rivier bij Oldekott de Duits-Nederlandse grens is overgestoken.

Vóór de vele en grootschalige veranderingen die de rivier onderging, had de Berkel regelmatig te maken met overstromingen. In de 19e eeuw werd er steeds meer land bebouwd, wat leidde tot nog meer overstromingsgevoelige omstandigheden door kunstmatige drainage van het land. De vele grootschalige ingrepen en de bouw van stuwen verslechterden de natuur en de dynamiek van de rivier, zoals het verdwijnen van vissoorten en het niet meer inunderen van de uiterwaarden. Sinds 2005 wordt er echter gewerkt aan het herstel van een deel van de functies van de rivier door de aanleg van natuurvriendelijke oevers en vispassages en door het omleiden van de rivierstroom door oude meanders. Verder wordt er gestreefd naar waterberging in de uiterwaarden door boeren te compenseren om water op hun land toe te laten.

In 2014 werd het rechte deel van de Berkel tussen Almen en Zutphen hersteld in zijn oude dynamische meanderende loop door de stroming via bochten en voormalige stroomroutes te herstellen. In totaal werden 15 bochten toegevoegd, waardoor de rivier 2,5 km langer werd. De rivier kreeg een stromingspatroon dat typisch is voor meanderende rivieren met een dieper en sneller debiet in de buitenbocht en een ondieper en langzamer debiet in de binnenbocht. ³In deze nieuwe situatie is de maximaal toegestane afvoer bij de stuw bij Lochem 9 m/s, waarbij het overtollige water wordt afgevoerd naar het Twentekanaal.

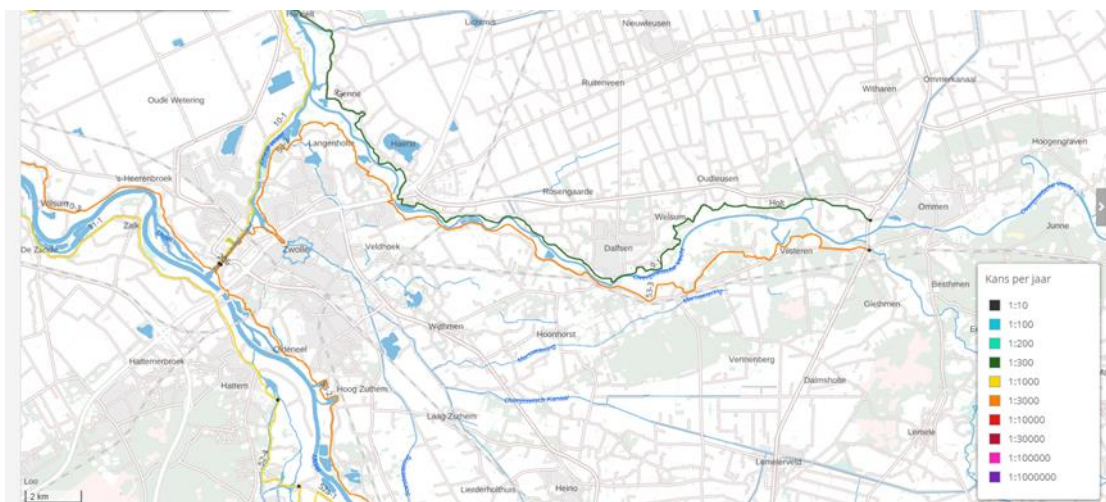
2.7 Watergerelateerde infrastructuur

Het debiet en de waterstand in de belangrijkste rivieren in het Vechtebekken worden sterk gereguleerd door infrastructuur. Een inventarisatie die in de jaren 2002 - 2004 is uitgevoerd voor het deel van het stroomgebied van de Vecht in Nedersaksen laat 109 aanzienlijke rivierbeddingsstructuren zien met een waterdaling van meer dan 30 cm en 9 sifons en duikers met een lengte van meer dan 100m. (NLWKN, 2004). Hoewel sommige van deze structuren zijn aangepast of verwijderd om de verbinding van verschillende delen van de rivier te verbeteren, is 90% van de gecatalogiseerde infrastructuur nog aanwezig (persoonlijke communicatie, Vechteverband). In dit hoofdstuk geven we een overzicht

van de belangrijkste soorten infrastructuur en hun invloed op het watersysteem, vooral tijdens overstromingen en droogtes. Verder geven we aan hoe en door wie de belangrijkste infrastructuur wordt onderhouden en beheerd.

Kades

Langs de hele Vechte liggen dijken ter bescherming tegen overstromingen. Door de versnipperde verantwoordelijkheid voor waterinfrastructuur in Duitsland is informatie over dijken niet centraal beschikbaar. In Nederland zijn de regionale waterschappen verantwoordelijk voor het onderhoud van dijken. Voor de Vechte beheert het waterschap Drents Overijsselse Delta de dijken. De enige dijken in het stroomgebied van de Vecht die deel uitmaken van het Nederlandse systeem van primaire bescherming tegen overstromingen zijn de dijken langs de Vecht benedenstrooms van Ommen (Afbeelding 15). Deze dijken hebben een maximaal toegestane faalkans van 1/300 per jaar voor de dijken aan de noordzijde van de rivier en 1/3000 per jaar voor de zuidzijde, zoals gedefinieerd in de nationale Waterwet. Het verschil tussen deze twee veiligheidsnormen wordt veroorzaakt door het verschil in potentiële schade als deze dijken falen. Falen van andere dijken in het stroomgebied zal naar verwachting minder schade veroorzaken en hebben daarom minder strenge veiligheidsnormen. In Nederland worden dit 'regionale dijken' genoemd. Hun maximaal toegestane faalkans wordt geregeld door de provincies. Het beheer van deze dijken ligt bij de regionale waterschappen. In Duitsland is het beschermingsniveau niet geregeld. Daarom bestaat er geen informatie over veiligheidsnormen voor dijken in Duitsland.



Afbeelding 15 Kaart van de dijken die deel uitmaken van de primaire bescherming tegen overstromingen in Nederland en hun maximale faalkans (WVP, n.d.) .

Bergingsgebieden

Een ander deel van de infrastructuur voor hoogwaterbescherming wordt gevormd door de gebieden die zijn aangewezen om water op te slaan

tijdens hoogwater, met als doel het waterpeil en de daaruit voortvloeiende schade stroomafwaarts te verlagen. Delen van de rivierbeddingen van de Regge en de Dinkel zijn geherstructureerd om water op te slaan. Langs de Vechte zijn ook verschillende op de natuur gebaseerde retentiegebieden aangelegd, bijvoorbeeld in de buurt van Quendorf. (NLWKN, 2021d). Verder zijn er twee bergingsgebieden (Noord - en Zuid Meene) aangewezen langs de Vechte tussen Gramsbergen en De Haandrik.

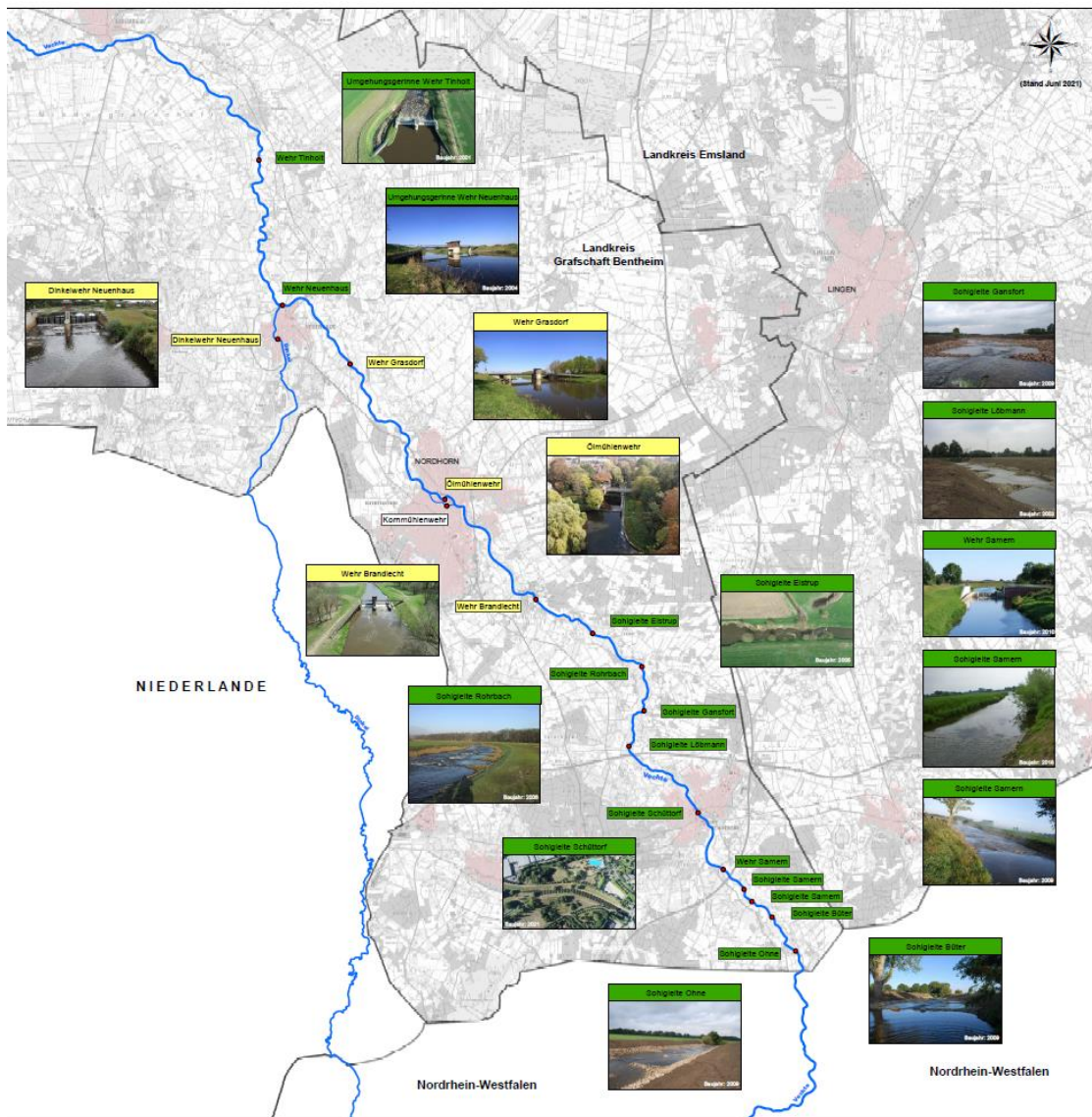
Stuwen en sluizen

Stuwen worden gebruikt om het waterniveau boven de minimumwaarden te houden voor verschillende doeleinden, zoals irrigatie, natuur en scheepvaart. Het laatste is belangrijker in de grotere rivieren en kanalen, terwijl de eerste twee belangrijker zijn in de kleinere stromen en sloten. In de grote rivieren en kanalen worden sluizen gebruikt om schepen tussen compartimenten met verschillende waterniveaus te laten bewegen. Naast stuwen zijn vistrappen gemaakt om migrerende vissen door te laten (Afbeelding 16).



Afbeelding 16: Vistrap (links), stuw (midden) en vaarsluis (rechts) op de Vechte (foto's Marnix van der Vat)

In Nedersaksen zijn verschillende stuwen aangepast om de continuïteit van de rivier te verbeteren (zie Afbeelding 17).



Afbeelding 17 Overzicht van maatregelen om de riviercontinuïteit in de Vechte te herstellen (NLWKN, 2024). De figuur toont de maatregelen die tot 2007 zijn uitgevoerd. Inmiddels is ook de stuw in Schüttorf aangepast (NLWKN, 2021e).

De sluisen op de rivieren worden vooral gebruikt voor recreatieve doeleinden. In de Oude IJssel en het Twentekanaal vindt goederenvervoer per schepvaart plaats via sluisen. De sluisen om vanuit de IJssel het Twentekanaal in te varen liggen bij Eefde. Het kanaalsysteem strekt zich stroomopwaarts uit tot Enschede, Almelo en Coevorden. In Duitsland is de Vechte via het Ems-Vechte-Kanaal verbonden met de Ems. Het Nordhorn-Almelo-Kanaal verbond ooit de twee steden Nordhorn en Almelo; het Nederlandse deel van het kanaal is echter gedempt. Er zijn sluisen bij de Ems ten zuiden van Lingen en bij de Vechte in Nordhorn. (NLWKN, n.d.-c).

Pompstations

In het Nederlandse deel van het stroomgebied worden kleine pompen

gebruikt om water om te leiden uit de rivieren, beken en kanalen, voornamelijk voor irrigatiedoeleinden. Tijdens droogte wordt de belangrijkste externe waterbron voor het Nederlandse deel van het gebied gevormd door het Twentekanaalsysteem, dat de Vechte bij De Haandrik voedt. ³Een groot gemaal met een capaciteit van 22 m³/s bevindt zich bij het sluizencomplex in Eefde en onttrekt water uit de IJssel aan het Twentekanaal. ³Door lek- en sluisverliezen wordt de effectieve capaciteit geschat op 16 m³/s. (Witteveen en Bos, 2016). Tijdens recente laagwatergebeurtenissen is het waterpeil in de IJssel gedaald tot een kritisch niveau waaronder verdere onttrekking moeilijk wordt. Dit zou ernstige gevolgen hebben voor de watervoorziening en de scheepvaart langs het Twentekanaalsysteem. Er zijn ook ongeveer 20 pompstations die water uit de omliggende gebieden in de Vechte lozen.

Bediening, onderhoud en beheer

In Nederland zijn de regionale waterschappen verantwoordelijk voor de exploitatie van het grootste deel van de watergerelateerde infrastructuur. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het Twentekanaal en het sluizencomplex en gemaal bij Eefde.

Terwijl de NLWKN in Nedersaksen verantwoordelijk is voor controle, ontwikkeling en onderhoud van de Vechte, is het Vechteverband verantwoordelijk voor alle kleinere beken met een bovenlokale betekenis. Het Vechtegebied in Noordrijn-Westfalen wordt beheerd door verschillende onderhoudsverenigingen.

3 Extreme gebeurtenissen in het stroomgebied

3.1 Overstromingen

De ernst van een overstroming is sterk afhankelijk van de landschapskenmerken. De Vechte, Berkel en Oude IJssel stromen meestal door een tamelijk vlak tot licht heuvelachtig landschap in Noordrijn-Westfalen, Nedersaksen en Nederland en vertonen weinig topografische verschillen. In dit type landschap kunnen twee soorten overstromingen worden onderscheiden:

1. Rivieroverstromingen: langdurige aanhoudende regen (matige intensiteit) in combinatie met natte bodems waardoor grote gebieden onder water komen te staan. Deze gebeurtenissen doen zich vooral voor in de wintermaanden.
2. Pluviale overstromingen: Korte / middellange - hevige regenval die plaatselijke overstromingen veroorzaakt. Voornamelijk in de zomermaanden.

Historische gebeurtenissen en gevolgen

In de afgelopen 100 jaar werd het studiegebied onderworpen aan overstromingen in 1960, 1998, 2010 en 2023/24. In de volgende paragraaf geven we een korte samenvatting van de laatste drie gebeurtenissen en hun impact op het gebied.

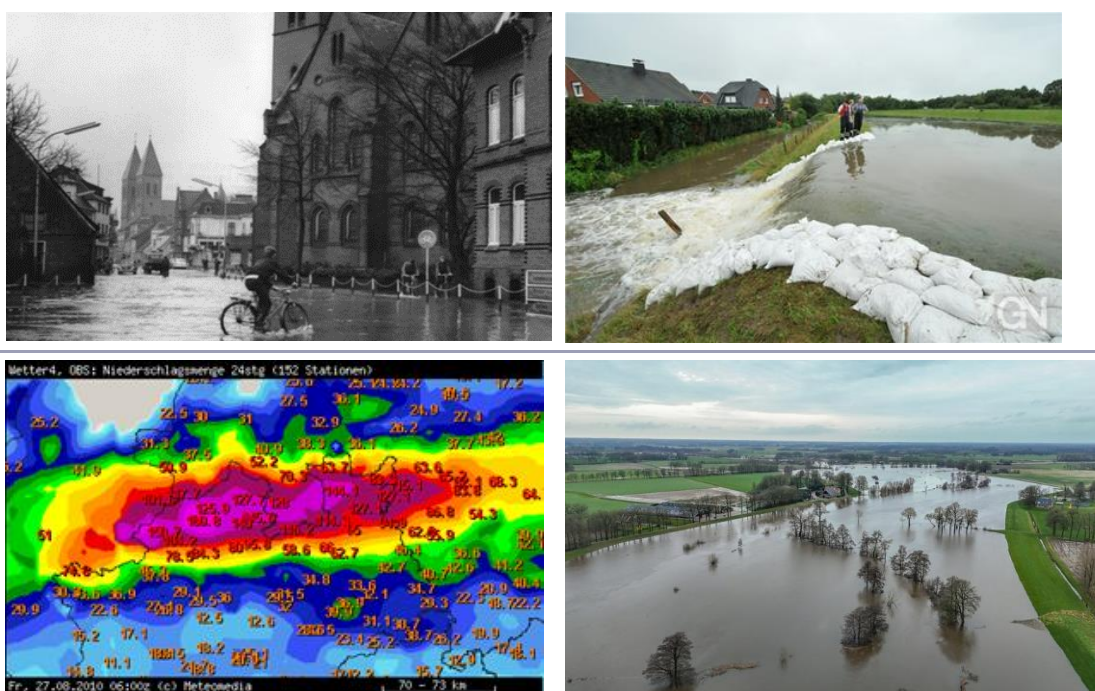
In oktober 1998 kreeg het gebied te maken met een grote rivieroverstroming. Overvloedige regen (203 mm/maand in Nedersaksen - 363% van de gemiddelde maandelijkse hoeveelheid, 291 mm/maand in Hoozeveen/Nederland in het studiegebied op verzadigde gronden) leidde tot hoge rivierafvoeren die overstromingen veroorzaakten in Duitsland en Nederland (KNMI, 1999; NLWKN, n.d.-a). Vooral de Dinkel trad buiten haar oevers en veroorzaakte overstromingen in de omliggende gebieden. Vanwege de tijd van het jaar werden grote landbouwverliezen geleden in het intensief bewerkte akkerland in de overstromingsgebieden. Andere gebieden waren net geoogst en werden zonder enige bescherming blootgesteld aan erosie, er was een groot verlies van bovengrond (NLWKN, n.d.-a).

In Nederland was het waterpeil in de Vecht zo hoog dat de steden Coevorden, Gramsbergen, Hardenberg en Ommen bedreigd werden,

dijkdoorbraken mogelijk werden geacht en evacuaties bijna werden geïnitieerd. (Waterschap Vechtstromen, 2020).

De overstroming leidde tot een verandering van perspectief in Oost-Nederland. Er werden initiatieven en projecten gestart om de rechtgetrokken rivieren te renaturaliseren, zodat het water geleidelijker zou afvloeien. Ook werden grote waterretentiegebieden (Gramsbergen, Meene) gecreëerd.

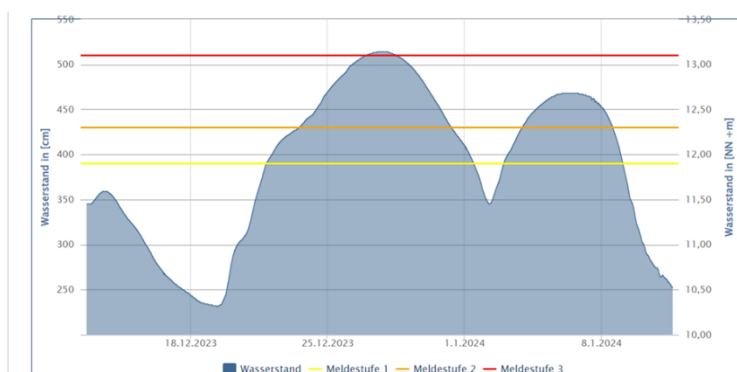
In 2010 veroorzaakte hevige regenval een overstroming in het grensgebied van Duitsland en Nederland. In Duitsland werd lokaal 180 mm regen in 24 uur geregistreerd in het Münsterland, in Nederland werd op station Hupsel de hoogste dagneerslagmeting (130 mm) in Nederland sinds 30 jaar geregistreerd. De extreme regenval resulteerde in ondergelopen straten en kelders en landbouwschade in het hele gebied. (Ems Vechte Welle, 2022; Vreugdenhil et al., 2010). Talloze hulpdiensten werden dagenlang ingezet. In Nederland overstroomde de Rijksweg N18 (WRIJ, n.d.). In Duitsland werden Nordhorn, Epe en Gronau bedreigd, omdat de rivieren op verschillende plaatsen buiten hun oevers traden. (Brandweer Gronau, 2020).



Afbeelding 18: linksboven: overstroming in Gronau 1960 (Dinkel) (WDR, 2016); rechtsboven: overstroming in de wijk Grafchaft Bentheim in 2010 (Grafschafter Nachrichten, 2016); links: selectieve hoeveelheden neerslag in 24 uur tijdens een zware regenbui in 2010 in Nederland, NRW en Nedersaksen (Severe weather centre, 2010); linksonder: uitbreiding van de Vechte tijdens de hoogwatergebeurtenis van 2023/2024 (NU.nl, 2024)

De meest recente overstrooming in het studiegebied vond plaats in de winter van 2023/24. Tijdens de kerstvakantie waren er hoge waterstanden in het studiegebied. In Emlichheim steeg de waterstand van de Vechte tot boven het derde meldingspeil (NLWKN, 2024b). De overstrooming werd gekenmerkt door een grote ruimtelijke omvang (grote delen van Nedersaksen, NRW en Oost-Nederland werden getroffen) en de lange neerslagduur. Tussen 18.12.2023 en 3.1.2024 viel er in het studiegebied in totaal tussen de 100 en 200 mm neerslag. Dit resulteerde in hoge afvoeren (ECDM, 2024; NLWKN, 2024b).

In Afbeelding 19 is te zien dat de waterstanden wekenlang hoog waren. Er werden recordwaterstanden geregistreerd aan de Vechte in Emlichheim en Neuenhaus (zie bijlage B).



Afbeelding 19 Vechte, peilstation Emlichheim met waterstanden van half december 2023 tot half januari (NLWKN, 2024b)

In de gemeente Emlichheim werd voor 23 000 euro schade aan gebouwen gemeld. Ook een schoolcentrum, dat bedoeld is als noodlocatie bij evacuatie en als contactpunt in crisissituaties, kwam onder water te staan. Bovendien was er plaatselijk een warmte-uitval. Bovendien kwamen veel kelders onder water te staan als gevolg van de hoge grondwaterstand. Op regionaal niveau waren de recreatieve infrastructuur en sommige fietspaden en kleine wegen tijdelijk geblokkeerd, sommige direct door het hoge water, andere doordat regenwaterafvoeren geblokkeerd waren door natuurlijk puin. (Waterschap Vechtstromen, 2023). Er werd melding gemaakt van allerlei lokale wateroverlast, waaronder de evacuatie van een kinderboerderij in een park in Hardenberg en kleinere waterschades in verschillende straten. (RTV Oost, 2023; RTV Vechtdal, 2023)..

Kades in de regio Laar worden momenteel op schade beoordeeld. De lange duur van de overstrooming leidde tot verliezen van wintergraan (Landbouwkamer van Nedersaksen, regio Emsland). De overstrooming maakte ook duidelijk dat de huidige communicatie- en alarmplannen duidelijker en meer geautomatiseerd moeten worden (district Steinfurt).

In het Nederlandse studiegebied, vooral langs de Vecht, zijn veel waterstand- en afvoermeetstations gestopt met werken omdat de niveaus buiten hun meetbereik lagen. Deze meetstations zijn cruciaal voor de operationele hoogwatervoorspellingssystemen. Het hoogwatervoorspellingssysteem voor de Vechte (FEWS Vechte) presteerde goed. De nauwkeurigheid van de voorspelling kan echter worden verbeterd. Voorlopige conclusies en aanbevelingen van een lopende evaluatie zijn:

- De kwaliteit en betrouwbaarheid van de lozingsmetingen waren niet voldoende, dus de robuustheid van het meetnetwerk moet worden verbeterd.
- De prestaties van het hydrologische model zijn laag door een combinatie van factoren: (1) slechte afvoermetingen; (2) ze zijn verouderd omdat ze gekalibreerd zijn op de overstromingsgebeurtenis van 1998; (3) het is moeilijk om de grote gevoeligheid van de werkelijke afvloeiing voor seizoensgebonden veranderingen (bijv. gewasstatus) te modelleren. Naast het netwerk zorgt de herkalibratie van het hydrologische model ervoor dat er rekening wordt gehouden met recente veranderingen in het watersysteem.
- Het Duitse deel van het stroomgebied is onvoldoende vertegenwoordigd in de Nederlandse modellen om tijdig voorspellingen te kunnen doen; de modelrepresentatie moet dus worden verbeterd.

Het langetermijndoel is om een toekomstig robuust FEWS Vechte Systeem te realiseren.

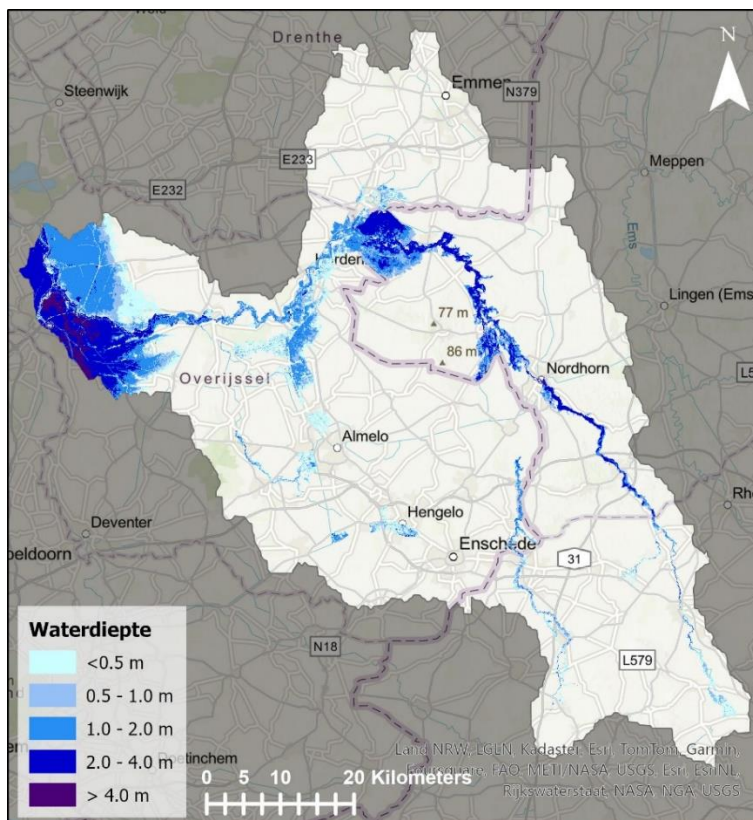
Overstromingsrisicobeoordeling en potentiële gevolgen

De EU-richtlijn Overstromingen vereist een overstromingsrisicobeoordeling en een overstromingsrisicobeheerplan. In Afbeelding 20 wordt de omvang van een extreme overstroming (terugkeerperiode > 200 jaar) gevisualiseerd voor het stroomgebied van de Vecht. De kaart bevat overstromingsrisicogegevens van Nederland, Nedersaksen en NRW. De kaart laat zien dat vooral in het grensgebied en stroomafwaarts in Nederland naar verwachting grote gebieden zullen overstromen bij een dergelijke extreme gebeurtenis.

Volgens het NLWKN en de provincie Gelderland zijn er inconsistenties in overstromingskaarten tussen beide zijden van de grens; in een goede samenwerking wordt geprobeerd deze verschillen te begrijpen. Er is geen gezamenlijke methodiek voor het opzetten van de overstromingsanalyse (Interview NLWKN, provincie Gelderland).

Op basis van de overstromingsrisicobeheerplannen is ook het aantal mensen beoordeeld dat zal worden getroffen door een overstroming. Tabel 2 geeft een indicatie van het aantal mensen dat wordt getroffen in het studiegebied (stroomgebieden van de Vechte, Berkel en Oude IJssel) voor overstromingen met drie verschillende terugkeerperioden (10-20 jaar, 100 jaar, 100+ jaar) op basis van het overstromingsrisicobeheerplan voor de Rijn.

De getallen zijn niet één op één met elkaar te vergelijken, omdat in de Nederlandse berekening wordt aangenomen dat de waterinfrastructuur niet zal falen, zelfs niet onder extreme omstandigheden die de terugkeerperioden overschrijden die zijn gebruikt in het ontwerp van de bescherming tegen overstromingen. Als deze systemen falen, kunnen duizend tot tienduizend inwoners worden getroffen.



Afbeelding 20 Overstromingsrisicokaarten van het stroomgebied van de Vecht (gebaseerd op open data).

Tabel 2 Aantal getroffen mensen in het studiegebied op basis van de respectieve informatie over overstromingsrisicobeheer (Deltares, 2024)

Gebied	HQvaak (om de 10 - 20 jaar)	100 (om de 100 jaar)	HQextreme (om de 100+ jaar)
Duits Studiegebied	3400	6300	77400*

* In dit geval wordt het gebied rond Isselburg overstroomd vanuit de Rijn en niet vanuit het regionale watersysteem.

Zoals besproken in hoofdstuk 2.2 nemen de neerslaghoeveelheden en de waarschijnlijkheid van extreme neerslaggebeurtenissen toe en zullen ze naar verwachting verder toenemen als gevolg van de klimaatverandering (LANUV, 2018). Uit de interviews kan worden geconcludeerd dat waterbeheerders zich ervan bewust zijn dat extreme overstromingen (terugkeerperioden van 100+ jaar) kunnen voorkomen, maar dat er geen specifieke maatregelen worden genomen om de gevolgen van dergelijke gebeurtenissen te verminderen (bijv. Interview Borken). Een modelstudie in Nederland, waarin de neerslag van de overstromingen van juli 2021 in de Ardennen-Eifel werd verschoven naar verschillende Nederlandse regio's, identificeerde het studiegebied als een van de kwetsbare gebieden, met name de regio rond Zwolle, waar al het water zich concentreert en de stad moet passeren (Deltares, 2022).

Kritieke infrastructuur

Of overstromingen de samenleving ontwrichten, hangt grotendeels af van de gevolgen van de overstroming voor kritieke infrastructuur, aangezien deze vitale functies voor de samenleving en het dagelijks leven levert. Deze functies omvatten diensten zoals telecommunicatie, transport en elektriciteit. Het falen van één kritisch infrastructuursysteem kan leiden tot het falen van andere systemen, zogenaamde 'cascade-effecten', die grote gevolgen kunnen hebben tijdens en na overstromingen.

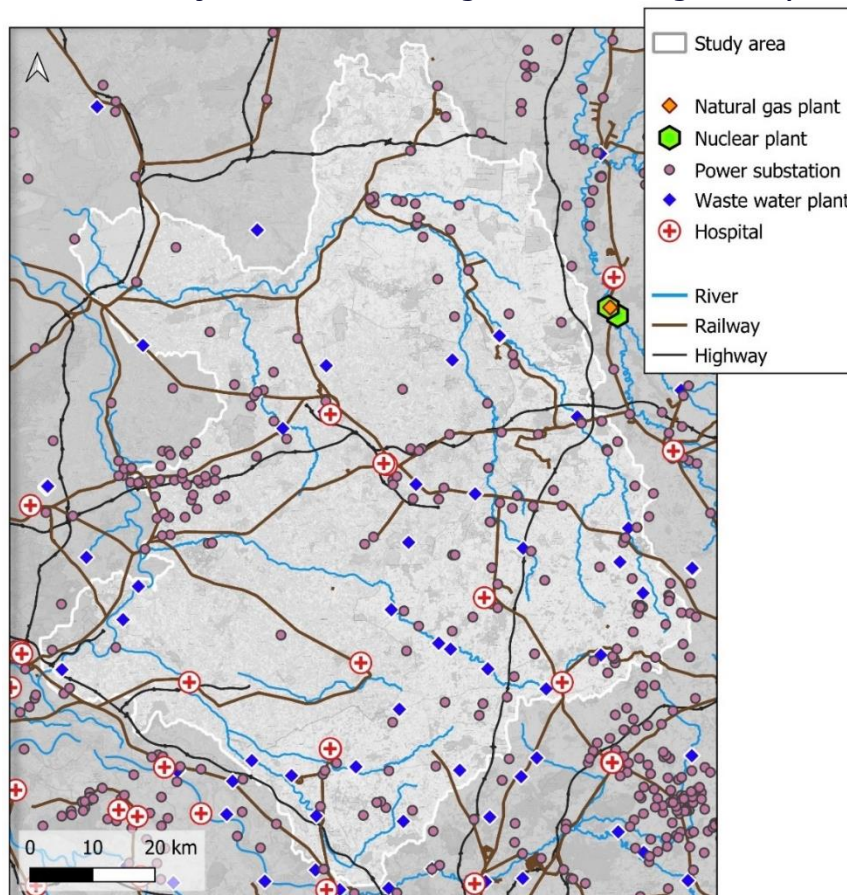
Vooruitlopend op ernstige natuurverschijnselen wordt meer aandacht besteed aan de beveiliging van kritieke infrastructuur. Na de overstroming van 2021 heeft de Nederlandse regering een aanbeveling uitgebracht om normen te definiëren voor kritieke infrastructuur met betrekking tot overstromingen door regenwater. (Beleidstafel wateroverlast en hoogwater, 2022). Dit wordt momenteel onderzocht en is nog niet gedefinieerd en geïmplementeerd.

In Duitsland wordt infrastructuur ingedeeld onder het concept KRITIS (kritieke infrastructuren). Dit verbindt overheden, asset- en netwerkbeheerders. KRITIS beschouwt iets andere infrastructuurfuncties als vitaal dan Nederland (Tabel 3) (BSI, n.d.). Eind 2024 wordt de Europese richtlijn voor veerkracht van kritieke entiteiten (CER) van kracht. Dit houdt in dat kritieke-infrastructuurentiteiten in de hele Europese Unie weerbaar moeten zijn tegen een reeks bedreigingen, waaronder natuurrampen. (EU, 2022)

Tabel 3 Sectoren beschouwd als kritieke infrastructuur in Nederland vs. in Duitsland

Nederland kritieke infrastructuur	Duitsland kritieke infrastructuur
Energie	Energie
Telecom	Informatietechnologie en telecommunicatie
Transport	Vervoer & verkeer
Drinkwater	Voedsel
Water	Water
Chemisch	Gezondheid
Nucleair	Verwijdering van gemeentelijk afval
Financiën	Financiën en verzekeringen
Overheid	Statuut en administratie
Openbare orde en veiligheid	Media en cultuur
Militair	

Er zijn open gegevensbronnen gebruikt om kritieke infrastructuur (zoals elektriciteitscentrales, transportinfrastructuur en ziekenhuizen) te lokaliseren bij een overstroming in het studiegebied (zie Afbeelding 21).



Afbeelding 21 Locaties van kritieke infrastructuur in het studiegebied, opgezocht via open data search (OSM, 2023)

In Nederland beschikken de veiligheidsregio's (Veiligheidsregio's) doorgaans over kennis over kritieke infrastructuurobjecten tijdens een binnenlandse crisis. Hoewel er consensus is bereikt tussen Duitsland en Nederland over het categoriseren van de nucleaire faciliteit in Lingen als kritisch object voor beide landen, blijft er behoefte bestaan aan het definiëren van vergelijkbare statussen voor andere cruciale infrastructuurobjecten die gevolgen kunnen hebben voor beide landen (Veiligheidsregio Twente). Uit verschillende interviews werd duidelijk dat er een belangrijke kennisleemte is over dit onderwerp: het is niet bekend waar de kritieke infrastructuur in buurlanden zich bevindt, noch hoe klimaatextremen het functioneren ervan kunnen beïnvloeden en wat de gevolgen hiervan kunnen zijn voor de veiligheid van een regio (Veiligheidsregio IJsselland, district Borken en gezamenlijke gemeente Neuenhaus).

3.2 Droogte

De regio heeft te kampen gehad met ernstige droogte in 1921, 1959-1960, 1976, 1996, 2003, 2018, 2019, 2020 en 2022. (Kremer Devesa, 2023; Van der Heijde, 1978). Hier richten we ons op de recente droogtes van 2018, 2019 en 2020, om de volgende redenen: (1) voor deze periodes is de meeste informatie beschikbaar, (2) het landschap is vergelijkbaar met het huidige landschap, (3) de droogtes waren extreem, vooral in 2018.

Meteorologische, bodemvocht- en grondwaterdroogte

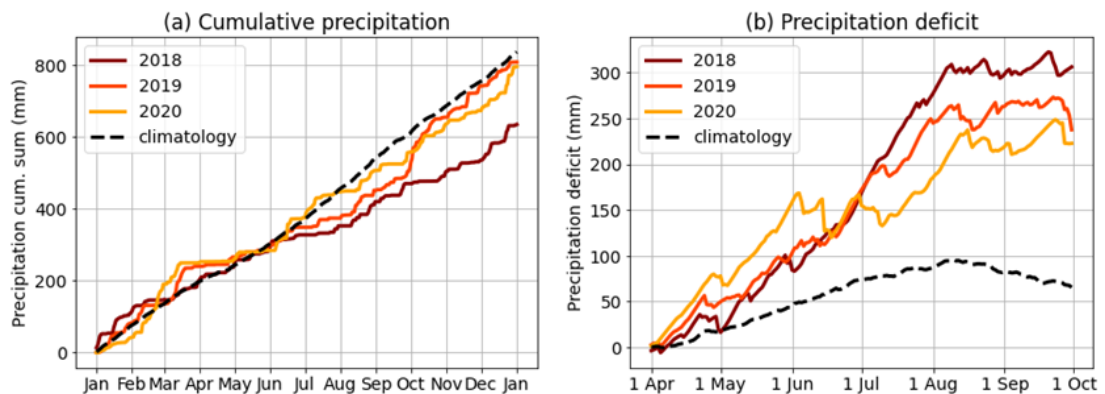
Afbeelding 22(a) toont de cumulatieve som van de neerslag in het Nederlandse deel van het studiegebied voor 2018, 2019, 2020, en voor de klimatologie, d.w.z. het gemiddelde voor de periode 1992-2021. Gemiddeld bedraagt de jaarlijkse neerslag in het Nederlandse studiegebied 835 mm, zonder substantiële seizoensvariaties. De zomerdroogte van 2018 en 2019 wordt deels veroorzaakt door de lagere neerslag vanaf juni. In 2018 bleef de neerslag maandenlang laag, waardoor de jaarlijkse som 200 mm lager was dan gemiddeld. In 2019 verhoogden de herfstregens de neerslag tot een bijna-normale som.

Om rekening te houden met het effect van evapotranspiratie wordt meteorologische droogte vaak gekwantificeerd door het neerslagtekort weer te geven, d.w.z. de referentie-evapotranspiratie min de neerslag tijdens het groeiseizoen. Het neerslagtekort voor het studiegebied wordt getoond in Afbeelding 22(b). De klimatologie laat zien dat het neerslagtekort over het algemeen toeneemt naarmate het groeiseizoen vordert. In de winter, wanneer de neerslag groter is dan de evapotranspiratie, zal het neerslagtekort negatief zijn. Vergeleken met de gemiddelde

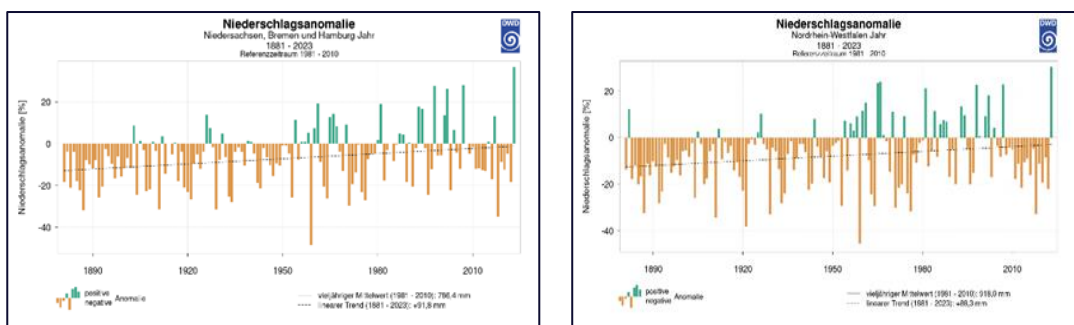
omstandigheden waren de neerslagtekorten in 2018, 2019 en 2020 aanzienlijk hoger.

Vergelijkbare cijfers worden gerapporteerd voor de Duitse kant. Volgens het LANUV bedroeg de gemeten jaarlijkse neerslag in 2018 iets minder dan 620 millimeter, met een neerslagtekort van 230 millimeter. (LANUV, n.d.-b). Dit tekort hield aan in 2019. Na een uitzonderlijk regenachtige februari 2020 werd een langdurige periode van lage neerslag verlengd tot in juni, waardoor de situatie nog verder verslechterde. Positieve en negatieve neerslaganomalieën van Noordrijn-Westfalen en Nedersaksen worden getoond in Afbeelding 23. In beide deelstaten is de neerslaganomalie van 2018 bijna tot -40% gedaald. Ook de meeste volgende jaren vertonen een negatieve neerslaganomalie.

De klimatologische waterbalans van het groeiseizoen (KWB), april-september voor Itterbeck laat hetzelfde zien en is opgenomen voor de locatie van Itterbeck in het district Grafschaft Bentheim en de jaren 2018 tot 2022 in Tabel 4. Alleen het jaar 2021 laat een positieve KWB zien. In het jaar 2018 geeft de KWB het hoogste negatieve getal aan.



Afbeelding 22: Meteorologische gegevens in de regio met (a) cumulatieve neerslag voor de klimatologie (1992-2021), en de droge jaren 2018, 2019 en 2020, op basis van KNMI-gegevens van zeven stations: Almelo, Denekamp, Enschede, Hengelo, Tubbergen, Twente en Weerselo, en (b) neerslagtekort voor dezelfde perioden, op basis van referentie ET-gegevens (Makkink) van de KNMI-stations Heino, Hoogeveen, Hupsel en Twente.

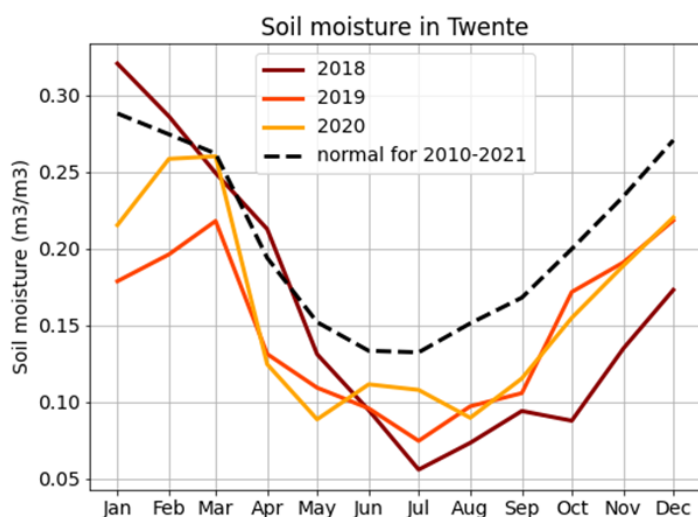


Afbeelding 23: overzicht van neerslaganomalieën, zowel positief (groen) als negatief (oranje), van 1881 tot 2023, inclusief het gemiddelde en de lineaire trend in Nedersaksen (links) en Noordrijn-Westfalen (rechts)

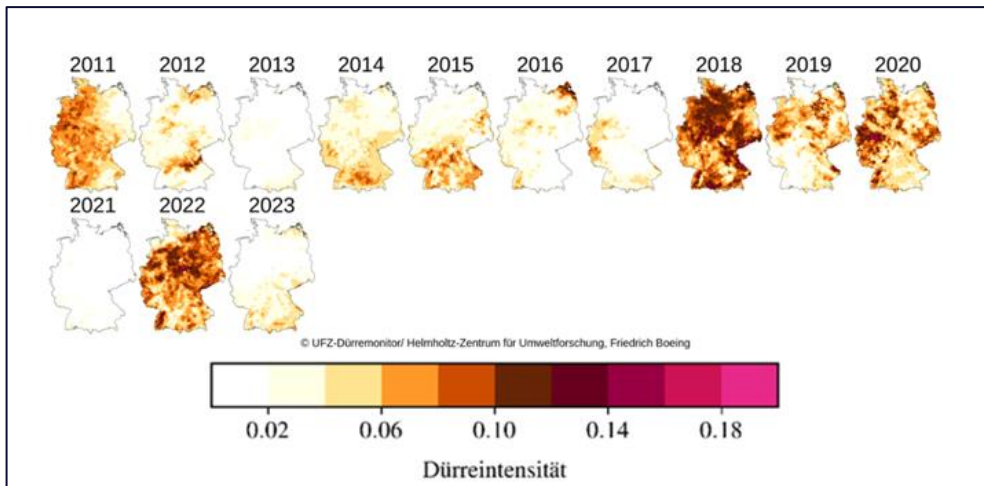
Tabel 4 Klimaatwaterbalans in het groeiseizoen (KWB), april-september voor Itterbeck (Landwirtschaftskammer Niedersachsen)

jaar	Klimaatwaterbalans in het groeiseizoen (KWB), april-september voor Itterbeck
2018	- 483 mm
2019	- 332 mm
2020	- 209 mm
2021	+ 69 mm
2022	-256 mm

Het langetermijngemiddelde (12 jaar) in de regio Twente laat de normale effecten zien van het neerslagtekort en het 'bijvullen' van het bodemvocht in de winter. Voor de drie geselecteerde jaren daalde het bodemvocht tot kritische waarden, vooral in het groeiseizoen. Het jaar 2019 begon met een significant verschil met normaal, omdat de winterneerslag onvoldoende was om het neerslagtekort in het voorafgaande groeiseizoen teniet te doen.



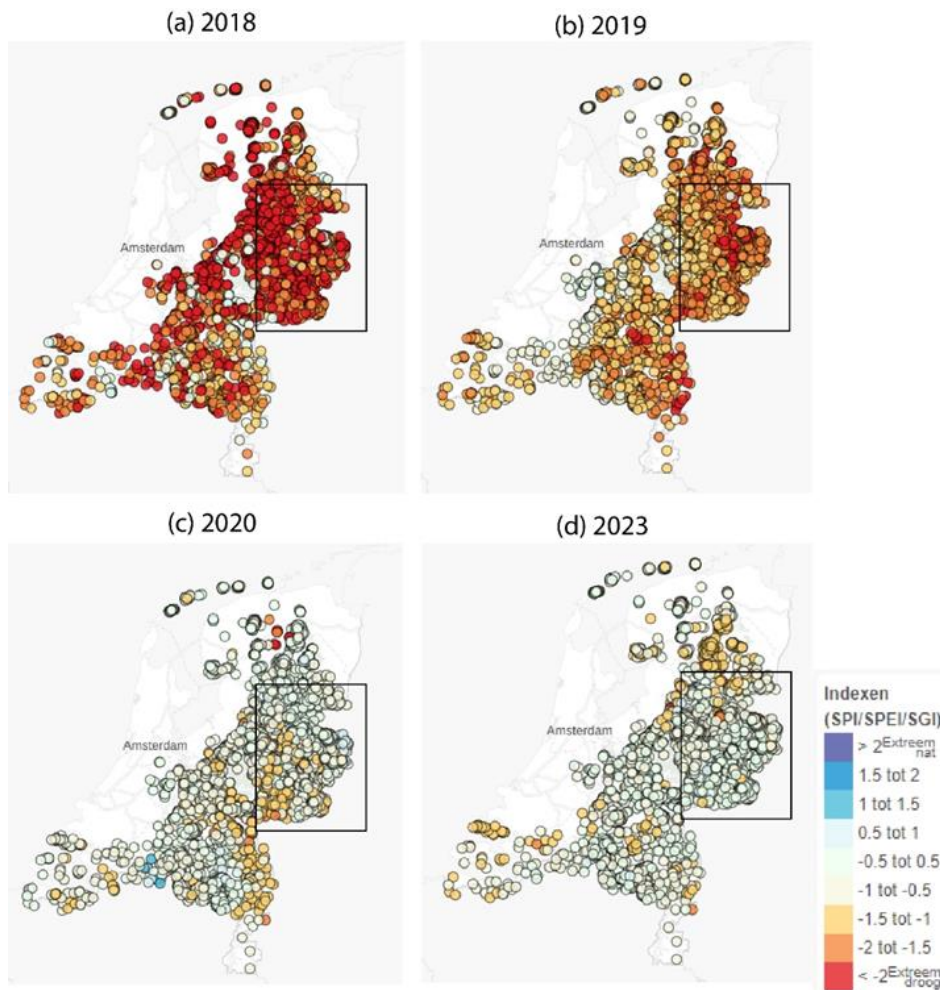
Afbeelding 24: Vocht in de bovengrond (0-10 cm) in de regio Twente - gemiddelde gegevens van 17 stations. De droge jaren 2018, 2019 en 2020 zijn weergegeven met de 12-jaars periode normaal. Dataset is beschreven door Van der Velde et al. (2023).



Afbeelding 25⁴Droogte-intensiteit van de bovengrond (0-25cm) in het groeiseizoen april tot oktober in Duitsland over de laatste jaren (UFZ, 2024).

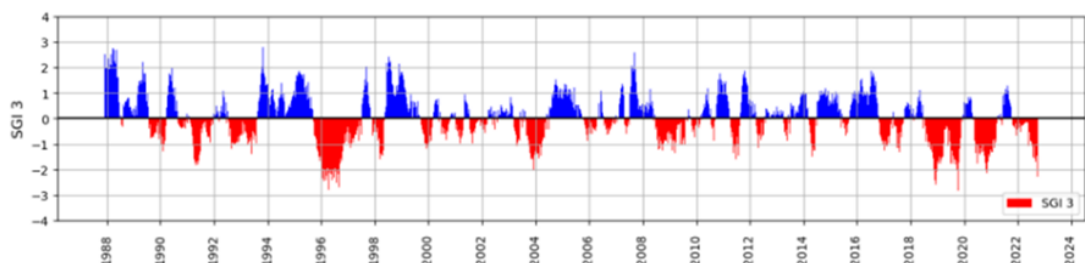
In Noordrijn-Westfalen en Nedersaksen waren de bovenste bodemlagen tot een diepte van 25 centimeter bijna overal zeer droog in 2018, 2019, 2020 en 2022 (zie Afbeelding 25). Droogte van de bodemvochtigheid leidt na verloop van tijd tot lagere grondwaterstanden, die op hun beurt leiden tot een verminderde aanvulling van sloten, beken en grotere waterlichamen. Nadat een meteorologische droogte is beëindigd, herstelt eerst het bodemvochtgehalte en vervolgens de grondwaterstanden en oppervlaktewaterlichamen. (Projectteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021). Afbeelding 26 toont de veelgebruikte gestandaardiseerde grondwaterindex (SGI) (Bloomfield & Marchant, 2013) om de grondwaterdroogte op 1 augustus aan te geven voor de jaren 2018, 2019, 2020 en het referentiejaar 2023. De SGI vergelijkt de huidige grondwaterstand met de gemiddelde grondwaterstand op basis van historische gegevens (meestal 30 jaar). Negatieve en positieve waarden duiden respectievelijk op ongebruikelijke droge en natte situaties. (Van Huijgevoort et al., 2022). Deze figuur laat zien dat voor juli de grondwaterdroogte extreem was in 2018, zeer droog in 2019 en enigszins tot matig droog in 2020 in het studiegebied.

⁴ De intensiteit van de droogte is een dimensieloze maat die wordt gebruikt om de ernst van een droogte gedurende een bepaalde periode of voor een bepaalde regio in te schatten. De lengte van de droogteperiode en de absolute droogte in de tijd worden meegenomen in de berekening. (UFZ, 2024)

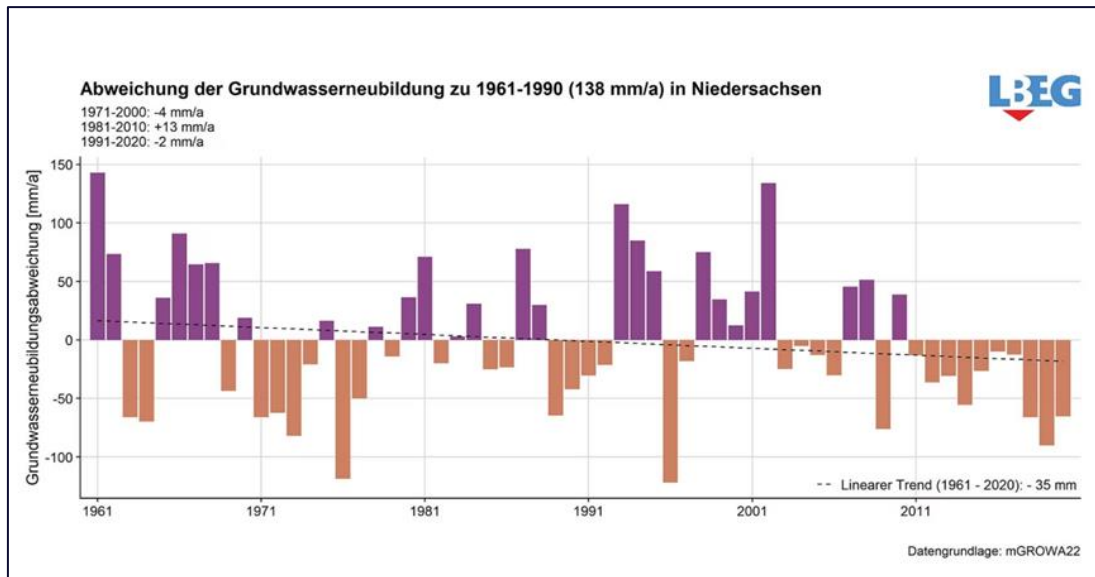


Afbeelding 26 Gestandaardiseerde grondwaterindex op basis van een 1-maands venster (SGI-1) voor 1 augustus voor Nederland. Het studiegebied ligt binnen het kader (IPO & UVW, 2024).

Afbeelding 27 toont de SGI-3 (3-maands venster) tijdreeks voor de stad Enschede. Afbeelding 27 en Afbeelding 28 laten een dalende trend zien voor de grondwateraanvulling in Enschede en Nedersaksen. De grondwaterdroogtes van 2018, 2019 en 2020 zijn duidelijk zichtbaar. Ook het voorkomen van natte omstandigheden is sinds 2018 afgenomen.

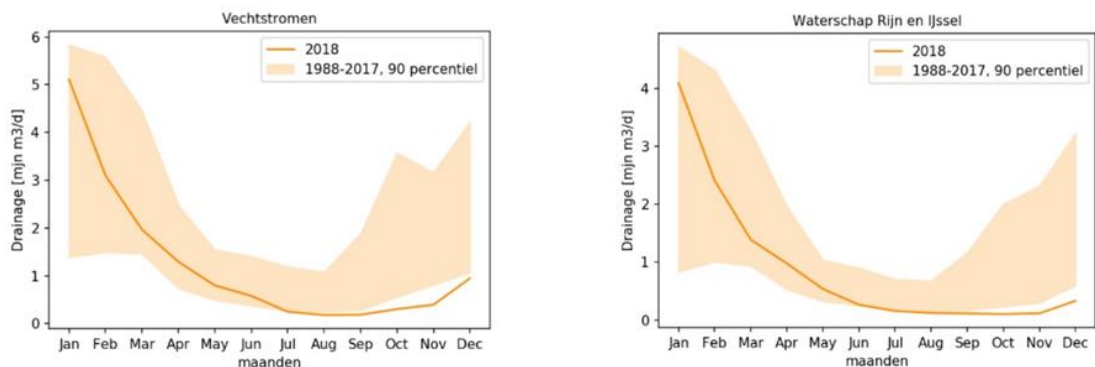


Afbeelding 27 Gestandaardiseerde grondwaterindex op basis van een 3-maands venster (SGI-3) tijdreeks voor Enschede (Kremer Devesa, 2023).



Afbeelding 28: Afwijking in grondwateraanvulling vergeleken met 1961 - 1990 (138 mm/a) in Nedersaksen, Duitsland (LBEG, 2023)

Het droogteprojectteam (2021) berekende de lokale afvoer (d.w.z. afkomstig van lokale neerslag en kwel) voor verschillende Nederlandse waterschappen met behulp van het 'Landelijk Hydrologisch Model (LHM)' (Engels: National Hydrological Model). Ze ontdekten dat de lokale zomerafvoer in 2019 lager was dan in 2018 voor de waterschappen in het studiegebied. Dit betekent dat het najleffect van 2018 in combinatie met de meteorologische droogte in 2019 een lagere afvoer in 2019 veroorzaakte. Afbeelding 29 toont de lokale afvoer voor de waterschappen Vechtstromen en Rijn en IJssel en vergelijkt specifiek de afvoer van 2018 met de 90e percentiel bandbreedte van 1988-2017. Vanaf juli daalt de afvoer van 2018 onder de 90e percentiel bandbreedte. Hoewel de afvoer niet op nul uitkomt, zijn lokale beken opgedroogd (Projectteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).



Afbeelding 29: Lokale afvoer van waterschappen Vechtstromen en Rijn en IJssel op basis van het LHM-model, vergelijking 2018 met de 90% bandbreedte van de klimatologie (Projectteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

De stroomgebieden van de Vechte, Berkel en Oude IJssel overlappen grotendeels het 'oostelijk zandgebied' in Van Asseldonk et al. (2020). Zij bestudeerden de economische impact van de droogteperioden van 2003, 2006, 2018 en 2019, vergeleken met de omliggende jaren in de periode 2001-2019. Voor bijna alle gewassen was er minder gewasopbrengst in het 'oostelijk zandgebied' als gevolg van droog weer. De twee dominante gewassen in dit gebied, gras en maïs, leverden respectievelijk 14 en 18 procent minder 'droge stof' op vergeleken met normale jaren. Irrigatie-effecten zijn meegenomen in deze berekeningen. Het noordelijke deel van het Vechtstroomgebied maakt deel uit van de noordelijke zandgebieden, waarvoor de volgende opbrengstveranderingen werden gevonden: gras -8%, maïs -8%, aardappel (zaad) -6%, aardappel (zetmeel) -13%, suikerbiet -9%, gerst +4%, en tarwe +1%. (Projectteam Droogte Zandgronden Nederland, 2021).

De jaarlijkse inkomsten zijn echter niet alleen gebaseerd op de opbrengst, maar ook op de marktprijzen, die op Europees of mondiaal niveau worden bepaald. Voor de bestudeerde droge jaren werden extreem variabele jaarinkomens gevonden (zie

Tabel 5).

Tabel 5 Procentuele veranderingen in jaarlijkse inkomens voor droge jaren vergeleken met 'normale' jaren. Gebaseerd op (Asseldonk et al., 2020).

	2003	2006	2018	2019	Gemiddelde
					Id
Akkerbouw (oostelijk, centraal en zuidelijk zand)	11	4	50	-14	13
Akkerbouw (noordelijk zand en veen)	-5	-1	-55	-73	-34
Melkvee (oostelijk zand)	-27	-8	-8	22	-5
Melkvee (noordelijk zand)	-33	-10	9	60	6

WATERVERBRUIK

Het totale waterverbruik in de landbouw neemt toe als gevolg van droogte. De bron van dit water is grondwater of oppervlaktewater. Daarnaast is in de periode tussen 2001 en 2019 zowel het percentage bedrijven dat irrigeert als het geïrrigeerde areaal per bedrijf geleidelijk toegenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat kleinere boerderijen zonder irrigatiesystemen zijn vervangen door grotere bedrijven met irrigatiecapaciteit. Het totale watergebruik voor de relevante gebieden is samengevat in Tabel 6. Van Asseldonk et al. (2020) baseerden hun cijfers op *bedrijveninformatienet* van *Wageningen Economisch onderzoek*.

Tabel 6 Watergebruik in miljoen m3 voor droge jaren in de periode 2001-2019. Gebaseerd op Van Asseldonk et al. (2020).

	2003	2006	2018	2019
Akkerbouw (oostelijk, centraal en zuidelijk zand)	5	<1	19	19
Akkerbouw (noordelijk zand en veen)	5	4	12	16
Melkvee (oostelijk zand)	10	7	18	22
Melkvee (noordelijk zand)	<1	3	5	8

Invloed op de natuur

Hoewel er weinig bekend is over de effecten die de droogte van de afgelopen jaren heeft gehad op de specifieke natuurgebieden in het studiegebied, weten we in het algemeen dat de natuur in het gebied te lijden heeft onder droogte. De natuurtypen die het meest kwetsbaar zijn voor droogte - bijvoorbeeld vennen, hoogveen, heide, vochtig bos, ruig grasland met stilstaand water, beken (Jansen et al., 2020)- komen allemaal voor in het gebied. Deze natuurtypen hebben al meer dan een eeuw te lijden onder geleidelijke verdroging als gevolg van door de mens veroorzaakte grondwaterstanddalingen, voornamelijk ten gunste van de landbouw (zie hoofdstuk 2.4). Veel van deze natuurtypen zijn afhankelijk van hogere grondwaterstanden. Droogtes zoals die van 2018-2020 en 2022 kunnen leiden tot veranderende hydrologische processen, veranderingen in water- en bodemchemie, verlies van biodiversiteit en veranderingen in de voedselketen (Jansen et al., 2020). Van den Eertwegh et al. (2021) verwierven op enquêtes gebaseerde informatie over de effecten van droogte in 2018-2019 op de natuur in de hoge zandgebieden van Nederland. Respondenten bevestigden de patronen beschreven door Jansen et al. (2020). Schade aan fauna en flora werd vooral waargenomen voor natuurtypen die kenmerkend zijn voor natte en vochtige voedselarme locaties. Dit zijn natuurtypen die voor hun watervoorziening bijna of volledig afhankelijk zijn van neerslag of kwel. Daarnaast zou de droogte de ecologische gevolgen van atmosferische depositie verergeren: droogte en verzuring zouden een giftige mix zijn. In 2019 lag het zuurstofgehalte in de Vechte (Nordhorn) als gevolg van een hitteperiode tussen 2,0 en 3,8 mg/l, wat kritisch kan zijn voor sommige vispopulaties, zoals te zien is in figuur 30. (Grafschafter Nachrichten, 2019). Ook in de jaren 2022 en 2023 hadden de droge perioden effect op de riviersystemen, wat lage waterstanden en een droge bodem veroorzaakte, zoals te zien is in de onderstaande afbeeldingen. Van den Eertwegh et al. (2021) en Witte (2022) concludeerden echter dat de uiteindelijke gevolgen van de recente droogte pas over enkele jaren kunnen worden vastgesteld door middel van een grondige analyse. Het verwachte langetermijneffect is een toename van de voedselrijkdom van natte en vochtige bodems door een verhoogde afbraak van organisch materiaal en verzuring van de bodem, als gevolg van die

afbraak en het verdwijnen van basenrijke kwel. Dit zal leiden tot de achteruitgang van minder algemene soorten, als gevolg van concurrentie tussen soorten (Witte, 2022).



Afbeelding 30: linksboven: Te laag zuurstofgehalte in wateren schaadt visbestanden (Grafschafter Nachrichten, 2019); rechtsboven: lage waterstand van de Vechte (Neue Vechte) in Metelen (Westfaelische Nachrichten, 2022)omlaag: planten lijden onder droge grond (NDR, 2023)

4 Instellingen, regelingen en planning

4.1 Duitsland

4.1.1 Waterbeheer

In Duitsland bestaat er gelijktijdige wetgeving met betrekking tot het beheer van watervoorraden tussen het Federale Ministerie voor Milieu, Natuurbehoud, Nucleaire Veiligheid en Consumentenbescherming (BMUV), gevestigd op de twee ministeriële locaties in Berlijn en Bonn, en de milieuministeries van de deelstaten.

Om de EU KRW (Kaderrichtlijn Water) en FRMD (Richtlijn Overstromingsrisicobeheer) te implementeren, nam de federale entiteit de Waterwet (Wasserhaushaltsgesetz, WHG) aan, die in 2010 van kracht werd. De deelstaten moesten vervolgens de handhaving van de WHG en de EU-richtlijnen voor hun grondgebied in detail regelen. Daarom nam de deelstaat Nedersaksen in 2012 de nieuwe Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) aan, terwijl in Noordrijn-Westfalen de waterwet van de deelstaat (Landeswassergesetz, LWG) voortdurend werd gewijzigd en sinds 1995 in een herziene versie bestaat.

Naast de federale en deelstaatwetten vaardigde de deelrepubliek verschillende verordeningen uit die bepaalde vereisten van de EU-richtlijnen regelen (vergelijk Tabel 7). De indeling in categorieën, typering en afbakening van oppervlaktewaterlichamen volgens de eisen van de KRW is bijvoorbeeld gedetailleerd beschreven in de Oppervlaktewaterverordening (Oberflächengewässerverordnung, OGewV).

Tabel 7 Overzicht van wetten, verordeningen, plannen en richtsnoeren op Europees, nationaal en deelstaatniveau die relevant zijn voor watervoorraden, overstromingsrisico- en droogtebeheer in Duitsland. Bron: eigen uitwerking

	Water resources management	Flood management	Drought management	
EU	Water Framework Directive (WFD)	Flood Risk Management Directive (FRMD)		
	Groundwater Directive (GWD)			
	Habitats Directive			
	Birds Directive			
Germany	Water Resources Act (WHG)			
	National Water Strategy			
	Federal Waterways Act (WaStrG)			
	Surface water Ordinance (OGewV)	Flood Protection Act II (2. HochwSchG)		
	Groundwater Ordinance (GrwV)	Federal Soil Protection Law (BBodSchG)		
	Federal Nature Protection Law (BNatSchG)			
		Ordinance on soil protection and contaminated lands (BBodSchV)		
	LAWA Guidelines	LAWA Guidelines		
	Federate states	Lower Saxony	Lower Saxony Water Law (NWG)	Lower Saxony Soil Protection Act (NBodSchG)
			Lower Saxony Nature Protection Law (NNatSchG)	
Ordinance on Responsibilities in the Field of Water Law (ZustVO-Wasser)			Lower Saxony Dike Act (NDG)	
Circular on the quantitative management of groundwater			Flood Damage Waterways Ordinance (HochwasserVO NI)	
			Circular on the designation of floodplains	
Lower Saxony's contribution to the management plans and programmes of measures 2022 to 2027 for the Elbe, Weser, Ems and Rhine river basins			Permanent Grassland Maintenance Ordinance (DGL-ErhV NI)	
			Erosion control regulation (ESchV NI)	
North-Rhine Westphalia		State Water Law (LWG)	Flood hazard maps and flood risk maps	
			Flood risk management plan of the River Basin Community Rhine	
		Flood risk management and Water Framework Directive funding guideline (FÖRL HWRM/WRRL)		
		State Nature Conservation Act (LNatSchG NRW)		
		Management plan and programmes of measures for the Rhine, Weser, Ems and Meuse river basins in NRW	State Erosion Protection Ordinance (LESchVO NRW)	
			Permanent Grassland Maintenance Ordinance (DGL-VO NRW)	
			Flood hazard maps and flood risk maps	
	Flood risk management plans and measures for the municipalities			
Legend	Laws and Directives	Ordinances	Plans, maps and guidelines	

Het waterbeheer in Duitsland is op verschillende niveaus georganiseerd. Terwijl het federale BMUV de basisaspecten via de WHG regelt, is de uitvoering en handhaving van de wetgeving de taak van de deelstaten. Noordrijn-Westfalen werkt met een verdeling van verantwoordelijkheden op drie niveaus, terwijl in Nedersaksen het middelste bestuursniveau in 2005 werd afgeschaft en er daarom nog maar twee niveaus bestaan (zie Tabel 8 en Bijlage D waarin de verantwoordelijkheden van de organisatorische niveaus worden uitgelegd).

Om een uniforme aanpak van gezamenlijke kwesties op het gebied van waterbeheer en waterwetgeving te coördineren, werd in 1956 de federale/deelstaatwerkgroep water (Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser, LAWA) opgericht als werkgroep van de conferentie van ministers van Milieu (Umweltministerkonferenz). Zo besloten vertegenwoordigers van de federale staten in het kader van hun verantwoordelijkheid in de LAWA tot een gezamenlijke aanpak om de voorlopige risicobeoordeling met betrekking tot de FRMD in 2017 te herzien en te actualiseren. (MU, n.d.). Terwijl in de eerste beheerscyclus elke deelstaat zijn eigen overstromingsrisicobeheerplannen opstelde, coördineerde de stroomgebiedsgemeenschap Rijn het overstromingsrisicobeheerplan voor het hele gebied. Voor de stroomgebiedbeheerplannen is er geen gecoördineerde planning tussen deelstaten.

Tabel 8 Overzicht van verantwoordelijkheden van waterschappen en technische autoriteiten in Noordrijn-Westfalen en Nedersaksen (eigen uitwerking op basis van BMUV, 2023, MUNV 2014, 2021, NWG 2011, ZuStVO-Wasser Niedersachsen 2014).

Federale staat	Noordrijn-Westfalen	Nedersaksen
Hoogste waterschap	Ministerie van Milieu, Natuurbehoud en Transport	Ministerie van Milieu, energie en klimaatbescherming
Technische autoriteit	Staatsbureau voor natuurbehoud, milieu en consumentenbescherming (LANUV)	Nedersaksisch agentschap voor waterbeheer, kust- en natuurbescherming (NLWKN)
Hoogheemraadschap	Landkreis Münster en Düsseldorf	
Waterschap lager	Wijken Borken en Steinfurt	Wijk Grafschaft Bentheim
Gemeenten	District Münster: Ahaus, Altenberge, Billerbeck, Bocholt, Borken, Coesfeld, Gescher, Gronau (Westfalen), Heek, Isselburg, Laer, Legden,	Gemeenschappelijke gemeenten Emlichheim, Uelsen, Schüttorf; steden Neuenhaus, Nordhorn, Bad Bentheim; gemeente Wietmarschen

	Ochtrup, Rhede, Rosendahl, Stadtlohn, Steinfurt, Südlohn, Velen, Vreden, Wettringen Düsseldorf: Hamminkeln, Huenxe, Riet, Schermbeck, Wesel	
Onderhoudsve reniging	Onderhoud Vereniging Beneden Dinkel	Vechteverband, kleinere onderhoudsverenigingen (bijv. Hardinger Becke, Rammelbecke)

Tijdens de interviews wees het NLWKN erop dat, hoewel er gemeenschappelijke doelstellingen zijn voor droogterisicobeheer en KRW, in Nedersaksen momenteel alleen maatregelen op projectbasis worden gepland of uitgevoerd, waardoor kansen op synergie worden gemist. Dergelijke projecten omvatten het vasthouden van water via infrastructuur (bijv. schotten) in plaats van herstel van uiterwaarden (bijv. het verbinden van oxbow-meren, hermeandering), wat meer ruimte in beslag neemt. De mogelijkheden om synergie te creëren tussen KRW-implementatie, droogte- en overstromingsrisicobeheer en natuurbescherming worden behandeld in het programma "Niedersächsische Gewässerlandschaften" (Nedersaksische waterlandschappen). Het programma is erop gericht om bekende tekortkomingen in de implementatie te verhelpen, zoals het beschikbaar stellen van locaties en een gecoördineerd en geharmoniseerd gebruik van financieringsmaatregelen. Het programma houdt ook rekening met de effecten van klimaatverandering en werkt aan aanpassing. Maatregelen worden geprioriteerd in uiterwaarden met een prioritaire status volgens de KRW, gebieden met een beschermende status volgens natuurbeschermingsprogramma's en gebieden waarvoor actie nodig is met betrekking tot overstromingsrisicobeheer. Interessant is dat geen van de geïnterviewden van de Nedersaksische waterautoriteiten en uitvoerende instanties dit programma noemde, hoewel het hoofd van de verantwoordelijke lagere waterautoriteit tegelijkertijd hoofd van de afdeling natuurbescherming is. De doelen van het programma worden versterkt door de Nedersaksische natuurbeschermingsstrategie (MU, 2017).

In Noordrijn-Westfalen geeft de KRW-implementatie prioriteit aan maatregelen met 'Strahlwirkung' (vrij vertaald: verondersteld positief effect als gevolg van nabijgelegen maatregelen), wat een hoger effectbereik impliceert, met name op het gebied van biologische aspecten. Deze maatregelen zijn cruciaal voor het verbeteren van de ecologische omstandigheden van waterlichamen in de regio. Vanwege de stedelijke ontwikkeling rond Gronau en de aanwezigheid van hoogvlaktes is het

onmogelijk om een kerngebied (bron van 'Strahlwirkung') voor de KRW binnen Duitsland vast te stellen. Een studie van Arcadis-Keulen heeft echter aangetoond dat het vaststellen van zo'n kerngebied net over de grens in Nederland zou kunnen voldoen aan de verplichtingen van Duitsland voor de KRW. Deze aanpak zou geïntegreerd kunnen worden in het deelproject Losser Zuid van de provincie Overijssel/Regionale Waterautoriteit Vechtstromen, waarbij geprofiteerd kan worden van financiële bijdragen van verschillende grensoverschrijdende entiteiten als onderdeel van het project LIVING Vechte-Dinkel.

Volgens het ministerie van Milieu, Natuurbehoud en Verkeer NRW wordt niet verwacht dat de doelen voor alle waterlichamen binnen de huidige beheercyclus zullen worden bereikt. (MUNV NRW, 2023). Voor de meeste waterlichamen zijn de termijnen verlengd tot 2033 of 2045. De belangrijkste redenen voor deze verlengingen zijn de onevenredige inspanningen die nodig zijn met betrekking tot biologische aspecten of natuurlijke omstandigheden, of een combinatie van beide. Kooij et al. (2020) stellen dat de financiering van projecten in Noordrijn-Westfalen geen groot probleem is, aangezien de staat 80-90% van de KRW-maatregelen financiert als aan de gestelde voorwaarden wordt voldaan. ⁵Met Eco-Point cofinanciering door districten en steden kan bijna volledige financiering worden bereikt.

Het onderhoud van andere waterlopen, zoals beken, wordt uitgevoerd door talrijke onderhoudsverenigingen (alleen al 29 in het district Borken). Onderhoudsorganisaties in NRW zijn klein en gefragmenteerd in vergelijking met tegenhangers als het Vechteverband in Nedersaksen of een regionale waterautoriteit in Nederland. Aangezien zij nog steeds verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van KRW-maatregelen, is het van vitaal belang om hun capaciteit en bekwaamheid te vergroten. Sinds 2016 is het district Münster verantwoordelijk voor de uitvoering van de KRW in het stroomgebied van de Dinkel. Lopende projecten uit eerdere periodes die door districten zijn geïnitieerd, worden onder hun beheer voortgezet. Gemeenten zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van de KRW voor andere waterlichamen. In het district Borken is deze verantwoordelijkheid

⁵ Ecopunten kunnen worden verkregen door biotopen te herstellen en vallen onder de Duitse natuurbeschermingswet. Bovendien zijn ze een middel om de negatieve gevolgen van bouwwerken die waardevolle habitats vernietigen, te compenseren.

overgedragen aan onderhoudsverenigingen. Vanwege hun geringe omvang zijn steden en gemeenten echter ook betrokken bij de uitvoering van de KRW. De verantwoordelijkheid voor de bescherming tegen overstromingen ligt voornamelijk bij de gemeenten.

Concluderend kan worden gesteld dat, hoewel de financiering in NRW grotendeels is veiliggesteld, de belangrijkste uitdagingen liggen op het gebied van organisatorische capaciteit en grensoverschrijdende samenwerking. Het vergroten van de effectiviteit van kleine lokale verenigingen en de integratie ervan in bredere initiatieven is cruciaal voor succesvol waterbeheer en het voldoen aan de KRW-verplichtingen.

4.1.2 Overstromingsrisico en rampenbeheer

Overstromingen worden pas sinds 2010 opgenomen in de Duitse waterwet (Wasserhaushaltsgesetz, WHG) (Hartmann & Albrecht, 2014). Terwijl de WHG de verantwoordelijkheden en administratieve voorbereidingen voor overstromingsrisicobeheer in het algemeen vastlegt, geven de waterwetten van de deelstaten nadere details. De verordening beschrijft met name de rapportage- en planningsverplichtingen. De verordening legt beperkingen op voor het grondgebruik in overstromingsgebieden, maar definieert geen beschermingsniveau. Elke lokale overheid moet het overstromingsbeschermingsniveau in zijn gebied grotendeels zelf bepalen in het kader van gemeentelijk zelfbestuur.

De implementatie van de Richtlijn Overstromingsrisicobeheer (VGRD) in Duitsland omvatte aanvankelijk een voorlopige risicobeoordeling in de eerste cyclus (2010-2015) op basis van beschikbare of gemakkelijk af te leiden informatie. De identificatie van risicogebieden voor binnenwateren werd uitgevoerd met behulp van de waterloopafbakening voor overstromingsgevaarkartering.

In maart 2017 heeft de Federal/State Working Group on Water (LAWA) een uniforme aanpak goedgekeurd voor het herzien en bijwerken van deze voorlopige risicobeoordeling in de tweede cyclus. Volgens de aanbevelingen van LAWA dienen de risicogebieden uit de eerste cyclus als basis voor de toetsing en actualisering in de tweede cyclus. Hierbij wordt het overstromingsgevoelige waterloppennetwerk onderzocht op veranderingen sinds de laatste beoordeling, gevolgd door een beoordeling van het resterende waterloppennetwerk buiten de risicogebieden.

De wet op de bescherming tegen overstromingen II (FPA II) werd in juni 2017 aangenomen op basis van de ervaringen van de Europese overstroming van 2013, die leidde tot ernstige overstromingen langs de

Elbe en de Donau. Deze wetgeving had gevolgen voor bepalingen van de Waterwet (WHG), het Bouwwetboek (BauGB), de Federale Natuurbeschermingswet en de Wet Administratieve Rechtspraak. De wet verleent staten onder andere het voorkeursrecht om land aan te kopen dat nodig is voor bescherming tegen overstromingen. De BauGB verleent gemeenten het recht om grond aan te kopen in overstromingsgevoelige gebieden en verplicht hen om in hun stedenbouwkundige planning rekening te houden met overstromingsbeschermingskwesties.

De wet op de ruimtelijke ordening (ROG) en de planningswetten van de deelstaten regelen de ruimtelijke ordening in Duitsland. Met de FPA II is er nu de mogelijkheid om een federaal ruimtelijk plan voor overstromingsbescherming op te stellen. De "Verordening inzake ruimtelijke ordening op federaal niveau voor grensoverschrijdende bescherming tegen overstromingen" is op 1 september 2021 in werking getreden en een belangrijk doel is het behoud en herstel van natuurlijke retentiegebieden tegen overstromingen in het kader van preventieve ruimtelijke ordening tegen overstromingen.

Nedersaksen heeft het Masterplan Hoogwaterbescherming (NLWKN, 2021b) en in 2020 het competentiecentrum voor overstromingen (Hochwasserkompetenzzentrum) geopend als reactie op de toename van het aantal overstromingen en de gevolgen daarvan. Het Masterplan is gericht op actoren die verantwoordelijk zijn voor technische bescherming tegen overstromingen.

Als gevolg van de rampzalige overstroming in juli 2021 in het zuiden van NRW heeft de deelstaat zijn taken op het gebied van overstromingsrisicobeheer versneld. Als gevolg hiervan publiceerde het ministerie van Milieu, Natuur en Verkeer van de deelstaat Noordrijn-Westfalen in 2022 een 10-punten werkplan voor hoogwaterbescherming in tijden van klimaatverandering met als doelen de invoering van modelgebaseerde hoogwatervoorspellingssystemen voor de Dinkel, Berkel, Oude IJssel en andere rivieren (testbedrijf in 2022) en de upgrade van hydrologische naar hoogwaterwaarschuwingssystemen. De Verordening over de Informatie- en Melddienst Overstromingen van oktober 2023 bepaalt dat het Ministerie van Milieu, in overleg met het Ministerie van Binnenlandse Zaken, bevoegd is om bij wettelijk besluit regels vast te stellen over de informatie over en de melding van overstromingen, in het bijzonder over de verplichting van personen om deel te nemen aan de Overstromingsmelddienst, de organisatie ervan en de meldingskanalen, alsmede over de waarschuwing voor overstromingen.

De administratieve setting verschilt per deelstaat (zie Tabel 8). Met de bestuurlijke hervorming in Nedersaksen in 2005 zijn de taken op het gebied van overstromings(risico)beheer verdeeld tussen het NLWKN en de lagere waterschappen. Voor het stroomgebied van de Rijn heeft de 'stroomgebiedsgemeenschap Rijn' ('Flussgebietsgemeinschaft Rhein') een gemeenschappelijk beheerplan voor de tweede periode opgesteld. De NLWKN neemt deel aan het opstellen van de overstromingsrisicobeheerplannen voor de stroomgebieden en organiseert de afbakening van overstromingsrisico's en -gevaren, terwijl in NRW het district Münster (Bezirksregierung) verantwoordelijk is voor deze taken. De lagere waterschappen stellen de overstromingsgebieden vast op basis van de plannen en vaardigen een verordening uit die het grondgebruik in deze gebieden regelt. In beide deelstaten zijn de gemeenten verantwoordelijk voor het vaststellen van maatregelen om overstromingsrisico's te beheren. In NRW rapporteren de gemeenten uniform over de identificatie van maatregelen in de gemeentelijke informatiebladen over het overstromingsrisicobeheerplan (Flussgebiete NRW). In Nedersaksen is de kennis over de uitvoering van maatregelen decentraal en vaak informeel. Actoren wordt gevraagd om de maatregelen die ze plannen of uitvoeren te rapporteren, maar ze zijn niet verplicht om dit te doen (NLWKN, 2015).

Over het algemeen is het overstromingsrisicobeheer in Nedersaksen minder goed gecoördineerd dan in NRW. In de interviews benadrukten de actoren dat er door het wegvallen van het districtsbestuur geen coördinerende rol voor overstromingsrisicobeheer meer bestaat. Om deze leemte op te vullen heeft MU samen met de NGO Kommunale Umwelt-Aktion de overstromingspartnerschappen opgezet. In dergelijke partnerschappen werken gemeenten, verenigingen en andere belanghebbenden binnen een stroomgebied samen aan bescherming tegen overstromingen, waaronder technische bescherming tegen overstromingen, preventie van overstromingen, natuurlijke waterretentie, bescherming van uiterwaarden en bescherming tegen zware regenval. Samenwerking maakt uitwisseling mogelijk en biedt een platform voor permanente educatie. Samenwerkingsovereenkomsten schetsen doelen en werkzaamheden, vaak beginnend met de ontwikkeling van een overstromingsbeschermingsconcept. Nedersaksen ondersteunt deze samenwerkingsverbanden door technisch advies en financieringsmogelijkheden aan te bieden volgens de financieringsrichtlijnen voor bescherming tegen overstromingen in het binnenland. Tijdens de interviews werd herhaaldelijk gewezen op de coördinerende, adviserende en informatieve rol van de lagere waterschappen (de districten Steinfurt, Borken en Bad Bentheim). Hun mogelijkheden om rechtstreeks invloed uit te oefenen op de gemeenten bij

de uitvoering van de planning voor overstromingsrisicobeheer zijn dan ook beperkt.

Tijdens de interviews gaven verschillende actoren aan dat het overstromingsrisicobeheer de afgelopen jaren zowel in Nedersaksen als in Noordrijn-Westfalen is verwaarloosd. Daarom heeft de lagere waterautoriteit, het district Grafschaft Bentheim, een financieringsstroom opgezet voor overstromingsbeheer. Hoewel er nog niet veel aanvragen zijn ingediend, verwachten de geïnterviewden dat dit na verloop van tijd zal toenemen. Voor NRW is de financiering op deelstaatniveau georganiseerd met een speciale financieringsrichtlijn. Een van de grootste uitdagingen voor de uitvoering van overstromingsrisicomaatregelen is echter de beperkte beschikbare ruimte. Aangezien er in het nabije verleden geen schadelijke overstromingen in de regio hebben plaatsgevonden, is de bereidheid om land af te staan laag (Landkreis Düsseldorf).

Bij speciale dijken ligt de verantwoordelijkheid meestal bij dijkverenigingen of andere onderhoudsorganisaties, tenzij de staat bevoegd is. Deze instanties zijn verantwoordelijk voor het onderhoud van de dijk en moeten zorgen voor voorbereidingen voor dijkverdediging, waaronder het onderhouden van toegankelijke paden, het beschikbaar stellen van benodigde apparatuur en materialen en het altijd zorgen voor toegankelijkheid van de dijk.

Beheer van rampen

Rampenbeheersing in Duitsland buiten oorlogstijd is een taak van de deelstaten. De aanpak verschilt daarom tussen Nedersaksen en NRW. De deelstaten kunnen echter om extra bijstand vragen door politiediensten van andere deelstaten, strijdkrachten en organisaties van andere overheden, zoals de federale instantie voor technische hulpverlening (THW), de federale politie of het leger. (BMI, n.d.).

Volgens de Duitse Waterwet (WHG) is iedereen die getroffen kan worden door overstromingen verplicht om, voor zover dat haalbaar en redelijk is, passende voorzorgsmaatregelen te nemen om zich te beschermen tegen negatieve gevolgen van overstromingen en de schade te beperken. Dit omvat aanpassing van het grondgebruik aan mogelijke negatieve gevolgen van overstromingen voor mensen, het milieu of eigendommen. Alleen als deze maatregelen ontoereikend zijn, wordt de bescherming tegen overstromingen een taak van de gemeenschap.

Nedersaksen

Hoogwatervoorspellingen worden uitgegeven door de Hochwasservorhersagezentrale (HWVZ) in Nedersaksen. De HWVZ werkt als een landelijk overstromingsvoorspellingscentrum en levert via verschillende platforms cruciale overstromingsinformatie aan lokale overheden, bedrijven en het publiek. Het werd opgericht in 2009 en berekent debiet- en waterpeilvoorspellingen voor meetstations in het binnenland. De activiteiten zijn gericht op regio's die gevoelig zijn voor rivieroverstromingen, waaronder de Vechte. Het HWVZ baseert zich op een gevarieerde gegevensbasis en verkrijgt hydrologische en hydrometeorologische gegevens uit verschillende bronnen (NLWKN, Deutscher Wetterdienst DWD, Harzwasserwerke GmbH, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung WSV). Het maakt gebruik van een hydrologisch model met hoge resolutie (Panta Rhei) en bevat weersvoorspellingen voor voorspellingen. Onzekerheden, zoals plotselinge zware regenval, kunnen de nauwkeurigheid van de voorspellingen echter beïnvloeden. Nauwe samenwerking met belanghebbenden, waaronder overstromingsmelddiensten, waterbeheerders en meteorologische diensten, is van vitaal belang.

De gemeenten zijn verantwoordelijk voor de organisatie van de rampenbestrijding bij reguliere overstromingen (Wet Openbare Veiligheid en Orde (SOG) en de Wet Gemeentelijke Grondwet Nedersaksen (NKomVG), NLWKN, 2015). Ze zijn afhankelijk van vrijwillige hulpdiensten zoals de brandweer of het Rode Kruis. Gemeenten nemen de alarmering en inzetplanning, organisatie van middelen (bijv. zandzakopslag), oefeningen en training van personeel op zich. (Flasche, 2016). Een extra maatregel ter ondersteuning van de hulpdiensten tijdens de droogte is de oprichting van een 'waterkering' (NWG § 132), een netwerk van brandweer, gemeenten en dijkverenigingen. Dit wordt echter nog niet toegepast in Nedersaksen. (NDR, 2024).

Rampenbestrijding wordt in Nedersaksen geregeld door de rampenbestrijdingswet (NKatSG), die de bestrijdingsverantwoordelijkheden toewijst aan de districten en onafhankelijke steden (rampenbestrijdingsinstanties). Voor de Vechtstreek is de rampenbestrijdingsautoriteit het district Grafschaft Bentheim.

Als de districtsbestuurder de noodtoestand afkondigt, nemen de rampenbestrijdingsinstanties de verantwoordelijkheid op zich. Er is geen vast protocol voor wat als noodsituatie moet worden beschouwd. In de interviews geven actoren echter aan dat een dijkdoorbraak, de grootte van het getroffen gebied of het aantal getroffen gemeenten factoren zijn voor deze beslissing. De rampenbestrijdingsinstanties hebben de taak om de noodzakelijke maatregelen voor rampenbestrijding in hun respectieve

gebieden voor te bereiden en potentiële rampenbedreigingen te beoordelen. De rampenbestrijdingsautoriteit is verplicht om een rampenbestrijdingsplan voor haar rechtsgebied op te stellen, met inbegrip van externe noodplannen en speciale plannen voor specifieke gevaren zoals overstromingen of stormvloeden, die voortdurend moeten worden bijgewerkt. Het plan beschrijft het waarschuwingsproces, onmiddellijke maatregelen in geval van een ramp en de inzet van personeel en middelen. Het plan wordt ingediend bij de bevoegde politiedirectie (als toezichthouder) en naburige rampenbestrijdingsinstanties (voor meer informatie over de verantwoordelijkheden van de rampenbestrijdingsinstanties zie (NLWKN, n.d.-b)).

Noordrijn-Westfalen

In Noordrijn-Westfalen neemt het Staatsbureau voor Natuur, Milieu en Consumentenbescherming (LANUV) de taak op zich om de basisgegevens voor het waterbeheer te bepalen en beheert het de hoogwaterinformatiedienst. Hydrologische gegevens worden verzameld, opgeslagen, gevalideerd, verwerkt en beschikbaar gemaakt door het gebruik van waterloop- of hoogwatermeters en neerslag- en klimaatmeetstations. Als gedefinieerde waterstanden ('informatiewaarden' 1 - 3; niet gerelateerd aan de jaarlijkse hoogwaterafvoer, maar alleen beschrijvend: waarde 1 = "eerste hoogwater", waarde 2 = "gevaar voor overstroming van individuele bebouwde objecten of infrastructurele voorzieningen", waarde 3 = "gevaar voor overstroming van bebouwde gebieden of infrastructurele voorzieningen op grotere schaal") worden overschreden bij de LANUV-hoogwatermeetstations in Noordrijn-Westfalen, worden de getroffen gemeenten en andere verantwoordelijke overheidsinstanties op de hoogte gesteld van de niveauoverschrijding. De informatie wordt bovendien op internet gepubliceerd in de vorm van een hydrologisch situatierapport van de LANUV en het Data ([Hochwasserportal](#)). Als drempelwaarden worden overschreden bij hoogwatermeters op de waterlopen, starten de verantwoordelijke autoriteiten de actieve meldienst. Vanaf dat moment zijn beschermings- en verdedigingsmaatregelen de verantwoordelijkheid van de relevante autoriteiten, zoals brandweer en civiele bescherming ter plaatse.

De overstromingsramp in 2021 in NRW heeft aangetoond dat de inspanningen ter bescherming tegen overstromingen en zware regenval moeten worden opgevoerd, inclusief de uitvoering van de maatregelen in de gemeentelijke profielen. De waterbeheerders hebben tot nu toe geprobeerd de uitvoering te bevorderen door middel van symposia over de planning van het overstromingsrisicobeheer, informatiebrochures en voorlichtingsactiviteiten, evenals uitwisselingen met de gemeenten tijdens

het ontwikkelingsproces voor het overstromingsrisicobeheerplan. Zo zullen er meer middelen beschikbaar worden gesteld voor de uitvoering van maatregelen ter bescherming tegen overstromingen en zullen waterbouwkundige maatregelen ter bescherming tegen overstromingen tot 80 procent worden gesubsidieerd als het gaat om openbare gebieden.

Ook wordt onderzocht of een 'klimaattoeslag' kan worden toegepast bij het bepalen van overstromingsgebieden. Daarnaast worden gemeentelijke en regionale concepten voor zware regenval en de uitvoering van de daarin vastgestelde maatregelen onderzocht. Onafhankelijk van de eisen van de EG-Hoogwaterrichtlijn worden in Noordrijn-Westfalen de overstromingsgebieden van waterlichamen met een overstromingsrisico berekend en bij verordening vastgesteld of voorlopig veiliggesteld. De basis voor de berekening is een hoogwatergebeurtenis die statistisch gezien eens in de 100 jaar voorkomt (HQ100). De aanwijzing van uiterwaarden is een van de strategische voorzorgsmaatregelen op het gebied van overstromingsbescherming met directe gevolgen in het kader van het ruimtelijke ordeningsrecht, zoals beperkingen voor de aanwijzing of uitbreiding van gemeentelijke bouwgebieden. Deze taak blijft een wettelijke verplichting - onafhankelijk van de EG-Hoogwaterrichtlijn - en wordt uitgevoerd door de districtsbesturen. Bij overstromingen die statistisch gezien minder vaak dan eens in de 100 jaar voorkomen (HQextreme), zijn de gemeenten in de beschouwde stroomgebieden verantwoordelijk voor de rampenbestrijding (d.w.z. Ahaus, Altenberge, Billerbeck, Bocholt, Borken, Coesfeld, Gescher, Gronau, Hamminkeln, Heek, Hünxe, Isselburg, Laer, Legden, Ochtrup, Rees, Rhede, Rosendahl, Schermbeck, Stadtlohn, Steinfurt, Südlohn, Velen, Vreden, Wesel, Wettringen).

4.1.3 Droogterisico- en rampenbeheer

In Duitsland is het federale ministerie voor Milieu, Natuurbehoud, Nucleaire Veiligheid en Consumentenbescherming verantwoordelijk voor het reguleren van eisen voor geïntegreerd waterbeheer. Het federale ministerie van Voedsel en Landbouw is verantwoordelijk voor economische instrumenten voor de subsidiëring van gewassen die bestand zijn tegen hitte. Het federale ministerie van Verkeer en Vervoer is verantwoordelijk voor een veilige en vlotte scheepvaart op de federale waterwegen en betrouwbare berekenbare transportvoorwaarden, zelfs in het geval van frequente, door klimaatverandering veroorzaakte extreme laagwaterperioden. (Kampa & Rouillard, 2023). Verscheidene wetten en maatregelen zijn niet specifiek gericht op de aanpak van droogte, maar bevatten paragrafen met deze focus en instrumenten om de gevolgen van droogte te minimaliseren:

1. Wet op de waterhuishouding (WHG): De Water Resources Act is de centrale wet in Duitsland die het waterbeheer regelt. De wet bevat bepalingen over duurzaam watergebruik, bescherming tegen watertekorten en het garanderen van een toereikende watervoorziening. In tijden van droogte zijn de lagere waterautoriteiten gemachtigd om maatregelen te nemen voor een eerlijke verdeling van de watervoorraden.
2. Staatswaterwetten: De federale staten implementeren de WHG in staatswaterwetten (Nedersaksische Waterwet (NWG) en Staatswaterwet NRW (LWG)). Deze wetten bevatten specifieke regels voor het beheer van waterbronnen op deelstaatniveau. Tijdens droge periodes kunnen speciale voorschriften en beperkingen worden opgelegd om de waterreserves te beschermen.

Tabel 7 geeft een gedetailleerd overzicht van wetten en richtlijnen op de verschillende staatsniveaus. Wetten en verordeningen die zich richten op het behoud van de waterretentiecapaciteit van de bodem zijn niet specifiek gericht op droogte, maar ondersteunen een duurzame waterbalans (d.w.z. bodembeschermingswetten/-verordeningen, verordeningen voor het behoud van grasland, natuurbeschermingswetten). Bovendien kunnen programma's voor plattelandsontwikkeling en milieumaatregelen in de landbouw ook het behoud van een natuurlijke waterbalans ondersteunen door boeren aan te moedigen om duurzame praktijken toe te passen die droogte helpen aanpakken (bv. veenbeschermende afdamming, permanente omschakeling van bouwland naar grasland, aanleg van oeverbufferstroken).

Tot een paar jaar geleden kregen het droogterisico en de waarschijnlijkheid van negatieve gevolgen van droogte niet veel aandacht in Duitsland en in vergelijking met overstromingen zijn de gevolgen van droogte nog steeds moeilijk te kwantificeren (Blauhut & Stahl, 2018). In de onlangs gepubliceerde nationale waterstrategie (BMUV, 2023) wordt waterschaarste erkend als een van de huidige en toekomstige uitdagingen, vooral na de droogtejaren 2018, 2019, 2020 en 2022. Vanwege de huidige randvoorwaarden, zoals de gevolgen van de klimaatcrisis, zal het in de toekomst nodig zijn om oplossingen te ontwikkelen om concurrentie om het gebruik en tegenstrijdige doelen met betrekking tot watervoorraden te voorkomen, zoals in de nationale waterstrategie. De strategie voorziet bijvoorbeeld in het implementeren van een uniforme definitie van kernvariabelen voor laag water en watertekorten, inclusief droogte, op de korte termijn (BMUV, 2023, p. 85). Droogte wordt ook genoemd in enkele andere acties in de nationale waterstrategie.

De Duitse Werkgroep Watervraagstukken van de federale staten en de federale regering (LAWA) is het centrale platform voor de coördinatie van alle gerelateerde activiteiten. De werkgroepen van de LAWA hebben talrijke strategische documenten opgesteld met betrekking tot droogte en waterschaarste, bijvoorbeeld "Impacts of Climate Change on Water Management". (LAWA, 2020) of "Omgaan met conflicterende doelen bij de aanpassing van het waterbeheer aan de klimaatverandering" (LAWA, 2022). (LAWA, 2022). Deze richtlijnen zijn bedoeld om de besluitvorming en beleidsvorming in de federale staten te ondersteunen, ze zijn niet bindend.

Tot op heden wordt er in de nationale waterstrategie of de LAWA geen concrete aanpak van droogtebeheer genoemd. Een van de redenen hiervoor kan zijn dat de directe gevolgen van droogte minder zichtbaar zijn dan die van overstromingen en het bestaan van de Duitse bevolking nog niet bedreigen. (Blauhut & Stahl, 2018). Hoewel er een wijdverbreid bewustzijn is van een toekomstige toename van het droogterisico na de extreme droogtejaren 2018 en 2019 in Europa, wordt droogte vaak nog niet als een risico beschouwd in Centraal-, Noord- en Oost-Europa (Blauhut et al., 2022). Tijdens de interviews in deze studie werd duidelijk dat de behoefte aan een grensoverschrijdend droogterisicobeheer nog grotendeels onbeantwoord is.

Administratieve structuren hebben de neiging om te praten over lage waterstanden en droge perioden, niet over droogte (bijv. de interviews in het kader van dit project en de nationale waterstrategie passen dit kader toe). Structuren binnen de autoriteiten die zich bezighouden met droogte zijn net in ontwikkeling. Tot dusver is er in Duitsland geen regelgeving die de droogteproblematiek uitgebreid en expliciet behandelt (vergelijk Tabel 8). De bestaande regelgeving (nationale en deelstaatwetten inzake waterreserves) behandelt droogte en droogte vanuit het oogpunt van geïntegreerd waterbeheer (Kampa & Rouillard, 2023).

Tot nu toe is er weinig aandacht besteed aan waterretentiemaatregelen die het droogterisico op de lange termijn zouden beïnvloeden. In de KRW wordt gesproken over natuurlijke wateren, bijvoorbeeld om droogte te beperken. Tot nu toe werd droogte aangepakt door bijvoorbeeld de wateronttrekking tijdens droge perioden te beperken. In feite is er geen algemene prioritering van water tijdens een droogte. Een dergelijke prioritering wordt momenteel veel besproken en wordt genoemd in de Nationale Waterstrategie. Waterbeperkingen komen voor tijdens landbouw- en sociale droogte op lokaal niveau. In Nedersaksen bijvoorbeeld werd de wateronttrekking voor boeren, tuiniers en zwembadeigenaren de hele dag door gereguleerd door het opleggen van tijdelijke verboden tijdens de laatste droge periodes. Dit

gebeurt in eerste instantie als een aanbeveling van waterleveranciers, en in het geval van acute problemen wordt een beperking uitgevaardigd door de lagere waterautoriteiten. Dit is echter slechts een selectieve oplossing voor het probleem en pakt de oorzaak niet aan. Als langetermijnoplossing voorziet de Nationale Waterstrategie in watergevoelig landschapsbeheer, inclusief het verhogen van de waterretentie in het landschap. Tijdens de interviews werden dergelijke projecten al genoemd door belanghebbenden (bijv. DIWA, waterretentie in landbouwsloten door Vechteverband).

Tijdens de interviews wezen de actoren erop dat het aantal aanvragen voor irrigatietoelagen de voorbije jaren is toegenomen als gevolg van de droogte. Deze trend zou zich nog kunnen versterken in periodes van aanhoudende droogte en hitte. Het is zeer waarschijnlijk dat er in de toekomst in de zomermaanden meer gebruik zal worden gemaakt van de grondwaterreserves die in de wintermaanden zijn gevormd en dat er langere perioden met lage grondwaterstanden zullen zijn. (LAWA, 2020). Ook is monitoring van grondwaterstanden en waterkwaliteit noodzakelijk. Er moeten maatregelen worden genomen om de grondwatervoorraad te vergroten en de aanvulling van het grondwater te bevorderen. Zuinig en zorgvuldig gebruik van grondwater als hulpbron is noodzakelijk. In overeenstemming met de beheerdoelstellingen van de KRW, de WHG en de Grondwaterverordening mogen de grondwateronttrekkingen de grondwateraanvulling niet overschrijden.

De eerste stappen naar droogtebeheer zijn gezet. Nedersaksen heeft een watervoorzieningsconcept ontwikkeld (NLWKN, 2022b). Om toekomstige droogteperiodes te overwinnen, benadrukt het concept de noodzaak van samenwerking tussen actoren en daarmee van een geïntegreerde planning van de waterreserves. Een onderliggend doel is het versterken van de gevoeligheid en kennis van grondwaterbetrokkenen met betrekking tot het toenemende droogterisico voor de landbouw en grondwaterafhankelijke ecosystemen als gevolg van de klimaatverandering en het verder vergroten van het bewustzijn over hoe om te gaan met beperkte watervoorraden.

In dit verband is het Staatsbureau voor Mijnbouw, Energie en Geologie (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, LBEG) van Nedersaksen in 2022 een project gestart om zich aan te passen aan de klimaatverandering. Het project heet KliBoG - Klimaatadaptatie bodem en grondwater - en bestaat uit drie delen. Alle drie de deelprojecten maken deel uit van het maatregelenprogramma van de Nedersaksische strategie voor aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering. In deelproject 1 worden waterbalansmodellen verder ontwikkeld om onder andere droogtesituaties nu en in de toekomst beter te kunnen inschatten met behulp van

bodemvocht en kwelwatervorming. Hiervoor worden gegevens en modellen geactualiseerd. Deelproject 2 bestaat uit het verbeteren van de waterretentie in het gebied door ondichting en aangepast landgebruik, inclusief klimaatbestendige ecosystemen, als bijdrage aan de aanpassing aan klimaateffecten. Deelproject 3 bestaat uit klimaataangepast grondwaterbeheer en 3D-modellering in de omgeving van Lüneburg.

In Noordrijn-Westfalen heeft het Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ook een gespecialiseerd informatiesysteem over klimaatverandering met betrekking tot droogte. Het land is zich dus ook bewust van de klimaatverandering en de toenemende droogte. Op de website van de gemeentelijke adviesdienst voor aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering kunnen getroffen informatie vinden over advies, ondersteuning en netwerkmogelijkheden. (LANUV, n.d.-c).

In Duitsland is het beheer van droogterisico's nog maar net begonnen. Nedersaksen en Noordrijn-Westfalen hebben nog een lange weg te gaan om het toenemende droogterisico te beheersen. In de nationale waterstrategie wordt waterschaarste op veel belangrijke punten aangepakt. Het is cruciaal dat de strategie nu wordt geïmplementeerd in regelgeving en projecten om werkelijkheid te worden. De eerste stappen zijn gezet, bijvoorbeeld met KliBoG dat de monitoring en het landschapsbeheer versterkt en de waterretentie verbetert. Naast de federale staten zijn ook de regio's, zoals individuele gemeenten of districten, zich ervan bewust dat er voor de lange termijn water moet worden opgeslagen in gebieden voor droge periodes om grond- en oppervlaktewater te beschermen. Dit kan gebeuren door renaturatie, veenbescherming, bewuste irrigatie, maar ook door particulieren met cysten in hun tuin.

4.2 Nederland

4.2.1 Waterbeheer

De Waterwet ("Waterwet") in Nederland verdeelt verantwoordelijkheden op het gebied van waterbeheer over verschillende bestuurlijke niveaus en organisaties. De Waterwet is sinds eind 2009 van kracht en is gebaseerd op integraal beheer van het gehele watersysteem. De Waterwet integreerde acht specifieke waterwetten in één stuk wetgeving: Wet op de waterhuishouding, Wet op de waterkering, Grondwaterwet, Wet verontreiniging oppervlaktewateren, Wet verontreiniging zeewater, Wet drooglegging en indijking, Wet op de waterhuishouding en wetgeving over infrastructuur en verontreiniging van onderwaterbodems (een voormalige paragraaf in de Wet bodembescherming). De autonome jurisdicties zijn nu

in de Waterwet ingekaderd in termen van nauwe samenwerking. Historisch gezien waren vooral de watersnoodrampen van 1916 en 1953 van invloed op het streven naar betere coördinatie tussen niveaus en schalen en op het samenvoegen van het grote aantal regionale waterautoriteiten tot minder en grotere organisaties. (Kuks, 2009).

De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. De wet heeft betrekking op zowel waterkwaliteit als waterkwantiteit. Tegelijk met de Waterwet is het vernieuwde stelsel van 'waterverordeningen' van de provincies en de waterschappen in werking getreden. Deze moesten ook worden aangepast aan de nieuwe integrale wet en zijn gebaseerd op staatsrechtelijke wetten over provincies en waterschappen en op de Waterwet. De resulterende verdeling van verantwoordelijkheden is geschematiseerd in de onderstaande tabel. Het beheer van de regionale watersystemen ligt bij de waterschappen, terwijl Rijkswaterstaat verantwoordelijk is voor het beheer van het hoofdwatersysteem bestaande uit de grote rivieren en kanalen.

Tabel 9: Verdeling van verantwoordelijkheden zoals vastgelegd in de Waterwet (aangepast uit IPLO, 2023; Ministerie van Algemene Zaken, 2023)

Overheidslaag	Verantwoordelijk voor:
Rijksoverheid (Ministerie & Rijkswaterstaat)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nationaal beleid en nationale maatregelen ✓ ⁶Overstromingsbeschermingsnormen die betrekking hebben op de primaire waterkeringen, zoals dijken en duinen die het land beschermen tegen water uit de zee en de grote rivieren. ✓ Beheer van het hoofdwatersysteem (de belangrijkste rivieren en kanalen)
Provincies	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vertaling van nationaal waterbeleid naar regionale maatregelen ✓ Ontwikkeling van de regionale waterprogramma's ✓ Operationele taken met betrekking tot bepaalde waterbeheerkwesties, zoals vergunningen voor grondwateronttrekkingen en grondwatermonitoring ✓ Beheer van grondwaterkwaliteit (Wet bodembescherming). ✓ Toezicht op het beheer van de regionale watersystemen ✓ Coördinatie van regionale inbreng voor de nationale overstromingsrisicobeheerplannen en -programma's in het kader van de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's
Regionale waterschappen	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Beheer van plannen met betrekking tot de waterkwaliteit binnen hun district ✓ Beheer van regionale waterkeringen, die het land beschermen tegen bijvoorbeeld water uit de kanalen. ✓ Beheer van het regionale watersysteem (Bepaling en uitvoering van maatregelen) ✓ Behandeling van stedelijk afvalwater
Gemeenten	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Storm - en grondwater in stedelijke gebieden ✓ Afvoer van afvalwater en overtollig regenwater via de riolering (Waterwet en Wet Milieubeheer).

Ontwikkelingen in de loop der tijd, waaronder de nieuwe milieuwetgeving

Het discours over fragmentatie en integratie in Nederland, dat teruggaat tot de jaren 1960, is cruciaal om de hedendaagse uitdagingen te begrijpen. Kuks (2009) identificeert het gebrek aan integratie in deze periode als

⁶ De primaire waterkeringen bieden bescherming tegen overstromingen vanuit de Noordzee, de Waddenzee, de grote rivieren Rijn, Maas en Westerschelde, de Oosterschelde, het IJsselmeer, Volkerak-Zoommeer, Grevelingenmeer en het getijdengebied van de Hollandsche IJssel en de Veluwerandmeren.

nadelig voor de huidige agenda's, met name wat betreft kwetsbaarheid voor klimaatverandering en verminderde veerkracht.

De Wet op de Ruimtelijke Ordening van 1962 speelde een sleutelrol door de onteigening van land voor waterafvoer mogelijk te maken, wat leidde tot herstructurering van het landschap en de economische sector. Deze wetgevende stap vergrootte de afwateringscapaciteit en resulteerde in de kanalisatie van waterlopen. Tegelijkertijd werden de inspanningen op het gebied van drainage geïntensiveerd door landreconstructie en het verkavelen van landbouwgrond om de productiviteit te verhogen.

De scheiding tussen generieke democratie en functionele democratie belemmerde de coördinatie tussen het waterbeleid en het landgebruikbeleid. Tot het einde van de jaren 1980 werden de regionale waterschappen voornamelijk gedomineerd door boeren, maar door bestuurlijke fusies daalde hun aantal van meer dan 2500 in 1950 tot 21 in 2009. Deze consolidatie zorgde voor meer capaciteit, expertise en de introductie van verkiezingen voor het algemeen en dagelijks bestuur van de 21 regionale waterschappen.

De regulering van grondwater in de jaren 1980 via de grondwaterwet legde de basis voor integratie. Begin jaren '90 zorgden wijzigingen voor een gemeenschappelijke basis voor de aanpak van uitputting, milieu en ecologische overwegingen. Ondanks deze inspanningen werd de integratie van sectorale ambities op het gebied van water, milieu, natuur en landgebruik bemoeilijkt door complexiteit en versnipperde bevoegdheden. Een grondwetswijziging in 1992 verleende regionale waterautoriteiten het primaat over regionaal waterbeheer, waarbij operationele taken van provincies en gemeenten werden overgedragen aan regionale waterautoriteiten.

Ondanks deze inspanningen bleef de ontevredenheid over de versnippering over water, natuur, milieu en ruimtelijke ordening bestaan. Deze onvrede leidde tot de ontwikkeling van een integrale Omgevingswet. Sinds 1 januari 2024 (IPLO, n.d.) Deze wet consolideert meer dan 20 bestaande wetten, waaronder de Waterwet, Wet ruimtelijke ordening, Wet natuurbescherming, Onteigeningswet, Ontgrondingenwet, Wet milieubeheer en Wet bodembescherming.

De Omgevingswet beoogt de integratie op decentraal niveau te versterken, waarbij decentrale actoren zoals provincies, gemeenten en waterschappen het voortouw nemen bij het realiseren van sectorale integratie. Op decentraal niveau worden twee trajecten voorzien (Lulofs, 2020): het

afliden van regels over de leefomgeving en het voorbereiden en uitvoeren van programma's en projecten die aansluiten bij vastgestelde normen en doelen.

Terwijl EU- en nationale wetgeving de context vormen, vindt de coördinatie plaats via instructieregels op verschillende niveaus en beleidsprogramma's. Voorbeelden hiervan zijn het Nationaal Hoogwaterbeschermingsprogramma en het Zoetwaterbeleidsprogramma. Ondanks de voortdurende integratie-inspanningen blijft de relatie tussen de rijksoverheid, provincies en gemeenten fundamenteel ongewijzigd, vooral op het gebied van waterbeheer. De Omgevingswet voorziet echter in meer integratie tussen water, natuur, milieu en landgebruik op decentraal niveau.

De wet verruimt de mogelijkheden voor het uitvoeren van instructieregels op verschillende niveaus, waardoor praktische integratie, synergetische beleidsprogramma's en maatregelen worden vergemakkelijkt. Er wordt een beleidscyclus voorzien, waarin sectorale agenda's, waaronder water, door middel van overleg worden geconsolideerd. Daarna volgen herzieningen van milieukwaliteitsnormen en het opstellen van programma's met noodzakelijke projecten en activiteiten, waarbij de evaluatie leidt tot een nieuwe cyclus.

Het nationale waterplan, dat van een vierjarige opeenvolging naar een zesjarige opeenvolging is geëvolueerd en nu bekend staat als het Nationale Deltaplan, sluit aan bij de zesjarige planning met betrekking tot de EU-waterrichtlijnen. Het Deltaplan omvat onderwerpen als waterveiligheid, zoetwatervoorziening en ruimtelijke adaptatie. Dit laatste onderstreept de inspanningen om waterbeheer en ruimtelijke ordening verder met elkaar te verweven.

Plannen

De waterplannen van het Rijk en de provincies weerspiegelen respectievelijk het nationale en regionale (strategische) waterbeleid. Voor het Rijk is dit het Nationaal Waterplan en voor de provincies zijn dit de regionale waterplannen. Het Nationaal Waterplan bevat ook een samenvatting van de vier stroomgebiedbeheerplannen (Rijn, Maas, Schelde en Eems) en het maatregelenprogramma dat is uitgewerkt in de plannen van provincies, waterschappen en gemeenten.

De waterbeheerplannen zijn operationeel van aard en worden opgesteld door Rijkswaterstaat en de regionale waterschappen. In deze plannen worden de randvoorwaarden voor het bereiken van de strategische doelen

van het waterbeheer vastgelegd en concrete maatregelen beschreven. Onder beheer valt ook het beheer van waterkeringen.

In de plannen moeten de doelen van de Waterwet (artikel 2.1 Waterwet), die betrekking hebben op overstromingsrisicobeheer, droogte- en waterschaarstebeheer, chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen en maatschappelijke functies, worden meegenomen en uitgewerkt. Dit leidt tot het aanwijzen van (delen van) watersystemen voor bepaalde functies (zie ook: functietoedeling) en een programma van maatregelen om de doelen te bereiken. In de plannen worden ook de doelen van de KRW en die van de Richtlijn Overstromingsrisico's uitgewerkt.

Artikel 4.8 van de Waterwet bepaalt dat de plannen, conform de KRW-plancyclus, eens in de zes jaar worden herzien. Tussentijdse herziening is ook mogelijk.

De Waterwet staat ook voor meer samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. Wat betreft de ruimtelijke aspecten van het waterbeleid zijn de waterplannen van het Rijk en de provincies ook structuurvisies op basis van de Wet Ruimtelijke ordening (Wro). Dit betekent bijvoorbeeld dat waar in de plannen ruimte is gecreëerd voor water, deze ruimte (gereserveerd oppervlak voor bijvoorbeeld een waterbergingsgebied) als het ware wordt gezien als onderdeel van de structuurvisie zoals die door beide overheden is vastgesteld. Het is daarom van belang dat het waterplan als structuurvisie ook uitspraken bevat die de politieke basis leggen voor de inzet van Wro-instrumenten, zoals aanwijzingen, algemene regels en rijksinpassingsplannen.

Voor gemeenten is er geen gemeentelijk waterplanfiguur voorgeschreven. De wijze waarop de gemeente invulling geeft aan haar zorgplichten op het gebied van stedelijk afvalwater, hemelwater en grondwater is opgenomen in het gemeentelijk rioleringsplan. Ruimtelijke aspecten van gemeentelijk waterbeleid komen terug in structuurvisies en bestemmingsplannen van gemeenten op basis van de Wet ruimtelijke ordening.

Naast de beschreven plannings- en coördinatiestructuur hebben steden vaak een meer holistische en integrale aanpak en hebben ze vaak een 'stedelijk waterplan', inclusief de gemeentelijke rioleringsplanning en bijvoorbeeld inspanningen op het gebied van klimaatbestendigheid (zoals vastgelegd in het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie). En in veel breder perspectief zijn er door de jaren heen allerlei dwarsverbanden gelegd, over grenzen heen naar andere sectoren dan alleen water, in waterdoelen en waterregels en nog meer in waterprogramma's en watermaatregelen. (van

Leussen & Lulofs, 2009). Hiermee is de basis gelegd voor nieuwe institutionele hervormingen.

4.2.2 Overstromingsrisico en rampenbeheer

Overstromingsrisicobeheer in Nederland is lange tijd gekenmerkt door een sterke afhankelijkheid van structurele waterkeringen, zoals dijken, duinen en dammen. Na meerdere bijna-overstromingen in de jaren negentig is deze aanpak aan het veranderen met de invoering van het concept meerlaagsveiligheid in de Nederlandse waterwetgeving in 2009. Meerlaagsveiligheid verwijst in feite naar het idee dat VGM - waar mogelijk - drie soorten maatregelen moet overwegen en combineren: 1) preventie; 2) ruimtelijke ordening; en 3) rampenbestrijding. (Bosoni et al., 2023).

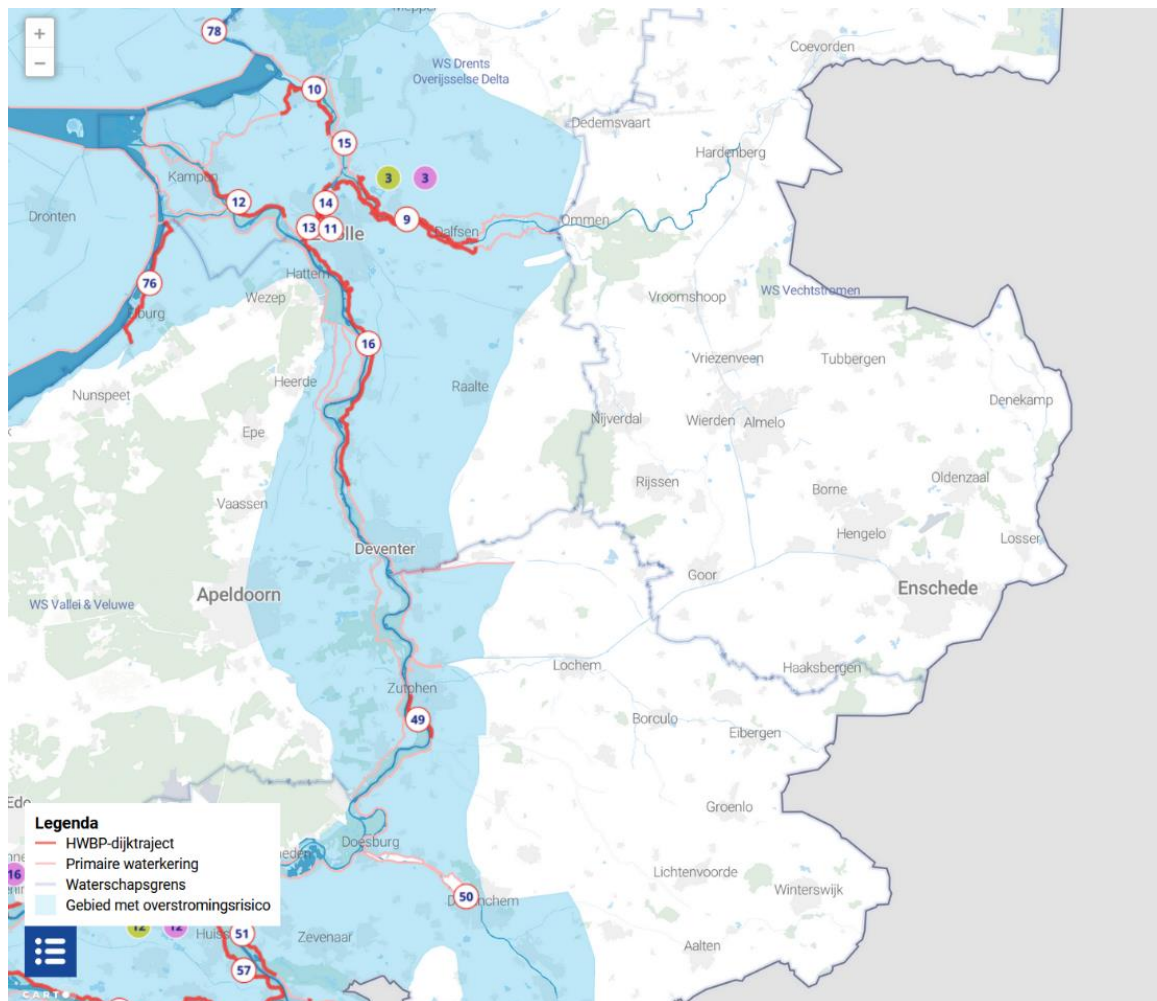
Sinds een herziening van de Waterwet in 2017 zijn de veiligheidsnormen in Nederland risicogebaseerd en worden ze berekend op basis van overstromingskansen in plaats van overschrijdingskansen van de waterstand. Dit houdt in dat bij het bepalen van de veiligheidsnorm (een maximaal toegestane faalkans van de waterkering) rekening wordt gehouden met het aantal mensen dat door de waterkering wordt beschermd. Gebieden met een groot aantal potentiële overstromingssslachtoffers krijgen dus strengere veiligheidsnormen dan gebieden met een beperkt aantal potentiële overstromingssslachtoffers. Om te beoordelen of waterkeringen aan de veiligheidsnormen voldoen, wordt rekening gehouden met verschillende potentiële faalmechanismen van waterkeringen (bijv. interne erosie, instabiliteit van hellingen of beschadigde bekleding) (Jonkman et al., 2011). De eerste beoordeling van waterkeringen volgens deze nieuwe aanpak werd in 2023 afgerond en er werd geconcludeerd dat een aanzienlijk percentage van de waterkeringen in Nederland niet aan deze nieuwe veiligheidsnormen voldoet. Dit was tot op zekere hoogte voorzien en daarom is besloten om een periode van 30 jaar te reserveren om de waterkeringen aan de nieuwe norm te laten voldoen (in 2050). Om ervoor te zorgen dat alle primaire keringen in 2050 aan de nieuwe normen voldoen, heeft Nederland een Nationaal Hoogwaterbeschermingsprogramma (NFPP, onderdeel van het overkoepelende Deltaprogramma, Nationaal Deltaprogramma, n.d.). Het NFPP is een samenwerking tussen alle 21 regionale waterschappen en Rijkswaterstaat.

Het NFPP geeft subsidie aan projecten die gericht zijn op het verbeteren van de veiligheid van dijktrajecten die niet aan de veiligheidsnormen voldoen. Dergelijke projecten bestaan meestal uit drie fasen die elk ongeveer drie jaar duren: verkenning, uitwerking en realisatie. Wanneer de scope van een

project onduidelijk is, wordt de verkenning voorafgegaan door een bredere onderzoeksfase. Het NFPP subsidieert ook verkenningsstudies waarin innovatieve oplossingen voor meer algemene uitdagingen in meer detail worden uitgewerkt.

Het NFPP is erop gericht om verdedigingswerken op de meest efficiënte en effectieve manier te verbeteren. Langs rivieren betekent dit meestal dat bestaande dijken worden verhoogd en/of versterkt. Vooral in de grotere regio Zwolle bevindt zich momenteel een groot aantal NFPP-projecten in de verkennings-, planuitwerkings- of realisatiefase (zie figuur volgende pagina). Een bijzonder groot lopend NFPP-project is "Veilige Vecht" (nummer 9 in de figuur), waarvoor net een voorkeursalternatief voor versterking van de verschillende delen van het dijktraject tussen Dalfsen en Zwolle is voorgesteld (WDOD, 2023).

De projecten beperken zich niet tot de Vecht. Zo worden er momenteel plannen voorbereid voor dijkversterking bij een industrieterrein in Doetinchem langs de Oude IJssel (nummer 50 in de figuur). Het NFPP financiert ook innovatieprojecten. Voorbeelden van lopende innovatieprojecten in de regio Zwolle zijn Dijken & Natuur (gericht op het verder ontwikkelen van de implementatie van overstromingsrisicobeperkende maatregelen in beschermde natuurgebieden; nummer 3 in de figuur) en overstromingsbestendige landschappen (gericht op de verdere ontwikkeling van een methode, inclusief verhalen, oplossingen, beoordelingsmethoden, om toekomstige overstromingsrisicomaatregelen beter te integreren in veranderende landschappen; niet in de figuur). Beide projecten worden geleid door waterschap Drents-Overijsselse Delta en omvatten de Universiteit Twente en Deltares als partners.



Afbeelding 310 Overzicht van lopende NFPP-projecten in het verlengde stroomgebied van de Vecht (HWBP, 2024)

Een afgerond NFPP-project dat relevant is voor het grotere stroomgebied van de Vecht, is de verkenning van de Vecht (POV Vecht). Het project is geïnitieerd door waterschappen Vechtstromen en Drents-Overijsselse Delta en de provincie Overijssel. (WDOD, n.d.-b). Het doel was om te onderzoeken of meer gediversifieerde VGM-maatregelen kunnen bijdragen aan het verlagen van de kosten van dijkversterking. Het project werd in 2017 opgestart omdat het merendeel van de dijken langs de benedenloop van de rivier niet aan de nieuwe normen voldoet. De vraag was of andere maatregelen, stroomopwaarts of stroomafwaarts in het stroomgebied, een positief effect zouden kunnen hebben op de dijkversterkingsuitdaging en misschien ook zouden kunnen bijdragen aan het oplossen van andere maatschappelijke uitdagingen, zoals droogte en waterschaarste in het stroomopwaartse deel van het stroomgebied. (WDOD, n.d.-a). Om de haalbaarheid en effectiviteit van alternatieve maatregelen te beoordelen, werden in het project technische studies gecombineerd met activiteiten voor belanghebbenden (Vinke-de Kruif & de Weerd, 2019). Het project omvatte twee informatie-uitwisselingssessies met Duitse belanghebbenden die verantwoordelijk waren voor het waterbeheer in het meest bovenstroomse

deel van het stroomgebied. De resultaten vormen nu de basis voor nieuwe projecten en programma's.

Gedurende het verkennend onderzoek waren er veel uitwisselingen en interacties met organisaties die betrokken waren bij 'Ruimte voor de Vechte': 'Ruimte voor de Vecht', n.d.). Deze netwerkorganisatie is opgericht in 2007 en is een samenwerkingsverband tussen dertien organisaties (waterschappen, provincie, gemeenten en natuurorganisaties, grondeigenaren, marketing, landbouw en bedrijven) die actief zijn in het Nederlandse deel van het stroomgebied van de Vecht. Samenwerking gebeurt zowel bestuurlijk (samenwerking tussen ambtenaren) als politiek (breed bestuurlijk overleg). In de meest recente samenwerkingsovereenkomst voor 2023-2026 hebben alle partners zich gecommitteerd aan de voortzetting van hun samenwerking, de ontwikkeling van een masterplan en visie voor 2050 en de verdere ontwikkeling van regionale plannen die worden gevraagd door het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). De reikwijdte van de activiteiten omvat klimaatadaptatie en veiligheid, natuur en biodiversiteit, duurzame landbouw en sociaaleconomische ontwikkeling, aantrekkelijke leefomgeving.

De afgelopen jaren is in het kader van het programma Ruimte voor de Vecht een breed scala aan maatregelen in gang gezet. Zo is in het kader van de KRW en het eerste Nationaal Hoogwaterbeschermingsprogramma in de afgelopen planperiode(n) onder andere ingezet op het ontstenen van oevers. En het passeren van stuwen door natuurlijk vormgegeven nevengeulen. Een speciaal aandachtspunt hierbij is het waterpeil van de Vechte. Het Waterschap Vechtstromen kiest voor de langere termijn voor een vast peil, ook geen hogere peilen meer in de zomer, lagere peilen in de winter. Hiervoor vindt overleg plaats met de Waterschappen Drents Overijsselse Delta (WDOD). Een vast waterpeil wordt gunstiger geacht voor de ecologische ontwikkeling van de oever dan de huidige onnatuurlijke peilen, met een hoog waterpeil in de zomer en een laag peil in de winter. De gevolgen van droogteresistentie lijken nog niet diep in deze discussie te zijn meegenomen (Knol et al., 2020). Over het algemeen is er echter een sterke relatie tussen droogtebeleid en -maatregelen (zie hieronder) en de uitvoering van de KRW. Maatregelen bovenstrooms zijn vaak gericht op meer natuurlijke blauwe aders; dit levert voordelen op voor zowel waterkwaliteit als droogte en kwetsbaarheid voor droogte. Dergelijke projecten worden vaak gefinancierd uit natuurherstelfondsen en zijn daarom Natura 2000-gerelateerd. Voor rivierherstelmaatregelen en blauwaderherstelmaatregelen worden de projecten ook vaak beheerd door regionale waterschappen, maar (mede)gefinancierd door de provincie, gerelateerd aan natuurfondsen. Waar herstructureringsprojecten

plaatsvinden, zijn naast waterschappen ook gemeenten en belangenorganisaties betrokken (Helder et al., 2017). Regionale projectscan worden ook medegefinancierd door een van de nationale Deltaplannen.

Regionale waterautoriteiten zijn de organisaties die de details uitwerken, van doelen tot programma's, projecten en maatregelen. De afgelopen decennia ging de meeste aandacht uit naar overstromingsrisico's en de komende KRW-vereisten met betrekking tot waterkwaliteit en ecologische kwaliteit van waterlichamen. En pas zeer recentelijk is daar de agenda van droogte aan toegevoegd.

Beheer van rampen

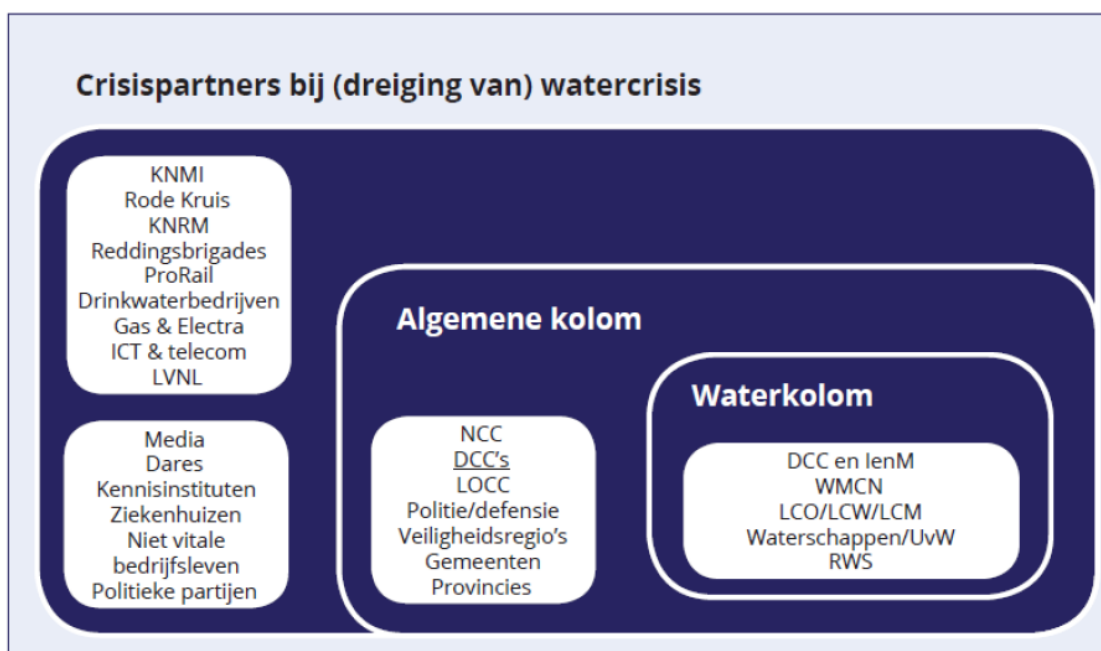
In Nederland zijn overstromings- en droogterisicobeheer nauw met elkaar verbonden en vallen onder de verantwoordelijkheid van water- en droogterisicobeheerders zoals de regionale waterschappen en Rijkswaterstaat. Deze partijen maken deel uit van de reguliere waterbeheerketen. Tijdens gebeurtenissen die als crises of rampen worden beschouwd, verschuift het beheer en mandaat naar crisismanagementstructuren onder leiding van regionale overheden, veiligheidsregio's en lokale of regionale hulpverleners. Deze crisisbeheersingspartijen maken deel uit van een algemene crisisketen (Rijksoverheid, n.d.-a; RWS VWL, 2021).

Bestuursorganen binnen de algemene crisisketen zijn verantwoordelijk voor de openbare orde en veiligheid. Deze keten van organisaties bestaat uit het ministerie van Justitie en Veiligheid, de provincies, de veiligheidsregio's en de gemeenten. (Waterschap Vechtstromen, 2021a). Op landelijk niveau is de minister van Justitie en Veiligheid (JenV) primair verantwoordelijk voor de crisisbeheersing, het functioneren van het crisisbeheersingsbeleid en de crisisbeheersingsstructuren en -organisaties (Rijksoverheid, n.d.-a).. Verder heeft elk ministerie een crisiscentrum voor crises die gerelateerd zijn aan hun domein (NCTV, 2022). Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is verantwoordelijk voor het beleid met betrekking tot de bescherming tegen overstromingen en droogte. (IenW, n.d.)..

Het grootste deel van de crisiscoördinatie en -beheersing op regionaal niveau is in handen van de veiligheidsregio's. De Nederlandse veiligheidsregio's houden toezicht op en zijn verantwoordelijk voor de openbare veiligheid van een regio tijdens elk soort evenement (niet alleen overstromingen en droogte). Er zijn 25 veiligheidsregio's in Nederland (Afbeelding 33). Veiligheidsregio's voeren crisiscoördinatie en crisisbeheersing uit. Ze zijn ook belast met het toezicht op hulpverleners zoals brandweer, politie en ambulances. (Rijksoverheid, n.d.-c). Wanneer

een gebeurtenis groot genoeg is en meerdere (veiligheids)regio's omspant, worden over het algemeen ook de landelijke crisisketenstructuren geactiveerd.

In Nederland beheert de waterbeheerketen zowel het overstromingsrisico als het droogterisico. Partijen binnen deze keten hebben meestal een specifiek expertisegebied. In deze keten vinden we het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Rijkswaterstaat op nationaal niveau en de regionale waterschappen op regionaal en lokaal niveau. De waterschappen staan in nauw contact met het Nationaal Watermanagementcentrum Nederland (WMCN), dat continu overstromings- en droogterisico's voor heel Nederland monitort. Het WMCN heeft een commissie voor overstromingen (Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging - LCO) en droogtes (Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling - LCW) (Waterschap Vechtstromen, 2021). Tijdens een grootschalige overstroming of droogte werken water- en droogtegerelateerde partijen (zoals WMCN, KNMI, Rijkswaterstaat, regionale waterschappen) en de crisismanagementketen (veiligheidsregio's en provincies) maar ook stakeholders van vitale processen zoals drinkwaterpartijen (Landelijk draaiboek hoogwater en overstromingsdreiging, 2023) nauw samen (zie Afbeelding 32 voor meer informatie over belanghebbenden). De rollen van relevante autoriteiten tijdens nationale overstromingen en droogtes worden uitgebreid gerapporteerd in crisisplannen en handboeken voor overstromingen en droogtes (bijv. Nationaal Crisisplan Hoogwater en Overstromingen, Nationaal Handboek Hoogwater en Overstromingsdreiging, Nationaal Handboek Waterverdeling en Droogte).



Afbeelding 32 Crisispartners tijdens de (dreiging van) een watergerelateerde crisis (van der Klei, 2017). Uit: (NIPV, 2023)

Provincies, veiligheidsregio's en regionale waterschappen in het studiegebied

Binnen het Nederlandse deel van het studiegebied zijn er drie relevante provincies (Overijssel, Gelderland en Drenthe), vier veiligheidsregio's (Twente, IJsselland, Drenthe en Noord- en Oost-Gelderland) en drie regionale waterschappen (Vechtstromen, Rijn en IJssel, Drents Overijsselse Delta).

De veiligheidsregio's (VR's) spelen een cruciale rol in het crisismanagement. Ze zijn een verlengstuk van de gemeenten en worden bestuurd door een bestuur dat bestaat uit alle burgemeesters van de gemeenten in die veiligheidsregio. De voorzitter van het bestuur is meestal de burgemeester van de grootste gemeente. VR's zijn niet alleen verantwoordelijk voor overstromingen en droogtes, maar voor elke soort bedreiging van de openbare veiligheid. Als een dreiging meerdere gemeenten tegelijk betreft, wordt de voorzitter van de veiligheidsregio verantwoordelijk (Rijksoverheid, n.d.-a). Het bestuur en de veiligheidsregio's zijn verantwoordelijk voor het instellen en in stand houden van de brandweer, de GHOR (Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio), de voorbereiding op branden en het organiseren van de rampenbestrijding en crisisbeheersing. (Rijksoverheid, n.d.-a). De kerntaken zijn geregeld in de Wet Veiligheidsregio's. De verantwoordelijkheden zijn:

- a. Het inventariseren van risico's in verband met branden, rampen en crises en het opstellen van een risicoprofiel;
- b. Adviseren van het bevoegd gezag over risico's met betrekking tot branden, rampen en crises zoals aangewezen bij of krachtens de wet, alsmede in gevallen die in het beleidsplan zijn bepaald;
- c. De burgemeester en beleidsmakers adviseren
- d. Voorbereiding op het blussen van branden en het organiseren van rampenbestrijding en crisismanagement;
- e. Een brandweerkorps oprichten en onderhouden;
- f. Oprichting en instandhouding van een Gezondheidsdienst (GHOR);
- g. Voorzien in de functie van alarmcentrale;
- h. Aanschaf en beheer van gemeenschappelijke apparatuur;
- i. Het opzetten en onderhouden van informatievoorziening binnen de diensten van de veiligheidsregio en tussen deze diensten en andere diensten en organisaties die betrokken zijn bij de taken genoemd onder d, e, f en g.

Zoals eerder vermeld, opereren VR's niet alleen. Voor watergerelateerde crises, waaronder droogte, is er een sterke koppeling met de regionale waterschappen, provincies en gemeenten. Doorgaans vertrouwen veiligheidsregio's op de informatie die waterschappen aanleveren. Ook werken ze formeel samen, zoals vastgelegd in het crisisplan, het risicoplan

en het besluitvormingsplan. Beide veiligheidsregio's IJsselland en Twente gaven in de interviews aan dat deze samenwerking vrij soepel verloopt.

VR's hebben ook een informatieve rol waarin ze met belanghebbenden communiceren over verschillende scenario's die zich kunnen voordoen en hoe ze zich hierop kunnen voorbereiden. VR's proberen bijvoorbeeld in te schatten hoe ze klimaatbestendig kunnen zijn. Ondanks het feit dat het denken over en voorbereiden op klimaatgerelateerde scenario's een relatief nieuwe ontwikkeling is, zijn de VR's Twente en IJsselland, gelegen in het uitgebreide stroomgebied van de Vecht, hier al enige tijd mee bezig. VR Twente richt zich meer op droogte-gerelateerde impactscenario's dan op hoogwater en overstromingen. VR IJsselland bereidt zich ook voor op watergerelateerde scenario's. Zij gaven echter aan onvoldoende voorbereid te zijn op de hoogwatergebeurtenis van 2023/2024, met de combinatie van alle factoren die zich voordeden.

Tegelijkertijd is de NIPV (2023) dat hoewel veiligheidsregio's in hun risicoprofiel meestal rekening houden met klimaatfactoren zoals overstromingen en droogte, het een relatief nieuw onderwerp is waarvan de effecten op crisisbeheersing en -bestrijding nog niet bekend zijn. Als gevolg daarvan zijn de risico's van klimaatbedreigingen niet altijd ingebed in crisisbestrijdingsplannen en in de kennis van hulpverleners. Vooral gebeurtenissen die meerdere veiligheidsregio's omvatten kunnen een uitdaging vormen in de crisisrespons, omdat elke veiligheidsregio anders is georganiseerd en er beperkte ervaring is met dergelijke gebeurtenissen. (NIPV, 2023).

12 van de 25 veiligheidsregio's in Nederland grenzen aan Duitsland of België. Deze 12 regio's moeten hun crisisplannen afstemmen met de grensoverschrijdende tegenhanger. Dit kan er bijvoorbeeld toe leiden dat Nederlandse brandweerlieden in actie komen bij een brand in Duitsland en vice versa. (Rijksoverheid, n.d.-a). Meestal is deze operationele kant (brandweer / politie) goed gecoördineerd, ook over de grens. Tijdens de interviews werd duidelijk dat de samenwerking en informatie-uitwisseling over andere elementen (meestal preventief) beperkter is. Er is altijd ten minste één persoon die Nederland vertegenwoordigt als er sprake is van een grensoverschrijdende crisis. Maar er is niet altijd sprake van systematische of regelmatige samenwerking of informatie-uitwisseling over de grens. Tijdens de interviews met de VR's IJsselland en Twente benadrukten de geïnterviewden het belang van tijdige informatie-uitwisseling met Duitsland. In het verleden is het tijdig activeren van alle relevante crisisstructuren een uitdaging gebleken door verschillen in communicatie en timing van het informeren. In tijden van overstromingen moeten de veiligheidsregio's erop vertrouwen dat de informatie tijdig door

de Duitse counterparts wordt gedeeld met de regionale waterschappen en dat de regionale waterschappen de veiligheidsregio's tijdig informeren om adequaat crisismanagement te kunnen uitvoeren.

Wat gebeurt er tijdens overstromingen en droogte?

Er zijn verschillende stadia die relevant zijn voor **crisisbeheer bij overstromingen**: van business as usual tot extreme gebeurtenissen/rampen. De verschillende fasen worden hieronder beschreven en zijn overgenomen uit een landelijk kader (Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen, 2020). Tijdens 'business as usual' voeren de Nederlandse regionale waterschappen de dagelijkse activiteiten met betrekking tot water-/overstromingsbeheer uit in nauwe samenwerking met Rijkswaterstaat en de provincies. Bij verhoogde dreiging van extreme neerslag, hoogwater of een overstroming blijven zij in eerste instantie verantwoordelijk. Daarnaast gaan ze nauwer samenwerken met andere waterbeheerpartners zoals Rijkswaterstaat en met provincies en gemeenten. (Waterschap Vechtstromen, 2021a). De waterschappen hebben crisisplannen, zoals ze wettelijk verplicht zijn (Waterwet, artikel 5.29). Als er zich een gebeurtenis voordoet die niet business as usual kan worden afgehandeld, hebben de waterschappen speciale crisisteams in het veld op tactisch en strategisch niveau. De omvang, dreiging en financiële gevolgen van een gebeurtenis bepalen het type crisismodus en het niveau waarop de waterschappen andere partijen en de regio zullen informeren. (Waterschap Vechtstromen, 2021). In deze crisismodus maken de waterschappen gebruik van vrijwilligers in het veld.

Naarmate de dreiging toeneemt, kunnen zij extra ondersteuning zoeken bij hoogwater-crisispartijen zoals het Watermanagementcentrum of de algemene crisispartijen zoals de veiligheidsregio. Als een overstroming de openbare veiligheid gaat bedreigen, gaat de verantwoordelijkheid over naar organisaties in de crisisketen, meestal de veiligheidsregio.

Tabel 10 toont de verschillende stadia die kunnen worden onderscheiden, van business as usual (code groen) tot een crisis onder verantwoordelijkheid van de crisisbeheersende partijen (code rood) (WMCN, 2023). Als er sprake is van een ramp of crisis die zich uitbreidt buiten een specifieke locatie, wordt de verantwoordelijkheid overgedragen aan de veiligheidsregio's die dan volledig mandaat krijgen, ook over de waterschappen en hun activiteiten (Wet Veiligheidsregio's, artikel 39).

Tabel 10: Kleurcodes voor overstromingsgebeurtenissen aangepast uit Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging (WMCN, 2023)

Code groen	Business as usual
-------------------	-------------------

Code geel	Bij sommige hoogwaters nemen waterschappen voorzorgsmaatregelen, sommige activiteiten kunnen beperkt worden. WMCN en crisispartijen kunnen worden geïnformeerd.
Code oranje	Hoogwaterdreiging neemt toe of wordt voorspeld. Waterschappen nemen extra maatregelen, grootschalige maatregelen worden voorbereid, er kan schade ontstaan. Waterschappen informeren crisisdiensten en werken met hen samen.
Code rood	Extreme situatie (voorspeld). Grootschalige maatregelen worden voorbereid. Er kan schade optreden. De veiligheid kan in gevaar komen. Hier gaat de verantwoordelijkheid volledig over naar crisisstructuren, meestal op nationaal niveau, maar de uitvoering wordt gedaan door veiligheidsregio's.

Veiligheidsregio's



Afbeelding 33: Veiligheidsregio's in Nederland. Uit: CBS-gebieden 2016-2024 (CBS, 2024).

4.2.3 Droogterisico- en rampenbeheer

Wat in de punten 4.2.1 en 4.2.2 is gezegd, geldt ook voor droogterisico's in het waterbeheer. Instellingen, regelingen en planning zijn meestal identiek georganiseerd.

In het geval van droogte wordt zoet water uit de grote rivieren en meren zo goed mogelijk verdeeld onder alle watergebruikers in verschillende regio's.

Het geleiden van water naar hoge zandgronden in het oosten van Nederland gebeurt meestal via het Twentekanaal. Op deze manier kan water uit de IJssel zowel naar Enschede als naar de Vechte bij De Haandrik (ten zuiden van Coevorden) worden gebracht (Zie Afbeelding 40Bijlage E). De wateraanvoer via het Twentekanaal wordt beheerd via een waterakkoord tussen Rijkwaterstaat, de provincies Overijssel en Drenthe en de waterschappen Rijn en IJssel en Vechtstromen. De overeenkomst formaliseert de watervoorziening van delen van Overijssel, Gelderland en Drenthe en de waterafvoer naar het Twentekanaal door de vrij afwaterende gebieden van Overijssel en Gelderland. Het netwerk levert echter geen water aan het hele gebied, waardoor aanzienlijke delen voor de watervoorziening afhankelijk zijn van neerslag.

Het Deltaprogramma is het leidende nationale waterplan voor overstromingsrisico's, droogterisico's en klimaatadaptatie. Het Nederlandse kabinet en parlement zijn onlangs overeengekomen om water en bodem als leidende principes te hanteren in de ruimtelijke ordening. Met dit besluit worden verregaande reconstructie-inspanningen op land aangekondigd. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan om de sponscapaciteit van bodems met verschillende toepassingen te vergroten en om irrigatie te vertragen en te beheersen. Dit kan ook worden aangeduid als "het herstellen van landschappen om de robuustheid en veerkracht van het klimaat te vergroten om de gevolgen van het Antropoceen op land-watersystemen te beperken". Een eeuw van landontwikkeling heeft geleid tot een verhoogde snelheid van irrigatie van landbouwgrond en bebouwde gebieden. Nu verandert de doelstelling naar lokale opvang van regenwater, opslag van water en langzame infiltratie en irrigatie. De provincies spelen hierin een belangrijke rol, omdat zij de strategische grondwatervoorraden beheren en de ruimtelijke ordening van het platteland.

Met betrekking tot verantwoordelijkheden en taken bij droogte is de situatie in Nederland enkele jaren intensief besproken in verschillende studies (Freriks et al., 2016; Lulofs, 2018). In essentie zijn de feitelijke

verantwoordelijkheden met betrekking tot het voorkomen van verlies van sponscapaciteit en het herstellen van sponscapaciteit op het land niet goed verdeeld in instituties. Na uitvoerige discussie over het belang van het vastleggen van dergelijke verantwoordelijkheden, wordt onder de nieuwe Omgevingswet de verantwoordelijkheid en bevoegdheid van regionale overheden in de generieke democratie verbreed van alleen het implementeren van de nationale chemische kwaliteitsnormen (het bekende onderwerp van bodemverontreiniging) naar de biologische en fysieke kwaliteit van de bodem. Dit heeft betrekking op landontwikkeling en landgebruik die aansluiten bij de principes van "sponslandschappen" en "sponssteden". Regionale overheden worden dus verantwoordelijk om hiernaar te handelen, bijvoorbeeld door de ruimtelijke ordening aan te passen. Dit geeft de provincie de bevoegdheid om hiernaar te handelen en om water-landgerelateerde klimaatadaptatiemaatregelen te ondersteunen, indien nodig door gebruik te maken van bevoegdheden, terwijl te weinig doen overheden zelfs kwetsbaar kan maken voor gerechtelijke uitspraken bij verwaarlozing. (Lulofs, 2020). Dit lijkt misschien een kleine aanpassing, maar biedt de mogelijkheid om landeigenaren en landgebruikers te reguleren bij het creëren van sponscapaciteit op hun percelen, door normen voor bodemkwaliteit op te stellen. Hoge normen voor biologische en fysieke kwaliteit kunnen alleen worden bereikt door reconstructie-inspanningen en specifiek (agrarisch) gebruik.

Of er politieke steun zal zijn, valt nog te bezien, en de uitvoering van de nieuwe wet zal over tijd worden uitgesmeerd. Er is echter een institutionele basis gecreëerd om actie te ondernemen voor de uitvoering van beleidsstrategieën en -plannen met andere instrumenten dan alleen stimuleringsmaatregelen. De verantwoordelijkheid hiervoor en de wettelijke plicht om ervoor te zorgen is nu toegewezen aan de provincies en de gemeenten. Regionale waterschappen moeten met hen afstemmen en expertise en begeleiding bieden met betrekking tot het land-watersysteem in de beleidscyclus.

Ondertussen, het juridische perspectief op taken, verantwoordelijkheden en boekhouding daargelaten, is er een lopend beleid voor aanpassing aan droogte (voor meer informatie over droogte en droogtebeleid in Oost-Nederland, (Bressers et al., 2016).. Sinds ongeveer tien jaar worden projecten en maatregelen voorbereid en genomen in het programma Zoetwatervoorziening Oost-Nederland (ZON - Zoetwater Oost Nederland, ZON, n.d.). Dit is het regionale equivalent van het nationale Deltaplan zoetwatervoorziening en benadrukt het meerlagige karakter van het Nederlandse beleid voor overstromingen (Ruimte voor de Rivier, NFPP 1 en 2) en droogte. In Oost- en Zuid-Nederland ontwikkelen het Regionaal

Bestuurlijk Overleg Rijn-Oost (RBO) en de Stuurgroep Deltaplan Hoge Zandgronden (DHZ) een gezamenlijk programma voor een toekomstbestendige watervoorziening op de hoge zandgronden. Het regionale zoetwaterprogramma voor Oost-Nederland is onderdeel van het nationale Deltaplan en is als zodanig gericht op afstemming tussen nationale, bovenregionale en regionale watersystemen. In deze plannen worden de KRW-doelen en droogteambities aan elkaar gekoppeld. In het regionale hoofdwatersysteem financiert de overheid regionale projecten, 75% regionaal, 25% nationaal. (Werkgroep zon, 2020). Zoals uitgelegd in 4.2.1 wordt het Deltaplan zelf elke zes jaar vernieuwd.

Crisisbeheer bij droogte is vergelijkbaar met crisisbeheer bij overstromingen in de zin dat de verantwoordelijke partijen in de eerste plaats de dagelijkse partijen zijn. Wanneer een crisis de openbare veiligheid raakt, worden de crisismanagementstructuren geactiveerd. Wanneer er watertekorten ontstaan, neemt de samenwerking en advisering van crisismanagementpartijen toe. Partijen werken samen in Regionale Droogte Overleggen (RDO) waar ze informatie uitwisselen en communicatie afstemmen. Dit kan advies zijn van droogte-crisispartijen zoals het Watermanagementcentrum in relatie tot droogte (LCW). Wanneer de situatie verslechtert en overgaat in de richting van openbare veiligheid en/of maatschappelijke onrust, ligt de hoofdverantwoordelijkheid bij de algemene crisispartijen en zal de veiligheidsregio de hoofdrol op zich nemen, terwijl de droogtepartijen een adviserende rol op zich nemen. Bij extreme gebeurtenissen is er meestal sprake van een combinatie van regionaal en nationaal niveau. Het kan zijn dat de landelijke structuur het overneemt in het managementteam watertekorten (MTW). Maar de regionale uitvoering van openbare veiligheid blijft in handen van de veiligheidsregio (RWS VWL, 2021).

Om droogte adequaat te beheersen, past Nederland ook een rangordesysteem toe om prioriteit te geven aan activiteiten die nog water kunnen gebruiken tijdens (extreme) droogte, de 'Verdringingsreeks' (zie paragraaf 2.6). Sommige regio's hebben de categorieën specifiek gedefinieerd. Voor de regio Twentekanal - Overijsselse Vecht vallen onder categorie 4 bijvoorbeeld ook beregening van gras en maïs (Handleiding verdringingsreeks, 2020). Tabel 11 geeft een overzicht van de betekenis van de verschillende nationale rampenkleurcodes met betrekking tot droogte, vergelijkbaar met Tabel 10 met betrekking tot overstromingen.

Tabel 11 Kleurencodes voor droogten. Aangepast aan de nationale kleurcodes ter illustratie van de verschillende stadia in het beheer van droogtecrises (RWS VWL, 2021).

Code groen	Business as usual
-----------------------	-------------------

Code geel	Er dreigen enkele watertekorten. Waterschappen en Rijkswaterstaat zijn leidend, maar zoeken samenwerking met structuren voor droogtecrises (bijv. WMCN-LCW). Er is regionale samenwerking om informatie uit te wisselen en uniform te zijn in de communicatie.
Code oranje	Daadwerkelijke watertekorten. De regionale waterschappen, Rijkswaterstaat en de provincies zijn nog steeds leidend, maar laten zich aanvullend adviseren door droogtecrisisorganisaties (zoals het WMCN-LCW) en publieke crisisorganisaties (bijv. veiligheidsregio's en/of landelijk managementteam watertekorten (MTW)). Er is regionale samenwerking om informatie uit te wisselen en uniforme communicatie te waarborgen. De verdringingsreeks zal gebruikt moeten worden (landelijk kunnen categorie 3 en 4 bedreigd worden en regionaal categorie 1 en 2).
Code rood	Extreme situatie (voorspeld). De crisisstructuur (veiligheidsregio, hulpdiensten, crisiscentra van de ministeries, etc.) wordt leidend, terwijl de droogtepartijen adviseren. Er zullen maatschappelijke gevolgen zijn.

Zowel Rijkswaterstaat als de regionale waterschappen hebben een operationele rol tijdens laagwaterperiodes en sturen met hun infrastructuur water meer strategisch landelijk en regionaal aan om zoveel mogelijk een accurate watervoorziening te bieden. In tijden van droogtecrises organiseert Rijkswaterstaat een team om regionale crisisteams te voorzien van informatie, vooruitzichten en ondersteuning. Er is continu een Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling actief die zich bezighoudt met waterverdeling inclusief droogterisico's, maar er zijn ook altijd andere belangen zoals zoetwatervoorziening, verziltingsbestrijding en diensten zoals scheepvaart, landbouw en natuur. Op regionaal niveau zijn er regionale overlegorganen voor droogte actief (Regionale Droogte Overleggen - RDO). Twee relevante voorbeelden in de context van dit rapport zijn respectievelijk het Regionaal Droogte Overleg Twente Kanalen en Overijsselsche Vecht en het RDO Gelderland. Gezien alle aangeroerde belangen en zorgen zijn er waterakkoorden ontwikkeld in Regionale Coördinatie Organen, die in principe overlappen met de RDO's, ook in het geval van de genoemde RDO's. Ook zijn er vooraf operationele termijnen en routekaarten afgesproken. De actualisering van de waterakkoorden en routekaarten is onder andere gebaseerd op de ervaringen met droogte en watertekorten. Er is een routekaart ontwikkeld als leidraad (RWS VWL, 2021). De voorzitters van de RDO's nemen deel aan het LCW op momenten van opschaling vanwege laag water en droogte.

Nu we hebben besproken hoe het is georganiseerd, zijn er ook enkele bottom-up crisismanagementobservaties van de ernstige droogten in 2006 en 2018 tot nu. Waterschappen melden dat bij droogte in 2006 en 2018 vooral op basis van expertise en misschien zelfs intuïtie van medewerkers ad hoc is gehandeld, terwijl richtlijnen, checklists en factsheets op werkvloerniveau nauwelijks bestaan (Braak et al., 2019). Het blijkt dat het calamiteitenplan van de vier waterschappen in KRW-gebied Rijn-Oost en hun ervaringen worden gedomineerd door overstromingsrisico's. Ervaringen

met droogte in de extreem droge zomers van 2006 en 2018 zijn geëvalueerd in waterschappen, bijvoorbeeld waterschap Vechtstromen. In 2018 werd een winningsverbod uitgevaardigd voor vijvers en oppervlaktewater. Er was ook een verbod op het onttrekken uit grondwater. Waterschappen hebben deze mogelijkheid op basis van hun Keur, de decentrale waterverordening van het waterschap. De bevoegdheid om regels uit te vaardigen voor het gebruik van waterbronnen en voor landeigenaren is beperkt tot hun primaire taken. Tijdens de droogte werd het maaien, afdammen en gemalenbeheer geïntensiveerd. Extra wateraanvoer vanuit de IJssel en het IJsselmeer werd naar de oostelijke hoge zandgronden gestuurd en de afstemming tussen waterbeheerders en watergebruikers werd intensiever. Dit voorkomt niet per definitie schade, omdat een aanzienlijk deel van het Nederlandse GPRW-gebied, circa 60%, het grensgebied, alleen afhankelijk is van neerslag. Er zijn ook gebieden met kwetsbare natuur waar geen winning is toegestaan.

Om voorbereid te zijn op toekomstige crises wordt in het evaluatierapport voorgesteld om regelmatige uitwisseling van gegevens over grensoverschrijdende waterwegen te organiseren, zoals Vechte, Dinkel en Berkel voor ogen hadden om dit in extreme situaties te optimaliseren. De voorbereiding op noodsituaties in het kader van droogtecrisisbeheer moet verder worden ontwikkeld (Braak et al., 2019).

5 Grensoverschrijdende samenwerking

De basis voor grensoverschrijdende samenwerking werd in 1958 gelegd met de EUREGIO (EUREGIO n.d.). **De EUREGIO is** een publiekrechtelijk samenwerkingsverband van Münsterland, Osnabrückerland en de aangrenzende Nederlandse gemeenten. Zij werd opgericht om de economische ontwikkeling in de grensregio door projectfinanciering te versterken. De EUREGIO wordt gezien als pionier van het Europese INTERREG-programma. Sinds 2016 kunnen regionale waterschappen toetreden tot de EUREGIO. Hoewel dit interessant lijkt voor de Nederlandse belanghebbenden (Waterschap Vechtstromen, 2020) werd deze mogelijkheid tot samenwerking niet genoemd in gesprekken met de Duitse belanghebbenden.

De oorsprong van de grensoverschrijdende samenwerking op het gebied van waterbeheer zijn de grensverdragen uit 1816 en 1824 die werden vervangen door het Grensverdrag van 1960 en de overeenkomsten voor afzonderlijke grenswateren (voor meer informatie over de grensverdragen, zie Mostert & Lukat, 2021 voor meer informatie over grensoverschrijdende samenwerking tot 2010, zie Renner et al., 2017). De meeste geïnterviewde belanghebbenden zijn tevreden over het bestaande institutionele kader dat grensoverschrijdende kwesties aanpakt. In hun huidige vorm pakken de grensverdragen het onderhoud van de waterlichamen aan met als effect het beheer van een bepaald waterpeil. Het contract over de Vechte erkent dat in tijden van laag waterdebiet alle partijen voorzichtig water moeten onttrekken (paragraaf 5). Het contract over de Dinkel regelt dat het waterpeil voor verschillende delen van de rivier niet onder bepaalde waarden mag zakken (paragraaf 4 en 5). Toch vinden de geïnterviewde belanghebbenden deze regels onvoldoende. Binnen de grenswatercommissie (Grenzwässerkommission) wordt besproken om de grenswaterverdragen aan te passen door er laagwaterstanden en lozingen aan toe te voegen.

Over het algemeen zijn de actoren het met elkaar eens dat er geen aanvullende formele instellingen nodig zijn. Sommige actoren, met name degenen die betrokken zijn bij praktisch waterbeheer (Vechteverband, Regionale Waterautoriteit Rijn en IJssel), stellen echter voor om informele afspraken te maken over waterretentiemaatregelen om conflicten te voorkomen. Op dit moment houdt Duitsland veel minder water vast dan Nederland. Verschillende geplande en lopende projecten richten zich op

het verhogen van de waterretentie in Duitsland, wat gevolgen zal hebben voor het uitgebreide Vechtegebied (bijv. binnen het DIWA-project, waterretentie in landbouwsloten in het Bentheim-gebied). Een voorbeeld van zo'n informele overeenkomst is de overeenkomst over de Radewieke. De overeenkomst bestaat tussen Nederlandse en Duitse organisaties voor situaties met weinig water. In deze gevallen wordt water uit het IJsselmeer teruggepompt in het Radewieke aan de Duitse kant.

De Permanente Grenswatercommissie (SGK) werd opgericht op basis van het grenswaterverdrag van 1960. Deze commissie is het formele orgaan voor de coördinatie van grensoverschrijdende waterbeheerkwesties. De belanghebbenden in de SGK en in subcommissies komen jaarlijks bijeen om waterbeheerkwesties te bespreken die de verdragsluitende partijen aangaan. In de beginjaren was de uitwisseling vooral gericht op waterkwaliteit en overstromingen (Waterschap Vechtstromen, 2020). De cultuur van de SGK wordt door veel belanghebbenden als zeer formeel omschreven. Het bestuur van de betreffende subcommissies bepaalt de agenda, in het geval van de Vechte is dat het NLWKN en de Provincie Overijssel, terwijl de deelnemers gewoon rapporteren aan het bestuur. Naast de afspraken over de afzonderlijke grenswateren uit de jaren zeventig en tachtig waren het Beheerplan Vechte (1997) en het Dinkelplan (2002), gericht op ecologisch herstel van de gehele Dinkel, mijlpalen in de samenwerking. (Waterschap Vechtstromen, 2020).

Op basis van de grenswaterakkoorden vinden ook halfjaarlijks waterlichaamsinspecties plaats. Dit zijn inspecties van de betreffende waterlopen waaraan Nederlandse en Duitse belanghebbenden deelnemen (meestal de Duitse waterverenigingen, Waterschap Vechtstromen en de Duitse lagere waterschappen). Deze inspecties vormen de basis voor een informele uitwisseling tussen de operationele belanghebbenden.

In het kader van de Europese KRW en KRW werden in 2005 de **Werkgroep Rijndelta** (AGDR) en **de Stuurgroep Rijndelta** (SGDR) opgericht om te voldoen aan de wettelijk vereiste coördinatie tussen lidstaten in stroomgebieden met een oppervlakte van meer dan 2500 km². Volgens sommige belanghebbenden hebben deze coördinatieorganen de grensoverschrijdende samenwerking nieuw leven ingeblazen door de juiste belanghebbenden bijeen te brengen en samen te werken in technische werkgroepen (AGDR) rond specifieke thema's (Waterschap Vechtstromen, 2020). In deze organen wordt een gezamenlijke aanpak voor de uitvoering van de waterrichtlijnen besproken. Ze wisselen informatie uit over waterkwaliteitsmonitoring, vismigratie, grondwaterbeheer en bescherming tegen overstromingen en brengen verslag uit van hun activiteiten aan de

EU-Commissie. In een evaluatie van grensoverschrijdende samenwerking sinds de jaren 1950 hebben Renner et al. (2017) dat het succes van deze platforms bij het aanpakken van complexe milieuproblemen zoals diffuse verontreiniging of rivierherstel beperkt is.

In 2009 werd de grensoverschrijdende Vechtdalstrategie met een grensoverschrijdende visie gepubliceerd. Het was een gezamenlijke samenwerking tussen de waterschappen in Duitsland en Nederland. Er werd een participatiestructuur voor de ontwikkeling van de regio opgezet, de grensoverschrijdende stuurgroep Vechte en Vechtdal en het grensoverschrijdende programmateam, dat verantwoordelijk is voor de ontwikkeling en uitvoering van bepaalde onderwerpen. Het doel van de Vechte Vallei Strategie is om de Vechte te ontwikkelen tot een bijna-natuurlijke laaglandrivier in 2050, rekening houdend met bescherming tegen overstromingen. (OHV & NWP Planungsgesellschaft mbH, 2009).

Getriggerd door het matige succes van de KRW-implementatie (Renner et al., 2017) en na de overstroming in 2010, die werd gekenmerkt door een gebrek aan communicatie en een ongecoördineerde reactie op rampen, werd eind 2011 het **Grensoverschrijdend Platform voor Regionaal Waterbeheer** (GPRW) opgericht (Waterschap Vechtstromen, 2020) om de samenwerking in de regio te versterken. De leden zijn de waterschappen Vechtstromen en Rijn en IJssel, de districten Grafschaft Bentheim, Emsland, Borken en Steinfurt en het district Munster. Het GPRW houdt zich bezig met een breed scala aan onderwerpen op het gebied van waterbeheer, zoals overstromingen, waterkwaliteit, vismigratie, de omgang met nutriënten en muskusratten, stedelijk water en aanpassing aan klimaateffecten, waaronder droogte. Het platform heeft ook een grensoverschrijdende gegevensuitwisseling georganiseerd. Het GPRW wordt door veel belanghebbenden aan beide zijden van de grens omschreven als een drijvende kracht voor gezamenlijke projecten. Hoewel er verschillende platforms voor grensoverschrijdende samenwerking bestaan, beschouwen de meeste actoren het GPRW als het meest praktijkgerichte en effectieve platform. Enerzijds wordt dit toegeschreven aan de hoge organisatiegraad (bijv. een organisatiebureau, voortdurende uitwisseling door frequente bijeenkomsten). Aan de andere kant noemen belanghebbenden het meer informele karakter van het platform, dat een levendige uitwisseling tussen de partners vergemakkelijkt.

Een vlaggenschipproject van de GPRW was het INTERREG-project Levende Vechte-Dinkel (2017-2021), dat zich richtte op de doelstellingen van de Vechtdalstrategie van 2009 en de bijna-natuurlijke ontwikkeling van waterlichamen, de economische versterking van de regio door de nadruk

te leggen op regionale identiteit en toerisme en grensoverschrijdende samenwerking in 15 deelprojecten versterkte. Het project Levende Vechte-Dinkel wordt gezien als een overgang van grensoverschrijdende dialoog naar grensoverschrijdende samenwerking (Pergens, 2018 interviews). De geïnterviewde stakeholders zijn het er echter over eens dat er meer grensoverschrijdende actie nodig is.

In maart 2021 en met de ervaring van de droogtejaren werd de intentieverklaring over grensoverschrijdende klimaatadaptatie opgesteld, waarin de GPRW-stakeholders zich committeerden aan het thema klimaatadaptatie. Dit kan worden gezien als een start voor meer praktische actie, die al heeft geleid tot het gezamenlijke INTERREG-voorstel voor het DIWA-project. Dit project richt zich op droogtestrategieën in het waterbeheer. Naast de implementatie van specifieke maatregelen (waterretentie) en de evaluatie van de impact daarvan op het hele systeem, zullen nieuwe strategieën en instrumenten worden ontwikkeld en toegepast. Het bouwt voort op het voormalige project Living Vechte-Dinkel (gefinancierd door INTERREG) dat eindigde in 2021. Hoewel DIWA zich nog in de voorstelfase bevindt, zien verschillende belanghebbenden dit als een vruchtbare basis voor verdere samenwerking.

Hoewel belanghebbenden aan beide zijden van de grens even enthousiast lijken over de samenwerkingsmogelijkheden in het DIWA-project, lijkt het erop dat sommige Nederlandse actoren de bereidheid van Duitse actoren tot grensoverschrijdende samenwerking met de Nederlandse partners als beperkt ervaren. Uit de interviews lijken twee verklaringen mogelijk. Aan de ene kant hebben de Duitse actoren, met name die in Nedersaksen, een hoge werkdruk als gevolg van de bestuurlijke hervorming in 2005, waarbij één waterbeheerniveau werd losgelaten. Projectwerk dat geen deel uitmaakt van de reguliere taken is een extra inspanning die door het bestaande personeel moet worden verricht. Daarom is hun capaciteit voor aanvullende grensoverschrijdende samenwerking beperkt. Aan de andere kant is het Duitse waterbeheer gedecentraliseerd. Daarom zijn in sommige situaties, bijvoorbeeld binnen het GPRW, niet alle relevante actoren aanwezig en neemt de besluitvorming meer tijd in beslag, wat de indruk kan wekken dat de prioriteiten voor grensoverschrijdende samenwerking aan Duitse zijde lager liggen. Bovendien is de mate van afhankelijkheid van Nederland van Duitsland voor informatie en effectieve maatregelen tegen overstromingen en droogte hoger dan omgekeerd, waardoor de behoefte aan nauwere samenwerking natuurlijk groter is. Het is daarom belangrijk om grensoverschrijdende samenwerking qua timing en inhoud zoveel mogelijk te laten aansluiten bij het dagelijkse werk van de Duitse partners en om projecten te baseren op eerdere gezamenlijke activiteiten (Interview GPRW).

De drinkwatervoorziening in de grensregio wordt gewonnen uit een grensoverschrijdende aquifer (zie paragraaf 2.3). De drinkwaterbedrijven Vitens en Wasser- und Abwasser-Zweckverband Niedergrafschaft (WAZ) staan in nauw contact met elkaar omdat ze gedeelde waterrechten hebben voor deze aquifer. In geval van droogte wordt echter betwijfeld of de bestaande maatregelen voldoende zullen zijn. Enerzijds zal een droogte zich waarschijnlijk voordoen aan beide zijden van de grens en aan naburige waterbronnen waarvoor ondersteuningsovereenkomsten bestaan, wat extra toevoer in een ernstige droogtesituatie moeilijk maakt. Anderzijds is de regeling in geval van droogte niet duidelijk genoeg. Hier is meer grensoverschrijdende coördinatie nodig (provincie Overijssel, districten Grafschaft Bentheim en Steinfurt).

Vanuit het oogpunt van natuurbescherming zijn de veengebieden en de natuurlijke beken in het gebied Borken van grote waarde voor de natuurbescherming en het waterbeheer in Nederland (Natuurmonumenten). De gemeente Borken hecht niet veel waarde aan deze natuurwaarden, omdat ze relatief klein zijn en de landbouw een belangrijke economische factor in de regio is. Echter, vooral in tijden van droogte kunnen de drooggelegde veengebieden het water niet bergen, waardoor natuurlijke beken uitdrogen met gevolgen voor de Achterhoek. Er zijn verschillende projecten die zich bezighouden met dit gebied en de effecten van droogte en overstromingen gericht op de rivieren de Berkel en de Oude IJssel (Vitens, Waterschap Rijn en IJssel). Hiervoor bevelen wij aan om de grensoverschrijdende samenwerking te versterken om de gemeente Borken bewust te maken van de grensoverschrijdende waarde van haar natuurlijke rijkdommen.

Ook in het uitgebreide stroomgebied van de Vecht worden bodems ontwaterd met als gevolg een verminderde grondwateraanvulling en verdroging van beken in de zomerperioden. De KRW-doelstellingen kunnen alleen worden gehaald als waterretentie als doelstelling wordt geformuleerd in het Duitse deel van het stroomgebied. Het functioneren van het geïntegreerde watersysteem, met name in het grensgebied, en dus de wisselwerking tussen grond- en oppervlaktewaterlichamen, werd tijdens de interviews naar voren gebracht als een leemte in de kennis (GPRW, Grafschaft Bentheim). Er zijn echter verschillende projecten gepland om het systeeminzicht in waterretentie en de wisselwerking tussen oppervlakte- en grondwater te vergroten (bijv. DIWA, SpongeWorks, waterkwantiteitsbeheer van het district Grafschaft Bentheim, watervoorraadonderzoek door GPRW, aanpak van droogte in de Achterhoek door Waterschap Rijn en IJssel, waterveiligheidslandschappen door Waterschap Drents Overijsselse Delta en Provincie Overijssel). Deze projecten kunnen het begrip van grensoverschrijdende effecten van

waterbeheermaatregelen ondersteunen en moeten worden gebruikt om de grensoverschrijdende samenwerking te ondersteunen.

Terwijl waterretentieaspecten vaak worden genoemd met betrekking tot droogtepreventie, werden overstromingsgerelateerde projecten met een grensoverschrijdend karakter niet genoemd in de interviews. Aangezien het GPRW is gebaseerd op de lessen die zijn geleerd tijdens de overstroming van 2010, zijn overstromingsrisicobeheer en waterkering belangrijke onderwerpen voor het partnerschap. In 2012 is een alarmeringsplan voor overstromingen opgesteld, op basis waarvan in 2016 en 2021 twee oefeningen voor waterkering zijn uitgevoerd. Uit de evaluatie van de laatstgenoemde oefening bleek dat er met name verbeteringen mogelijk zijn op het gebied van communicatie (wie heeft de leiding en hoe is deze persoon te bereiken?) en informatie-uitwisseling (analyse van de bestaande en noodzakelijke informatie-uitwisseling en implementatie in het alarmeringsplan). (van der Klei, 2021). Tijdens de winteroverstroming van 2023/24 kwam de behoefte aan duidelijkere en geautomatiseerde communicatie naar voren, omdat het bestaande hoogwateralarmplan in Nederland onduidelijke verantwoordelijkheden en taken bevat (District Steinfurt).

Tabel 12 presenteert de problemen die volgens de actoren de grensoverschrijdende samenwerking belemmeren. Met name voor de aanpak van droogtebeheer benadrukken verschillende actoren de noodzaak van meer grensoverschrijdende samenwerking (Vechteverband, Vitens, Waterschap Rijn en IJssel, provincie Gelderland, provincie Overijssel, Natuurmonumenten, district Steinfurt, GPRW). Enerzijds moet de informatie-uitwisseling over droogterelevante maatregelen worden verbeterd (Viten, Vechteverband). Anderzijds moet de samenwerking tussen bepaalde actoren (d.w.z. onderhoudsverenigingen, lagere waterautoriteit en Vechtstromen) en andere actoren dan de waterautoriteiten (d.w.z. gemeenten en andere niet-wateractoren) worden versterkt.

Zoals opgemerkt door Renner et al. (2017) en zoals duidelijk werd tijdens onze interviews (d.w.z. GPRW), is de effectiviteit van grensoverschrijdende samenwerking en het implementatiesucces ervan beperkt vanwege de aard van het stroomgebied als regionaal stroomgebied dat slechts een klein deel van de deelstaten Nedersaksen en NRW omvat. Door de gecentraliseerde besluitvormingsstructuur van het waterbeheer in Nedersaksen zijn niet alle actoren die nodig zijn voor de besluitvorming regelmatig aanwezig bij samenwerkingsbijeenkomsten. Bovendien is hun invloed om beleid te veranderen om het Nederlandse en Duitse waterbeleid te harmoniseren marginaal.

Tijdens de interviews werd benadrukt dat grensoverschrijdende samenwerking vaak afhankelijk is van individuen aan beide zijden van de grens die als kennisdragers fungeren. Dit systeem is echter zeer kwetsbaar. Wanneer deze 'verbinders' het systeem verlaten, ontstaat er vaak een leegte en gaat er kennis verloren. Daarom is het cruciaal dat er capaciteit wordt ingezet voor grensoverschrijdende samenwerking en dat deze goed is ingebed in de organisaties.

Sinds 2019 wordt jaarlijks een grensregioconferentie gehouden in het kader van de grensoverschrijdende samenwerking tussen Nederland en NRW. Deze conferentie fungeert als een netwerk waarbij verschillende politieke niveaus betrokken zijn. In de interviews in het kader van deze verkennende studie noemde geen van de belanghebbenden dit platform relevant voor grensoverschrijdend waterbeheer. Tijdens de conferentie van 2021 besloot de Leadership Group echter om water en stikstof op te nemen als nieuwe thema's voor versterkte samenwerking. De relevantie van de thema's werd beoordeeld in een verkennende studie (Lieshout & Werven, 2022). De bevindingen van deze studie laten vergelijkbare kwesties zien die door de stakeholders in onze interviews naar voren zijn gebracht. Anders dan de resultaten van interviews en literatuuronderzoek binnen deze studie, hebben van Lieshout & van Werven (2022) ingegaan op de noodzaak om de grenswaterverdragen aan te passen aan de huidige omstandigheden en politieke kaders (d.w.z. de structuur van waterlichamen). Hoewel de opname van laagwaterdebieten in de grenswaterverdragen momenteel wordt besproken, ziet het merendeel van de geïnterviewde belanghebbenden geen noodzaak voor ingrijpende veranderingen. Ook een studie van Mostert & Lukat (Mostert & Lukat, 2021) benadrukt dat belanghebbenden werkrouines hebben die verder gaan dan de grensverdragen. Een aanpassing van de wettelijke basis is niet nodig voor een succesvolle grensoverschrijdende coördinatie. Anders dan van Lieshout & van Werven (2022) vinden wij het GPRW veel kansrijker dan de SGK als coördinatieorgaan voor watergerelateerde vraagstukken. Stakeholders zijn het er unaniem over eens dat alleen binnen dit platform daadwerkelijke samenwerking heeft plaatsgevonden.

Tabel 12 Overzicht van door belanghebbenden tijdens de interviews genoemde kwesties die grensoverschrijdende samenwerking belemmeren. We maken onderscheid tussen nationale en internationale aspecten. Alle genoemde kwesties worden echter geacht van invloed te zijn op grensoverschrijdende samenwerking. (De tabel bevat alleen actoren die belemmeringen voor coördinatie hebben genoemd).

Probleem geïdentificeerd	NLWKN	District Bentheim	Vereniging Vechte	Emlichheim	Dag van de Watervereniging	WAZ	Deelstaat Düsseldorf	District Borken	Steinfurt	Provincie Overijssel	Provincie Gelderland	Natuurmonumenten	Waterschap Rijn en IJssel	Veiligheidsregio Twente	GPRW
Op nationaal niveau															
Gecentraliseerd en gefragmenteerd waterbeheersysteem in Duitsland leidt tot minder effectieve besluitvorming in grensoverschrijdende samenwerking (d.w.z. GPRW)		x	x				x						x		x
Gebrek aan capaciteit voor grensoverschrijdende samenwerking	x		x						x	x				x	x
Binnen-Duitse coördinatie en samenwerking naast grensoverschrijdende coördinatie en samenwerking bindt capaciteiten					x						x				
Op internationaal niveau															
Tegenstrijdig gebruik: in Nederland ligt de nadruk op natuurbehoud en bedrijven, in Nedersaksen en NRW op landbouw.					x				x			x			
Taal	x		x			x			x						x
Uitwisseling van gegevens	x				x			x	x						
Uiteenlopende specificaties in wetgeving voor beheerinstrumenten (overstromingsrisicokaarten, modellering, droogtebeheerplannen)	x				x	x					x				
Grensoverschrijdende transparantie over verantwoordelijkheden en contactpersonen			x								x				
Culturele verschillen (bureaucratische cultuur, communicatie)	x			x			x		x					x	x
Weinig uitwisseling tussen gemeenten en andere relevante actoren uit andere sectoren				x						x					x

6 Gegevens en modellen

De informatie in dit hoofdstuk is verzameld door middel van interviews en een kort literatuuronderzoek. Een volledig overzicht kan niet worden gegarandeerd, maar er wordt een korte samenvatting gegeven en verschillende belangrijke aspecten komen aan bod. In bijlage C staan tabellen met overzichten van gegevens en modellen.

6.1 Gegevens

Gegevensoverzicht en internationale uitwisseling

Bijlage C bevat een tabel met een volledig overzicht van de relevante gegevens die beschikbaar zijn voor het overstromings- en droogtebeheer in Nederland en Duitsland met betrekking tot het uitgebreide stroomgebied van de Vecht. De tabel laat het uitgebreide kader zien voor de verzameling van gegevens over oppervlaktewater, grondwater, meteorologie en landgebruik. De afvoer wordt gemeten via een netwerk van meetstations in het studiegebied. Het netwerk wordt onderhouden door de NLWKN in Nedersaksen, LANUV in NRW en de regionale waterschappen in Nederland. In Nederland is de dekking van het meetnet goed, maar het recente hoogwater in de winter heeft aangetoond dat de kwaliteit en betrouwbaarheid van de meetinstrumenten bij hoge afvoeren moet worden verbeterd.

Voor het stroomgebied van de Vecht worden gegevens van de Duitse afvoerstations ingevoerd in het FEWS Vechte Systeem.

In beide landen wordt het grondwater gemonitord aan de hand van goed onderbouwde metingen, die openbaar toegankelijke inzichten bieden met verschillende temporele resoluties. De meteorologische gegevensverzameling bestaat uit een combinatie van lokale weerstations, grondradar en satellietgegevens van de nationale meteorologische instituten.

Geografische, geomorfologische en landgebruikgegevens worden verkregen uit openbaar toegankelijke landgebruik- en bodemkaarten, met gedetailleerde hooggegevens die het stroomgebied karakteriseren. In NRW zijn veel geodata online beschikbaar (LANUV) zoals digitale hoogtemodellen (DEM), luchtfoto's, waterlopen, topografie, locatie van structuren. Hetzelfde geldt voor de Nederlandse regionale waterschappen.

Belangrijke gegevens zoals de afmetingen van watergerelateerde infrastructuur en waterlopen zijn echter niet openbaar beschikbaar (Interview WRIJ). In Nedersaksen zijn DEM-gegevens niet openbaar beschikbaar.

Uitdagingen in gegevensuitwisseling

Ondanks de beschikbaarheid van uitgebreide gegevens, blijven er uitdagingen bestaan in de (inter-)nationale uitwisseling van gegevens, die cruciaal is voor effectieve monitoring en modellering. Aanvankelijk wisselden de Nederlandse en Duitse autoriteiten regelmatig gegevens uit tijdens de vroege implementatie van de KRW, een praktijk die na verloop van tijd is gestopt. Uit interviews blijkt dat de internationale gegevensuitwisseling aanzienlijk kan worden verbeterd, waarbij problemen met ontbrekende gegevens, toegankelijkheid en grensoverschrijdende toepasbaarheid worden genoemd. Zie bijlage C voor een tabel met een lijst van niet-beschikbare gegevens.

De (hydro)geologische nomenclatuur verschilt tussen de landen, wat resulteert in (hydro)geologische kaarten die niet overeenkomen aan de grens. Er bestaan wel vertaaltabellen, maar die worden ontoereikend geacht.

Bovendien verschillen de overstromingsrisicokaarten en komen ze niet overeen aan de grens, omdat de onderliggende statistieken van land tot land verschillen. (De rivierafvoer gerelateerd aan een overstroming met een terugkeerperiode van 100 jaar verschilt tussen de landen, en dus verschilt ook de omvang en het gevaar van de overstroming).

Een voorbeeld van ontbrekende gegevens en toegankelijkheidsproblemen zijn de meetgegevens zoals waterstanden en debieten. Gegevens van het LANUV kunnen eenvoudig worden gedownload, maar de districten in Duitsland meten deze gegevens ook op veel locaties, maar deze informatie is niet openbaar beschikbaar (Interview WRIJ).

Een ander voorbeeld is de (on)beschikbaarheid van grensoverschrijdende informatie in officiële kaarten. Officiële Duitse basiskaarten tonen alleen delen van Duitsland en niet van Nederland (en andersom). Dit bemoeilijkt de planning in het grensgebied. Er zijn ook geen officiële luchtfoto's van Duitsland en Nederland samen. Om dit probleem op te lossen worden onofficiële luchtfoto's van google earth gebruikt (WaBo untere Dinkel).

Voorbeelden van succesvolle grensoverschrijdende gegevensuitwisseling zijn neerslaggegevens, waarbij hybriden van Nederlandse en Duitse radargebaseerde schattingen worden gebruikt in het model HARMONIE (Hirlam Aladin Research on Mesoscale Operational Nwp In Euromed) en de

ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) voorspelling, en afvoergegevens, mogelijk gemaakt door een gegevensuitwisselingsovereenkomst ter ondersteuning van het FEWS-Vechte model. Bodemgegevens vormen een uitdaging: in Nederland zijn gedetailleerde gegevens beschikbaar via DinoLoket, terwijl Duitse delen van het stroomgebied afhankelijk zijn van locatiegegevens en extrapolaties voor modelschematisaties (WaBO untere Dinkel).

De internationale gegevensuitwisseling wordt ook verbeterd door de huidige ontwikkeling van een interactieve infiltratiekaart. Deze zal worden gebruikt om de infiltratiemogelijkheden te beoordelen en zal toegankelijk zijn op de GPRW-website. Er worden ook inspanningen gedaan om bestaande grondwatergegevensbronnen samen te voegen om het inzicht in de grondwaterstand te verbeteren (district Steinfurt, WaBo Untere Dinkel).

Conclusie

De uitgebreide gegevensverzameling en monitoringinspanningen in Nederland en Duitsland onderstrepen de kritieke behoefte aan grensoverschrijdende samenwerking op het gebied van milieubehoud en stroomgebiedbeheer om de effectiviteit van overstromings- en droogtebeheerpraktijken te verbeteren. Het aanpakken van de uitdagingen op het gebied van gegevensuitwisseling en het benadrukken van de sterke punten van de bestaande kaders voor gegevensverzameling zijn essentiële stappen op weg naar duurzaam beheer van het uitgebreide stroomgebied van de Vecht.

6.2 Modellen

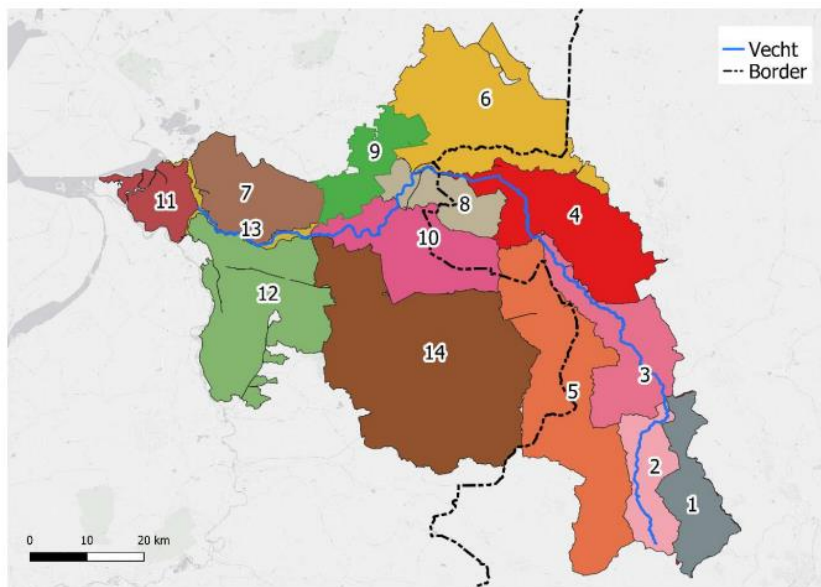
Voor het uitgebreide stroomgebied van de Vecht wordt een grote verscheidenheid aan modellen gebruikt. De beschikbare modellen met hun doel, de geografische reikwijdte van het model, de eigenaar/ontwerper/initiatiefnemer van het model en het bouwjaar en de laatste update worden voor Duitsland en Nederland gegeven in bijlage C. De tabel geeft een overzicht van modellen, een volledige weergave van alle modellen die beschikbaar zijn in het stroomgebied van de Vecht is niet gegarandeerd. De belangrijkste modellen worden hieronder gepresenteerd.

6.2.1 Modelleren van afvloeiing

HBV

Het HBV-model is een continu, ruimtelijk gefixeerd, conceptueel hydrologisch model waarin componenten van de watercyclus worden geschat met behulp van een combinatie van fysische en empirische benaderingen. De resulterende rivierstroom wordt geleid met behulp van een 1D-routingschema. Het gecombineerde systeem is in staat om hydrologie en hydraulica te simuleren en de dynamiek van gebeurtenissen door regenval te voorspellen.

Het HBV-model, dat is opgezet voor het hele stroomgebied van de Vecht, bestaat uit 14 deelstroomgebieden en wordt ook gebruikt in het FEWS Vechtvoorspellingsstelsel.



Afbeelding 34 De hydrologische eenheden gebruikt in het HBV-model (Luijkx et al., 2020)

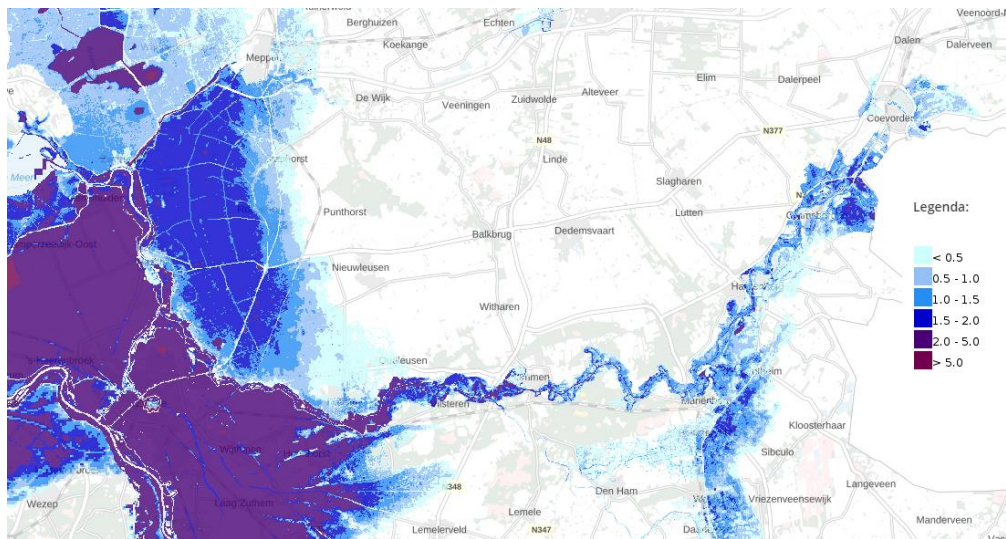
GRADE - Vechte

GRADE is een systeem voor stochastische neerslaggeneratie dat kan worden gebruikt om intensiteitsfrequentiecurven te beoordelen, met ruimtelijke dekking, onder de huidige klimaatcontext of alternatieve klimaatscenario's. Dit systeem wordt al lange tijd gebruikt voor het Rijnsysteem. Dit systeem wordt al lange tijd gebruikt voor het Rijnsysteem en recente ontwikkelingen hebben het model ook opgezet voor de Vechte. HKV lijn in water en Deltares werken samen aan het implementeren van een koppeling tussen GRADE-Vechte en FEWS-Vechte om het intensiteit-frequentie werk voor het Vechte stroomgebied uit te voeren.

6.2.2 Modelling van overstromingen

Nationaal overstromingsmodel Nederland

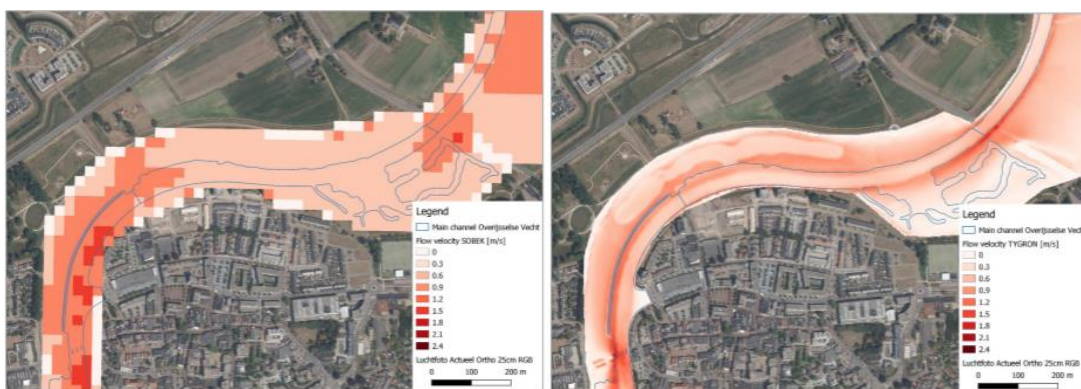
Op nationale schaal in Nederland onderhoudt Rijkswaterstaat een reeks landsdekkende modellen die worden gebruikt voor nationale overstromingsrisicobeoordeling en -simulaties. Deze modellen combineren veel van de gestandaardiseerde nationale datasets en zijn ontwikkeld om grootschalige overstromingen van grote rivieren, meren en de zee te simuleren. Ze vormen een startpunt voor activiteiten om meer gedetailleerde overstromingssimulaties voor specifieke regio's te maken. De verzameling van deze modelschematisaties heet Baseline-NL (IPLO, 2024) die kan worden gebruikt door hydraulische modellen zoals SOBEK, WAQUA en DELFT3D. De onderstaande figuur geeft een voorbeeld van een modelresultaat voor het Nederlandse deel van het studiegebied.



Afbeelding 35 Een voorbeeld van de resultaten van het Nederlandse overstromingsmodel, in dit geval de maximale overstromingsdiepte na dijkdoorbraak. De kaarten zijn beschikbaar op Atlas Leefomgeving (IPLO, 2024).

Tygron watermodule

Het Tygron hulpmiddel voor overstromingssimulatie (gebaseerd op 2D Saint-Venant vergelijkingen) is opgezet voor de beoordeling van lokaal overstromingsgevaar (TYGRON, 2020). In de studie werd met name gekeken naar het gebruik van het snelle simulatieplatform en 3D-visualisatietools bij de beoordeling van structurele waterinfrastructuurstoringsen. De resultaten van het Tygron-model (2D) werden vergeleken met de modelresultaten van SOBEK (1D) in een masteronderzoek rivier door van Renswoude (2020) (Afbeelding 35). De resultaten lieten typische verschillen zien tussen de 1D- en 2D-benaderingen, waaronder een over het algemeen hogere resolutie van het Tygron-model. Aan de andere kant vertoonden de resultaten van het Tygron-model onnauwkeurigheden, vooral bij lage afvoeren als gevolg van onjuist geïmplementeerde stuwten.



Afbeelding 36 Een vergelijking tussen SOBEK modelresultaten met lagere resolutie (linker paneel) en resultaten met hogere resolutie met Tygron (rechter paneel) voor de Vecht bij Hardenberg (van Renswoude, 2020)

Jabron

Het programma Jabron van Hydrotec maakt 1D waterstandberekeningen mogelijk voor gelijkmatige en niet-gelijkmatige stromingsomstandigheden en kan worden gekoppeld aan GIS-toepassingen. Het wordt gebruikt voor de planning van waterlopen en de ontwikkeling van overstromingsbeschermingsconcepten. Tijdens het grensoverschrijdende strategieproject Vechtevallei van 2007 tot 2009 is het toegepast om verbeteringen van de hoogwaterbescherming en de ecologische toestand van de Vechte te beoordelen. Tijdens het project is een 1D-model gegenereerd voor de Nedersaksische trajecten van de Vecht en zijn zijrivier de Dinkel. (Hydrotec, 2013).

6.2.3 Voorspelling van overstromingen

FEWS - Vechte

De regionale waterautoriteit Vechtstromen onderhoudt en beheert een Flood Early Warning System (FEWS)-Vechte-model dat zowel het Nederlandse als het Duitse deel van de rivier de Vecht bestrijkt, maar met minder details in termen van meetstations en weergave van het riviernetwerk in het Duitse deel (Interview Deltares). Dit systeem voor vroegtijdige waarschuwing werd in eerste instantie ontwikkeld als onderdeel van een samenwerkingsverband, tussen 2010 en 2013, dat werd geleid door de regionale waterautoriteit Vechtstromen, met Duitse partners zoals de districten Grafschaft Bentheim, Borken en Steinfurt, en de regionale waterautoriteit Drents Overijsselse Delta. Sinds de eerste ontwikkeling is een reeks analyses, verbeteringen en onderzoeksactiviteiten gepubliceerd rond de voortdurende ontwikkeling van het FEWS-Vechte model.

In de Nederlandse Vechtebekkens worden de voorspellingen van het

systeem gebruikt om waarschuwingen af te geven en te verspreiden onder de responsteams.

Daarnaast wordt er gewerkt aan het samenvoegen van onderdelen van het FEWS-Vechte model en het Duitse PANTA RHEI systeem. Dit initiatief maakt deel uit van het samenwerkingsverband Living Vechte tussen Nederlandse en Duitse waterschappen en loopt nog.

FEWS - Berkel en Oude IJssel

Er is ook een operationeel grensoverschrijdend hoogwatervoorspellingssysteem voor de Berkel en de Oude IJssel, dat een uurlijkse voorspelling voor 7 dagen vooruit produceert. De schematisatie in Nederland is gedetailleerder dan in Duitsland, maar de Waterschappen Rijn en IJssel (WRIJ) hebben de belangrijkste waterlopen in Duitsland opgemeten (dwarsdoorsneden) en gebruiken deze in het model. De belangrijkste verbeterpunten zijn aanpassingen in de hydrologische modellen en uitbreiding van het aantal meetpunten in Duitsland. Verder is het interessant om te onderzoeken of het huidige systeem kan worden aangepast om ook voor droogtevoorspellingen te worden gebruikt.

PANTA RHEI

Het PANTA RHEI-model is een waarschuwingssysteem voor overstromingen dat wordt gehost en onderhouden door de Duitse waterschappen. Panta Rhei is een semi-gedistribueerd waterbalansmodel. Het Vechte-model is in 2016 opgezet en bestrijkt het hele Duitse deel van het stroomgebied van de Vechte. Het systeem voorspelt de afvoeren langs de rivier tot 7 dagen van tevoren. Tijdens een overstroming worden de voorspellingen elke 3 tot 6 uur bijgewerkt en gepubliceerd op de NLWKN-website [Pegelonline](#).

In het geval van een overstroming worden de berekende modelafvoeren voor Emlichheim (meest benedenstrooms gelegen punt van het Panta Rhei model) gedeeld met de Nederlandse autoriteiten via het FEWS - Vechte systeem.

FEWS - NRW

In NRW worden momenteel onder leiding van de LANUV overstromingsvoorspellingssystemen opgezet voor alle regionale rivieren in de deelstaat. Dit initiatief maakt deel uit van het 10-punten actieplan voor overstromingsbescherming (uitgegeven als reactie op de overstroming van de Ardennen en de Eiffel in 2021) waarin het opzetten van modelgebaseerde overstromingsvoorspellingssystemen voor regionale rivieren wordt aanbevolen. Het systeem wordt opgezet in het DELFT-FEWS-platform met behulp van het LARSIM-model voor voorspellingen.

6.2.4 Modelleren van grondwater

NHI

In Nederland bestaan als onderdeel van het NHI (nationaal hydrologisch instrumentarium) verschillende regionale grondwatermodellen (ModFlow-MetaSwap/iMOD) met een resolutie van 25 m x 25 m. Er zijn twee modellen aanwezig in het studiegebied - AMIGO en MIPWA.

AMIGO (Actueel Model Instrument Gelderland Oost) bestrijkt het gebied dat wordt beheerd door het waterschap Rijn en IJssel en is gezamenlijk opgesteld in opdracht van het waterschap Rijn en IJssel, de provincie Gelderland en drinkwaterbedrijf Vitens. MIPWA (Methodiek Interactieve Planning Waterbeheer) is het regionale grondwatermodel voor Noord-Nederland en omvat vier provincies: Groningen, Friesland, Drenthe en Overijssel.

BOWAB en mGROWA

In Nedersaksen gebruikt de LBEG (het Nedersaksische Staatsbureau voor Mijnbouw, Energie en Geologie) momenteel twee modellen voor grondwaterbeheer: BOWAB (BOdenWasserBilanzierung) en mGROWA. BOWAB is een waterbalansmodel dat is ontwikkeld bij LBEG. De bodemwaterbalans van landbouwgrond kan dagelijks worden berekend en gebruikt om uitspraken te doen over irrigatiebeheersing en informatie over de verplaatsing van opgeloste stoffen. Het is openbaar beschikbaar op de website van LBEG (LBEG, n.d.).

Het mGROWA-model is ontwikkeld door LBEG in samenwerking met Forschungszentrum Jülich en geeft informatie over de maandelijkse grondwaterbalans op grote schaal. Het berekent grondwateraanvullingssnelheden (Ertl et al., 2019). De ontwikkeling van een staatsbreed grondwatermodel is gepland vanaf 2024.

In NRW is het mGROWA-model voor de voorspelling van de grondwaterstand van dag tot dag en op lange termijn ook regionaal geïmplementeerd (Herrmann et al., 2019). Het heeft dezelfde functionaliteiten als in Nedersaksen en is openbaar beschikbaar op het GeoPortal NRW (NRW, 2020). Op lokaal niveau binnen de gemeenten en de regionale waterschappen wordt een gedetailleerder en geavanceerder grondwatermodel als nuttig beschouwd. Als er een grondwatermodel op lokale schaal zou worden geïmplementeerd, zouden de betreffende belanghebbenden kunnen profiteren van realistischere gegevens en een betere toegang tot en compatibiliteit van de modelresultaten.

6.2.5 Eerdere initiatieven voor modelsamenwerking

Er zijn verschillende lopende initiatieven voor sterkere samenwerking tussen Nederlandse en Duitse waterautoriteiten op het gebied van overstromings- en droogtemodellering. In de onderstaande lijst staan er een aantal met plannen om de modelleringsmethoden tussen de organisaties verder te combineren en te verbeteren.

- Veilige Vecht: <https://veiligevecht.wdodelta.nl/default.aspx>
 - Verkennend rapport: <https://veiligevecht.wdodelta.nl/bibliotheek/default.aspx#folder=2583417>
- De Vecht POV: <https://devecht.eu/pov/>
- Vecht Visie: <https://devecht.eu/vechtvisie/>
 - https://devecht.eu/publish/pages/29934/nl_vechtvisie_internet_1.pdf
 - https://devecht.eu/publish/pages/29934/themakaart_water_090527_1.pdf
- Het Interreg-voorstel DIWA, dat een werkpakket voor grensoverschrijdende grondwatermodellering en gegevensanalyse en -uitwisseling omvat.

6.2.6 Conclusie

Zoals het overzicht van gebruikte modellen binnen het uitgebreide stroomgebied van de Vecht laat zien, is er een grote variëteit in gebruikte modellen. Dit varieert van hydrologische modellen tot hydraulische modellen en grondwatermodellen. Hoewel elke modelaanpak zijn waarden en bestaansrecht heeft, bemoeilijkt dit een uniform gebruik van de modelresultaten door de verschillende belanghebbenden.

Het modellandschap in het uitgebreide stroomgebied van de Vecht is divers en omvat verschillende modelbenaderingen en -doelen. Lokale modellen hebben het voordeel dat ze over het algemeen goed aangepast en gevalideerd zijn voor hun studiegebied. Bovendien beschikken de gebruikers meestal over gedetailleerde lokale kennis en kunnen ze inconsistenties in modelresultaten gemakkelijk identificeren. Deze lokale modellen zijn echter niet in staat om verbanden binnen het hele stroomgebied te laten zien. Op die manier gaan mogelijkheden voor samenwerking en kennisuitwisseling verloren, die waardevol zouden kunnen zijn bij een naderende overstroming of droogte.

Er zijn aantoonbare initiatieven geweest om samen te werken en Nederlandse en Duitse modellen te combineren, maar in de praktijk is het een uitdaging gebleken om tot internationaal bruikbare producten te leiden. Als we FEWS Vechte als voorbeeld nemen, zien we dat het systeem

tussen 2010 en 2013 gezamenlijk is ontwikkeld. Zoals besproken in hoofdstuk 2.8 en 3.2.1 zijn er echter nog aanzienlijke verbeteringen nodig om tot een robuust en betrouwbaar hoogwatervoorspellingsstelsel te komen.

7 Conclusies

7.1 Overstromingen

De extreme overstromingen in West-Europa in 2021 hebben geleid tot meer aandacht voor overstromingsrisicobeheer in regionale stroomgebieden.

In NRW is in 2022 het 10-puntenwerkplan voor hoogwaterbescherming in tijden van klimaatverandering gepubliceerd. In Nederland heeft de beleidsraad voor overstromingen 21 voorstellen gedaan om het beleid voor overstromingen en hoogwater aan te passen om beter voorbereid te zijn op een periode van extreme neerslag. Volgens de geïnterviewden zijn er in Nedersaksen geen specifieke acties ondernomen na de overstroming van 2021.

In NRW was een van de aanbevelingen de implementatie van hoogwaterwaarschuwingssystemen in regionale stroomgebieden. Als gevolg daarvan zijn modelgebaseerde hoogwatervoorspellingssystemen voor de Dinkel, Berkel en Oude IJssel in ontwikkeling. In tegenstelling tot veel andere grensoverschrijdende stroomgebieden bestaat er al een grensoverschrijdend hoogwatervoorspellingssysteem voor het stroomgebied van de Vechte (FEWS Vechte). Het systeem is gezamenlijk ontwikkeld na de overstromingen in 1998. Het wordt regelmatig bijgewerkt aan de Nederlandse kant van de grens; updates van het Duitse gebied zijn echter veel minder frequent.

Een van de aanbevelingen van de beleidsraad in Nederland is dat elke regio een regionale stresstest van zijn watersysteem moet uitvoeren, evenals grensoverschrijdende stresstests. Deze stresstesten omvatten zowel een 'watersysteembeoordeling' (waterbeeld) als een effectbeoordeling. De Nederlandse actoren benadrukten in hun interviews dat er veel interesse is om een dergelijke beoordeling uit te voeren voor het uitgebreide stroomgebied van de Vecht om het grensoverschrijdende watersysteem zelf beter te begrijpen en om de potentiële (grensoverschrijdende) gevolgen van extreme overstromingen op het studiegebied te evalueren.

Het uitgebreide stroomgebied van de Vecht is regelmatig onderhevig aan overstromingen, bijvoorbeeld de hoogwatersituatie tijdens de kerstvakantie in 2023/2024. Deze winterse overstroming leidde over het

algemeen tot beperkte schade; in de toekomst worden echter meer extreme overstromingen verwacht.

Actoren in het studiegebied aan beide zijden van de grens gaven aan dat de mogelijke gevolgen van een extreme overstroming niet goed worden begrepen, met name de gevolgen voor kritieke en gevoelige infrastructuur en cascade-effecten zijn niet onderzocht.

Actoren aan beide zijden van de grens zijn zich ervan bewust dat klimaatverandering de kans op en de intensiteit van extreme overstromingen zal doen toenemen. Tegelijkertijd is er echter geen gemeenschappelijke aanpak of richtlijn voor het verwerken van het effect van klimaatverandering in overstromingskansen. Overstromingskansen zijn meestal gebaseerd op historische overstromingen en houden geen rekening met toekomstige klimaatveranderingen.

Verschillende overstromingskansen en modelbenaderingen veroorzaken ook inconsistenties in de overstromingsrisico- en overstromingsgevaarkaarten langs de grens. Tot dusverre is de samenwerking tussen de actoren effectief om de verschillen aan te geven; er zijn echter nog geen plannen om deze kaarten gezamenlijk op te stellen. Een eerste stap zou kunnen zijn om de overstromingsrisico- en overstromingsgevaarkaarten van het uitgebreide stroomgebied van de Vecht toe te voegen aan [de Rijnatlas](#), die een gestandaardiseerde weergave biedt van het overstromingsrisico langs de hele rivier.

Terwijl in Nederland de aanpak van overstromingsrisicobeheer in het hele land uniform is, benadrukten actoren in Nedersaksen de uitdagingen van een ontbrekende staatsbrede aanpak van overstromingsrisicobeheer. Als gevolg daarvan verschilt het niveau van overstromingsbescherming sterk per gemeente.

7.2 Droogte

In de afgelopen jaren werd het studiegebied getroffen door verschillende grote droogtegebeurtenissen. Vooral de Nederlandse actoren benadrukten dat ze zich veel meer zorgen maken over de gevolgen van droogte (zoals drinkwatervoorziening, verdroging en bodemdaling) dan over de gevolgen van overstromingen.

Het watersysteem aan de Nederlandse kant is veel meer gereguleerd dan in het Duitse studiegebied. In Duitsland zijn de rivieren in grotere mate

vrij stromend en is de mogelijkheid om water te beheren veel kleiner. In Nederland maakt de infrastructuur het mogelijk om water aan de IJssel te onttrekken om een deel van het uitgebreide stroomgebied van de Vecht van geïmporteerd water te voorzien (via het Twentekanalensysteem), en er zijn meer mogelijkheden om water in het systeem vast te houden (door middel van stuwen etc.). Historisch gezien werd de waterinfrastructuur in het Nederlandse deel van het studiegebied voornamelijk gebruikt om het water zo snel mogelijk af te voeren en af te voeren om wateroverlast en overstromingen te voorkomen. Omdat het gebied echter veel te lijden had van verdroging, vond er de afgelopen jaren een paradigmaverschuiving plaats en wordt er nu veel meer aandacht besteed aan het vasthouden van water. Er zijn veel projecten voor droogterisicobeheer uitgevoerd om meer water in de systemen vast te houden en het grondwaterpeil in het gebied te verhogen. Droogtebeheer en daardoor waterretentie is een van de aandachtsgebieden van de lokale regionale waterautoriteiten.

In Duitsland benadrukten de actoren in NRW en Nedersaksen het belang van nationale concepten en plannen voor droogtebeheer en van personeel dat zich specifiek met droogtebeheer bezighoudt. Een dergelijke staatsbrede strategie is nodig om op grote schaal structureel waterretentiemaatregelen te kunnen nemen en aquifer aanvulling te kunnen gebruiken als middel om de grondwaterstand strategisch te verhogen. De actoren benadrukten ook het belang om te leren van de Nederlandse kennis en ervaringen op het gebied van waterretentie, zoals het vasthouden van water in landbouwgebieden met behulp van kleine stuwen.

Historisch gezien werd de landbouw in het studiegebied voornamelijk door regen gevoed. De recente droge lentes en zomers vereisten echter irrigatie om de schade aan gewassen te beperken. Als gevolg daarvan neemt het potentieel geïrrigeerde gebied toe en men verwacht dat dit in de toekomst nog verder zal toenemen. In Nedersaksen zijn er plannen om verwerkt water te gebruiken voor irrigatie. Momenteel wordt dit water terug in de rivier geloosd en draagt het bij aan de rivierstroom naar Nederland.

Vergeleken met de grensoverschrijdende gevolgen van overstromingen is er veel minder bekend over de grensoverschrijdende interacties van droogte. Meer water vasthouden in Duitsland heeft gevolgen voor de rivierafvoer in Nederland. Er is echter veel minder bekend over de grensoverschrijdende gevolgen en vooral over de omvang van de gevolgen voor het grondwaterpeil over de grens.

Natuurgebieden in Nederland die aan de grens liggen, hebben last van beken die in de zomer droogvallen omdat de grondwaterstanden aan de Duitse kant te laag zijn om ze in stand te houden. Aan beide zijden van de grens is het overzicht van (kleine) grondwateronttrekkingen beperkt, zodat er geen goed inzicht is in hoeveel water er precies aan de watervoerende lagen wordt onttrokken. Aan beide zijden van de grens zijn activiteiten gaande om een beter beeld te krijgen van de grondwateronttrekkingen. Een gemeenschappelijk grensoverschrijdend grondwateronderzoek/model zou een middel kunnen zijn om de grensoverschrijdende samenwerking en het grensoverschrijdende inzicht in grondwater te verbeteren.

7.3 Grensoverschrijdende samenwerking

Unaniem wordt de GPRW-samenwerking aan beide kanten van de grens positief beoordeeld. Aan de andere kant worden platforms zoals de (permanente) grenscommissie vooral gezien en gebruikt voor informatie-uitwisseling. Het GPRW wordt gezien als een middel om actief samen te werken en projecten gezamenlijk uit te voeren, zoals het Interreg DIWA (voorstel) of het EU-Horizon SpongeWorks project dat dit jaar van start gaat. De belanghebbenden zijn het er unaniem over eens dat alleen binnen dit platform daadwerkelijke samenwerking heeft plaatsgevonden.

Aan beide zijden van de grens werd benadrukt dat het voor succesvolle samenwerking en projecten van het grootste belang is dat over de grens de juiste mensen met het juiste mandaat betrokken zijn, zodat beslissingen ter plaatse kunnen worden genomen. Op dit moment vereist het gebrek aan deelname van het NLWKN in het GPRW extra coördinatie, waardoor besluitvormingsprocessen langer duren. Om deze reden is een sterkere betrokkenheid van het NLWKN sterk gewenst door de lokale waterautoriteiten in Nedersaksen. Aan Nederlandse zijde maken de provincies, die een cruciale rol spelen bij droogte, geen deel uit van het GPRW.

Verschillen in gegevens en modellen worden gezien als een van de obstakels voor grensoverschrijdende samenwerking. Door het gebruik van verschillende statistieken en modellen verschillen de overstromingsrisicokaarten tussen Duitsland en Nederland. Deze verschillen zijn besproken, maar er is nog geen project/initiatief gestart

om het overstromingsrisico van het stroomgebied gezamenlijk te evalueren.

Wat modellen betreft, zien de geïnterviewde actoren de meeste noodzaak in gemeenschappelijke grensoverschrijdende grondwater- en klimaatadaptatiemodellen. Ook een gemeenschappelijk overstromingsvoorspellingsmodel voor de Berkel en de Oude IJssel werd genoemd.

Er lijkt meer aandacht te zijn voor grensoverschrijdend overstromingsrisicobeheer dan voor grensoverschrijdend droogterisicobeheer. Terwijl de actoren die actief zijn op het gebied van overstromingsgerelateerde onderwerpen hun tegenhangers aan de andere kant van de grens goed kenden, benadrukten de Nederlandse actoren op het gebied van droogtebeheer dat het moeilijk was hun tegenhangers in Nedersaksen/NRW te vinden. Bovendien moeten bij droogtebeheer andere belanghebbenden worden betrokken dan bij overstromingsbeheer. Drinkwaterbedrijven, boerenorganisaties en natuurbeschermingsorganisaties moeten nauw bij het proces worden betrokken.

Om toekomstige conflicten te voorkomen, stelden actoren aan beide zijden van de grens voor om afspraken te maken over retentiegebieden en minimaal vereiste stromen van Duitsland naar Nederland.

7.4 Hiaten in kennis

In totaal zijn meer dan 80 kennishiaten verzameld in meer dan 25 interviews (zie Bijlage E). Het merendeel van de kennisvragen valt in de categorie biofysisch. De kennishiaten van de Nederlandse autoriteiten richten zich sterk op:

1. een beter systeeminzicht om grensoverschrijdende interacties van hydrologische processen tijdens overstromingen en droogtes te kunnen kwantificeren met behulp van grensoverschrijdende modellen
2. de noodzaak van geïntegreerde stresstests voor het hele stroomgebied
3. een beter begrip van de mogelijkheden en beperkingen van de sponswerking van het landschap

Deze hiaten in de kennis worden ook aangestipt in hoofdstuk 2.4 (geohydrologie), 3.1 (overstromingen) en 6 (gegevens en modellen). Hoewel de informatie- en gegevensuitwisseling tot stand is gebracht, zijn de gezamenlijke methodologie en analyse, die het inzicht in het systeem zullen vergroten, beperkt.

Kennisvragen van de Duitse stakeholders zijn sterk gerelateerd aan:

1. de noodzaak van nationale integrale concepten en strategieën voor droogtebeheer (Nedersaksen en NRW)
2. de noodzaak van overstromingsbeheerconcepten en -plannen (Nedersaksen)
3. het belang om te leren van de Nederlandse aanpak van droogtebeheer

Deze kennisvragen houden verband met de toestand van het droogtebeheer in Duitsland zoals beschreven in hoofdstuk 4.1.3 (Droogterisico- en rampenbeheer). Hoewel er in 2023 een nationale waterstrategie is gepubliceerd, wordt er nog geen concrete aanpak voor droogtebeheer genoemd. De behoefte aan alomvattende concepten voor overstromingsbeheer wordt ook besproken in hoofdstuk 4.1.2 (Overstromingsrisico en rampenbeheer).

Aan beide kanten wordt de behoefte aan betere monitoring (vooral van grondwater) genoemd, evenals de behoefte aan harmonisatie van gegevens (vooral hydrogeologische gegevens). De noodzaak van het ontwikkelen van adequate modellen (bijv. een grensoverschrijdend grondwatermodel, een dynamisch grondwatermodel voor Nedersaksen, grensoverschrijdende overstromingsvoorspellingsmodellen voor Berkel en Oude IJssel) werd benadrukt in verschillende interviews door een groot aantal verschillende actoren en wordt ook benadrukt in hoofdstuk 6.2 over de modellen.

De belanghebbenden bij het crisismanagement (veiligheidsregio's in Nederland en gemeenten in Duitsland) benadrukten dat de gevolgen van extreme overstromingen en droogtes in de studieregio nog niet goed worden begrepen, met name de gevolgen en cascade-effecten voor kritieke en gevoelige infrastructuur. Bovendien wordt er vaak helemaal geen rekening gehouden met de gevolgen van extreme gebeurtenissen (bijv. boven HQ100).

Kritieke infrastructuur en het begrip van de gevolgen van overstromingen en droogte worden besproken in hoofdstuk 3.1 (Overstromingen) en 3.2 (Droogte).

Vooraf aan Nederlandse zijde is er grote belangstelling voor de mogelijkheden en beperkingen van maatregelen op het gebied van sponswerking op stroomgebiedschaal met betrekking tot extreme overstromingen en droogtes, zoals:

- hoe je de juiste balans vindt tussen te nat en te droog

- het effect van overstromings-/ droogtmaatregelen op het tegenovergestelde uiterste (met betrekking tot toekomstige maatregelen, maar ook de noodzaak om het effect van reeds uitgevoerde maatregelen te kwantificeren)
- de mogelijke rol van herstelde grensoverschrijdende veengebieden / gebieden met grote onverzadigde zones voor de vermindering van de gevolgen van overstromingen en droogte en hun belang voor natuurbehoud. Veel (grensoverschrijdende) kleine beken drogen in de zomer op en daarom zijn de mogelijkheden om het ecologisch herstel in deze beken te herstellen momenteel beperkt.

De hoofdstukken over het klimaat (2.2), overstromingen (3.1) en droogte (3.2) benadrukken dat overstromingen en droogte naar verwachting zowel in frequentie als in intensiteit zullen toenemen, waardoor ook de behoefte aan maatregelen die overstromingen en droogte idealiter kunnen verzachten, toeneemt.

Op basis van de interviews hadden Nederlandse actoren geen overzicht van de geplande overstromings- en droogtebeperkende maatregelen in het Duitse deel van het uitgebreide Vechtstroomgebied. Er is ook een kennisleemte over het effect van deze maatregelen op het overstromings- en droogterisico in Nederland en welk type maatregelen zou leiden tot een veranderde situatie.

Aan beide zijden van de grens werden in de interviews ook kennisvragen met betrekking tot governance genoemd. In Nederland richtten de vragen zich op mogelijkheden om de grensoverschrijdende samenwerking verder te verbeteren en op manieren om de problemen als gevolg van de verschillende waterbeheerstructuren in de landen/staten te overwinnen. In Duitsland richtten de kennisvragen zich op het gebrek aan plannen, strategieën en concepten en op het conflict tussen de doelen van de Kaderrichtlijn Water (vrij stromend water) en droogtebeheerstrategieën (water vasthouden). Dit conflict belemmert de uitvoering van hoognodige droogtebeperkende maatregelen in het systeem. Deze hiaten in de kennis houden verband met de grensoverschrijdende samenwerking en de vastgestelde uitdagingen zoals beschreven in hoofdstuk 5.

Een overzicht van alle kennishiaten die tijdens de Vechte Scoping Study zijn vastgesteld, is te vinden in Bijlage E.

8 Scoping voor JCAR ATRACE

Op basis van de vastgestelde kennishiaten en de resultaten van de literatuurstudie kunnen de volgende activiteiten worden overwogen in het vervolg van JCAR ATRACE of in andere projecten:

De noodzaak van een **grensoverschrijdende watersysteemanalyse** en een **grensoverschrijdende stresstest** werd sterk benadrukt in de interviews. Een gemeenschappelijk begrip van het risico op extreme overstromingen en droogtes kan worden gezien als de basis om een gezamenlijke aanpak van deze risico's te vergemakkelijken. Effectbeoordelingen maken het mogelijk om de (grensoverschrijdende) effecten op kritieke en vitale infrastructuur te analyseren. In het studiegebied is de huidige kennis beperkt, wat het crisisbeheer in geval van een extreme gebeurtenis sterk zal bemoeilijken.

Uitgebreide evaluatie van het hoogwater 2023 / 2024 voor het hele stroomgebied. De gebeurtenis wordt momenteel lokaal geëvalueerd door de verschillende regionale waterschappen en in Duitsland evalueert het NLWKN de overstromingsgebeurtenissen in Nedersaksen. Door deze evaluaties samen te brengen, wordt een stroomgebiedbrede analyse mogelijk van de dingen die goed gingen en de dingen waaraan gewerkt moet worden. Als onderdeel van het uitvoeringsplan van de stresstest kunnen de beoordelingen worden samengevoegd en geëvalueerd.

Voorspellende systemen - Het FEWS Vechte-systeem had moeite met het voorspellen van de recente hoogwatergebeurtenis, waardoor de lokale regionale waterautoriteiten het vertrouwen in het systeem verloren. Er zijn verschillende uitdagingen. Ten eerste moet het onderliggende monitoringsysteem in het studiegebied worden verbeterd. Het recente hoogwater heeft aangetoond dat het meetbereik van veel meetpunten te beperkt is (bijv. bij de Regge), waardoor betrouwbare meetpunten ontbreken die nodig zijn om het voorspellingssysteem te voeden. Bovendien moeten de hydrologische en hydrodynamische modellen in de FEWS Vechte opnieuw worden gekalibreerd en verder worden ontwikkeld, omdat ze onvoldoende in staat zijn om de hydrologische en hydraulische processen in het stroomgebied onder extreme omstandigheden te simuleren. Binnen het JCAR ATRACE programma wordt een analyse van het FEWS-Vechte systeem opgezet om de top-3 acties te schetsen die nodig zijn om te komen tot een klimaatbestendige FEWS-Vechte voor het hele stroomgebied.

Er bestaat een grensoverschrijdend FEWS-systeem voor de Berkel en de Oude IJssel dat wordt beheerd door de Nederlandse regionale waterschappen en tegelijkertijd is er een FEWS-systeem ontwikkeld voor alle regionale rivieren in NRW. De kennis en expertise aan beide zijden van de grenzen zou kunnen worden gecombineerd in een gezamenlijk voorspellingssysteem.

Mogelijkheden onderzoeken om **de grensoverschrijdende samenwerking verder te verbeteren** en manieren onderzoeken om de moeilijkheden als gevolg van de verschillende waterbeheerstructuren te overwinnen, waaronder een evaluatie van het hoogwater van december 2023 vanuit een bestuursperspectief. Zoals een evaluatie van de hefboomwerking van alle actoren voor grensoverschrijdende samenwerking binnen het huidige bestuurskader en mogelijkheden om dit kader aan te passen voor effectievere samenwerking om toekomstige klimaatextremen aan te pakken.

Maatregelen voor sponswerking op stroomgebiedschaal worden gezien als een mogelijkheid om de veerkracht van de stroomgebieden tegen overstromingen en droogte te vergroten. Er zijn echter nog veel onzekerheden over hun mitigerende effect op extreme gebeurtenissen en hun impact op beide extremen. Als onderdeel van een EU-Horizon project genaamd SpongeWorks zullen verschillende maatregelen voor sponswerking worden geïmplementeerd in het stroomgebied van de Vecht en hun effecten zullen worden gekwantificeerd.

In verschillende interviews werd gewezen op de noodzaak van een **alomvattende strategie voor droogtebeheer**. De samenwerking op het gebied van droogterisicobeheer is echter beperkt en er bestaat nog geen grensoverschrijdend netwerk. Ook is het inzicht in de (grensoverschrijdende) grondwaterinteractie en daarmee de behoefte aan grensoverschrijdende samenwerking niet bekend. De oprichting van **een grensoverschrijdend grondwatermeetnet** kan niet alleen het inzicht in de grensoverschrijdende interacties verbeteren, maar ook een startpunt zijn voor grensoverschrijdende samenwerking op dit gebied.

De overstromingen in 2021 hebben de aandacht voor overstromingsrisicobeheer in kleinere stroomgebieden vergroot. In het studiegebied start een overvloed aan projecten die zich richten op verschillende aspecten van overstromingsrisicobeheer. In 2009 is een gezamenlijke visie op de Vechte ontwikkeld waarin de noodzakelijke stappen worden beschreven om de Vechte om te vormen

tot een halfnatuurlijke rivier met schoon water, gezonde natuur en een economisch bloeiende omgeving. **Het herijken van de visie** en het evalueren van de voortgang, successen en uitdagingen kan waardevolle lessen opleveren voor de projecten en initiatieven die nu van start gaan.

In het ideale geval stemmen lopende en startende projecten (bijv. DIWA, SpongeWorks, JCAR ATRACE) hun activiteiten op elkaar af om synergieën te creëren en de voordelen voor het studiegebied te maximaliseren.

9 Referenties

- Anter, J., & Kreins, P. (2013). *Thünen: Zukünftiger Bewässerungsbedarf in Nordrhein-Westfalen*.
<https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/zukuenftiger-bewaesserungsbedarf-in-nordrhein-westfalen>
- Anter, J., Kreins, P., Heidecke, C., & Gömann, H. (2018). *Bewässerung in der Landwirtschaft - Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg*. Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:253-201801-dn059620-3>
- Asseldonk, M. van, Stokkers, R., Jager, J., & Meer, R. van der. (2020). *Economische effecten van droogte in 2018 en 2019: een regionale analyse akkerbouw en melkveehouderij*. Wageningen Economic Research. <https://research.wur.nl/en/publications/economische-effecten-van-droogte-in-2018-en-2019-een-regionale-analyse-akkerbouw-en-melkveehouderij>
- Beleidstafel wateroverlast en hoogwater. (2022). *Eindadvies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater*.
- Bender, S., Butts, M., Hagemann, S., Scmith, M, Vereecken, H., & Wendland, F. (2009). *Der Einfluss des Klimawandels auf die terrestrischen Wassersysteme in Deutschland. Eine Analyse ausgesuchter Studien der Jahre 2009 - 2013*. www.climate-service-center.de
- Blauhut, V., & Stahl, K. (2018). (PDF) Risikomanagement von Dürren in Deutschland: von der Messung von Auswirkungen zur Modellierung. *Tag Der Hydrology*.
https://www.researchgate.net/publication/324702549_Risikomanagement_von_Durren_in_Deutschland_von_der_Messung_von_Auswirkungen_zur_Modellierung
- Blauhut, V., Stoelzle, M., Ahopelto, L., Brunner, M. I., Teutschbein, C., Wendt, D. E., Akstinas, V., Bakke, S. J., Barker, L. J., Bartošová, L., Briede, A., Cammalleri, C., Kalin, K. C., De Stefano, L., Fendeková, M., Finger, D. C., Huysmans, M., Ivanov, M., Jaagus, J., ... Zivković, N. (2022). Lessons from the 2018-2019 European droughts: a collective need for unifying drought risk management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(6), 2201–2217.
<https://doi.org/10.5194/NHESS-22-2201-2022>
- Blom, C., & Van der Werf, K. (2022). Waterhuishouding in het Berkelgebied. *Stromingen*, 28(4), 23–32.
https://www.researchgate.net/publication/369649537_Waterhuishouding_in_het_Berkelgebied_Stromingen_202228_nr4_23-32

- Bloomfield, J. P., & Marchant, B. P. (2013). Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(12), 4769–4787. <https://doi.org/10.5194/HESS-17-4769-2013>
- BMI. (n.d.). *Zuständigkeiten im Katastrophenschutz*. Retrieved March 23, 2024, from <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bevoelkerungsschutz/zivil-und-katastrophenschutz/gefahrenabwehr-und-katastrophenschutz/gefahrenabwehr-und-katastrophenschutz-node.html>
- BMUV. (2023). *Nationale Wasserstrategie*. <https://www.bmuv.de/en/publication/nationale-wasserstrategie>
- Bosoni, M., Tempels, B., & Hartmann, T. (2023). Understanding integration within the Dutch multi-layer safety approach to flood risk management. *International Journal of River Basin Management*, 21(1), 81–87. <https://doi.org/10.1080/15715124.2021.1915321>
- Botterhuis, T., & Klopstra, D. (2004). *Onderzoek afvoer Oude IJssel : uitgangspunten voor RVW2006 | Wageningen University and Research Library catalog*. <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/2083934>
- Braak, D. ter, Grobbe, T., Heitbrink, L., Lenne, R. de, & Worm, B. (2019). *Beleidsevaluatie droogte 2018*. 26.
- Bressers, H., Bleumink, K., Bressers, N., Browne, A., Larrue, C., Lijzenga, S., Lordkipanidze, M., Özerol, G., & Stein, and U. (2016). *The Fragmentation-Coherence Paradox in Twente*. (pp. 181–201). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29671-5>
- BSI. (n.d.). *BSI - General information on KRITIS*. Retrieved March 22, 2024, from https://www.bsi.bund.de/EN/Themen/KRITIS-und-regulierte-Unternehmen/Kritische-Infrastrukturen/Allgemeine-Infos-zu-KRITIS/allgemeine-infos-zu-kritis_node.html
- Bundesnetzagentur. (n.d.). *Ccooperation Agreement between the Regulatory Bodies situated in the countries of Corridor N8, "North Sea-Baltic."*
- CBS. (2024). *CBS gebiedsindelingen*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/cbs-gebiedsindelingen>
- Deltares. (2018). *Deltascenario's voor de 21 e eeuw*. https://media.deltares.nl/deltascenarios/Deltascenarios_actualisering_2017_hoofdrapport.pdf
- Deltares. (2022). *Wat als "de waterbom" elders in Nederland was gevallen?*
- Deltares. (2024). *Quicksan regionale grensoverschrijdende wateren en stroomgebieden (unpublished)*.

- DHV. (2009). *Die Vechte; ein grenzenloser, lebendiger Fluss. Grenzüberschreitende Vechtetal-Strategie.*
https://devecht.eu/publish/pages/30361/d_vechtvisie_internet_1.pdf
- Driessen, A. (Anna M. A. J., Ven, G. P. van de (Gerardus P., & Wasser, H. J. (2000). *Gij beken eeuwigvloeiend: water in de streek van Rijn en IJssel.*
- DWD. (n.d.). *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Klimaprojektionen für Deutschland.* Retrieved March 13, 2024, from https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtld_homenode.html
- DWD. (2023). *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Presse - Deutschlandwetter im Jahr 2023.*
https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229_deutschlandwetter_jahr2023_news.html
- ECDM. (2024). *Emergency Response Coordination Centre (ERCC) – DG ECHO Daily Map | 05/01/2024.*
- ECRR. (2019). *River Continuity.* <https://www.ecrr.org/River-Restoration/River-continuity>
- Ems Vechte Welle. (2022). *25 Jahre ems-vechte-welle: Das Hochwasser in Nordhorn und der Obergrafschaft - Ems Vechte Welle.*
<https://www.emsvechtewelle.de/25-jahre-ems-vechte-welle-das-hochwasser-in-nordhorn-und-der-obergrafschaft/>
- Ertl, G., Bug, J., Elbracht, J., Engel, N., & Herrmann, F. (2019). *GeoBerichte 36 - Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18.*
https://doi.org/10.48476/geober_36_2019
- EU. (2022). *Richtlijn (EU) 2022/2557 van het Europees Parlement en de Raad van 12 juli 2022 tot wijziging van Richtlijn 2008/114/EG van de Raad.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32022L2557&from=EN#d1e911-164-1>
- European Commission. (2017). *2nd Study on the North Sea-Baltic TEN-T Core Network Corridor.*
https://transport.ec.europa.eu/system/files/2018-09/2018-2nd-study-north_sea-baltic-ten-t-core-network-corridor.pdf
- Federal Statistical Office. (2016). *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben / Agrarstrukturerhebung 2016.*
- Feuerwehr Gronau. (2020). *Vor 10 Jahren bedrohte das Hochwasser Gronau und Epe – Feuerwehr Gronau.* <https://feuerwehr-gronau.de/einsatz/grossschadenslage-durch-hochwasser-in-gronau-und-epe-2/>

- Flasche, K. (2016). *Zuständigkeiten beim Hochwasserschutz-Wer macht was?*
- Freriks, A., Keessen, A., Korsse, D., Rijswick, M. van, & Bastmeijer, K. (2016). *Zover het eigen instrumentarium reikt : Een onderzoek naar de positie van de provincie Noord-Brabant en de Noord-Brabantse waterschappen bij de realisatie van Kaderrichtlijn Waterdoelstellingen, met bijzondere aandacht voor de Omgevingswet.*
- Grafschafter Nachrichten. (2016). *Hochwasser in der Grafschaft 2010.* <https://www.gn-online.de/grafschaft/hochwasser-in-der-grafschaft-2010-g1853.html>
- Grafschafter Nachrichten. (2019). *Hitze und Trockenheit: Tote Fische treiben in der Vechte.* <https://www.gn-online.de/nordhorn/hitze-und-trockenheit-tote-fische-treiben-in-der-vechte-311519.html>
- Haastregt, A. V. van. (2023). *Modelling of morphological development in the Vecht river due to changes in the weir policy* [Master Thesis, University of Twente]. <https://essay.utwente.nl/97154/>
- Hartmann, T., & Albrecht, J. (2014). From flood protection to flood risk management: Condition-based and performance-based regulations in German Water Law. *Journal of Environmental Law*, 26(2), 243–268. <https://doi.org/10.1093/JEL/EQU015>
- Helder, A., Huizenga, R., & Damsté, P. J. (2017). *De Vecht, uitwerking van halfnatuurlijke rivier. Van visie naar ontwerp.*
- Hendriks, D., Passier, H., Marsmann, A., & Levelt, O. (2022). *Integrale Grondwaterstudie Nederland module 1: landelijke analyse.* https://publications.deltares.nl/11208092_001_0001.pdf
- Herrmann, F., Tetzlaff, B., & Wendland, F. (2019). *GROWA+NRW2021 Modellsystem: RAUMIS-mGROWA-DENUZ-WEKU Diffuse N-Quellen (ohne Erosion).* https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/4_fzj_mgro_wa_growanrw2021.pdf
- Hoekstra, M. (2012). *The water footprint assessment manual : setting the global standard.* <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/962651468332944887/the-water-footprint-assessment-manual-setting-the-global-standard>
- HWBP. (2024). *HWBP projectenkaart.* <https://hwbp.cartonext.nl/>
- Hydrotec. (2013). *Ökologische Verbesserung und Hochwasserschutz - Hydrotec.* <https://www.hydrotec.de/vechte-und-dinkel-2013-oekologische-verbesserung-und-hochwasserschutz/>
- IenW. (n.d.). *Waterkwantiteit | Thema's | DCC-IenW.* Retrieved March 24, 2024, from <https://www.dcc-ienw.nl/themas/waterkwantiteit>

- IPLO. (n.d.). *De Omgevingswet | Informatiepunt Leefomgeving*. Retrieved March 23, 2024, from https://iplo.nl/regelgeving/omgevingswet/#PagCls_1767026
- IPLO. (2023). *Organisatie van het waterbeheer | Informatiepunt Leefomgeving*. <https://iplo.nl/thema/water/beleid-regelgeving-water/organisatie-van-waterbeheer/>
- IPLO. (2024). *Baseline | Informatiepunt Leefomgeving*. <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/watermanagementmodellen/baseline/>
- IPO, & UVW. (2024). *Droogteportaal*. <https://droogteportaal.nl/droogteportaal/web/>
- Jansen, A., Bouma, J., de Meij, T., Vegter, U., & Wallis de Vries, M. (2020). *Droogte ingrijpend voor natuur in hoog Nederland ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit*. KNNV Publishing. <https://www.knmi.nl>
- Jong, W. R. de. (2023). *Hydrological Water Balance Modelling : Determining the feasibility of closing water balances of the subcatchments in the Overijsselse Vecht basin* [Bachelor Thesis]. University of Twente.
- Jonkman, S. N., Jongejan, R., & Maaskant, B. (2011). The use of individual and societal risk criteria within the Dutch flood safety policy--nationwide estimates of societal risk and policy applications. *Risk Analysis : An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 31(2), 282–300. <https://doi.org/10.1111/J.1539-6924.2010.01502.X>
- Kampa, Dr. E., & Rouillard, Dr. J. (2023). *Stock-taking Analysis and Outlook of Drought Policies, Planning and Management in EU Member States*. <https://doi.org/10.2779/21928>
- KNMI. (1999). *Jaarverslag 1998 In het teken van de regen*.
- KNMI. (2018). *KNMI - Jaar 2018*. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2018/jaar>
- KNMI. (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland*. https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatscenarios23/KNMI23_klimaatscenarios_in_het_kort_samenvatting.pdf
- KNMI. (2024). *KNMI - De staat van ons klimaat 2023: warmste en natste jaar ooit gemeten*. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2023-warmste-en-natste-jaar-ooit-gemeten>
- Knol, B., Durand, A., Reeze, B., Bijvank, R. N., & Schmidt, G. (2020). *Kaderrichtlijn Water 2022-2027 Waterschap Vechtstromen: Achtergronddocument onderbouwing maatregelen*. https://www.vechtstromen.nl/publish/pages/33091/bijlage_2_achtergronddocument_krw_vechtstromen.pdf
- Kooij, H.-J., Ploegmakers, H., & Meijerink, S. (2020). *Grenzüberschreitende Studie Und Wissenstransfer Living Vecht-Dinkel*

- MR03 Von Der Planung Bis Zur Umsetzung Grenzüberschreitender Wasserprojekte - DocsLib. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. <https://docslib.org/doc/3356583/grenzüberschreitende-studie-und-wissenstransfer-living-vecht-dinkel-mr03-von-der-planung-bis-zur-umsetzung-grenzüberschreitender-wasserprojekte>
- Koronaci, K. (2022). *Data assimilation for improved discharge estimates with the wflow_sbm model: a case study of the Overijsselse Vecht river (The Netherlands)* [Master Thesis, University of Ljubljana]. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141743>
- Kreins, P., Henseler, M., Anter, J., Herrmann, F., & Wendland, F. (2015). Quantification of climate change impact on regional agricultural irrigation and groundwater demand. *Water Resources Management*, 29(10), 3585–3600. <https://doi.org/10.1007/S11269-015-1017-8/METRICS>
- Kremer Devesa, V. (2023). *Drought indicators in the east of the Netherlands* [Bachelor Thesis, University of Twente]. <https://essay.utwente.nl/94536/>
- Kuks, S. (2009). "Technologische ontwikkeling leidt tot institutionele vragen." *H2O*, 25/26. <https://edepot.wur.nl/340464>
- Lamers, M. (2017). *Analysing the morphological consequences of the preferred design of the Overijsselse Vecht with SOBEK 3*.
- LANUV. (n.d.-a). *Grundwasser*. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/grundwasser>
- LANUV. (n.d.-b). *Klimaatlas NRW*. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-erklaert/klimawandel>
- LANUV. (n.d.-c). *Kommunalberatung Klimafolgenanpassung NRW | LANUV Klima*. Retrieved March 27, 2024, from <https://www.klimaatlas.nrw.de/beratung-klimaanpassung>
- LANUV. (2018). *KLimat Atlas NRW: Niederschlagsextreme*. <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-monitoring/klimaentwicklung/niederschlag/niederschlagsextreme>
- LANUV. (2024). *Hydrologischer Status NRW zum 31.12.2023*. <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/hydrologische-berichte/hydrologischer-status-nrw-31-dazember-2023>
- LAWA. (2020). *Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft: Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder 2020*.
- LAWA. (2022). *Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel*. www.lawa.de
- LBEG. (n.d.). *Bereitstellung von Daten zum Bodenwasserhaushalt mit BOWAB | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie*. Retrieved March 23, 2024, from https://www.lbeg.niedersachsen.de/boden_grundwasser/landwirtscha

- ft/bereitstellung_von_daten_zum_boden_wasserhaushalt_isip/bereitstellung-von-daten-zum-bodenwasserhaushalt-mit-bowab-746.html
- LBEG. (2016). *Geoberichte 3: Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen*.
- LBEG. (2019). *GeoBerichte 36: Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18*.
https://doi.org/10.48476/geober_36_2019
- LBEG. (2023). *Zeitreihenanalysen zur Abweichung der Grundwasserneubildung im Grundwasserkörper von 1961 bis 2020 (mGROWA22) (WMS Dienst) - NUMIS*.
<https://numis.niedersachsen.de/trefferanzeige?docuuid=7ae8f720-b666-4a27-bd69-0ba4679e15fe>
- Lieshout, M. van, & Werven, B. van. (2022). *Endbericht Erkundung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zum Thema Wasser*.
- Luijkx, G. (2020). *Assimilation of remotely sensed soil moisture data in a hydrological forecasting model of the Overijsselse Vecht*. [Master Thesis, University of Twente]. <https://essay.utwente.nl/83526/>
- Luijkx, G., Augustijn, D. C. M., Booij, M. J., & De Jong, I. J. F. (2020). *Assimilation of remotely sensed soil moisture data in a hydrological forecasting model of the Overijsselse Vecht* [Master Thesis, Universiteit Twente].
<https://www.utwente.nl/en/et/cem/research/wem/education/msc-thesis/2020/luijkx.pdf>
- Lulofs, K. (2018). Incoherenties in wet- en regelgeving, bevoegdhedenverdeling en instrumentatie Belemmeringen en oplossingen inzake waterkwaliteit en vitale bodem. *CSTM – SR, 387*, 1–57.
- Lulofs, K. (2020). *Sturingsinstrumentarium voor een vitale bodem | STOWA*. <https://www.stowa.nl/deltafacts/lumbricus-klimaatrobuustehogere-zandgronden/implementeren-en-uitvoeren-hoe-regelen-we-0>
- Maas, G., & Woestenburger, M. (2013). *Bausteine für die grenzüberschreitende Vechte Ein lebendigen Flachlandfluss zwischen Emlichheim und Hardenberg*. www.wageningenUR.nl/en/alterra.
- Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D., Grabs, W., Kwadijk, J. C. J., Lang, H., Parmet, B. W. A. H., Schädler, B., Schulla, J., & Wilke, K. (2001). Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. *Climatic Change, 49*(1–2), 105–128. <https://doi.org/10.1023/A:1010784727448>
- Ministry of General Affairs. (2023). *Webportal Information from the government (www.rijksoverheid.nl)*,
<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/waterbeheer-in-nederland>

- MInW. (2020). *Handleiding verdringingsreeks*.
<https://iplo.nl/thema/water/beheer-watersysteem/verdringingsreeks/@212059/handleiding-verdringingsreeks/>
- Mostert, E., & Lukat, E. (2021). *Nederlands-Duitse grenswaterovereenkomsten: inventarisatie, evaluatie en vooruitblik - Hoofdrapport*.
- MU. (n.d.). *Vorgehen in Niedersachsen bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*. Retrieved April 10, 2024, from https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/hochwasser_amp_kustenschutz/hochwasserrisikomanagement_richtlinie/bewertung_des_hochwasserrisikos/bewertung-des-hochwasserrisikos-104681.html
- MU. (2017). *Niedersächsische Naturschutzstrategie*.
- MU. (2019). *Klimawirkungsstudie Niedersachsen | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*.
<https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/klima/klimawirkungsstudie-niedersachsen-176873.html>
- MUNV. (2005). *Ergebnisbericht Ijssel Wasserrahmenrichtlinie in NRW - Bestandsaufnahme Staatliches Umweltamt Herten*. www.ijssel.nrw.de
- MUNV. (2014). *Bericht zu den Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten im Rahmen der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EGHWRM-RL) in NRW*. www.umwelt.nrw.de
- MUNV. (2021). *Bewirtschaftungsplan 2022-2027 fuer die nordrheinwestfaelischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas*.
https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/bewirtschaftungsplan_nrw_2022-2027.pdf
- MUNV. (2022). *Hochwasserrisiken-Vorsorgemassnahmen im Teileinzugsgebiet Deltarhein*.
https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/teg_broschuerere_hwrm_deltarhein.pdf
- MUNV NRW. (2023). *ELWAS-WEB*. <https://www.elwasweb.nrw.de/elwasweb/index.xhtmll;jsessionid=4A299EF8F7A2D9AFC1692317F820AF0F>
- Nationaal Deltaprogramma. (n.d.). *Delta Plan for Flood Risk Management | Three topics | Delta Programme*. Retrieved March 23, 2024, from <https://english.deltaprogramma.nl/three-topics/flood-risk-management/delta-plan>
- NCTV. (2022). *Nationale Crisisstructuur | Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid*.
<https://www.nctv.nl/onderwerpen/nationale-crisisstructuur>

- NDR. (2023). "Außergewöhnliche Dürre": Pflanzen leiden unter trockenen Böden | NDR.de - Nachrichten - Niedersachsen.
<https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/Aussergewoehnliche-Duerre-Pflanzen-leiden-unter-trockenen-Boeden,trockenheit540.html>
- NDR. (2024). Wasserwehr soll künftig Verden besser vor Hochwasser schützen | NDR.de - Nachrichten - Niedersachsen - Studio Oldenburg.
https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Wasserwehr-soll-kuenftig-Verden-besser-vor-Hochwasser-schuetzen,aktuelloldenburg14554.html
- NHI. (n.d.). Welkom op het NHI Dataportal - Nederlands Hydrologisch Instrumentarium. Retrieved March 13, 2024, from
<https://data.nhi.nu/bekijk>
- NIPV. (2023). Klimaatrisico's: werk voor de Veiligheidsregio's?
- NLWKN. (n.d.-a). Dokumentation des Hochwasser im Oktober / November 1998 im Einzugsgebiet von Weser, Aller und Leine. Retrieved March 22, 2024, from
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/hintergrundinformationen/dokumentation_von_hochwasserereignissen/leinehochwasser_1998/-38546.html
- NLWKN. (n.d.-b). Katastrophenmanagement im Hochwasserfall in Niedersachsen | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Retrieved March 23, 2024, from
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/hintergrundinformationen/organisation_im_hochwasserschutz/katastrophenmanagement/aufgaben-und-organisation-in-der-gefahrenabwehr-119250.html
- NLWKN. (n.d.-c). Schifffahrt auf den "Nordhorner Kanälen".
- NLWKN. (2004). Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Oberflächengewässer. Teil-Bearbeitungsgebiet Vechte/ Niedersachsen.
<https://wasserblick.bafg.de/servlet/is/29228/>
- NLWKN. (2007). Vorläufiger Überblick über die wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen im niedersächsischen Teil der Flussgebietseinheit Rhein / Vechte gemäß Artikel 14 EG-WRRL und §184 a NWG. Information und Anhörung der Öffentlichkeit.
- NLWKN. (2015). Kommunale, verbandliche und allgemeine Zuständigkeiten im Hochwasserrisikomanagement.
- NLWKN. (2021a). Ausblick 2021: Wehrrückbau macht Weg an der Vechte frei | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/Rueckbau_Vechtewehr_Schuettorf/ausblick-2021-wehrruckbau-macht-weg-an-der-vechte-frei-201185.html

- NLWKN. (2021b). *Masterplan Hochwasserschutz: Technischer Hochwasserschutz. Band 5.*
<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/MasterplanHWS/https-nlwkn-niedersachsen-de-masterplan-hws-215314.html>
- NLWKN. (2021c). *Mit Motivation und Engagement zum Erfolg an Vechte und Hase | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.*
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/Entwicklungsmassnahmen_an_Vechte_und_Hase/mit-motivation-und-engagement-zum-erfolg-an-vechte-und-hase-201184.html
- NLWKN. (2021d). *Renaturierungsmaßnahmen des NLWKN an der Vechte | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.*
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse_und_offentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/renaturierungsmaßnahmen-des-nlwkn-an-der-vechte-200998.html
- NLWKN. (2021e). *Rückblick 2021: Großprojekt an der Vechte erfolgreich abgeschlossen | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.*
<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2022/ruckblick-2021-grossprojekt-an-der-vechte-erfolgreich-abgeschlossen-212346.html>
- NLWKN. (2022a). *Grundwasserband 53: Niedersaechsisches Messprogramm Klima - Grundwasserstand.*
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/veroeffentlichungen/publikationsreihe_grundwasser/veroeffentlichungen-zum-thema-grundwassertrinkwasser-zum-downloaden-198537.html
- NLWKN. (2022b). *Wasserversorgungskonzept Niedersachsen | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.*
<https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/wasserversorgungskonzept-niedersachsen-210626.html>
- NLWKN. (2024a). *Niedersächsische Umweltkarten.*
<https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/?lang=de&topic=Hydrologie&bgLayer=TopographieGrau&E=417489.60&N=5816497.76&zoom=4&layers=VerzeichnistrockenfallendeGewaesser>
- NLWKN. (2024b). *NLWKN Pegelonline.*
<https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de/Start>
- NRW. (2020). *MGrowa - Modelldaten.* <https://open.nrw/dataset/5f56f062-1de9-4a56-94cc-121ad577fae2>
- NU.nl. (2024). *Overijsselse Vecht op recordhoogte, ook elders blijft hoogwater overlast geven | Binnenland | NU.nl.*
<https://www.nu.nl/binnenland/6295795/overijsselse-vecht-op-recordhoogte-ook-elders-blijft-hoogwater-overlast-geven.html>

- OHV, & NWP Planungsgesellschaft mbH. (2009). *De vecht een grenzeloze, halfnatuurlijke rivier Grensoverschrijdende Vechtvisie*.
- Omgevingsagenda Oost-Nederland. (2020). *Omgevingsagenda Oost-Nederland*.
<https://www.denationaleomgevingsvisie.nl/publicaties/onderzoeken+en+adviezen+publicaties/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=1699544>
- OSM. (2023). *OpenStreetMap*.
<https://www.openstreetmap.org/#map=7/52.157/5.295>
- Oterman, K. (2015). De Berkel op de schop. *Natura*, 4, 16–17.
<https://natuurtijdschriften.nl/pub/641957/Natura2015112004005.pdf>
- Pergens, T. (2018). "Grenzenloos? Een beleidsevaluatie- en implementatiestudie van de grensoverschrijdende Vechtvisie (2009)." <https://theses.ubn.ru.nl/handle/123456789/7123>
- Pinkert, B. (2017). *Broekgebieden in het stroomgebied van de Berkel (1600-1850 [Master Thesis, University of Groningen]*.
www.rug.nl/let/kenniscentrumlandschap
- Projectteam Droogte Zandgronden Nederland. (2021). *Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland*.
https://droogteportaal.nl/rapporten/Droogte_zandgronden_fase_3.pdf
- Provincie Overijssel. (2013). *Atlas van de Vecht by Provincie Overijssel - Issuu*.
https://issuu.com/provincieoverijssel/docs/atlas_van_de_vecht_lr
- Rekenkamer Oost-Nederland. (2022). *Grondwateronttrekkingen en verdroging: Nota van Bevindingen Overijssel*. www.rekenkameroost.nl
- Renner, T., Meijerink, S., & van der Zaag, P. (2017). The evolution of regional cross-border water regimes, the case of Deltarhine. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(10), 1701–1721.
<https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1371005>
- Rijksoverheid. (n.d.-a). *Crisisbeheersing | Veiligheidsregio's en crisisbeheersing*. Retrieved March 24, 2024, from <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/veiligheidsregios-en-crisisbeheersing/crisisbeheersing>
- Rijksoverheid. (n.d.-b). *Routes voor goederentreinen | Goederenvervoer | Rijksoverheid.nl*. Retrieved March 13, 2024, from <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/goederenvervoer/routes-voor-goederentreinen>
- Rijksoverheid. (n.d.-c). *Veiligheidsregio's | Veiligheidsregio's en crisisbeheersing | Rijksoverheid.nl*. Retrieved March 24, 2024, from <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/veiligheidsregios-en-crisisbeheersing/veiligheidsregios>
- RIWM. (2014). *Conceptuele modellen grondwaterlichamen KRW: Rijn Oost*. <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving->

- beleid/kaderrichtlijn-water/grondwater/grondwater-krw/conceptuele-modellen/
- RTV Oost. (2023). *Zoveel last hebben Overijsselaars van het hoge water* - RTV Oost. <https://www.rtvoost.nl/nieuws/2296155/zoveel-last-hebben-overijsselaars-van-het-hoge-water>
- RTV Vechtdal. (2023). *RTV Vechtdal - Deel Vechtpark Hardenberg afgesloten*. <https://rtvvechtdal.nl/vechtdal/tv/nieuws?view=article&id=6617:deel-vechtpark-hardenberg-afgesloten&catid=18>
- Ruimte voor de Vecht. (n.d.). *Regio Deal Regio Zwolle*. Retrieved March 24, 2024, from <https://www.ruimtevoordevecht.nl/regiodealprojecten/>
- RWS VWL. (2021). *Landelijk Draaiboek Waterverdeling en Droogte - Helpdesk water*. <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/crisismanagement/landelijk-draaiboek/>
- Samaniego, L., Thober, S., Kumar, R., Wanders, N., Rakovec, O., Pan, M., Zink, M., Sheffield, J., Wood, E. F., & Marx, A. (2018). Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nature Climate Change* 2018 8:5, 8(5), 421–426. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5>
- Scheihing, K. W. (2019). Climate Change in Lower Saxony (Germany) and possible consequences for groundwater management: a review. *Hydrologie Und Wasserbewirtschaftung*. https://doi.org/10.5675/HyWa_2019.2_2
- Spruyt, A., & Fujisaki, A. (2021). *Ontwikkeling zesde-generatie model Overijsselse Vechtdelta : modelbouw, kalibratie en validatie | Deltares*. <https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/ontwikkeling-zesde-generatie-model-overijsselse-vechtdelta-modelbouw-kalibratie-en-validatie>
- Stouthamer, E., Cohen, K., & Hoek, W. Z. (2020). *De vorming van het land. Geologie en geomorfologie* (Issue December).
- TYGRON. (2020). *Overstromingen simuleren aan de hand van big-data en slimme algoritmes - Voorbeeld van het Waterschap Vechtstromen*. <https://www.tygron.com/blog/2020/04/17/overstromingen-simuleren-aan-de-hand-van-big-data-en-slimme-algoritmes-eeen-voorbeeld-van-het-waterschap-vechtstromen/>
- UFZ. (2024). *Dürremonitor Deutschland - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ*. <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>
- Unwetterzentrale. (2010). *Unwetterzentrale Deutschland - Alle Warnungen*. <https://www.unwetterzentrale.de/uwz/>
- UVW, & IPO. (2021). *Overzicht grondwateronttrekkingen - Unie van Waterschappen*.

- <https://unievandwaterschappen.nl/publicaties/overzicht-grondwateronttrekkingen/>
- Van der Heijde, P. K. M. (1978). *Een samenvatting en overzicht van de over de droogte van 1976 verschenen literatuur.*
<https://edepot.wur.nl/179963>
- van der Klei. (2021). *Evaluierungsbericht grenzueberschreitende Hochwasserschutzuebung „Wasserwettlauf 2021“.*
- Van Der Velde, R., Benninga, H. J. F., Retsios, B., Vermunt, P. C., & Salama, M. S. (2023). Twelve years of profile soil moisture and temperature measurements in Twente, the Netherlands. *Earth System Science Data*, 15(4), 1889–1910. <https://doi.org/10.5194/ESSD-15-1889-2023>
- Van Dongen, R., Eysink, F., Van de Weerd, R. (2015). *Advies 'ambitie en effectieve maatregelen voor de Berkel tussen Borculo & Lochem.'*
https://www.natuurkennis.nl/Uploaded_files/Publicaties/advies-berkel-borculo-lochem.270fcf.pdf
- van Doorn, A., & Jalink, M. (2017). *BTO rapport: Functiecombinatie waterwinning en natuur: verkenning in drie landschapstypen.*
www.kwrwater.nl
- Van Huijgevoort, M., Brakkee, E., De Wit, J., Van Deijl, D., & Bartholomeus, R. (2022). Uniform inzicht in droogte met behulp van indices. *Stromingen: Vakblad Voor Hydrologen*, 41–51.
<https://droogteportaal.nl/>
- van Leussen, W., & Lulofs, K. (2009). Chapter: Governance of Water Resources. In *Water Policy in the Netherlands: Integrated Management in a Densely Populated Delta* (pp. 1–258). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781936331413>
- van Renswoude, R. (2020). *Comparison in model performance of the hydrodynamic models SOBEK and TYGRON_Thesis_RvR_Final.pdf - All Documents* [Master Thesis]. University of Twente.
- Van Velzen, E., Beyer, D., Berger, H., Geerse, C., & Schelfhout, H. (2007). Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het rivierengebied. In *TR28. Rijkswaterstaat – Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA).*
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A75fb4010-f8aa-4b5b-97fd-58ca514859b2>
- Verdonschot, P. F. M. (2009). The significance of climate change in streams utilised by humans. *Fundamental and Applied Limnology*, 174(1), 101–116. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2009/0174-0101>
- Vinke-de Kruif, J., & de Weerd, H. (2019). *Handreiking Stroomgebiedsbenadering Hoogwaterbeschermingsprogramma:*

- Ervaringen en inzichten vanuit de Project Overstijgende Verkenning Vecht.*
- Vreugdenhil, H., Hakvoort, H., & Verhoeven, R. (2010). *Evaluatie regionale wateroverlast augustus 2010 Auteurs: Durk Klopstra.*
- Waterschap Vechtstromen. (2017). *Achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht, Van visie naar Ontwerp.*
- Waterschap Vechtstromen. (2020). *Historie van de Vecht - Vechtstromen.*
<https://www.vechtstromen.nl/beleven/vecht/historie-vecht/>
- Waterschap Vechtstromen. (2021a). *Crisisplan 2022–2025.*
- Waterschap Vechtstromen. (2021b). *Waterbeheerprogramma 2022 - 2027*
 -. <https://www.vechtstromen.nl/bestuur/waterbeheerprogramma-2022-2027/>
- Waterschap Vechtstromen. (2023). *Vecht, Regge en Dinkel buiten oevers, enige overlast niet te voorkomen - Vechtstromen.*
<https://www.vechtstromen.nl/@44748/vecht-regge-dinkel-buiten-oevers-enige/>
- Waterschap Vechtstromen. (2024). *Integraal Beleidskader Grondwater.*
- Waterschap Vechtstromen, & WDOD. (2022). *Koersdocument Vecht | Waterschap Drents Overijsselse Delta.*
<https://www.wdodelta.nl/koersdocument-vecht>
- WAZ. (2024). *WAZ Niedergrafschaft.* <https://www.waz-sw-neuenhaus.de/waz-niedergrafschaft>
- WDOD. (n.d.-a). *Onderzoek watersysteemmaatregelen | Veilige Vecht.*
 Retrieved March 23, 2024, from
<https://veiligevecht.wdodelta.nl/over+het+project/onderzoek+watersysteemmaatregelen/default.aspx>
- WDOD. (n.d.-b). *Waarom versterken we de Vechtdijken? | Veilige Vecht.*
 Retrieved March 23, 2024, from
<https://veiligevecht.wdodelta.nl/bibliotheek/waarom+versterken+we+de+vechtdijken/default.aspx>
- WDOD. (2021). *Maatregelen voor een Delta met toekomst (waterbeheerprogramma 2022-2027, deel 1. Programma).*
https://www.wdodelta.nl/_flysystem/media/wbp-deel-1.-waterbeheerprogramma.pdf
- WDOD. (2023). *Voorstel voor dijkversterking tussen Dalfsen en Zwolle bekend | Veilige Vecht.*
<https://veiligevecht.wdodelta.nl/nieuws/2581199.aspx>
- WDR. (2016). *Fotochronik: Hochwasser an Vechte, Weser, Werre, Dinkel und Ems - Extras - Wetter - WDR.*
<https://www1.wdr.de/wetter/wettervorhersage/extras/fotostrecke-hochwasser-vechte-weser-werre-dinkel-ems-100.html>
- Werkgroep zon. (2020). *Regionaal Strategiedocument Hoge Zandgronden Oost.*

- <https://www.deltaprogramma.nl/binaries/deltacommissaris/documenten/publicaties/2021/07/01/strategiedocument-zoetwater---hoge-zandgronden-oost-nederland-2022-2027/Hoge+Zandgronden+Oost-Nederland+-+Regionaal+strategiedocument+Oost+2022-2027.pdf>
- Westfaelische Nachrichten. (2022). *Vechte-Niedrigwasser und seine Folgen*. <https://www.wn.de/muensterland/kreissteinfurt/metelen/der-fluss-ist-nur-noch-ein-dunnes-rinnsal-2614142?pid=true>
- Witte, J. P. M. (2022). *Gevolgen van de droogte van 2018 voor de vegetatie van natuurgebieden op de Hogere Zandgronden van Nederland, afgeleid van het Landelijk Meetnet Flora*.
- Witte, J. P. M., Louw, P. G. B. de, Ek, R. van, Bartholomeus, R. P., Eertwegh, G. A. P. H. van den, Gilissen, H. K., Beugelink, G. P., Ruijtenberg, R., & Kooij, W. van der. (2020). Aanpak droogte vraagt transitie waterbeheer. *Water Governance*, 3, 120–131. <https://research.wur.nl/en/publications/aanpak-droogte-vraagt-transitie-waterbeheer>
- Witteveen en Bos. (2016). *Slim Watermanagement Regio Oost NL*.
- WMCN. (2023). *Landelijk draaiboek hoogwater en overstromingsdreiging*.
- Wolfert, H. P., & Maas, G. J. (2007). Downstream changes of meandering styles in the lower reaches of the River Vecht, the Netherlands. *Geologie En Mijnbouw*, 86(3), 257–271. <https://research.wur.nl/en/publications/downstream-changes-of-meandering-styles-in-the-lower-reaches-of-t>
- WRIJ. (n.d.). *Klimaatverandering in Oost-Nederland*. Retrieved March 13, 2024, from <https://storymaps.arcgis.com/stories/a6f46c7974e34edf98de9f452d391b6b>
- WVP. (n.d.). *Waterveiligheidsportaal*. Retrieved March 27, 2024, from <https://waterveiligheidsportaal.nl/#!/nss/nss/norm>
- ZON. (n.d.). *Zoetwater voorziening Oost-Nederland*. Retrieved March 24, 2024, from <https://zoetwatervoorzieningoostnederland.nl/>

Bijlagen

Bijlage A: Overzicht van uitgevoerde interviews

Tabel 13 Overzicht van interviews in Nederland

Belanghebbende	Beschrijving	Datum	Intervie	Type
Rijkswaterstaat	Nationale autoriteit voor infrastructuur en waterwerken	15.01.2024 08.02.2024	Deltares	online
Provincie Overijssel	Regionale overheidsinst	05.12.2023	Deltares	online
Provincie Gelderland	Regionale overheidsinst	26.09.2023	Deltares	@locatie
Waterschap Vechtstromen	Lokale waterautoriteit	23.01.2023	Deltares	@locatie
Waterschap Drents Overijsselse Delta	Lokale waterautoriteit	06.11.2023	Deltares	online
Waterschap Rijn en IJssel	Lokale waterautoriteit	16.11.2023	Deltares	@locatie
Veiligheidsregio Twente	Crisisbeheer	12.12.2023	Deltares	online
Veiligheidsregio IJsselland	Crisisbeheer	15.01.2024	Deltares	online
Vitens	Drinkwaterbedrijf	13.12.2023	Deltares	online

Natuurmonumenten	Organisatie van de natuur	07.12.2023	Deltares	online
GPRW	Coördinatiebureau	23.01.2023	Deltares	online

Tabel 14 Overzicht interviews in Nedersaksen

Belanghebberden	Beschrijving	Datum	Interview	Type
Ministerie van Milieu, Energie en Klimaatbescherming	Hoogste autoriteit voor oppervlaktewater	21.11.2023	UO's, Deltares	online
NLWKN	Staatsautoriteit	21.11.2023	UO's, Deltares	online
LBEG	Staatsautoriteit voor mijnbouw, energie en geologie, inclusief grondwater	30.11.2023	UO's, Deltares	online
Graafschap Bentheim	Autoriteit Benedenwater	22.10.2023	UO's	online
Vechtverband	Vereniging voor onderhoud en landschapsbehoud	14.11.2023	UO's	online
Water- en afvalwatervereniging	Drinkwaterbedrijf	14.12.2023	UO's	online
Gemeenschappelijke gemeente Neuenhaus	Gemeente (Crisisbeheersing)	12.12.2023	UO's	online
Gemeenschappelijke gemeente Emlichheim	Gemeente (Crisisbeheersing)	04.01.2024	UO's	online

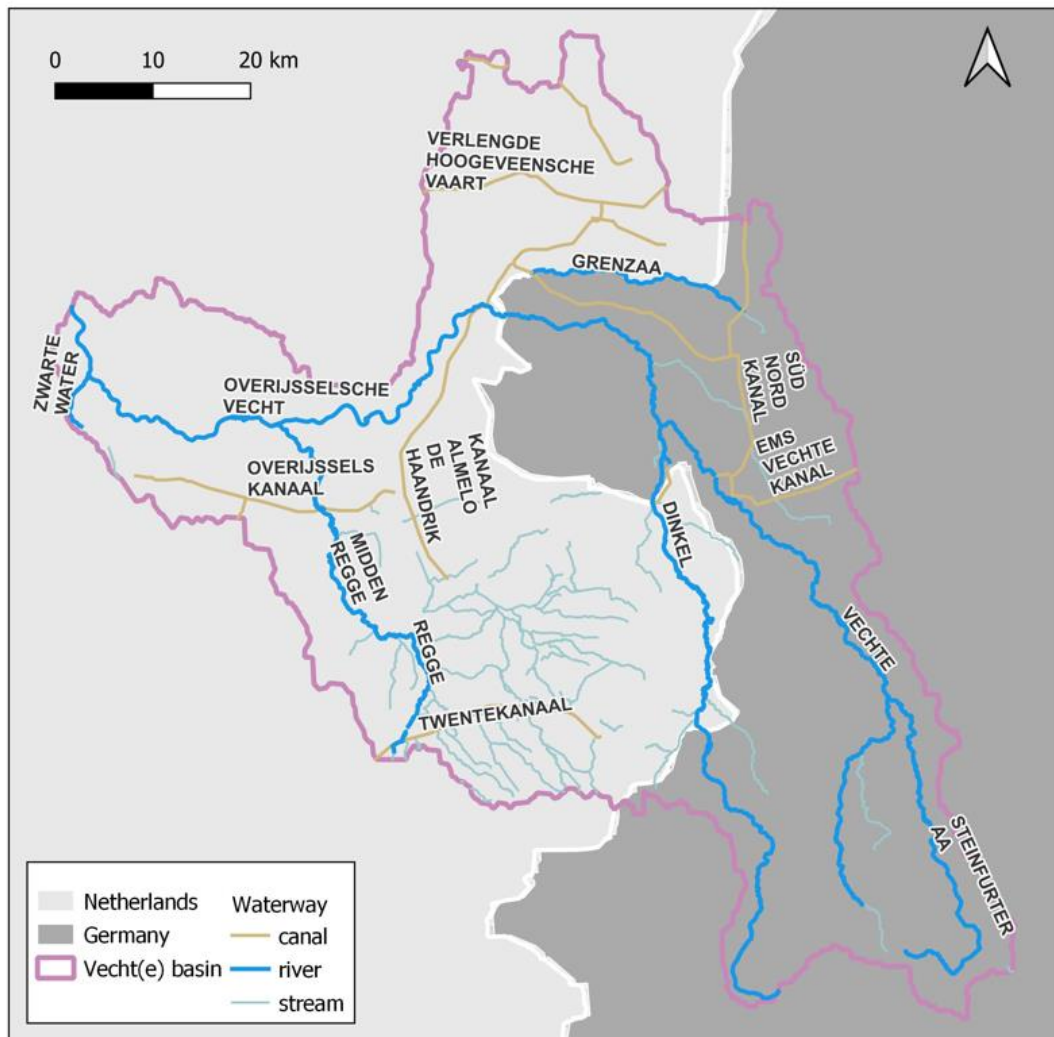
Bureau voor regionale ontwikkeling	Regionale staatsontwikkeling inclusief herverzadiging van veengebieden	18.12.2023	UO's	online
Wasserverbandstag e.V.	Overkoepelende organisatie van waterverenigingen	17.11.2023	UO's	online

Tabel 15 Overzicht interviews in NRW

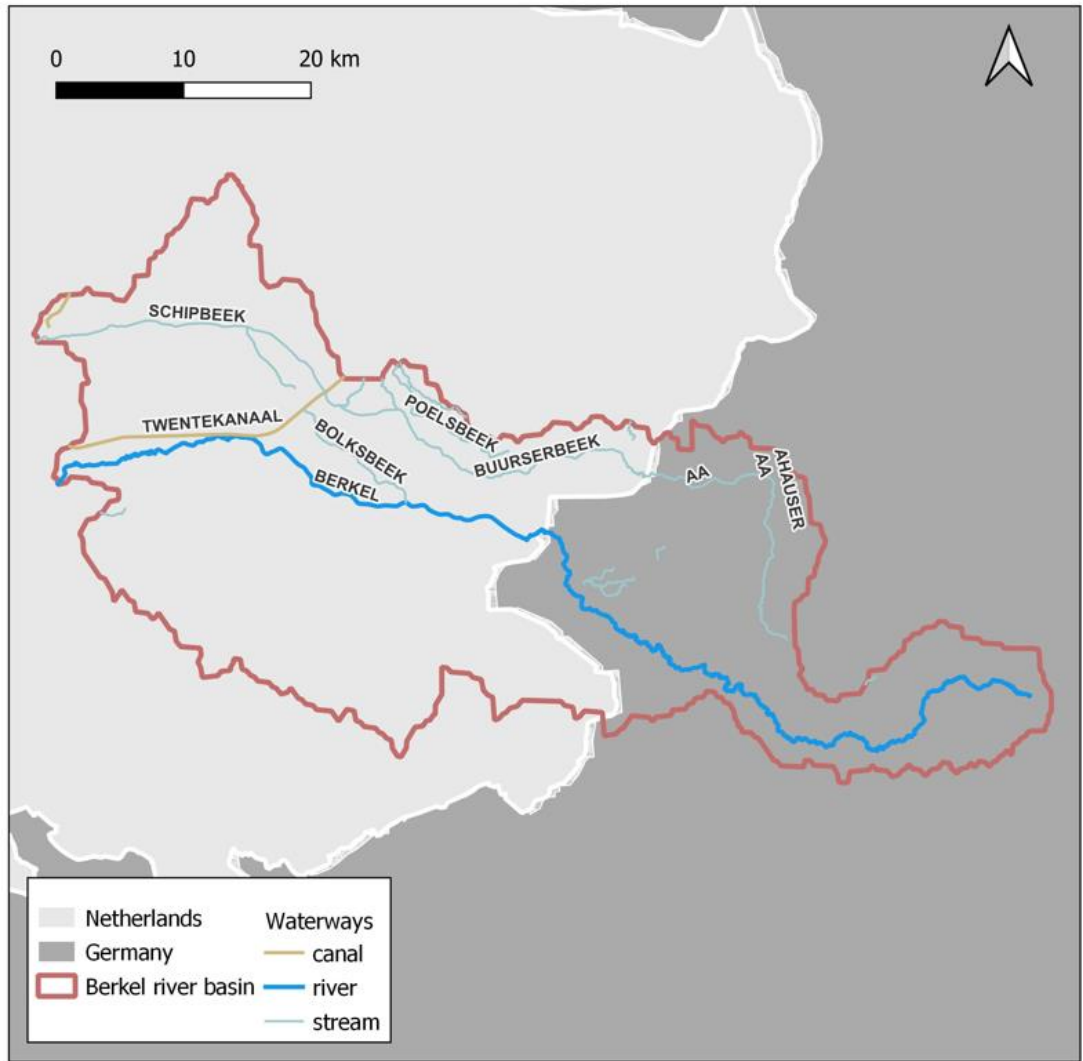
Belanghebbende	Beschrijving	Datum	Intervieuw	Type
MULNV	Hoogste Waterschap		RWTH Aken, Deltares	
LANUV	Staatsautoriteit	05.04.2023	RWTH Aken, Deltares	online
Deelstaatregering van Münster	Hoogheemraadschap			
Deelstaatregering Düsseldorf	Hoogheemraadschap	19.03.2023	RWTH Aken	online
Wijk Borken	Autoriteit Benedenwater	14.12.2023	RWTH Aken	online
Wijk Steinfurt	Autoriteit Benedenwater	22.01.2024	RWTH Aken	online
Water- en bodemvereniging 'Unteres Dinkelgebied		04.12.2023	RWTH Aken, UO's	online

Bijlage B: Beschrijving van het stroomgebied

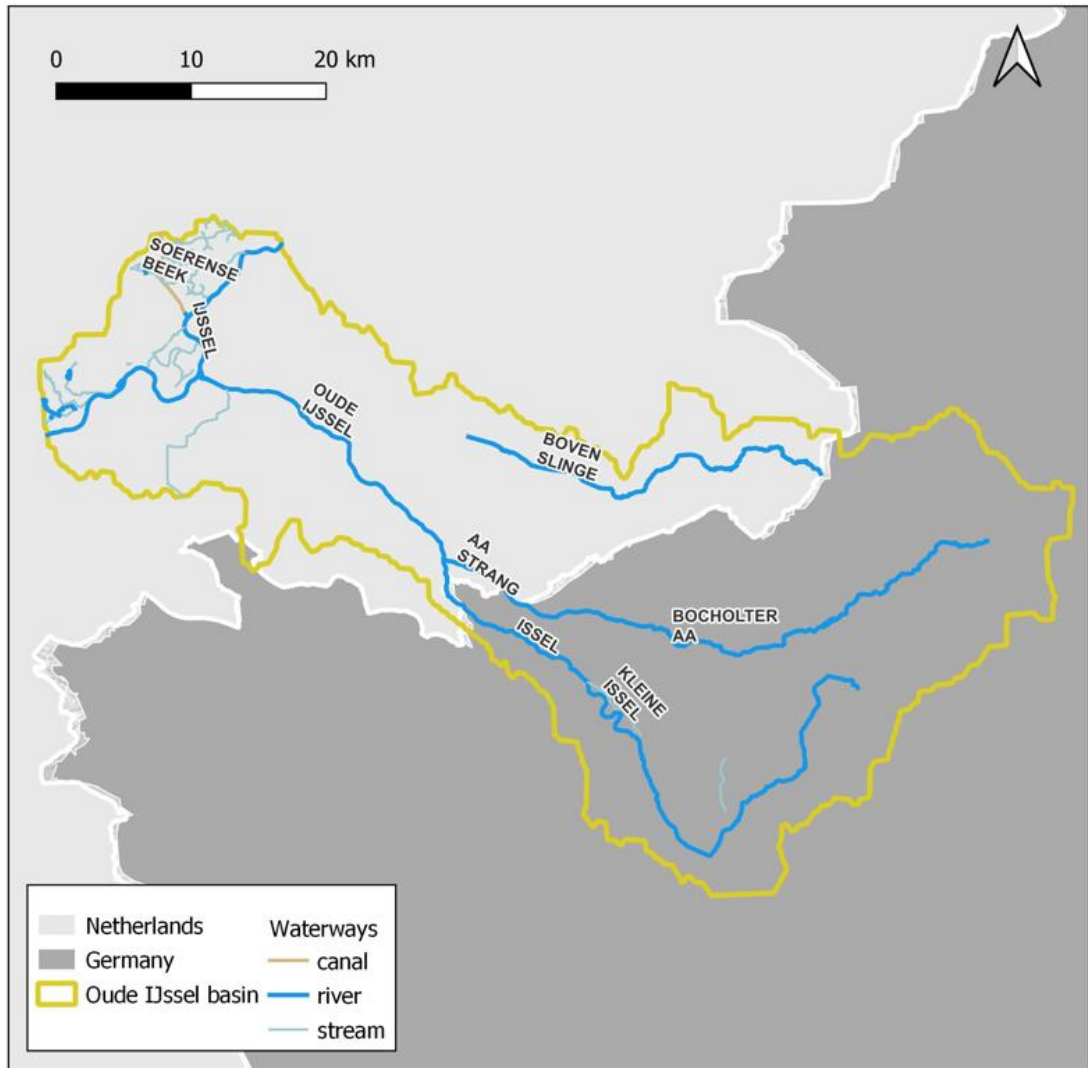
Geografie:



Afbeelding 37 Stroomgebied van de Vecht



Afbeelding 38 Berkel Stroomgebied



Afbeelding 39 Stroomgebied Oude IJssel

Morfologie:

Tabel 16 Projecten langs de Nederlandse Vechte die sinds 1998 zijn uitgevoerd in het gebied dat wordt beheerd door waterschap Vechtstromen (aangepast uit van Haastregt, 2023).

Afgewerkt	Project (vertaald)	Beschrijving van het project
1999/2000	Bouw Noord- & Zuid-Meene	Retentiegebied voor noodgevallen
2004	Uilenkamp	Graven zijkanaal
2008	Molnmarsch	Graven stuw langs zijkanaal naast stuw Mariënberg
2008	Pauze	Verbrede ondiepe meanderende rivier, 2 bulten
2009	Loozen lijn	Graven zijkanaal

2010/2017	Vechte parken Hardenberg	Maaiveld verlagen, destineren, kanosloot, aanleg vistrap
2012	Zijkanaal Junne fase 1	Stuw graven langs zijkanaal naast stuw Junne
2012	Barrière Vechte	Barrières bij Ommen Zuid, Stekkenkamp en het Laar naar hoger niveau gebracht
2013	Sluis Hardenberg	Bouw sluis rond stuw
2014/2016	Grensmeander	Nevengeul, ontwatering, ondiepte, dijkvervanging
2016	Vechte bank Noord	Verbreding noordelijke oevers (stadszijde) en verbreding onder de brug Ommen
2017	Barrière Vechte	Regionale barrière naar hoger niveau gebracht
2018	Vechte bank Zuid	Bij camping Koeksebelt is een nevengeul gerealiseerd
2019	Sluis Junne	Bouw sluis rond stuw
2019	Sluis Mariënberg	Bouw sluis rond stuw
2022	Baalder uiterwaarden	Sleuf graven, zandbank verwijderen
2022	Verlengend zijkanaal Junne	Zijkanaal- is verlengd aan de stroomopwaartse kant
2022	Karshoek-Stegeren	Langgerekte nevengeul, meander, natuurvriendelijke oevers, destinatie
2022	Rhezermatten	Meanders, natuurvriendelijke oevers, ontwerpmaten Vechte, destinatie
2023 (op dat moment in uitvoering)	Gramsbergen	Graven nevengeul De Haandrik, verwijderen zandbestendige oever, natuurvriendelijke oevers, destineren
Onbekend	De Haandrik - Vechte	Verbreding dwarsdoorsnede kruising met kanaal Almelo de Haandrik tot inlaat Zuid-Meene

Tabel 17 Projecten langs de Nederlandse Vechte uitgevoerd sinds 1998 in het gebied dat wordt beheerd door WDOD (aangepast uit van Haastregt, 2023).

Afgewerkt	Project (vertaald)	Beschrijving van het project
2000	Waterplan Dalfsen (Emmertochtsloot)	Aanleg van poelen in uiterwaarden waaruit water kan worden onttrokken in droge perioden
2002	Bouw bezinkbassin Vilsteren	Bouw bezinkbassin aan de zuidkant van de Vechte
2006	Vernietiging rivieroever Vechterweerd	Vernietiging zuidelijke rivieroever van zomerbed
2007	Bouw uiterwaard Berkum	Bouwput in uiterwaard en kleine ontwerpmaatregelen
2010	Aanleg natuurlijke buffer Agnietenberg	-
2010	Aanleg nevengeul Den Doorn	Aanleg ondiepe nevengeul bij Huis Den Doorn
2012	Varse vernietigen	Vernietiging zijkanaal Varse (noordzijde)
2012	Rivieroever vernielen Vechte	Vernietiging (volledig en gedeeltelijk) van een deel van de rivieroever op dit traject
2014	Natuurvriendelijke oever Vilsteren-Dalfsen	Vernietiging van rivieroever, doorbreken van zomerovers, aanleg van bulten in zomerbedding
2014	Bouw Vechte park Dalfsen	Aanleg Vechte park met ophoging/verdieping in uiterwaarden Vechte
2014	Bouw waterkant Dalfsen	Dijkversterking stedelijk gebied Dalfsen (noordzijde Vechte)
2014	Bouw Vechtecorridor	-
2015	Aanleg nevengeul Vilsteren	Bouw blauwe zijkanaal met inlaat
2015	Dijkversterking Hessum	Een heel klein deel van de barrière werd verhoogd (tot T1250)
2015	Aanleg groene sloot Vechterweerd	Aanleg groene sloot in zuidelijke uiterwaard stuw Vechterweerd
2015	Bouw toegangsbrug stuw Vechterweerd	De toegangsweg met duiker naar het stuwcomplex werd vervangen

		door een brug (stromingsbreedte ±90 m)
2016	Gebiedsontwikkeling Varse	Graven noordelijke uiterwaarden van de Vechte

Overstromingen:

De volgende tabel geeft een overzicht van de waterpieken op specifieke peilmeetpunten. De waarden liggen tussen 1964 en 2017 en omvatten verschillende meetpunten op de Vechte en Dinkel. Toch zijn de gegevens van de hoogwaterwinter 2023/24 niet meegenomen. De gegevens zijn handmatig toegevoegd via het tijdbereikdiagram (30 dagen) in januari 2024. Voor het Duitse Neuenhaus en Emlichheim laat de overstroming van 2023/24 de hoogste extreme waarde van de rivierwaterstand zien. Zoals de tabel laat zien, waren voor Ohne aan de Vechte en Pegel I aan de Dinkel andere hoogwaterstanden nog hoger.

Tabel 18 Extreme waarden van rivierwaterstanden (Vechte en Dinkel) op verschillende peilmeetpunten (1964-2017). Bron: [Pegelonline, NLWKN](#)

*2023 winter/kerstvloed handmatig toegevoegd

Rivier	Niveau meetpunt	Extreme waarden (1964 - 2017*)	
Vecht	Zonder, Duitsland	12.12.1965	328 cm / NN + 36,94 m
		15.01.1968	336 cm / NN + 37,02 m
		27.08.2010	355 cm / NN + 37,21 m
		27.12.2023	302 cm / NN + 36,68 m
	Neuenhaus, Duitsland	01.01.1987	512 cm / NN + 16,12 m
		29.10.1998	510 cm / NN + 16,1 m
		30.08.2010	512 cm / NN + 16,12 m
		27.12.2023	515 cm / NN + 16,15 m
	Emlichheim, Duitsland	14.03.1981	485 cm / NN + 12,85 m
		02.01.1987	498 cm / NN + 12,98 m
		31.10.1998	508 cm / NN + 13,08 m
		27.12.2023	514 cm / NN + 13,14 m
Spelt	Plaats I, Duitsland	09.02.1966	334 cm / NN + 18,34 m
		01.01.1968	339 cm / NN + 18,39 m
		23.02.1970	333 cm / NN + 18,33 m
		26.12.2023	316 cm / NN + 18,16 m

Bijlage C: Gegevens en modellen

Tabel 19 Beschikbare gegevens voor het studiegebied voor Nederland (NL) en Duitsland (G)

Oppervlaktewater - Waterstanden en afvoer	
NL	<p>Waterniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemeten met: Weirs <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: divers - Beschikbaarheid: meestal eigen gegevens van regionale waterschappen/provincies, (gedeeltelijk) openbaar beschikbaar - Eenheid: mm boven NAP <p>Afvoer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemeten met: Meetstations*, Meestal met behulp van doorsnede gecombineerd met stroomsnelheid <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Meestal per uur gemeten op specifieke locaties - Beschikbaarheid: meestal eigen gegevens van waterschappen/provincies, (deels) openbaar beschikbaar - https://waterinfo.rws.nl/#/publiek/waterhoogte - ³Eenheid: m /s - Gebaseerd op: Waterstanden (gebaseerd op Q-h relaties) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: divers - Beschikbaarheid: meestal eigen gegevens van waterschappen/provincies, (deels) openbaar beschikbaar - ³Eenheid: m /s
G	<p>Waterpeil en afvoer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meetstation van de NLWKN Meppen (4 meetstations in het stroomgebied van de Vechte) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: 15 min, - Beschikbaarheid: 15 min-waarden van de afgelopen 30 dagen kunnen worden bekeken op https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de, - Eenheid: m & cm/NN - Landmeter van de LANUV NRW (2 landmeters in het stroomgebied van de Vechte) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Continue metingen - Beschikbaarheid: De waarden van het afgelopen jaar kunnen worden bekeken op https://hochwasserportal.nrw. - Eenheid: cm <p>Aanvullende informatie:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Naast de meetinstrumenten en gegevens van de deelstaat Noordrijn-Westfalen zijn ook regionale meetnetten bedoeld om de bevolking te informeren. Een deel van de informatie wordt ook doorgegeven aan NL. (Interview met district Borken) - Het district Borken heeft een hoogwaterservice met een oproepdienst die onafhankelijk van de deelstaat NRW optreedt om stijgend water in een vroeg stadium te melden (interne overeenkomst) (Interview district Borken)
Grondwater - Grondwaterniveau	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Putten (geef puntmetingen) Kan worden omgezet in ruimtelijke gegevens met behulp van kunstmatige neurale netwerken (Beltman, 2020) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Afhankelijk van het station. - Beschikbaarheid: Vrij beschikbaar via de website van het Dinoloket (verantwoordelijk instituut is TNO - alle ondergrondgegevens van Nederland zijn gedocumenteerd in de Basisregistratie Ondergrond (BRO)). Of verzameld voor regionale waterschappen door externe bedrijven zoals Wareco. - https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/ - Eenheid: mm ten opzichte van MSL (gemiddeld zeeniveau)
G	<ul style="list-style-type: none"> - NLWKN meetstations Meppen (4+3 in het stroomgebied van de Vecht met gegevens online beschikbaar, andere meters bestaan) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: dagelijks gemeten - Beschikbaarheid: Waarden kunnen worden bekeken op https://www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de/Messwerte, - Eenheid: m boven zeeniveau en m onder maaiveld - Putten (puntmetingen) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: maandelijks - Beschikbaarheid: vrij beschikbaar op https://www.elwasweb.nrw.de - Eenheid: m boven NHN (standaard hoogte nul)
Meteorologie - Neerslag	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - (Lokale) KNMI weerstations: 3 in het Nederlandse deel: Twente, Heino en Hupsel (aan de rand), respectievelijk sinds 1951, 1991 en 1981. <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Uurlijk, twee keer per dag verwerkt - Ruimtelijke resolutie: Punt - Beschikbaarheid: Verzameld door KNMI, Publiek beschikbaar - https://www.knmi.nl/producten-en-diensten/

	<ul style="list-style-type: none"> - Eenheid: mm - Grondradargegevens (gerasterd), gecorrigeerd met regenmeters [KNMI, 2023a,b] <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: 5 min, elk uur - Beschikbaarheid: Verzameld door het KNMI, de dataset kan worden gedownload via de Open Data API. - Eenheid: mm - De GPM-satellietconstellatie (Global Precipitation Measurement) [West et al. (2019)]. <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Elke 1-2u, operationeel sinds 2014 - Ruimtelijke resolutie: 0,1° - 0,25° - Beschikbaarheid: Publiekelijk beschikbaar - Eenheid: mm - E-OBS gerasterd ensemble <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: dagelijkse som, sinds 1950. - Ruimtelijke resolutie = 0,1° - 0,25° - Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar [Cornes et al. (2018)]. - Eenheid: mm - ERA5-heranalyse van de Copernicus Climate Change Service (C3S) bij ECMWF (Europees Centrum voor Weersvoorspellingen op Middellange Termijn). <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Uurlijks, sinds 1950. - Ruimtelijke resolutie: 0,25° - 0,5°. - Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar [Vicente-Serrano et al. (2023)]. - Eenheid: mm
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD-gegevens <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: 10-minuten; uurlijks; dagelijkse en maandelijkse gegevens - Beschikbaarheid: openbaar beschikbaar op https://www.dwd.de - Eenheid: mm - Aanvullende informatie over luchtdruk, temperatuur, bewolking, dampspanning, relatieve vochtigheid, bodemgesteldheid, wind en zicht beschikbaar
Geografie/ Geomorfologie/ Landgebruik	
Vochtgehalte bodem	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - In situ stations (Twentse netwerk), beheerd door UT-ITC (bodemvocht wortelzone) [Van der Velde et al. (2023)]. <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: Elke 15 min - Ruimtelijke resolutie: Punt

	<ul style="list-style-type: none"> - Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar via dans-easy of International Soil Moisture Network, ISMN (2009-2022). Tweemaal per jaar worden nieuwe gegevens gedownload. Contact: Paul Vermunt (UT-ITC). - https://ismn.earth/en/dataviewer/ - Eenheid: m³/m³ <ul style="list-style-type: none"> - Satellieten (alleen toplaag wordt gemeten) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: afhankelijk van satelliet (zie tabel 4 hieronder) - Ruimtelijke resolutie: afhankelijk van satelliet (zie tabel 4 hieronder) - Beschikbaarheid: Meestal openbaar beschikbaar (of bedrijven zoals bijvoorbeeld Planet) - Eenheid: m³/m³ (Luijkx, 2020) <p>Aanvullende informatie: Daarnaast zijn er algoritmen [bijv. Bauer-Marschallinger et al. (2018)] op basis waarvan bodemvocht kan worden berekend met de radarsatelliet van keuze. In 2024 worden NISAR [Kellogg et al. (2020)] en BIOMASS [Qeegan et al. (2019)] synthetic aperture radars (SAR) gelanceerd, die een groot potentieel hebben voor bodemvochtschatting met ruimtelijke resoluties van <200m.</p>
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD-gegevens (Berekend met het AMBAV-model van de ZAMF in Brunswijk) <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: dagelijks - Ruimtelijke resolutie: puntgegevens, die vervolgens worden geïnterpoleerd - Beschikbaarheid: openbaar beschikbaar op https://www.dwd.de - Eenheid: %nFK (veldcapaciteit) - Bodemvocht <ul style="list-style-type: none"> - Weinig meetstations in Duitsland (en Nederland) - https://ismn.earth/en/dataviewer/ - Metingen door GD NRW, LANUV NRW en Landbouwkamer NRW <ul style="list-style-type: none"> - Temporele resolutie: dagelijks - Ruimtelijke resolutie: puntgegevens - Beschikbaarheid: openbaar beschikbaar op https://www.gd.nrw.de - Eenheid: pF (potentie van vrije energie van het water) - Aanvullende informatie over temperatuur, neerslag en potentiële evapotranspiratie beschikbaar
Kaarten van landgebruik (inclusief de ligging van rivieren)	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Landgebruikkaarten <ul style="list-style-type: none"> - Details: Kaarten uit 2010 en 2015. Formaten = .shp, WMS, WFS. Verantwoordelijk instituut = CBS. - Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar via pdok-website (PDOK, 2023a).

	<ul style="list-style-type: none"> - Basisregistratie gewaspercelen <ul style="list-style-type: none"> - Details: Jaarlijks bijgewerkte gewastypekaart. Formaten = .gdb, WMS, WFS, WMTS. - Beschikbaarheid: Publiek beschikbaar via de website van de overheid (MEACP, 2023). Voor de jaren 2009 - 2020 zijn downloads beschikbaar op het tabblad 'Databronnen' en onder 'INSPIRE Atom' en vanaf 2016 zijn ook view services beschikbaar.
G	<ul style="list-style-type: none"> - Kadaster <ul style="list-style-type: none"> o Details: Elk kwartaal bijgewerkt. Formaten = NAS, GML. Verantwoordelijk instituut = Geobasis NRW. o Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar op https://www.geoportal.nrw
Bodemkaarten	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Bodemtextuur, bodemfysische parameterisaties <ul style="list-style-type: none"> o Bijzonderheden: Verantwoordelijk instituut: Wageningen Environmental Research. Beschikbare formaten = .shp, .gdp. o Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar (BOFEK, 2020; Heinen et al., 2021).
G	<ul style="list-style-type: none"> - Bodemtype, fysische parameterisatie <ul style="list-style-type: none"> o Details: Laatste update 08.2023. Verantwoordelijke instelling: Geologische Dienst NRW. Beschikbare formaten = .shp, geodatabase o Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar op https://geoportal.nrw
Verhoging, Bedniveau	
NL	<p>Verhoging</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actueel Hoogtebestand Nederland. <ul style="list-style-type: none"> o Details: Verantwoordelijke instellingen: RWA's, provincies, Rijkswaterstaat. Beschikbare formaten = GeoTIFF, WMS, WFS, WMTS, WCS. o Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar via pdok-website (PDOK, 2023b). <p>Bed Niveau Verzameld bij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Veldmetingen (er kunnen verschillende instrumenten worden gebruikt) <ul style="list-style-type: none"> o temporele resolutie: meestal gemeten voor onderzoek, dus geen constante metingen o Beschikbaarheid: onduidelijk o Eenheid: onduidelijk - Satellietmetingen (voor uiterwaarden) In Nederland gecombineerd in Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: gebaseerd op de passagesnelheid van de satelliet, meestal één keer per dag ○ Beschikbaarheid: Publiekelijk beschikbaar ○ Eenheid: m
G	<p>Verhoging</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Details: Verantwoordelijk instituut: Geobasis NRW. Beschikbare formaten: WMS, PNG, JPEG, TIFF. ○ Beschikbaarheid: openbaar beschikbaar op https://geoportal.nrw
Potentiële evapotranspiratie	
NL	<p>Gebaseerd op gegevens (temperatuur, wind en zon) van:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lokale KNMI weerstations: 3 in het Nederlandse deel: Twenthe, Heino en Hupsel <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: Uurlijk, twee keer per dag verwerkt ○ Ruimtelijke resolutie: Punt ○ Beschikbaarheid: Verzameld door KNMI, Publiek beschikbaar ○ Eenheid: mm - E-OBS gegrilde ensembles van temperatuur, druk, windsnelheid en straling, waaruit potentiële ET kan worden berekend. <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: Dagelijks gemiddelde, sinds 1950. ○ Ruimtelijke resolutie = 0,1° - 0,25° ○ Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar [Cornes et al. (2018)]. ○ Eenheid: mm - De ERA5-heranalyse van de Copernicus Climate Change Service (C3S) bij ECMWF (Europees Centrum voor Weersvoorspellingen op Middellange Termijn) bevat potentiële ET op basis van de energiebalans aan het oppervlak. <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: Uurlijks, sinds 1950. ○ Ruimtelijke resolutie: 0,25° - 0,5°. ○ Beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar [Vicente-Serrano et al. (2023)]. ○ Eenheid: mm - Satellietgegevensgestuurde algoritmen zoals GLEAM [Miralles et al. (2011)], SEBAL [Bastiaanssen et al. (1998)] en METRIC [Allen et al. (2007)]. <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: GLEAM: dagelijks, sinds 1980; SEBAL & METRIC: 5-10 dagen ○ Ruimtelijke resolutie: GLEAM: 0,25°; SEBAL & METRIC: hoog, bijv. 20m. ○ Beschikbaarheid: Satellietgegevens en algoritmen openbaar beschikbaar.
G	- DWD-gegevens

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: dagelijks ○ beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar op https://www.dwd.de ○ Eenheid: mm <p>- Mesoanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: elk uur, sinds 2019 ○ beschikbaarheid: Openbaar beschikbaar op https://www.kachelmannwetter.de ○ Eenheid: mm
Vegetatie droogte indices	
NL	<p>Gebaseerd op metingen van:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Passieve multispectrale sensoren (bijv. Landsat, Sentinel-2/-3) <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: 5-10 dagen ○ Ruimtelijke resolutie: 20 m ○ Beschikbaarheid: Satellietgegevens openbaar beschikbaar. ○ Eenheid: eenheidloos (index) ○ Voorbeelden van indices gebaseerd op passieve multispectrale sensoren zijn: NDVI, NDWI, VHI, WUE - Microgolfsensoren (bijv. Sentinel-1 of AMSR-E). <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: 2-6 dagen ○ Ruimtelijke resolutie: 14-62 km (AMSR2), of 100 m (Sentinel-1) ○ Beschikbaarheid: Satellietgegevens openbaar beschikbaar. AMSR2-klaar VOD-product. Sentinel-1 product moet worden gemaakt (niet eenvoudig). ○ Eenheid: eenheidloos (index) ○ Voorbeeld van microgolfindex is: VOD (AMSR2 (gereed VOD-product), of Sentinel-1)
G	<ul style="list-style-type: none"> - DWD droogte-index: <ul style="list-style-type: none"> ○ Temporele resolutie: maandelijks ○ Ruimtelijke resolutie: Europa ○ Beschikbaarheid: openbaar beschikbaar op https://www.dwd.de ○ Eenheid: DWD-SPI (gestandaardiseerde neerslagindex) - Passieve multispectrale sensor Sentinel-3: <ul style="list-style-type: none"> ○ kan worden gebruikt om de NDVI te berekenen ○ Temporele resolutie: sinds juli 2020 ○ Ruimtelijke resolutie: wereldwijd, 300 m ○ Beschikbaarheid: satellietgegevens beschikbaar via de Copernicus Global Land service ○ Eenheid: eenheidloos
Beheer	
NL	<ul style="list-style-type: none"> - Richtlijn Overstromingsrisico's <ul style="list-style-type: none"> ○ Beschikbaarheid: Publiekelijk beschikbaar

G	<ul style="list-style-type: none">- Uiterwaarden NRW<ul style="list-style-type: none">○ gebaseerd op: statistische bepaling van een 100-jaars overstroming○ updates: doorlopend, meest recente publicatie in mei○ beschikbaarheid: Deelstaatoverheid NRW, open gegevens in de vorm van shapefiles - Risico- en gevarenkaarten NRW & Zware neerslagkaarten<ul style="list-style-type: none">○ beschikbaarheid: Toegankelijk via https://www.flussgebiete.nrw.de
---	---

Ontbrekende, niet-beschikbare of niet-overeenkomende gegevens

In tabel 20 staan de gegevens die ontbreken, niet beschikbaar zijn of niet overeenkomen op basis van de interviews en bovenstaande tabellen.

Tabel 20 Niet-beschikbare, ontbrekende of niet overeenkomende gegevens voor het stroomgebied van de Vecht

Oppervlaktewater - Waterstanden en afvoer	
NL	Deels onbeschikbaar: <ul style="list-style-type: none">- Informatie van de districten is niet openbaar (Interview Waterschap Rijn en IJssel, 2023)
Meteorologie - Neerslag	
NL	Niet beschikbaar en ontbreekt: <ul style="list-style-type: none">- Real-time gegevens zijn nauwelijks beschikbaar en de kwaliteit is niet altijd gegarandeerd (Interview Waterschap Rijn en IJssel, 2023) <p>Extra informatie: Door het plaatsen van persoonlijke weerstations in het grensgebied (in Duitsland) kunnen eenvoudig meer gegevens worden verzameld (Interview Waterschap Rijn en IJssel, 2023)</p>
Geografie/ Geomorfologie/ Landgebruik	
Waterleidingbedrijf	
NL	Ontbreekt: <ul style="list-style-type: none">- Afmetingen/hogten van waterwerken (Interview Waterschap Rijn en IJssel, 2023)
GER	Jaarlijkse digitale registratie van (landbouw)onttrekkingen en een gestandaardiseerd digitaal waterboek moeten met voorrang worden verbeterd (Interview NIKO)
Kaarten	
GER	uitgebreide kartering van afwateringsloten en drainagesystemen is noodzakelijk, aangezien beide een aanzienlijke invloed hebben op de waterhuishouding van het landschap en essentiële informatie vormen voor modellering (Interview NIKO)
Landgebruik	
	Nederlandse en Duitse kaarten komen niet altijd overeen (Interview provincie Gelderland, 2023)
Geologie en hydrogeologische gegevens	
	Nederlandse en Duitse geologische en hydrogeologische gegevens komen niet overeen en er is een vertaaltabel nodig om de gegevens op elkaar af te stemmen.
Beheer	
NL	Komt niet overeen: <ul style="list-style-type: none">- (Interview provincie Gelderland, 2023) <p>Richtlijn Overstromingsrisico's</p>

	- Nederlandse en Duitse kaarten komen niet overeen (Interview provincie Gelderland, 2023)
--	---

Tabel 21 Overzicht van modellen in het studiegebied Stroomgebied (Duitsland en Nederland)

Model	Doel	Geografisch bereik / Stroomgebied	Ontwikkelaar/Eigenaar/initiator	Jaar van bouw	Jaar van laatste update	Aanvullende opmerkingen	Bron/Referentie
3Di	Hydraulisch model (gebruikt om inzicht te krijgen in overstromingen en maatregelen om overstromingen te voorkomen en de gevolgen ervan te beperken)	?	Nelen en Schuurmans	?	?		
AMIGO	Model grondwater	Regionaal (Oost-Gelderland)	In opdracht van: Waterschap Rijn en IJssel, de provincie Gelderland en Vitens	?	?	Modellen zijn deels inclusief Duitsland, maar gegevens zijn beperkt	https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/media/document/file/top6_mgrowa_fzj.pdf
BOWAB	Bodemwaterbalans model voor gebiedsspecifieke bepaling van de bodemwaterbalans. mGROWA is gebaseerd op BOWAB.						
Delft FEWS, Larsim	Voorspelling van overstromingen	14 waterlichamen in Noordrijn-Westfalen: Berkel, Dinkel, Emmer, Ems, Erft, Inde, Issel, Lenne, Lippe, Nethe, Ruhr, Rur, Siegen en Werre	Hydrotec gebaseerd op Deltares	2022			https://www.hydrotec.de/hochwasservorhersage-nrw-mit-delft-fews/?highlight=%22hochwasser-gefahrenkarte%20nrw%22

Delft3D FM	2D dynamische stromingssimulatie of 3D modellering van waterstromen		Deltares		2023		https://www.deltares.nl/en/software-and-data/products/delft3d-flexible-mesh-suite https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/media/document/file/bericht_hwak_hwrk.pdf
Delft-FEWS	Voorspelling van overstromingen en vroegtijdige waarschuwing	Nationaal en internationaal (ook internationale kennisuitwisseling)	Deltares	2002/2003	?		https://www.deltares.nl/software-en-data/producten/delft-fews-zicht-op-verwachtingen
D-Hydro	Overstromingen, stormvloed, orkanen, golven, overstromingen door zware neerslag, sedimenttransport, morfologie, waterkwaliteit en ecologie		Deltares	2015			
Duflow	simulatie van eendimensionale onrustige stroming in open kanaalsystemen. Het programma is ontworpen voor eenvoudige netwerken van kanalen met eenvoudige structuren.			1989		alle functionaliteiten zijn opgenomen in SOBEK	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027312239600193X
FEWS Vechte	Voorspellingsmodel voor overstromingen	Vecht	Vechtstromen	2014			https://qprw.eu/images/pdf/Artikel_Land_Water_FEWS_Vecht_June_2012_komp.pdf
overstromingsgevaarkaart	De overstromingsgevaarkaarten geven informatie over welke gebieden overstroomd worden tijdens overstromingen en welke waterdiepten en stroomsnelheden verwacht kunnen worden.	NRW	Hydrotec en INFRASTRUKTUR & UMWELT in opdracht van MKULNV	2014		geen model, maar gebaseerd op modelaties	https://www.flussgebiete.nrw.de/hochwassergefahrenkarte-und-hochwasserrisikokarten

G3D	Op basis van de modellen voor los gesteente worden grondwatermodellen (G3D) gemaakt. Deze worden voornamelijk gebruikt voor voorspellingen, planning en het berekenen van waterbeheermaatregelen. Op deze manier kunnen de hydrogeologische en hydraulische omstandigheden van de grondwaterlichamen in detail worden onderzocht en geanalyseerd.	België, Denemarken, Duitsland (Nedersaksen, Bremen), Nederland, Verenigd Koninkrijk	Het model is gemaakt als onderdeel van het EU Interreg-project Topsoil en is gebaseerd op de evaluatie van aero-elektromagnetische gegevens.	tussen 2015 en 2022		Toegepast door LBEG[3]	
Glofas	systeem voor vroegtijdige waarschuwing voor overstromingen; gecombineerde informatie van satellieten, modellen en metingen ter plaatse	wereldwijd met een resolutie van 20 km	Copernicus	2018	2023	beperkt gebruik voor het stroomgebied van de Vecht vanwege de lage resolutie	https://www.globalfloods.eu
GROTER	Milieurisicobeoordeling en beheer van chemische stoffen in rivierbekkens	Regionaal	Initiatief van: Stuurgroep milieurisicobeoordeling	1999	2014	In het artikel van Lämmchen et al. (2021) wordt al gekeken naar transboundary implementatie.	https://www.usf.uni-osnabrueck.de/en/forschung/applied_systems_science/graduate_project https://cefic-iri.org/toolbox/great-er/
HBV	Model neerslagafvoer	Stroomgebied (invoerparameters karakteriseren het gebied)	-	-	-		
HydroAs	2D-simulatie van waterlopen en oppervlakteafvoer door neerslag		Hydrotec		2023		https://www.hydrotec.de/software/hydroas/
HydroAs-2D	Berekening van uiterwaarden		Hydrotec			Gesolliciteerd op NLWKN	

Jabron	1D waterstandberekeningen die kunnen worden gekoppeld aan GIS	Vechte en zijn zijrivier de Dinkel in Nedersaksen	Hydrotec in gebruik genomen door NLWKN	2004	2018		https://www.hydrotec.de/vechte-und-dinkel-2013-oekologische-verbesserung-und-hochwasserschutz/
Larsim	hoogwatervoorspelling, modellering waterbalans	is gebruikt door NRW, Beieren, Baden-Württemberg en Rijnland-Palts.	Albert-Ludwigs-Universiteit Freiburg	2000			https://geoportal.bafg.de/dokumente/kliwas/modelle/factsheets/factSheet_LARSIM_de.pdf
mGROWA	Om de aanvulling van grondwater te bepalen, ontwikkelen hydrogeologen complexe waterbalansmodellen, zoals mGROWA, en kalibreren deze met afvoergegevens. Hydrogeologen gebruikten mGROWA om de grondwateraanvulling te berekenen voor de verschillende gebieden in Nedersaksen. Het model is gedeeltelijk gebaseerd op BOWAB. De waterbalansvariabelen reële verdamping, totale afvoer en grondwateraanvulling werden gekwantificeerd voor NRW	Nedersaksen, Noordrijn-Westfalen	FZ Jülich	2003	2023	[1]Toegepast bij LBEG en LANUV[2]	https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/4_s/atoms/files/4_fzj_mgrowa_growanrw2021.pdf

MIPWA	Model grondwater	Regionaal (Overijssel, Drenthe en Groningen)	in opdracht van: Provincies Overijssel, Drenthe en Friesland, waterschap en Hunze en Aa's, Friesland, Noorderzijlvest, Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta, drinkwaterbedrijf Groningen, Vitens	2007	2022	Bonilla (2021) onderzocht de combinatie van het MIPWA-model met het SOBEK-en Walrus-modellen en concludeerde dat het samenvoegen van deze modellen meer inzicht kan geven in de werking van een watersysteem en de responsiviteit op interventies.	https://www.mipwa.nl/
NASIM	Het neerslag-afvloeiingsmodel brengt de hydrologische processen van natuurlijke en stedelijke stroomgebieden in kaart		Hydrotec		2023	kan worden gecombineerd met Delft-FEWS voor hoogwatervoorstellingen	
NASIM (N-A-model)	NASIM wordt gebruikt om overstromingsbeschermingsconcepten op te stellen, om het effect van maatregelen die de afvoer verminderen in te schatten, om de aanvulling van grondwater te bepalen of om de real-time regeling van een overstromingsbeschermingssysteem te ondersteunen.					Gesolliciteerd op NLWKN	

PAN TA RHE I	<p>Operationeel overstromingsvoorspellingsmodel</p> <p>Grondwatermodel voor de irrigatievereniging Itter</p> <p>Beheersmodel van de waterkwantiteit Grondwatermodel gekoppeld aan oppervlaktewateren om hun wisselwerking te begrijpen, inclusief alle onttrekkingshoevelheden</p>	<p>Nedersaksen</p> <p>Grondwaterlichamen Itter (Nedersaksen en Nederland)</p> <p>District Grafschaft Bentheim</p>	<p>Afdeling Hydrologie, Waterbeheer en Waterbescherming van het Leichtweiß-Instituut voor Waterbouw</p> <p>kunde aan de TU Braunschweig, Instituut voor Waterbeheer IfW GmbH, gebruikt bij NLWKN</p> <p>Vechteverband, eigenaar en ontwikkelaar is een Hydroloog in dienst van Vechteverband</p> <p>Hoogheemraadschap van het district Grafschaft Bentheim</p>	~ 2022, in ontwikkeling	?	<p>Het model zal worden gebruikt voor het geplande provinciebrede model van het waterschap Grafschaft Bentheim.</p> <p>Het model is bedoeld als gemeenschappelijke bron voor alle belanghebbenden. Het project omvat ook het beoordelen van de huidige toestand en het maken van plannen voor de toekomst, waarbij verschillende klimaatscenario's voor de jaren 2030 en 2050 worden overwogen.</p>	<p>(hoofdstuk 7, NLWKN 2021; https://www.nlwkn.niedersachsen.de/klimawandelkompakt/klimafolgenmodellierung/im-pactmodellierung-ng-186636.html)</p>
PCR - Glo bW B	grootschalig hydrologisch model voor wereldwijde en regionale studies	wereldwijd met een resolutie van 5 km	Universiteit Utrecht	2011	2018	beperkt gebruik voor het stroomgebied van de Vecht vanwege de lage resolutie	https://globalhydrology.nl/research/models/pcr-globwb-1-0/
SOB EK	Overstromingen voorspellen, Optimalisatie drainagesystemen, Besturing van irrigatiesystemen, Ontwerp van riooloverstorten, Riviermorfologie, Zoutindringing, Oppervlaktewaterkwaliteit, 1D/2D model, Overstromingsvoorspelling, Golfafvoer	Weser (hoogwatervoorspelling, golfafvoer) delen van de Vecht gemodelleerd in 'Rivieren' en 'Ijsselmeeergebied' (zonder bovenstroomse	Deltares			Kleinere sloten kunnen aan het model worden toegevoegd, dit is gedaan in Toegepast bij NLWKN	(Hehenkamp, 2019) https://www.deltares.nl/software-en-data/producten/sobek-suite

		delen van de stroomgebieden, alleen de grote rivieren en kanalen)					
Tygron watermodulatie	beoordeling van lokaal overstromingsgevaar op basis van 2D Saint-Levant vergelijkingen	Vechte en andere stroomgebieden	Tygron	2019			https://www.tygron.com/water-safety/
Walrus, SOB EK, FEWS, Pantara Rhei	Hoogwatervoorspellingsmodel voor het gehele stroomgebied van de Vecht in zowel Duitsland als Nederland	stroomgebied van de vechte en de dinkel	Waterschap Vechtstromen	2020		allemaal onderdeel van het levende vechte dinkel project als samenwerking tussen Duitsland en Nederland	https://devecht.eu/de/living-vechte-dinkel/massnahmen-0/massnahmen-04a/
WALRUS-model	Model neerslagafvoer		Wageningen Universiteit	2014	?		
WAQUA	Model van waterniveaus, stromingen en concentraties van opgeloste stoffen in oppervlaktewater						https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/watermanagement-modellen/waqua/
Model voor waterevaluatie en -planning (WEAP)	Waterbalansmodel voor landbouw en stedelijke systemen (gebruikt om watergebruik te bepalen)	Regionaal, maar kan worden gebruikt voor grensoverschrijdende stroomgebieden (Terink, van Deijl, & van den Eertwegh, 2022)	?	1988	?		

Waterwijzer Landbouw (WWL)	Effect van veranderingen in hydrologische omstandigheden op gewasopbrengst evalueren	Landelijk & regionaal (met behulp van de WWL-tabel) Regionaal (met behulp van WWL-regionaal) Perceel/specifieke locatie (met behulp van WWL-maatwerk)	STOWA (in opdracht van: Ministerie van I&M/Deltaprogramma Zoetwater, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), provincies Gelderland, Noord-Brabant, Limburg en Utrecht, STOWA en de waterschappen Vechtstromen en Aa en Maas en drinkwaterbedrijven Vitens en Brabant Water, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten).	2018	2023 (validatie) Nieuwste versie 2021	Grensoverschrijdend: reeds toegepast in België	https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/ https://waterwijzer.nl/publicaties https://waterwijzer.nl/publicaties https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzerlandbouw https://edepot.wur.nl/554082
Waterwijzer Natuur	Evalueer het effect van waterbeschikbaarheid/beheer op vegetatiedoelen (meestal in verband met droogte)	Regionaal	STOWA (in opdracht van: Ministerie van I&M/Deltaprogramma Zoetwater, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), provincies Gelderland, Noord-Brabant, Limburg en Utrecht, STOWA en de waterschappen Vechtstromen en Aa en Maas en de drinkwaterbedrijven Vitens en Brabant Water, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten).	2018	2023 (verdere ontwikkeling)		https://waterwijzer.nl/publicaties https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzer-natuur
Wflov_sbm	Hydrologisch model	Stroomopwaarts	Deltares (PhD)	2023	2024		

		van de Vecht					
	Voorspelling van overstromingen	heeft betrekking op de belangrijkste grensoverschrijdende waterlopen van WRIJ (d.w.z. ook de Ahauser Aa, Berkel, Schlinge, Bochter Aa en IJssel)	WRIJ	?	?	produceert uurvoorspellingen 7 dagen vooruit	
	1D2D D-Hydro overstromingsmodel	grensoverschrijdende dijkkring 48 (van Wesel tot Doesburg)	WRIJ	?	?	momenteel bouwen aan een grensoverschrijdend 1D2D D-Hydro model van de rivieren Schipbeek en Berkel (andere stroomgebieden volgen later). Duitsland maakt deel uit van dit model, maar iets grover dan NL door gebrek aan Duitse gegevens (we missen veel profielen en kunstwerkdimensies)	

Aanvullende modelbeschrijvingen:

1) Delft3D FM

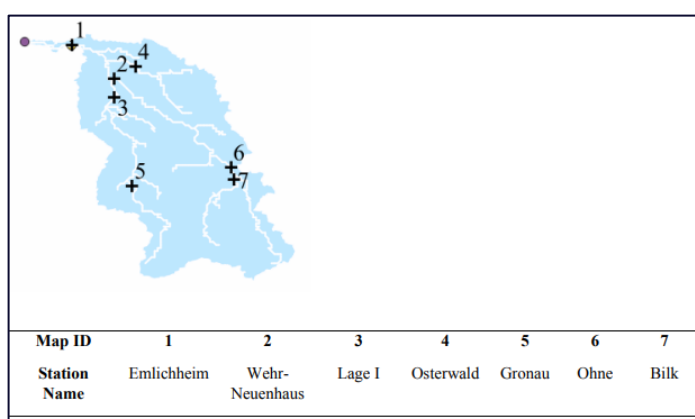
Vergelijkbaar met het gebruik van Baseline NL met Sobek kan de dataset ook worden gebruikt om de Delft3D FM modelleringssuite te voeden. De belangrijkste verschillen hebben betrekking op de manier waarop de fysica in het model wordt benaderd en hoe het landschap ruimtelijk wordt gediscetiseerd. Met Delft3D FM is een volledige 2D dynamische stromingssimulatie mogelijk met een flexibel driehoekig raster, of 3D

modellering van de waterstroming met een regelmatig of kromlijng raster, met de mogelijkheid om sedimentprocessen op te nemen.

2) WFLOW

In een werk van Koronaci et al. uit 2022 werd het gebruik van het WFLOW-model onderzocht voor het stroomgebied van de Vecht. (Koronaci, 2022). Dit hydrologische model kan worden gebruikt om regenval-afvoerrelaties te berekenen.

Het onderzoek richtte zich op het verbeteren van schattingen van extreme gebeurtenissen door aangepaste data-assimilatiemethoden. Het model combineerde lokale en globale datasets (DWD voor neerslag, ERA5 voor evapotranspiratie) om een waterbalansberekening uit te voeren op basis van empirische modellering met 1D kinematische routing. Het model bevat verschillende hulpmiddelen voor geautomatiseerde gegevensverzameling en modelinstelling en werkt met een regelmatig vierkant rooster.



Figuur 7 De afvoerstations die zijn gebruikt om de opzet van het wflow-model voor het stroomgebied van de Vecht te kalibreren. (Koronaci, 2022).

Wereldwijde modellen en datasets

3) Glofas en PCR-GlobWB

Het glofas-modelleringssysteem is een operationeel systeem voor vroegtijdige waarschuwing voor overstromingen, ontwikkeld door het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek en gehost en beheerd door Copernicus. Het programma verzamelt nationale en lokale gegevens voor automatische kalibratie en assimilatie van gegevens voor de hydrologie en hydraulische routing die in het model worden uitgevoerd. De methode is volledig open-source, draait dagelijks op wereldschaal en alle resultaten

worden gepubliceerd via het Copernicus-dataportaal. Simulaties en routing worden uitgevoerd met een lage resolutie (ongeveer 20 km) om de efficiëntie te bevorderen. Een vergelijkbaar model, PCR-GLOBWB, is ontwikkeld aan de Universiteit Utrecht met een hogere resolutie (5 km gridcellen). Vanwege de lage resolutie zijn dit soort modellen beperkt bruikbaar in de context van het stroomgebied van de Vecht. Veel Europese regio's vertrouwen echter actief op dit platform voor vroegtijdige waarschuwing voor overstromingen.

4) Diverse commerciële wereldwijde producten

Naast alle bovengenoemde producten bestaat er nog een categorie overstromingsproducten die het stroomgebied van de Vecht bestrijken. Verschillende commerciële organisaties hebben kaarten van het wereldwijde overstromingsgevaar geproduceerd. Voorbeelden zijn de Aquaduct analyzer, WorldBank Global flood hazard maps en de global flood tools van Nelen&Schuurmans. Ondanks hun ruimtelijke dekking zijn deze producten om verschillende redenen weinig effectief in de Nederlands-Duitse context. Ten eerste bestaan er betere modellen en door de lage resolutie en de koersveronderstellingen van deze modellen lijdt hun kwaliteit eronder. Ten tweede hebben deze producten, met name voor Nederland, vaak te lijden onder het feit dat de lage resolutie de effecten van ophogingen op de simulaties niet ondersteunt. In feite laten de resultaten Nederland zien alsof er vrijwel geen dijken zouden zijn, en zelfs bij lage kansen treden er grote overschattingen van de gevolgen van overstromingen op.

Bijlage D: Instellingen, regelingen en planning

Instellingen:

Tabel 22 Overzicht van verantwoordelijkheden van waterautoriteiten en technische autoriteiten in Noordrijn-Westfalen en Nedersaksen (eigen uitwerking op basis van BMUV 2023, MULNV NRW 2021, MKLNUV NRW 2014, ZuStVO-Wasser Nedersaksen (2014), NWG (2011)).

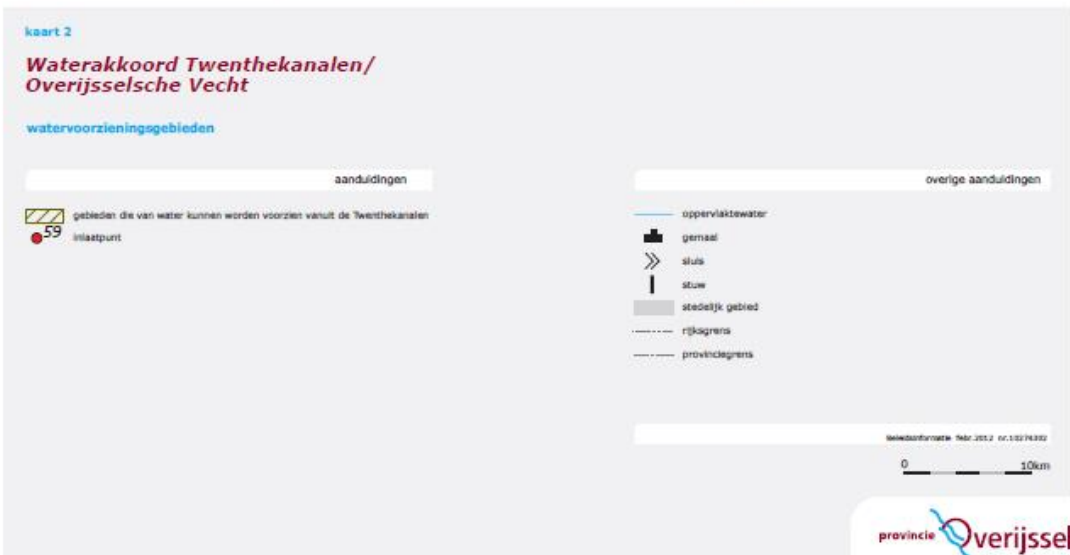
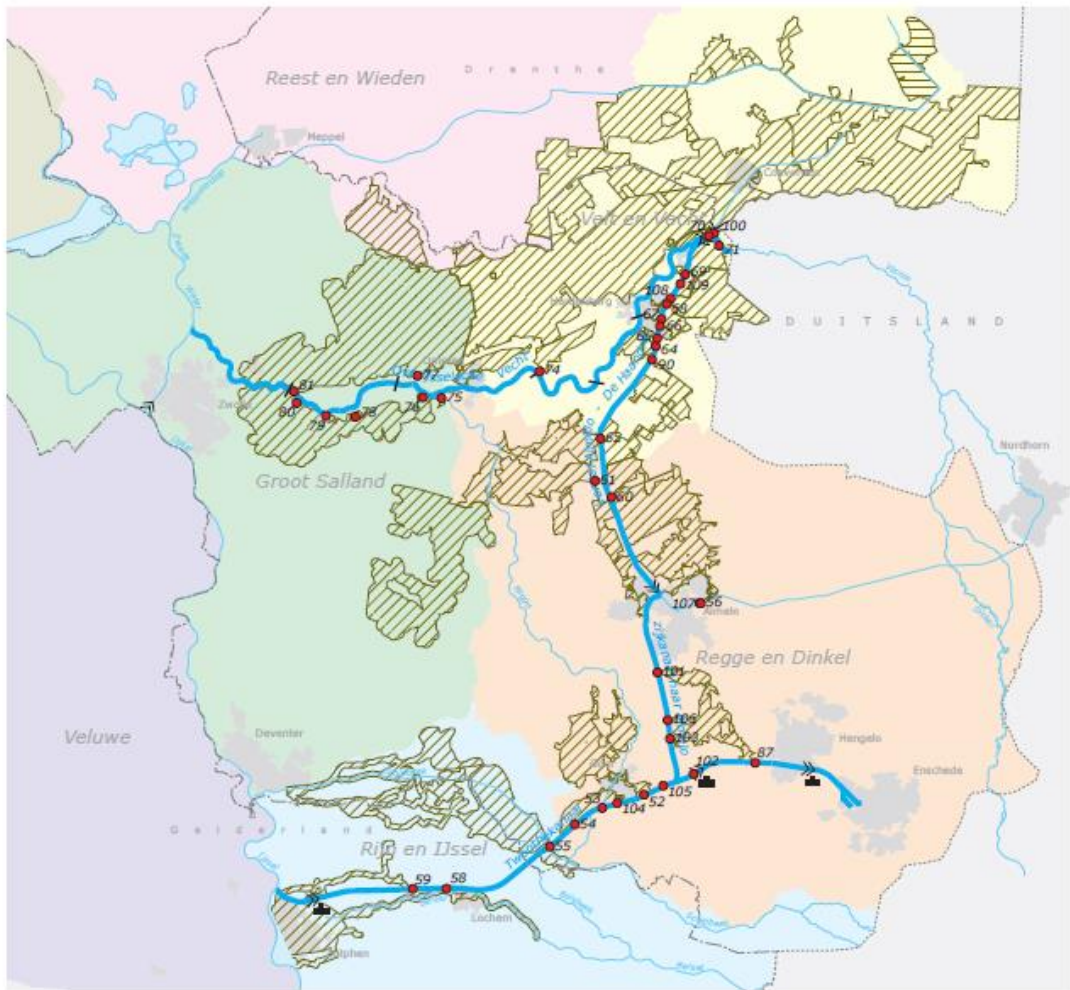
Federale staat	Noordrijn-Westfalen	Nedersaksen
Hoogste waterschap	Ministerie van Milieu, Natuurbehoud en Transport Controle van waterbeheer en administratieve procedures op hoger niveau. Besluiten over de SGBP's en Maatregelenprogramma's Juridisch en technisch toezicht en coördinatie van taken met betrekking tot de waterbeheerautoriteiten. Coördinatie van de overstromingsrisicobeoordeling en gerelateerde activiteiten voor overstromingsrisicobeheerplanning	Ministerie van Milieu, energie en klimaatbescherming Toezicht op de waterlichamen en handhaving van de verordeningen van de Europese Gemeenschap betreffende het waterbeheer en de federale of deelstaatwetgeving die hiertoe werd uitgevaardigd. Besluiten over Maatregelenprogramma's en SGBP's, FRMP's Technisch toezicht en coördinatie van taken met betrekking tot de waterbeheerautoriteiten
Technische autoriteit	Staatsbureau voor natuurbehoud, milieu en consumentenbescherming (LANUV) Monitoring van waterlichamen Beoordeling van overstromingsrisico's en activiteiten met betrekking tot overstromingsrisicobeheerplanning	Nedersaksisch agentschap voor waterbeheer, kust- en natuurbescherming (NLWKN) Beslissingen over watergebruik Toezicht op en onderhoud van waterlichamen van orde 1 en specifieke waterlichamen van orde 2 (bijv. Vechte) Beslissingen over de ontwikkeling van waterlichamen Uitvoering van specifieke taken met betrekking tot de KRW Beoordeling van overstromingsrisico's en activiteiten met betrekking tot overstromingsrisicobeheerplanning (bijv. voorstellen van overstromingsgebieden), opstellen van FRMP's
Hoogheemraadschap	District Münster en Düsseldorf Planning van regionaal waterbeheer, belangrijke procedures op het gebied van	

	<p>waterwetgeving, administratieve procedures met betrekking tot watergebruik.</p> <p>^{stnd}Toezicht, onderhoud en ontwikkeling van waterlichamen van orde 1, toezicht op waterlichamen van orde 2</p> <p>Implementatie van het FRMD: Beoordeling van overstromingsrisico's en activiteiten met betrekking tot overstromingsrisicobeheerplanning, coördinatie van en toezicht op maatregelen</p> <p>^{stnd}Toezicht op maatregelen ter bescherming tegen overstromingen in waterlichamen van orde 1 en 2</p>	
Waterschap lager	<p>Wijken Borken en Steinfurt</p> <p>Procedures waterrecht</p> <p>^{stnd}Monitoring, onderhoud en ontwikkeling van waterlichamen van een andere orde dan 1 en 2 officiële besluiten, bijvoorbeeld over lozingen van afvalwater</p> <p>Regulering van landgebruik in overstromingsgebieden</p>	<p>Wijk Grafschaft Bentheim</p> <p>Procedures waterrecht</p> <p>Inspectie van de uitvoering van de taken door onderhoudsorganisaties</p> <p>Officiële besluiten, bijvoorbeeld over lozingen van afvalwater.</p> <p>Regulering van landgebruik in overstromingsgebieden</p>
Gemeenten	<p>District Münster: Ahaus, Altenberge, Billerbeck, Bocholt, Borken, Coesfeld, Gescher, Gronau (Westfalen), Heek, Isselburg, Laer, Legden, Ochtrup, Rhede, Rosendahl, Stadtlohn, Steinfurt, Südlahn, Velen, Vreden, Wettringen</p> <p>Düsseldorf: Hamminkeln, Huenxe, Riet, Schermbeck, Wesel</p> <p>Implementatie en onderhoud van maatregelen ter bescherming tegen overstromingsrisico's in hun gebied</p> <p>Reactie op rampen</p>	<p>Gemeenschappelijke gemeenten Emlichheim, Uelsen, Schüttorf; steden Neuenhaus, Nordhorn, Bad Bentheim; gemeente Wietmarschen</p> <p>Implementatie en onderhoud van maatregelen ter bescherming tegen overstromingsrisico's in hun gebied</p> <p>Reactie op rampen</p>
Onderhoudsverenigingen	<p>Onderhoudsvereniging Beneden-Dinkelgebied</p> <p>Ontwikkeling en onderhoud van waterlichamen,</p> <p>Aanleg en onderhoud van faciliteiten in en rond waterlichamen,</p> <p>Bescherming van eigendommen tegen stormvloed en overstromingen,</p>	<p>Vechteverband, kleinere onderhoudsverenigingen (bijv. Hardinger Becke, Rammelbecke)</p> <p>ndMonitoring en onderhoud van waterlichamen van 2 orde, als de verantwoordelijkheid niet bij de staat ligt^[2]</p> <p>Alle andere aspecten zoals vermeld voor NRW.</p>

Verbetering van landbouw- en andere grond, inclusief de regulering van de bodemwater- en bodemluchtbalans, Productie, inkoop, bediening, onderhoud en verwijdering van besproeiingssystemen en irrigatie- en drainagesystemen, Technische maatregelen voor het beheer van grond- en oppervlaktewater, Aanschaf en levering van water, Voorbereiding, behoud en onderhoud van gebieden, faciliteiten en waterlichamen voor de bescherming van het natuurlijke ecosysteem, de bodem en voor landschapsbehoud, Bevordering van samenwerking tussen landbouw en waterbeheer en verdere ontwikkeling van water-, bodem- en natuurbehoud, Bevordering en monitoring van de bovenstaande taken.^[1]

^[1] "Waterverenigingswet van 12 februari 1991 (Staatsblad I blz. 405), gewijzigd bij artikel 1 van de wet van 15 mei 2002 (Staatsblad I blz. 1578)".

^[2] Nedersaksische waterwet (NWG) van 19 februari 2010 (Nds. GVBl. blz. 64), laatstelijk gewijzigd bij artikel 5 van de wet tot wijziging van de wet inzake het Nationaal Park Nedersaksische Waddenzee en de wet tot uitvoering van de federale wet inzake natuurbehoud en tot wijziging van andere wetten van 22 september 2022 (Nds. GVBl. blz. 578).



Afbeelding 40Kaart van het watervoorzieningsnetwerk - Twenthekanalen

Overzicht van projecten en plannen:

Deze tabellen geven een overzicht van de plannen en initiatieven die tijdens de interviews werden genoemd.

Het is te zien dat er op dit moment veel projecten en initiatieven plaatsvinden in het studiegebied die gericht zijn op overstromings- en droogtebeheer en klimaatadaptatie. Er zijn ook enkele grensoverschrijdende projecten gepland voor de komende jaren, zoals het INTEREG-voorstel.

Tabel 23 Overzicht van projecten voor overstromings- en droogtebeheer in Nederland

Project	Projectleider	Onderwerp	Partners	Duur
Klimaatbestendige Vechtstromen	Vechtstromen	Beheer van droogte		
GRADE Vechte	RWS	Modelontwikkeling	Vechtstromen, Deltares	2024
HWBP Vechte	WDOD	Overstromingsinfrastructuur	Vechtstromen	2020-2023
Zoetwatervoorziening Oost Nederland (ZON) Fase 2		Watervoorziening	Provincies, gemeenten, waterschappen	2022 - 2027
Haarvaten op Peil (HOP) - ZON onderdeel	Vechtstromen	Beheer van droogte		
Slim waterbeheer	RWS	Droogte / overstromingsbeheer	regionale waterschappen	2022 - 2027
Panorama Waterland	Vitens	Ruimtelijke ordening		2020 -
Klimaatadaptatie in de praktijk KLIMAP	KLIMAP consortium	Klimaatadaptatie	23 verschillende organisaties	2020 -2024
Aanpak Droogte in de Achterhoek	Provincie Gelderland	Droogtebeheer	19 verschillende partners	2020 - huidige
Bovenregionale Stresstesten Oude IJssel en Berkel	WRIJ	Beheer van overstromingsrisico's		Doorlopend

Berkel en Oude IJssel Hoogwatervoorspelling	WRIJ	Voorspelling van overstroming en		doorlopend
Verkennde studie robuuste wateraanvoer Twentekanal- Overijsselse Vecht	RWS	Watervoorzien ing		2020 - huidig
Quickscan Droogte IJsselvallei	HKV	Watervoorzien ing		2023
Update FEWS Vechte	WDOD	Voorspelling	Vechtstromen, Deltares	doorlopend
Waterveiligheidslandsch appen	WRIJ	Klimaat - aanpassing	13 partners	2023 -
Aanpassingsstrategie Drinkwatervoorziening	Provincie Overijssel	Watervoorzien ing	WDOD, Vechtstromen Vitens	

Tabel 24 Overzicht van projecten voor overstromings- en droogtebeheer in Nedersaksen

Project	Projectleider	Onderwerp	Partners	Duur
KliWaKo (Klimaat - Water - Samenwerking)	District Emsland	Watervoorziening, droogtebeheer	Onder andere: Drink- en afvalwatervereniging Bad Bentheim, Vechteverband	2019 - 2022
Emslandplan 2.0 - Duurzaam waterkwantiteitsbeheer	District Emsland	Beheer van droogte	Onder andere: District Grafschaft Bad Bentheim, NLWKN, LBEG	2020- 2021
Watervoorzieningsconcept voor Nedersaksen	MU	Concept watervoorziening		2017 - huidig
Project KliBoG - Aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering	LBEG	Modelontwikkeling, droogtebeheer		2022 - 2027

[op bodem en
grondwater](#)

Hydrogeologische modellering NBank	District Bentheim	Modelontwikkeling	Vereniging Vechte
NBank Aanpassing aan klimaatverandering	Vereniging Vechte	Beheer van droogte	TAV (Drink- en Afvalwatervereniging Schuettdorf, Onderhoudsverenigingen)
Aanpassing aan klimaatverandering Waterbeheer	MU	Richtlijn financiering klimaatadaptatie	Doorlopend
Gemeentelijk project ter voorkoming van zware regenval in Nedersaksen	UAN	Overstromingen	2023 - 2025
KliBiW (Wereldwijde klimaatverandering - Effectbeoordeling waterbeheer voor het binnenland)	MU	Klimaat-effectbeoordeling voor binnenwateren	Onder andere: NLWKN, LBEG 2008 - 2023
Nedersaksisch veenweideprogramma	MU	Programma voor veenbescherming	doorlopend

Tabel 25 Overzicht van projecten voor overstromings- en droogtebeheer in NRW

Project	Projectleider	Onderwerp	Partners	Duur
Hoogwaterbeschermingsconcept (HWSK) Bocholter Aa	District Borken	Beheer van overstromingsrisico's	Gemeente langs de rivier	2017 - 2022
10-puntenplan voor overstromingsbescherming in tijden van klimaatverandering	MUNV	Beheer van overstromingsrisico's		doorlopend

Tabel 26 Overzicht van grensoverschrijdende projecten voor overstromings- en droogtebeheer

Project	Projectleider	Onderwerp	Partners	Duur
Interreg DIWA: Droogtestrategieën in waterbeheer	Waterschap Vechstroom	Beheer van droogte	Onder andere: District Graftschapt Bad Bentheim, Provincie Gelderland	Voorgesteld
SpongeWorks	LU Hannover	Beheer van overstromingen en droogte	Onder andere: District Graftschapt Bad Bentheim, Vechteverband, Regionale Waterautoriteit Vechtstromen, Gemeente Hardenberg.	sep 2024 - sep 2028
Crisismanagement Saxion Project	GPRW	Crisisbeheer	Waterschap Vechtstromen	doorlopend
Interreg Wonen - Vechte Spelt	Waterschap Vechtstromen	Klimaatadaptatie	Regionale Waterautoriteit DOD, Provincie Overijssel, district Borken, district Steinfurt, district Graftschapt Bentheim, NLWKN etc.	2017 - 2021
Irrigatievereniging Itter / Reutumer Ringen		Grensoverschrijdend grondwaterbeheer	WAZ, Vitens	

Bijlage E: Geïdentificeerde leemten in kennis

ID	(Onderzoeks)onderwerp	Kennis klant	Kat.
1	Wat is de invloed van de waterkwaliteit op de natuur in relatie tot waterberging (bijv. inundatie van rivierdalen, waterinname uit andere gebieden)? En in welke situaties speelt dat een belangrijke rol (natte bodems nemen minder water op dan drogere bodems)?	Natuurmonumenten	WQ
2	Echte integratie van grondwater - oppervlaktewater modellen om processen beter te kunnen simuleren (bijv. reinfiltratie)	Natuurmonumenten	MOD
3	De ontwikkeling van gezamenlijke grensoverschrijdende modellen kan de grensoverschrijdende samenwerking helpen verbeteren omdat er een gezamenlijke kennisbasis is.	Natuurmonumenten	MOD
4	Moeten we gewoon accepteren dat grensoverschrijdende samenwerking ingewikkeld is of zijn er manieren om het te verbeteren?	Provincie Gelderland	GOV
5	Analyse van grensoverschrijdend watersysteem nodig om grensoverschrijdende interacties te schetsen (1. Identificatie van grensoverschrijdende hotspots, 2. Identificatie van verdere hiaten, 3. Beter begrip van grondwaterinteractie)	Provincie Gelderland	USDS
6	Grensoverschrijdende stresstests (uniforme methodologie, grensoverschrijdend effect van maatregelen evalueren, stresstest koppelen aan risicodialoog)	Provincie Gelderland	ST
7	Wat is er nodig op het gebied van gezamenlijke monitoring? Ook het effect van maatregelen op buurlanden kwantificeren	Provincie Gelderland	MON
8	Toeval van overstromingsgolven veroorzaakt door de uitvoering van overstromingsbeperkende maatregelen in één deel van het stroomgebied / zijrivier?	Provincie Overijssel	SU

9	Invloed op ruimtelijke ordening (kunnen maatregelen bovenstrooms ook een taak benedenstrooms overnemen, zodat benedenstrooms minder dijkversterking/maatregelen nodig zijn, wat betekent te veel en te weinig water voor de andere functies die bediend moeten worden)	Provincie Overijssel	USDS
10	Strategie sponswerking: Hoe effectief zijn maatregelen om de sponswerking te verbeteren? Welk effect hebben maatregelen in Duitsland op de lozingen in Nederland?	Provincie Overijssel	USDS
11	Welke rol kunnen grensoverschrijdende wetlands spelen in deze regio? (bijv. Bourtanger Moor) Kunnen deze ook bijdragen aan waterfuncties?	Provincie Overijssel	SF
12	Onderzoek naar sponswerking: Balans tussen te droog en te nat (waarom werkt het precies, spons kan maar één keer gebruikt worden), Wat is het effect van droogtemaatregelen op overstromingen en omgekeerd)?	Rijn en IJssel	SF
13	Grensoverschrijdende stresstests: Hoe ver zal de piek in Duitsland worden gereduceerd / Systeeminzicht in het hele systeem	Rijn en IJssel	ST SF
14	Wat gebeurt er als er aan Duitse zijde meer overstromings- of droogtemaatregelen worden genomen? Wat betekent het vasthouden van water stroomopwaarts (in Duitsland) voor de afvoer stroomafwaarts van grensoverschrijdende rivieren en beken?	Rijn en IJssel	USDS
15	Wat is het omslagpunt van kosten en baten voor maatregelen stroomopwaarts?	Rijn en IJssel	USDS
16	Omslagpunt voor retentie: indicatoren voor operationeel beheer: wanneer moeten we stuwen verlagen.	Rijn en IJssel	DM
17	Kun je iets doen met vroegtijdige waarschuwing? Grensoverschrijdend? - Gezamenlijk thresholds en scenario's definiëren om grensoverschrijdende componenten te vergroten.	Rijn en IJssel	FF
18	Voorspellingen verbeteren Voorspellingen droogte -- > ook grensoverschrijdend. Is het mogelijk om	Rijn en IJssel	MON

	afvloeiing van beken aan de grens af te leiden uit Duitse meetgegevens?		
19	De manier van reguleren en regeren is heel verschillend aan verschillende kanten van de grens. Hoe kun je dat beter regelen?	Rijn en IJssel	GOV
20	In kaart brengen van de gevolgen van droogte (Hebben we de juiste modellen om droogtegebeurtenissen te voorspellen? Hoe effectief zijn maatregelen om de gevolgen van droogte te beperken? Hoe beïnvloeden droogtebeperkende maatregelen het landschap? Bodemdalingseffecten? Voldoende water voor brandbestrijding?	Veiligheidsregio Twente	IMP
21	Water-bodem sturend: Wat is het effect als er meer stroomopwaartse maatregelen worden genomen (bijv. om water vast te houden)? Wat is het effect op uw overstromingsrisico als er grondwatermaatregelen worden genomen om droogterisico's te verminderen?	Drentse Overijsselse Delta	SU
22	(Grensoverschrijdende) Stresstests en waterbom studies: De gevolgen vanuit Duitsland en de gevolgen stroomafwaarts van het IJsselmeer zijn onbekend. Wat is het slechtste scenario?	Drentse Overijsselse Delta	ST SU
23	Betrouwbare voorspellingen voor extreme gebeurtenissen: FEWS? Wat kan AI daarin betekenen?	Drentse Overijsselse Delta	FF
24	Risicocommunicatie: Hoe interpreteer en communiceer je de risico's van alle verschillende onderzoeken (hydraulische belastingen van inspecties, NBW-tests, grondwatersimulaties, bovennormale stresstests in stedelijke gebieden)?	Drentse Overijsselse Delta	RC
25	Ook in het kader van de Sponsstrategie: hoe maak je er een goed verhaal van? Historisch gezien vinden overstromingen steeds verder stroomafwaarts plaats, maar nu wil je het eigenlijk weer meer over het gebied verspreiden. Hoe communiceer je dat op een goede manier?	Drentse Overijsselse Delta	SF
26	De kwaliteit van meetgegevens is een groot probleem en vormt bij veel projecten een belemmering.	Drentse Overijsselse Delta	MON

27	Ontwikkeling van een richtlijn voor hoe om te gaan met droogte (momenteel worden alleen ad-hocmaatregelen uitgevoerd)	Vereniging Vechte	DM
28	Kennismanagement: Hoe kan kennisdeling en begrip worden bevorderd omdat jongere generaties minder vertrouwd zijn met de oude plannen en structuren (bijv. in goedkeuringsprocessen moeten de basisvoorwaarden worden gedefinieerd, maar er zijn verschillende definities van de basisvoorwaarden --> het vinden van een gemeenschappelijke basis zou de samenwerking verbeteren)?	Vereniging Vechte	KM
29	Behoeftte aan onderzoek op het gebied van proportionaliteit of geschiktheid van ecologische beoordelingen (bijv. ecologische beoordelingen voor waterlichamen die al vele jaren droog staan). Zij stellen voor om richtlijnen of een kader op te stellen dat onderscheid maakt tussen verschillende waterlichamen, zoals stromende beken of stilstaande sloten, en stellen voor om vereenvoudigde procedures toe te passen op waterlichamen waarvan bekend is dat ze periodiek droogvallen. Onderzoek dat zich richt op het begrijpen van de ecosystemen van periodiek droge waterlichamen, met als doel wetenschappelijke ondersteuning te bieden om ecologische overwegingen in evenwicht te brengen met wettelijke vereisten.	Vereniging Vechte	GOV DM EA
30	De behoefte aan een alomvattend concept voor bescherming tegen overstromingen dat alle gemeenten omvat - ook bij zware regenval en droogte. Hoog niveau concept nodig om individuele gemeenten te begeleiden	Graafschap Bentheim	FM
31	Opgemerkt wordt dat droogtespecifieke concepten ontbreken. Belang van grensoverschrijdende, goed gecoördineerde concepten voor een betere paraatheid en een robuustere kennisbasis.	Graafschap Bentheim	DM
32	Opzetten van een droogtemonitor (momenteel is informatie over grondwatertrends alleen op aanvraag)	Graafschap Bentheim	MON
33	Opzetten van uitwisselingsrondes op verschillende niveaus (bijv. via een nieuwsbrief)	LBEG	TC

34	Gezamenlijk grondwaterbeheer: uniforme of geharmoniseerde beoordelingscriteria	LBEG	TC
35	Het effect van bovenstroomse (droogte)maatregelen op benedenstroomse afvoeren.	Vitens	USDS
36	Wat is het effect van schonere RWZI's (Europese wetgeving vereist in de toekomst een 4e zuiveringsstap voor grote RWZI's) op de waterkwaliteit tijdens droogteperioden?	Vitens	WQ
37	Kan infiltratiewater/water dat wordt gebruikt voor grondwateraanvulling beter worden beschermd? Op dit moment is veel zuivering nodig omdat infiltratiewater/oppervlaktewater van slechte kwaliteit is. Wat gebeurt er in geval van een calamiteit?	Vitens	WQ
38	Modelnoodzakelijkheden: volledig grondwatermodel in Duitsland (NDS), grensoverschrijdend grondwatermodel en modellen voor klimaatadaptatie	Dag van de Watervereniging	MOD
39	Hoe kun je de angst voor watergebruik en -consumptie aanwakkeren?	Dag van de Watervereniging	PA
40	Er zijn meer gegevens nodig	Gemeenschappelijke gemeente Neuenhaus	MON
41	Hoe om te gaan met kritieke infrastructuur bij inkomende overstromingen en droogtes?	Gemeenschappelijke gemeente Neuenhaus	CI
42	Herbezinning en samenwerking (ook met natuurbehoud) moeten werken, vooral om langdurige droge periodes op te vangen: de grondwatermassa's moeten worden aangevuld.	WAZ	DM TC
43	Bewakingsgegevens voor overstromingen en droogtes	ArL	MON
44	Wat is een extreme gebeurtenis? Hoe hoog zal de toekomstige overstroming zijn om als extreem te worden beschouwd? Met welke weersvoorspelling moeten we in de toekomst werken?	Gemeenschappelijke gemeente Emlichheim	FM MON
45	Wat kunnen we nu doen om toekomstige droogtes oplossingsgericht tegen te gaan?	Gemeenschappelijke gemeente Emlichheim	DM

46	De ontwikkeling van neerslag en de mogelijke invloed ervan op overstromingen van rivieren en rivieren. Er wordt gewezen op de noodzaak van een paradigmaverschuiving van retrospectieve analyse van statistische neerslaggegevens naar toekomstgerichte voorspellingen.	MU & NLWKN	FM
47	Inzicht in het gedrag van waterlopen tijdens laagwaterperiodes, met name in regio's zoals de Elbe. Er zijn hiaten in de kennis over laagwateromstandigheden, hydromorfologie, grondwater en waterzekerheid en -kwaliteit.	MU & NLWKN	DM
48	Er wordt gewezen op de behoefte aan meer gedetailleerde modellen die zowel laagwater- als overstromingsomstandigheden nauwkeurig kunnen voorspellen.	MU & NLWKN	MOD
49	De werking van het geïntegreerde watersysteem in de grensregio (de hele cyclus: verbinding oppervlakte-grondwater, hoe zien de grondwaterlichamen in de grensregio's eruit): Hoe is alles met elkaar verbonden? Wat zijn de uitwisselingen? Wat zijn belangrijke deelgebieden waarop we ons moeten richten? Waar ga je maatregelen uitvoeren? Waar kun je het beste water vasthouden?	GPRW	SU
50	Watersysteemevaluatie met kwantitatieve stresstest, ook voor droogte.	Deltares - Dimmie Hendriks	SU ST
51	Mogelijkheden om grootschalige gebieden bij de grens te herstellen / water vast te houden in de ondergrond (veengebieden, gebieden met een dikke onverzadigde zone à hellingen); zodat beide landen hiervan profiteren.	Deltares - Dimmie Hendriks	SF
52	Overstromingsbeoordeling: Analyse van het grondwaterpeil: Hoe snel daalde het grondwaterpeil weer? Op welke plaatsen gebeurde dat heel snel of langzaam? Zijn er delen van het gebied waar de huidige hoge grondwaterstanden het effect van een komende periode van droogte op het grondwater zouden kunnen beperken?	Deltares - Dimmie Hendriks	MON

Hoe kunnen we een toekomst vasthouden die
overtollig water van een natte winter?

53	Kansen voor een grensoverschrijdend grondwatermeetsysteem en monitoring (uitbreiding droogteportaal en Duerre Monitor)	Deltares - Dimmie Hendriks	MON
54	Zet FEWS-omgeving (of vergelijkbaar) op om verschillende modellen en monitoring samen te brengen.	Deltares - Dimmie Hendriks	MOD
55	Een wens is om meer kennis te hebben over het herstelvermogen van het grondwatersysteem Oost-Nederland. Wat is een acceptabele daling in een droog jaar en kan herstellen in een (hydrologisch) gemiddelde winter. Dit zou van grote waarde kunnen zijn in discussies over het infiltreren van rivierwater in bijvoorbeeld De Veluwe (waterbatterij).	RWS	DM
56	Invloed van bodemerosie op waterpeil, grondwater en waterverdeling (Waal krijgt steeds meer water en IJssel steeds minder).	RWS	WA
57	Kansen voor relatie met natuur en KRW doelen (nevengeulen, oevergeulen, langsdammen).	RWS	WQ
58	Kunnen we systemen ontwikkelen waarbij we drinkwater kunnen bereiden uit oppervlaktewater van de rivier in combinatie met de natuur?	RWS	WA
59	Om betere uitspraken te kunnen doen over de toekomstige waterhuishouding van het landschap, moeten neerslagprojecties verder worden ontwikkeld met behulp van mondiale en regionale klimaatmodellen. Deze kunnen de temperatuur al goed projecteren, maar de neerslagprojecties gaan nog gepaard met grote onzekerheden. Afwijkende weersomstandigheden, zoals het Vb-weer, kunnen nog niet goed worden voorspeld. Deze voorspellingen zijn echter noodzakelijk om aanpassingsmaatregelen gericht te kunnen plannen.	NIKO	MOD

60	Grote gegevenslacunes in de gebiedskartering van afwateringssloten en drainages. Beide hebben een aanzienlijke invloed op de waterhuishouding van het landschap en er is informatie nodig voor modellering.	NIKO	MON
61	Een jaarlijkse digitale registratie van (landbouw)onttrekkingen en een uniform bijgehouden digitaal waterboek moeten met voorrang worden verbeterd. In het algemeen is monitoring, bijv. ook van niveaus, en het verzamelen van meetgegevens belangrijk om toekomstige omstandigheden beter te kunnen voorspellen.	NIKO	MON
62	Betere planning voor kritieke infrastructuur en vitale functies vóór een crisis	VR Ijsselland	CI
63	Begrijpen waar problemen ontstaan (hotspots)	VR Ijsselland	CM
64	Hoe kan de Veiligheidsregio haar eigen rol vervullen in het aanpassen van een stad/land aan het klimaat, zodat je problemen voor blijft. Hoe kan ervoor worden gezorgd dat je niet direct wordt getroffen door te veel of te weinig water?	VR Ijsselland	CM
65	Vanuit het perspectief van informatiemanagement: hoe kun je beter voorspellen wat er gaat gebeuren? En hoe vertaal je dat gemakkelijk naar crisismanagement. Samenwerken en informatie interpreteren is erg lastig.	VR Ijsselland	CM
66	Wat doe je als het misgaat en welke oplossingen zijn er dan? Wat zijn de consequenties en hoe communiceer je daarover? Nadenken over grote gevolgen wordt niet vaak gedaan door de waterschappen	VR Ijsselland	CM
67	Ruimtelijke ordening op de lange termijn: Niet meer nadenken over hoe we het voor 10 jaar organiseren, maar hoe ziet het er over 100 jaar uit? Hoe maak je het robuust? En hoe zit het met zeespiegelstijging?	VR Ijsselland	SP

68	<p>1. wat gebeurt er benedenstrooms als in Duitsland droogte- en/of hoogwaterbeheersingsmaatregelen worden genomen:</p> <p>a. wat zijn de gevolgen van grootschalig gebruik van mobiele dijken in Duitsland voor de benedenstroomse afwatering? Wat zijn de mogelijke gevolgen van het falen van een mobiele dijk?</p> <p>b. gevolg van structurele investeringen in waterveiligheid in Duitsland?</p> <p>c. gevolg van grondwaterbeheer in Duitsland op de oppervlakte afstroming van grensoverschrijdende beken? d</p> <p>. gevolg van grondwaterbeheer op grondwater in NL?</p>	Waterschap Vechtstromen	SU
69	Wat betekenen nieuwe klimaatscenario's voor de Vecht? Welke scenario's worden in Duitsland gebruikt? Wat zijn de verschillen?	Waterschap Vechtstromen	CS
70	Wat kan worden beschouwd als extreme droogte? Wat gebeurt er tijdens zo'n gebeurtenis?	Waterschap Vechtstromen	DM
71	Ontbreken van een grensoverschrijdend grondwatermodel om inzicht te krijgen in de afhankelijkheid van grondwaterstromen	Waterschap Vechtstromen	DM
72	Mogelijkheden voor uitwisseling met Nederland over digitaal gestuurde stuwen : Hoe werkt het? Hoe verandert het watergebruik en -beheer in Duitsland het water in Nederland? Is samenwerking op het gebied van digitale sturing van stuwen mogelijk? Hoe kan dit systeem in Duitsland (NDS) worden opgezet? Zou een excursie naar de locaties in Nederland mogelijk zijn?	Nedersaksische Kamer van Landbouw	TC
73	de communicatie verbeteren: van onderzoek tot adviserende instellingen zoals de landbouwkamer	Nedersaksische Kamer van Landbouw	KE
74	Verordeningen en richtlijnen voor droogtebeheer, zoals in Nederland, worden nuttig geacht en ontbreken in Duitsland.	Wijk Borken	DM
75	Extreme situaties boven de toepasselijke HQ100 en HQextreme scenario's worden buiten beschouwing gelaten.	Wijk Borken	FM
76	Inzicht in de gevolgen voor kritieke infrastructuur tijdens extreme overstromingen en droogte is van vitaal belang.	Wijk Steinfurt	CI

77	Discussie over de implementatie van EU-richtlijnen die van invloed zijn op waterbeheer, het vinden van een evenwicht tussen verschillende behoeften en vereisten, en het omgaan met beleidsconflicten.	Wijk Steinfurt	DM
78	Uitgebreide (Duitse) droogtestrategie en -beheer vereist (vergelijkbaar met de Nederlandse droogtestrategie)	Districtsbestuur Düsseldorf	DM
79	Nowcaststelsel voor regionale rivieren	LANUV	MOD
80	Hoe communiceer ik onzekerheden naar burgers en organisaties? Hoe motiveer ik mensen om beslissingen te nemen in het licht van onzekerheid?	LANUV	RC
81	Definitie van gestandaardiseerde nationale terminologie: Wat is informatie / waarschuwing / maatregelen	LANUV	RC
82	Hoe kan ik modellen sneller maken? Bijvoorbeeld dynamische overstromingskaarten? In hoeverre kan ik hiervoor AI gebruiken?	LANUV	MOD

Categorieën: WQ = Waterkwaliteit, MOD = Modelleren, GOV = Bestuur, USDS = Stroomopwaarts-Stroomafhankelijkheid, ST = Stresstest, MON = Monitoring, SU = Systeeminzicht, SF = Sponswerking, DM = Droogtebeheer, FF = Hoogwatervoorspelling, IMP = Impact, RC = Risicocommunicatie, KM = Kennisbeheer, EA = Ecologische beoordeling, FM = Overstromingsbeheer, TC = Grensoverschrijdende samenwerking, PA = Publiek bewustzijn, CI = Kritieke infrastructuur, WA = Beschikbaarheid van water, CM = Crisisbeheer, SP = Ruimtelijke ordening, CS = Klimaatscenario's.