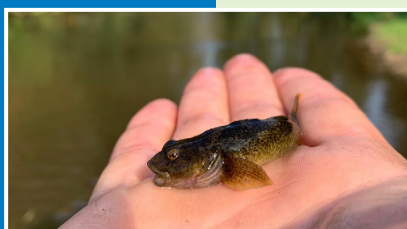


Effecten van droogte op de visstand

Data-analyse van KRW-wateren Aa en Maas



M. Schutter
N. van Kessel
R. Fraaije
W.M. Liefveld



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Effecten van droogte op de visstand

Data-analyse van KRW-wateren Aa en Maas

Miriam Schutter
Nils van Kessel
Rob Fraaije
Wendy Liefveld



Effecten van droogte op de visstand

Data-analyse van KRW-wateren Aa en Maas

Auteurs: Miriam Schutter, Nils van Kessel, Rob Fraaije, Wendy Liefveld

Status uitgave: definitief

Rapportnummer:	20-236
Projectnummer:	19-1152
Datum uitgave:	24 november 2020
Projectleider:	Nils van Kessel MSc.
Tweede lezer:	dr. W.E.A. Kardinaal
Naam en adres opdrachtgever:	Waterschap Aa en Maas B.T.M.J. Brugmans Postbus 5049 5201 GA Den Bosch
Referentie opdrachtgever:	Orderbon nr.: E012035.
Akkoord voor uitgave:	dr. W.E.A. Kardinaal

Paraaf: 

Graag citeren als: Schutter, M., N. van Kessel, R. Fraaije & W.M. Liefveld 2020 Effecten van droogte op de visstand. Data-analyse van KRW-wateren Aa en Maas. Bureau Waardenburg Rapportnr 20-236. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: droogte, droogval, stagnatie, visstand, KRW, EKR

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.

Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Waterschap Aa en Maas

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl



Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Vraagstelling	6
2 Methode	7
2.1 Aanpak	7
3 Resultaten en discussie	15
3.1 Droogte in de dataset	15
3.2 Effecten droogte op soortenrijkdom en soort diversiteit	15
3.3 Effecten droogte op vislengte	24
3.4 Effecten op de KRW	25
3.5 Toekenning numerieke verstoringsintensiteit per waterlichaam	28
4 Conclusies en aanbevelingen	31
4.1 Conclusies	31
4.2 Aanbevelingen onderzoek en monitoring	32
4.3 Aanbevelingen voor beleid, beheer en inrichting	33
Literatuur	36
Bijlage I Indeling vissoorten	37
Bijlage II Data opbouw	38
Bijlage III Meetpunten per droogtecategorie per waterlichaam	40
Bijlage IV Overzicht indeling vismeetpunten en trajecten naar verstoringscategorie en droogval (2010-2018)	43
Bijlage V Overzicht indeling vismeetpunten en trajecten naar verstoringscategorie en droogval (alleen 2018)	44



Samenvatting

Om de effecten van droogte (in 2018 en 2019) in het beheergebied van Waterschap Aa en Maas op de visstand en de EKR-scores te onderzoeken, is een data-analyse uitgevoerd van monitoringsgegevens van vis in relatie tot de mate van droogval. Deze analyse is uitgevoerd voor 43 wateren waarin in meer of mindere mate effecten van droogte geconstateerd zijn. De effecten van droogte zijn gecategoriseerd naar twee hoofdfactoren: het stagneren van watergangen en het droogvallen van watergangen. Hierbij is ook bekeken of uitwijkmogelijkheden de eventuele negatieve effecten mitigeren.

Opgemerkt moet worden dat de gevonden relaties het gevolg kunnen zijn van een droogte effect, maar er kan ook sprake zijn van een combinatie met waterkwaliteit, inrichting, migratiemogelijkheden, ect. Deze factoren zijn niet apart onderzocht binnen de scope van deze studie.

De onderzochte effecten van droogte zijn terug te zien in verschillende negatieve effecten op de visstand:

- De gemiddelde soortenrijkdom (i.e. aantal soorten) neemt af bij toenemende droogval;
- De gemiddelde soortendiversiteit (i.e. maat voor soortenrijkdom en relatieve verdeling van de soorten) neemt af bij toenemende droogval;
- Rheofiele (stroming minnende) soorten komen relatief minder voor op locaties met structurele en recente droogval;
- Exoten (met name Amerikaanse hondsvij, marmergrondel en gibel) lijken minder last te hebben van structurele droogval. Dit patroon komt overeen met de biologie van exoten, maar de precieze oorzaak is nog onduidelijk;
- Het aantal plantminnende soorten lijkt af te nemen bij structurele droogval;
- Ook migrerende soorten komen onder druk te staan bij structurele droogval;

Er zijn ook vissoorten die minder effecten ondervinden van droogte, zoals de kleine modderkruiper (M-typen). In de R-wateren zijn het vooral de stekelbaarzen die minder last lijken te hebben van de droogte.

Er is geen effect van droogte op de lengte van de vis gevonden. Dit kan betekenen dat zo'n effect er niet is, of dat het effect vertroebeld wordt doordat effecten op de leeftijdsopbouw interfereren met effecten op de soortensamenstelling (vislengte hangt ook samen met de soort). Er zijn te weinig data voor een analyse op het niveau van individuele soorten.

Er zijn ook mitigerende factoren: Als de vissen in staat zijn om te vluchten doordat er een goede verbinding is, bijvoorbeeld door aangelegde vispassages, met locaties die nog wel watervoerend zijn, worden deze effecten voor een deel gemitigeerd. We zien dan bijvoorbeeld het aandeel rheofiele soorten in de visgemeenschap weer toenemen in vergelijking met de situatie zonder uitwijkmogelijkheid en ook de gemiddelde soortenrijkdom neemt dan weer toe.



Het effect van droogte op de EKR-scores is niet eenduidig. Bij de M-typen lijkt langdurige stagnatie juist een positief effect op de EKR-scores te hebben. Deze maatlat bevat dan ook minder soorten die gevoelig zijn voor stagnatie of droogval in vergelijking met de R-typen. Bij de R-typen lijkt wel een negatieve trend waarneembaar naarmate de mate van stagnatie/droogval toeneemt, maar dit is niet significant aantoonbaar (laag aantal).

De resultaten zijn verwerkt in aanbevelingen voor monitoring, beleid en beheer.



1 Inleiding

Het klimaat verandert. Voor Nederland betekent dit langere periodes van droogte en onvoorspelbare perioden van hevige neerslag. Het waterbeheer zal hierop afgestemd moeten worden. In eerste instantie waren de pijlen gericht op het voorkomen van overstromingen als gevolg van de verwachte toename in de piekafvoer. Inmiddels is duidelijk dat ook aanhoudende droogte, vaak in combinatie met hoge temperaturen, waterbeheerders voor problemen stelt. Ook hier wordt inmiddels actie op ondernomen. In eerste instantie om de zoetwatervoorziening voor drinkwater en landbouw te borgen, maar ook om de natuurdoelen niet in gevaar te brengen. Voor waternatuur is het ingrediënt water immers onontbeerlijk.

In het voorjaar en de zomers van 2018 en 2019, en inmiddels ook 2020, had Nederland te kampen met langdurige droogte en periodiek hoge temperaturen. Voor Waterschap Aa en Maas resulteerde dit onder meer in lokale droogval en stagnatie in een groot aantal KRW-waterlichamen. Voor van nature stromende wateren (de R-typen), betekent dit het wegvallen van een belangrijke levensvoorwaarde voor veel kenmerkende soorten. Dit zou dan ook gevolgen kunnen hebben voor de KRW-doelen, die hierop gestoeld zijn.

Waterschap Aa en Maas is dit verder gaan onderzoeken en uit de KRW-systeemanalyses bleek dat een aantal watergangen structureel eens of meerdere keren per decennium zal droogvallen. Het is dus van belang te weten wat dit gaat betekenen voor de KRW-doelrealisatie, zodat dit verwerkt kan worden in beleidsaanbevelingen, gebiedsgerichte maatregelen, aanvullende monitoring en mogelijk aangepaste KRW-doelen. De biologische groep vissen wordt in de KRW gemonitord omdat deze groep informatie geeft over toestandsveranderingen op langere termijn op stroomgebied niveau (Bijkerk 2014). Met name voor vis is de verwachting dat de impact van droogte groot is, omdat deze soortgroep snel reageert. Daarom heeft waterschap Aa en Maas in 2018 en 2019 extra visstand bemonsteringen uit laten voeren en vervolgens een analyse in gang gezet van de verzamelde data. Bureau Waardenburg heeft deze analyse uitgevoerd. In deze rapportage zetten we de resultaten van de analyse uiteen.

1.1 Vraagstelling

De data-analyse richt zich op de volgende onderzoeksvragen:

- Wat zijn de effecten van droogte/stagnatie op de visstand?
- Wat is de rol van mitigerende factoren zoals vispassages?
- Wat is het effect op de EKR-scores?

Hierbij is ook de vraag hoe snel eventueel herstel optreedt en welke soorten of levensstadia het gevoeligst zijn. Aan de hand van de uitkomsten doen we aanbevelingen voor beleid, onderzoek en beheer. Ook doen we aanbevelingen voor gebiedsgerichte maatregelen.



2 Methode

2.1 Aanpak

De analyses zijn uitgevoerd voor een selectie van 43 waterlichamen waar het Waterschap droogval en/of stagnatie heeft geconstateerd (zie tabel 2.1). In totaal heeft het waterschap 52 waterlichamen, droogval en/of stagnatie komt dus in een heel groot deel van de waterlichamen voor. Voor de data-analyses is gebruik gemaakt van data van alle visbemonsteringen van Aa en Maas in deze wateren in de periode tussen 2009 en 2019 (inclusief de droge jaren).

Aan de hand van deze data is een vergelijking gemaakt tussen de visstanden vóór en na de droogte (binnen drooggevallen waterlopen) en van drooggevallen watergangen versus niet-drooggevallen watergangen (binnen eenzelfde jaar). Hierbij zijn de volgende factoren geanalyseerd: (veranderingen in) soortenrijkdom, soortdiversiteit, vislengte, soortgroepen (rheofiele soorten, exoten), soortensamenstelling, visgilden en EKR's.

Toelichting op KRW-maatlatten en begrippen:

KRW-maatlat	een maatlat waarin de kwaliteitsklasse en 'goede ecologische toestand' zijn uitwerkt voor verschillende watertypen.
EKR-score	een getalswaarde tussen 0 en 1 waarmee de kwaliteit van een ecologische parameter wordt aangegeven. Deze wordt berekend met behulp van de KRW-maatlatten
Soortenrijkdom	het aantal soorten in een waterlichaam
Soortdiversiteit	berekende index voor het aantal soorten en de relatieve verdeling van deze soorten binnen een waterlichaam
Visgilde	indeling van vissen in groepen met vergelijkbare ecologie/ levensstrategie, zoals rheofiele, migrerende en plantminnende soorten, maar ook exoten. Visgilden verschillen in soortensamenstelling in verschillende watertypen.
Exoten	een visgilde: niet-inheemse, invasieve soorten
Rheofiel soorten	een visgilde: stromingsminnende soorten

Exoten zijn mogelijk minder vatbaar voor effecten die als gevolg van droogte optreden (o.a. hogere temperaturen en stagnatie), vanwege de hogere tolerantie voor sterk veranderende omstandigheden die deze soorten doorgaans bezitten. Exoten zijn om deze reden apart belicht. Daarnaast besteden we aandacht aan de uitwijkmogelijkheden voor de vissen om de ongunstige periode te overbruggen, zodat ze in een later stadium de beken kunnen herkoloniseren.



2.1.1 Indeling trajecten in verstoringsintensiteit

Voor analyse van de vissendata zijn allereerst de vismeetpunten ingedeeld in mate van droogtestress op basis van de data van de watersysteemanalyse (WSA), droogvalkaarten uit de periode 2010 t/m 2014 en 2018 en validatie door district medewerkers. Hiervoor is een indeling in acht verstoringscategorieën gemaakt (zie tabel 2.1)

De categorisering is gebaseerd op herhaaltijd van droogval (nooit, incidenteel en structureel) en in de mate van stagnatie (kortdurend en langdurend).

De categorie "incidentele droogval" is toegekend wanneer er in periode 2010 t/m 2014 of in 2018 één keer droogval heeft plaatsgevonden. De categorie "structurele droogval" is toegekend wanneer er in periode 2010 t/m 2014 of in 2018 méér dan één keer droogval heeft plaatsgevonden. De categorie "kortdurende stagnatie" is toegekend wanneer stagnatie korter dan 22 dagen duurde, "langdurende stagnatie" is toegekend bij een stagnatie die langer dan 22 dagen duurde. Visbemonsteringen hebben daarbij ook een aanmerking gekregen als er droogval is opgetreden in het jaar van bemonstering of het jaar ervoor ('recente droogval'), omdat dat extra impact kan hebben op de visstand. Naast verstoringsintensiteit is er ook gekeken naar uitwijkmogelijkheden (ja/nee/niet van toepassing) voor vis bij droogval. Het merendeel van de vismeetpunten behoorde tot een vaste verstoringscategorie (i.e. mate van droogtestress) die niet veranderde tussen meetjaren.

Tabel 2.1 Verschillende verstoringsintensiteiten van visbemonsteringen. Kortdurende stagnatie: < 22 dagen, langdurende stagnatie: > 22 dagen, incidentele droogval: één keer droogval in periode 2010 t/m 2014 of in 2018, structurele droogval: meer dan één keer droogval in periode 2010 t/m 2014 of in 2018, recente droogval: droogval in het jaar van bemonstering of het jaar daarvoor, uitwijkmogelijkheid: wel/geen connectie met waterhoudende trajecten bij droogval.

Verstorings-categorie	Mate van droogval/ stagnatie tijdens of jaar voorafgaand aan bemonstering	Herhaaltijd droogval
0	Kortdurende stagnatie	Nooit
1	Kortdurende stagnatie	Incidenteel
2	Kortdurende stagnatie	Structureel
3	Langdurende stagnatie	Nooit
4	Langdurende stagnatie	Incidenteel
5	Langdurende stagnatie	Structureel
6	Recente droogval (korte of langdurende stagnatie)	Incidenteel
7	Recente droogval (korte of langdurende stagnatie)	Structureel

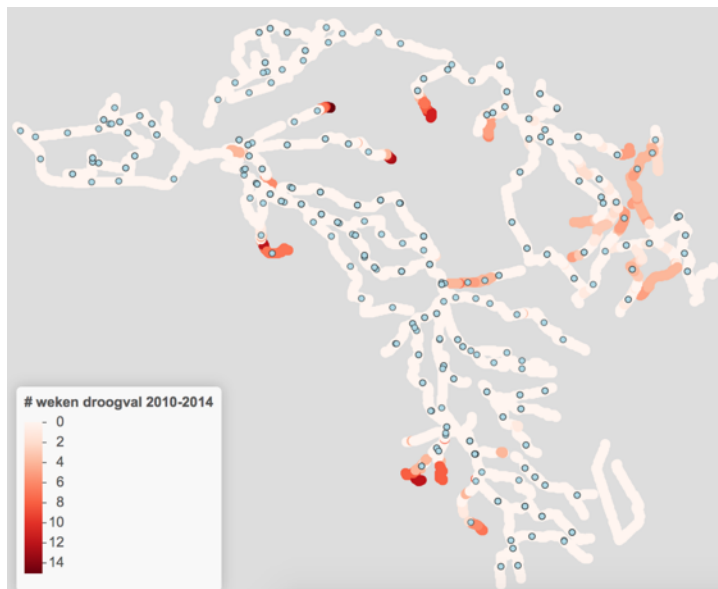


Recente droogval

Visbemonsteringen zijn als ‘recente droogval’ aangeduid wanneer met zekerheid vastgesteld kon worden dat het meetpunt in het jaar van bemonstering of het jaar ervoor is drooggefallen. Deze categorisering kan per meetjaar verschillen voor een meetpunt. De impact op de visstand is vlak na droogval waarschijnlijk een stuk sterker dan een aantal jaren erna, waardoor het zinvol is om deze groep apart te analyseren. Omdat er van een aantal jaren droogvaldata mist (2009, 2016, 2017) of de data onvoldoende geschikt was voor databewerking (2015) is het voor veel bemonsteringen niet goed vast te stellen hoe lang geleden het vorige droogte-event was. Door te focussen op visbemonsteringen waarvoor het wél duidelijk is, is alsnog een indicatie verkregen van de effecten op korte versus langere termijn.

Herhaaltijd droogval

De categorisering van vismeetpunten in herhaaltijd van droogval is hoofdzakelijk gebaseerd op het aantal keren geregistreeerde droogval in de jaren 2010 t/m 2014 waarvoor de meest uitgebreide en betrouwbare droogval data beschikbaar was. Elk meetpunt heeft hierdoor een vaste categorisering voor deze parameter. In deze jaren is om de ~1-4 weken geregistreeerd of er op dat moment droogval plaatsvond. Een overzicht van het totaal aantal geregistreeerde weken droogval in de jaren 2010 t/m 2014 en de ligging van de meetpunten hierbij is beschikbaar in figuur 2.1. Op basis van deze data zijn vismeetpunten ingedeeld in de categorieën nooit (0x), incidentele (1x), of structurele droogval (>1x). Wanneer een meetpunt nooit is drooggefallen in 2010 t/m 2014 maar wel in 2018 (een jaar waar ook uitgebreide droogval data voor beschikbaar was), is de waterloop ter hoogte van het vismeetpunt toch gevoelig voor droogval en is het alsnog geclassificeerd als ‘incidentele droogval’.

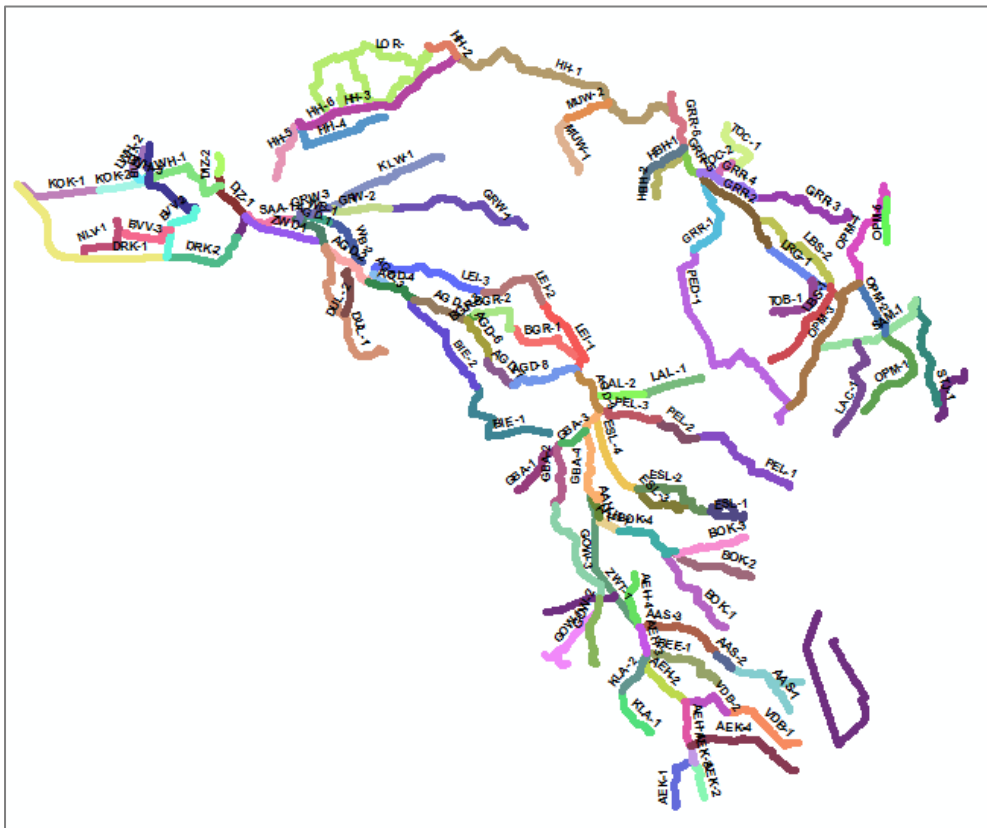


Figuur 2.1 Ligging van vismeetpunten (blauwe punten) ten opzichte van het aantal weken geregistreeerde droogval in de periode 2010 t/m 2014. Data afkomstig van WSA, droogvalkaarten en validatie door district medewerkers.



Mate van stagnatie

Voor de indeling van vismeetpunten in mate van stagnatie hebben we gebruik gemaakt van beschikbare data uit een Watersysteemanalyse (WSA) die in 2018/2019 is uitgevoerd (Schipper et al 2019). Binnen de WSA zijn de KRW-waterlichamen in deeltrajecten ingedeeld (zie figuur 2.2) en is per deeltraject het aantal dagen stagnatie (waarbij stagnatie is gedefinieerd als $<0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ afvoer) in het zomerhalfjaar bepaald over de periode 01-01-2000 t/m 18-07-2018. Dit is gedaan op basis van een selectie van betrouwbare afvoermeetpunten per deeltraject. Het aantal dagen stagnatie per deeltraject is vervolgens toegekend aan de vismeetpunten die in een deeltraject vallen. Elk meetpunt heeft een vaste categorisering voor deze parameter.



Figuur 2.2 Deeltrajecten van KRW-waterlichamen zoals gebruikt in de watersysteemanalyse.

Vismetpunten zijn vervolgens ingedeeld in kortdurende en langdurende stagnatie, waarbij kortdurend als geen knelpunt kan worden gezien voor een karakteristieke visstand in stromende wateren en langdurend als wel een knelpunt. Als grenswaarde tussen deze categorieën is 22 dagen gehanteerd (kleiner of gelijk aan 22 = kortdurend, > 22 = langdurend). Dit sluit aan bij de eerder uitgevoerde WSA en ligt in de range van andere studies. Zo is aangetoond is dat stromingsindicatoren (zij het voor macrofauna) verdwijnen bij stagnatie na 1 maand (Verdonschot en Soons, 2016 en Nöges *et al.*, 2014 in Reeze & Laseroms, 2018).

Omdat in de WSA geen afvoerdata van de M-typen beschikbaar was, is deze indeling alleen uitgevoerd voor de R-typen. Voor de Sint-Jansbeek en de Tochtsloot was ook geen afvoerdata beschikbaar. De vismeetpunten in deze waterlopen zijn, o.a. na navraag bij

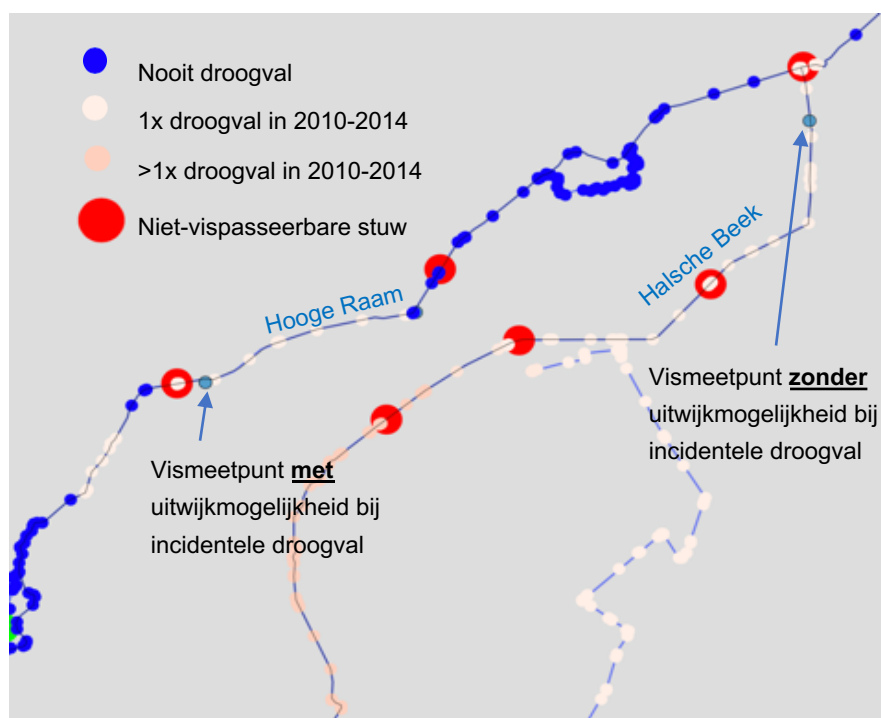


medewerkers van de districten van Aa en Maas, geclassificeerd als langdurige stagnatie, de meest voorkomende categorie.

Uitwijkmogelijkheden bij droogval

Naast bovengenoemde indelingen is ook gekeken naar de uitwijkmogelijkheden voor vis bij droogval. De factor 'uitwijkmogelijkheid' zegt iets over de kans voor vis om een periode van droogte te overleven. Voor elk meetpunt is dit een vaste waarde (op één meetpunt na).

Van alle vismeetpunten waarvan bekend is dat er droogval is opgetreden in de jaren 2010 t/m 2014 en/of 2018 is middels een GIS-analyse vastgesteld of vissen wel of geen uitwijkmogelijkheden hadden tijdens deze droogval (zie figuur 2.3). Een uitwijkmogelijkheid houdt hierbij in dat vissen naar niet-drooggevallen delen watergang konden migreren via een open verbinding of een vispasseerbare barrière (bijv. stuw met vispassage). Dit kan migratie naar een waterhoudend traject binnen dezelfde watergang zijn maar ook naar andere nabijgelegen watergangen. Alle a-watergangen van Aa en Maas zijn hierbij als optionele uitwijkmogelijkheid beschouwd, gebruikmakend van droogval GIS-lagen 2010 t/m 2014 en 2018, vispasseerbaarheid GIS-laag (uit Programma In Beeld) en stuwen GIS-laag (stuwen beheerregister) in combinatie met informatie over bemonsteringsmomenten.



Figuur 2.3 Uitsnede van een deel van de Hooie Raam en de Halsche Beek. Bij de Hooie Raam en de Halsche Beek liggen twee vismeetpunten die beide 'opgesloten' liggen in een beektraject tussen twee niet-passeerbare stuwen. Bij droogval in de periode 2010-2014 bleek in de Hooie Raam in het stuwband waar het vissenmeetpunt in lag nooit droog te vallen. Vissen hadden hier wel een uitwijkmogelijkheid. Bij de Halsche Beek bleek het gehele stuwband droog te vallen. Vissen hadden hier géén uitwijkmogelijkheid. In beide stuwbanden waren geen zijwatergangen aanwezig die als eventuele uitvluchtweg konden dienen.



2.1.2 Dataset

Er is gewerkt met twee datasets aangeleverd door Aa en Maas:

- *Data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2.*
Deze dataset bevat alle waarnemingen omtrent de visbemonstering, zoals aantallen en lengte van gevangen vissoorten per vismeetpunt. Hierbij is geen selectie gemaakt o.b.v. vangtuigen. De categorisering van verstoring per vismeetpunt is uitgevoerd op basis van de eerste aangeleverde versie van deze dataset
- *ToetsenMeetwaarden_Rapport_20200618(155434)*
Deze dataset bevat de berekende EKR-score per vismeetpunt en per jaar en informatie over deelscores, zoals massafracties en soortenaandeel per visgilde.

De dataset bevatte ook wateren en/of vismeetpunten die niet relevant waren voor deze studie of niet uitgewerkt waren in de WSA (watersysteemanalyse). Deze vismeetpunten zijn niet meegenomen in de analyse. Daarnaast zijn ook enkele vismeetpunten buiten beschouwing gelaten die op basis van de (afwezigheid van) GIS-coördinaten niet te koppelen waren aan een waterlichaam of die niet te koppelen waren met vismeetpunten gebruikt in de categorisering van de verstoring (dataset: *categorisering_meetpunt*).

De datasets bevatten vis- dan wel EKR-gegevens van verschillende vismeetpunten binnen het beheergebied van waterschap Aa en Maas die in verschillende jaren bemonsterd zijn (2009, 2012, 2015, 2016, 2017, 2018 en 2019). De verdeling van het aantal vismeetpunten over de verschillende meetjaren, waterlichamen en KRW-typen is inzichtelijk gemaakt in tabel 2.2. Gedurende de monitoringsperiode tussen 2009 en 2019 zijn de waterlichamen in de meeste gevallen tweemaal bemonsterd. In veel gevallen werden niet consequent dezelfde vismeetpunten binnen het waterlichaam bemonsterd tussen de verschillende monitoringsjaren. Bijvoorbeeld binnen de Landmeersche Loop werd in 2012 en 2019 slechts eenmaal hetzelfde vismeetpunt bemonsterd.

De verschillen in bemonsteringsinspanning (aantal vismeetpunten), bemonsteringslocaties (vismeetpunten) en selectie van waterlichamen per KRW-watertype tussen meetjaren maken een degelijke vergelijking tussen jaren of waterlichamen niet gemakkelijk. De dataset leent zich echter wel voor een analyse op niveau van verstoring (i.e. de verstoringscategorie die is toegewezen na de categorisering van de trajecten en/of vismeetpunten (zie paragraaf 2.1.1).



Tabel 2.2 Lijst met geanalyseerde waterlichamen per KRW watertype en het aantal meetpuntlocaties per monitoringsjaar uit de vissen dataset (data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019).

KRW type	Waterlichaam	2009	2012	2015	2016	2017	2018	2019
M1a	Beekgraaf		4					4
	Biezenloop		5					5
	Bossche Sloot en Vlijmensch Vensche Hoofdloop	4		4				
	Dungense Loop		5			1	5	
	Kleine Wetering		3					2
	Lage Raam gegraven	2		2				
	Landmeersche Loop		2					3
	Lorregraaf en andere M1 waterlopen	6			6			
	Luisbroeksche Wetering en Hedikhuizensche Maas	6		6				
	Munsche Wetering	3		3				
	Nieuwe Loonse Vaart	3		3				
	Sambeeksche Uitwetering	3		3				
	St Anthonisloop	2		1				
Voordeldonkse Broekloop		3	3	3				
M3	Groote Wetering		5		4			
	Hertogswetering, Hoefgraaf e.a.	7				15		
	Koningsvliet en Koppelsloot					4		
	Peelkanaal/Defensiekanaal ea	4		4				
M6a	Drongelens Kanaal		5					
	Zuid-Willemsvaart Traverse Helmond					2		
R20	Goorloop tot aan Wilhelminkanaal		8				7	
	Goorloop, Boerdonkse Aa en Aa van Helmond		7				7	
	Graafse Raam, Lage Raam, Peelkanaal ea	10			10			10
	Leijgraaf		6			6		6
	Oeffeltsche Raam ea	2			4			3
	Tochtsloot	2				2		2
	Wambergische Beek		2					2
R4a	Aa, Eeuwselse Loop en Kievitsloop		5				5	
	Astense Aa en Soeloop		5			5		
	Bakelse Aa, Oude Aa en Kaweise Loop		6		6			6
	Beekerloop		2				2	
	Esperloop en Snelle Loop		10					
	Kleine Aa		2					1
	Lactariabeek	2		1				
	Ledeackerse Beek	1		1				
	Oploosche Molenbeek	2			3			2
	Peelse Loop		6					7
Tovensche Beek							2	
R4b	Halsche Beek en Hooge Raam	3				3		
R5	Aa bij Helmond		1		1			
	Aa vanaf Eeuwselse Loop tot Helmond		5		5		4	
	St Jansbeek	4				4		
R6	Aa van Gemert tot Den Bosch		12			12		13

2.1.3 Data-analyse

Na het checken van de dataset op juistheid en volledigheid, is de data inzichtelijk gemaakt door het berekenen van verschillende parameters (soortenrijkdom, soort diversiteit) en het creëren van verschillende tabellen en figuren. De gecorrigeerde Shannon index voor soort diversiteit is als volgt berekend: $H = -1 * \sum(p_i * \ln p_i) - [(S-1)/2N]$, waarbij H de Shannon index voorstelt, p_i het relatieve voorkomen van elke soort, S soortenrijkdom en N het totaal aantal individuen. De analyses zijn gepresenteerd op het niveau van verstoringscategorie en/of verstoringsparameter (mate van stagnatie, herhaaltijd droogval).

Verschillen tussen categorieën zijn inzichtelijk gemaakt met behulp van de berekening van de standaardfout (se) van de gemiddelden waarden (i.e. standaardafwijking (s) gedeeld door de wortel van het aantal waarnemingen (n)). Dit geeft de nauwkeurigheid van een (steekproef)gemiddelde weer. Wanneer de standaardfoutbalken niet overlappen tussen categorieën dan is dit een indicatie voor significantie. Bij vergelijking van meerdere categorieën (bv de 8 verstoringscategorieën) is er een conservatievere kijk nodig,



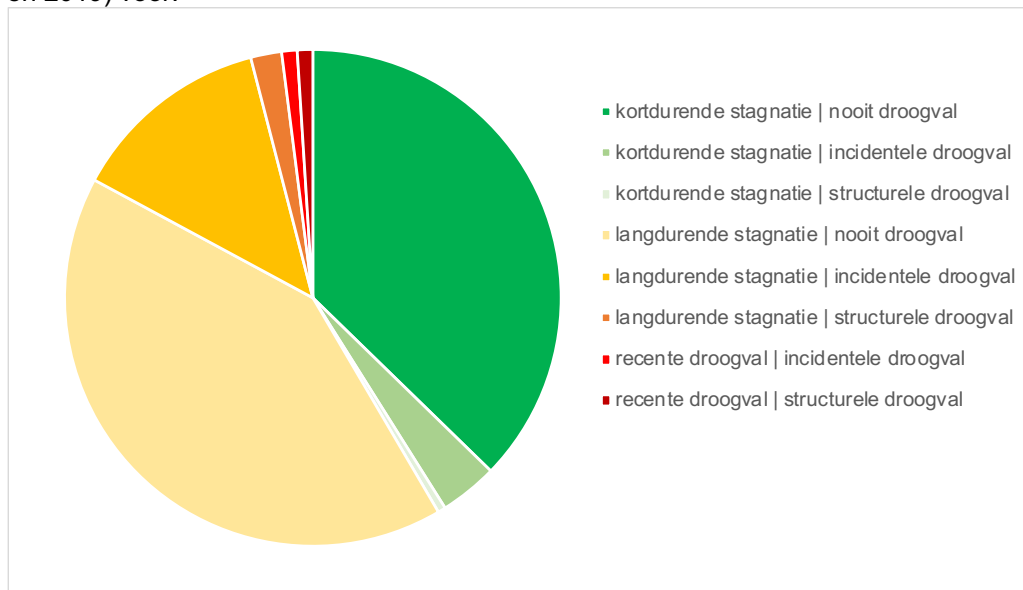
aangezien statisch gezien correcties nodig zijn bij meervoudige vergelijking. Daardoor zijn in deze gevallen de effecten minder betrouwbaar vast te stellen. In de grafieken is het aantal waarnemingen per categorie vermeld, zodat de omvang van de steekproef transparant is. Er zijn geen aanvullende statistische analyses uitgevoerd om significantie aan te tonen m.b.v. p-waarden.



3 Resultaten en discussie

3.1 Droogte in de dataset

In Figuur 3.1 is weergegeven hoe het aantal meetpunt varieert per verstoringscategorie. In de dataset zitten drie droge jaren: 2012, 2018 en 2019 (Bijlage II). De effecten in deze jaren zijn vooral stagnatie van het water (kort of langdurend). Droogval komt in 4% van de geanalyseerde meetpunten in deze droge jaren (9 van de 207 meetpunten in 2012, 2018 en 2019) voor.



Figuur 3.1 Taartdiagram die het aantal meetpunten per verstoringscategorie weergeeft.

De hiernavolgend beschreven correlaties lijken het gevolg te zijn van een droogte effect, maar de correlatie kan deels ook veroorzaakt zijn door (een combinatie met) andere factoren, zoals waterkwaliteit, inrichting, migratiemogelijkheden, ect. De (cumulatieve of interacterende) invloed van deze verschillende factoren is niet onderzocht binnen de scope van deze studie.

3.2 Effecten droogte op soortenrijkdom en soort diversiteit

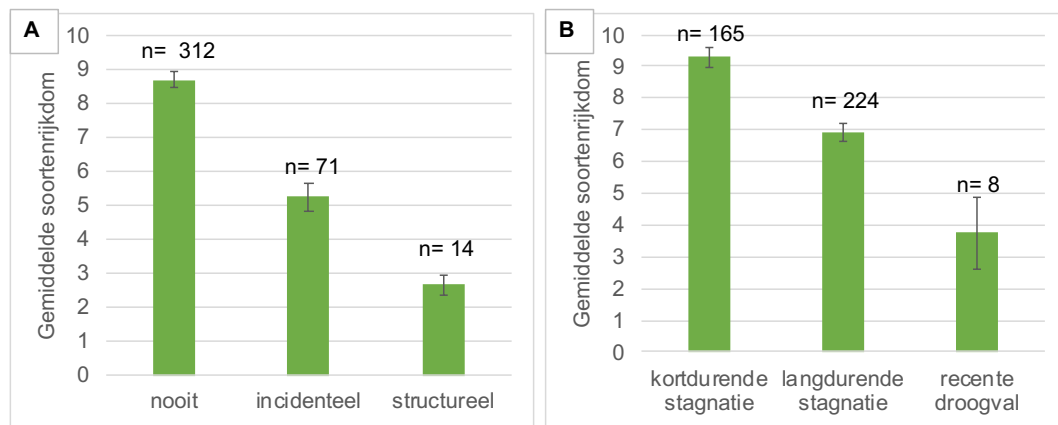
Soortenrijkdom

Hoe meer droogte-effecten, hoe lager de soortenrijkdom. De gemiddelde soortenrijkdom (aantal soorten) is het hoogst op de meetpunten die nooit droogvallen. Uitspraken kunnen worden gedaan over de afzonderlijke parameters “mate van droogval” en “mate van stagnatie”: Structurele droogval leidt zoals verwacht tot de laagste soortenrijkdom (Figuur 3.2A). Langdurige stagnatie leidt tevens tot een lagere soortenrijkdom (Figuur 3.2B). Echter, over de verschillen tussen de gecombineerde verstoringscategorieën (8 categorieën) kunnen geen betrouwbare uitspraken worden

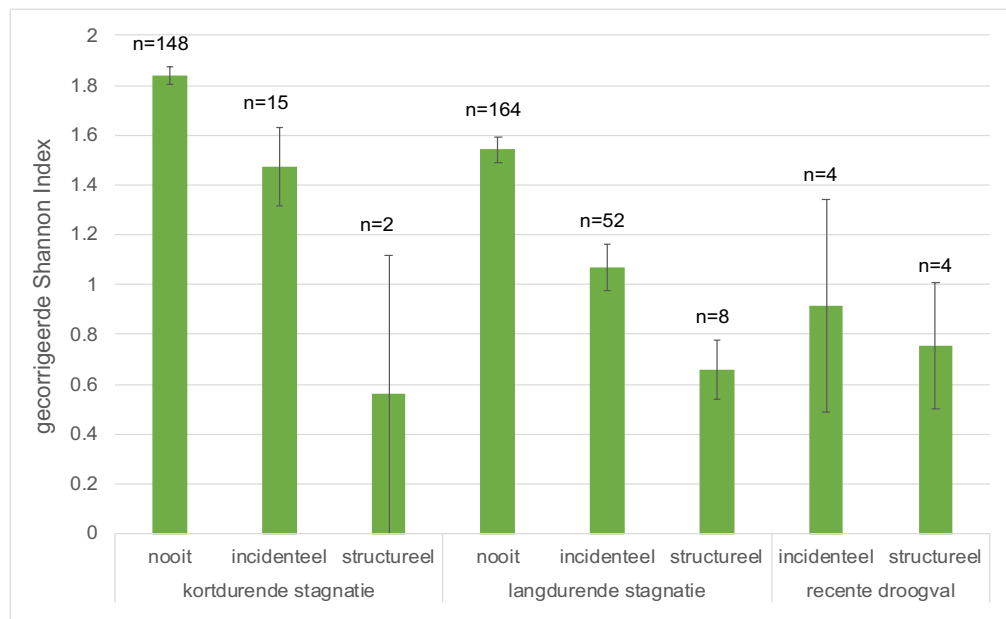


gedaan door het ongelijke en beperkte aantal waarnemingen per verstoringscategorie. Al wijst de afwezigheid van overlap tussen de berekende foutmarges tussen enkele verstoringscategorieën vermoedelijk op significantie (Figuur 3.3).

De analyse laat zien dat de afname in soortenrijkdom zowel geldt voor de mate van droogval (figuur 3.2) als de mate van stagnatie (figuur 3.3). Gemiddeld genomen is de soortenrijkdom lager bij langdurige stagnatie en/of recente droogval (figuur 3.2) en structurele droogval (figuur 3.3).



Figuur 3.2 Gemiddelde soortenrijkdom (i.e. gemiddelde aantal vissoorten) per mate van droogval (nooit droogval, incidentele droogval, structurele droogval) (A: links) en mate van stagnatie (kortdurend, langdurend en recente droogval) (B: rechts). Gemiddelde \pm standaardfout, n = aantal meetpunten. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 gekoppeld met categorisering_meetpunt).

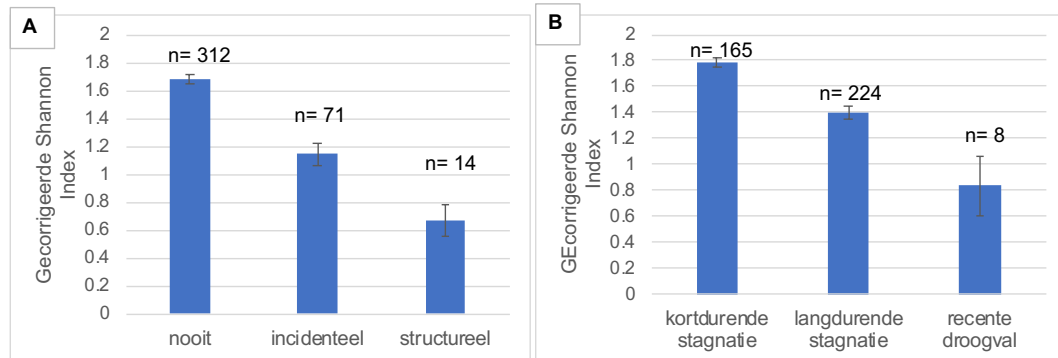


Figuur 3.3 Gemiddelde soortenrijkdom (i.e. gemiddelde aantal vissoorten) per verstoringscategorie. Bovenste regel x-as = herhaaltijd droogval, onderste regel x-as = mate van stagnatie. n = aantal meetpunten. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 gekoppeld met categorisering_meetpunt).

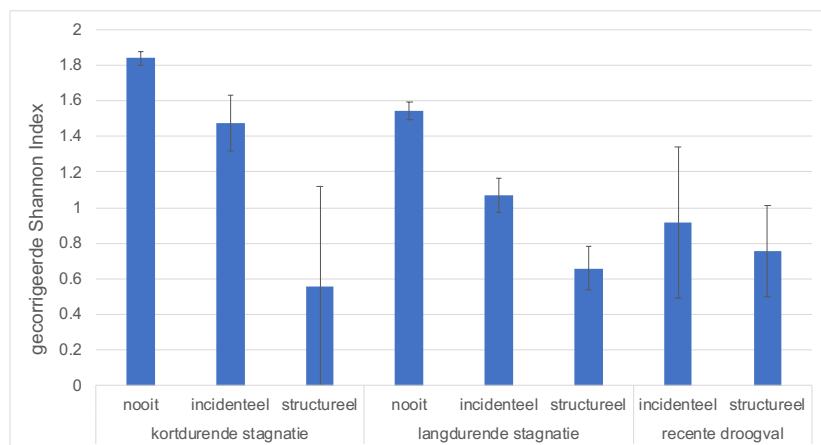


Soort diversiteit

De soort diversiteit (Shannon index) houdt rekening met het aantal soorten en de verdeling van de aantallen per soort en is daarmee een goede maat voor de evenwichtigheid van de levensgemeenschap. De Shannon index neemt toe naarmate zowel de soortenrijkdom als de gelijkmatigheid van de gemeenschap toeneemt. Bijvoorbeeld, als een bepaalde soort dominant aanwezig is in de soortgemeenschap, dan neemt de gelijkmatigheid van de gemeenschap af. De soortdiversiteit was lager in trajecten die vaak of recent zijn drooggevallen (Figuur 3.4A), evenals bij toenemende mate van stagnatie (Figuur 3.4B). Op het niveau van verstoringscategorieën is het aantal waarnemingen per categorie te laag om uitspraken te doen (Figuur 3.5). **Droogte heeft dus ook een negatief effect op de soort diversiteit.** Dit betekent dat met toenemende droogtestress zowel het aantal soorten afneemt als ook de dominantie van enkele soorten toeneemt. Dit laatste wijkt dus af van de 'normale' predator-prooiverhouding in een visgemeenschap.



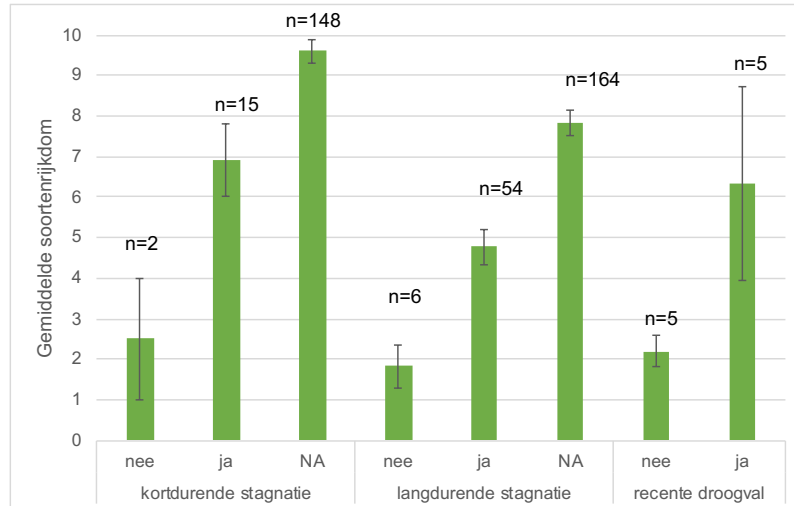
Figuur 3.4 Gemiddelde Shannon index (i.e. soortdiversiteit) per mate van droogval (nooit droogval, incidentele droogval, structurele droogval) (A: links) en mate van stagnatie (kortdurend, langdurend en recente droogval) (B: rechts). Gemiddelde \pm standaardfout, n = aantal meetpunten. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 gekoppeld met categorisering_meetpunt).



Figuur 3.5 Gemiddelde Shannon index (i.e. soort diversiteit) per verstoringscategorie. Bovenste regel x-as = mate van droogval, onderste regel x-as = mate van stagnatie. Gemiddelde \pm standaardfout, n = aantal meetpunten. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 gekoppeld met categorisering_meetpunt).



In geval van droogte lijkt de mogelijkheid om uit te wijken (b.v. via een vispassage) een positieve invloed te hebben op de soortenrijkdom (figuur 3.6). Dit effect lijkt sterker bij kortdurende stagnatie dan bij langdurende stagnatie. Het aantal waarneming is aan de lage kant om een betrouwbare uitspraak te doen, al wijst de afwezigheid van overlap tussen de berekende foutmarges op significantie.



Figuur 3.6 De gemiddelde soortenrijkdom per mate van stagnatie (kortdurend, langdurend en recente droogval) en bij de aan (ja)- of afwezigheid (nee) van een uitwijkmogelijkheid. Bovenste regel x-as = uitwijkmogelijkheid tijdens droogte (Nee = geen uitwijkmogelijkheid, ja = wel uitwijkmogelijkheid, NA = niet van toepassing, want het traject bleef watervoerend), onderste regel x-as = mate van stagnatie. Gemiddelde \pm standaardfout, n = aantal meetpunten. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 en categorisering_meetpunt).

Relatieve aandeel soortgroepen

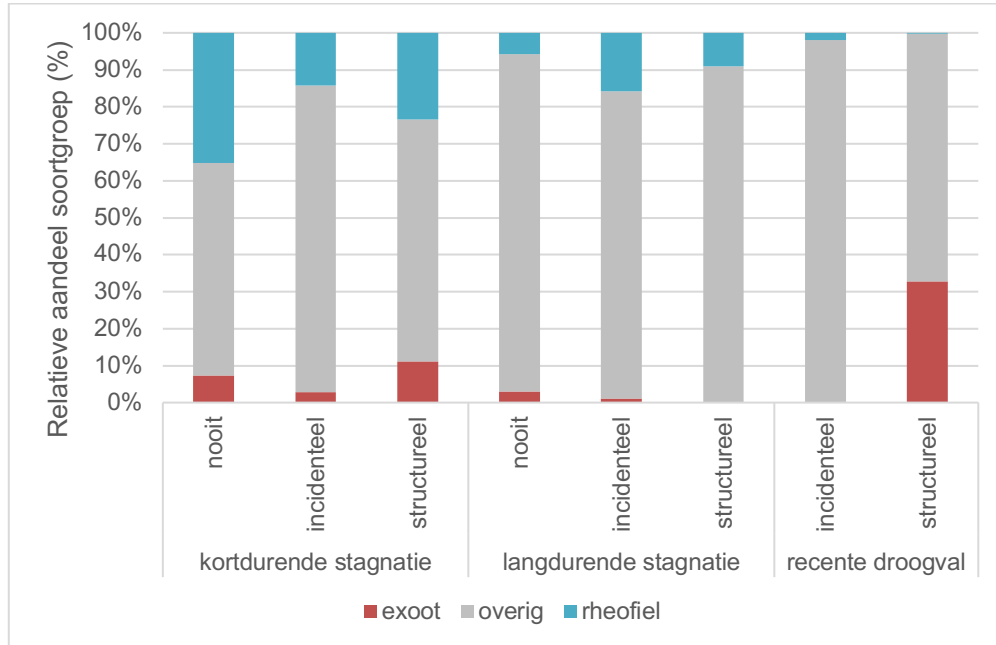
Om nog meer inzicht te krijgen in de effecten op de visstand, zoomen we in op soort niveau. Hierbij kijken we eerst naar de soortgroepen en daarna naar de individuele soorten. Naarmate we verder inzoomen neemt het aantal waarnemingen per categorie (bijvoorbeeld per soort) af, waardoor de gesignaleerde ontwikkelingen als indicatief beschouwd moeten worden.

Vissoorten zijn voor deze rapportage gegroepeerd als “rheofiele soorten”, “exoten” en “overige (eurytope) soorten” (zie Bijlage 1). De karper is in het kader van droogte opgenomen onder de soortgroep exoten, aangezien deze soort in een ver verleden uit Azië is overgekomen en dezelfde tolerantie deelt als andere exoten voor b.v. temperatuur.

Een eerste patroon dat zich aftekent, is dat bij structurele droogval het aandeel exoten hoog is in de wateren waar ook recente droogval is (figuur 3.7, namelijk Amerikaanse hondsvij, marmelgronnel en gibel). Dit past in het beeld dat deze groep beter bestand is tegen verstoringen, zoals droogte, mede dankzij de hogere reproductiesnelheid en brede milieutolerantie (Leuven 2017). **Rheofiele soorten zijn bij de locaties met recente droogval nagenoeg afwezig.** De factor “verbinding” speelt hier geen rol bij: sommige

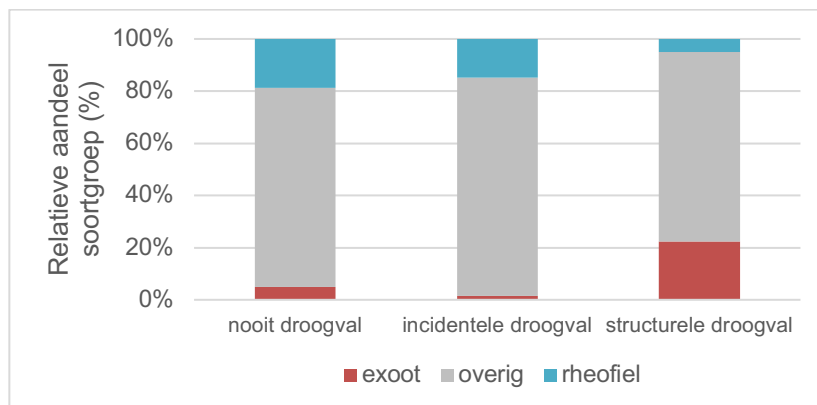


deellocaties zijn wel verbonden via vispassages (Landmeersche Loop (1 locatie) en Wambergse Beek (2 locaties) en sommige niet (Goorloop tot aan Wilhelminakanaal (1 locatie), Kleine Aa (1 locatie), Landmeersche Loop (2 locaties) en Tovensche Beek (2 locaties)). Dit wijst erop dat rheofiele soorten, zoals verwacht, slecht bestand zijn tegen droogte.

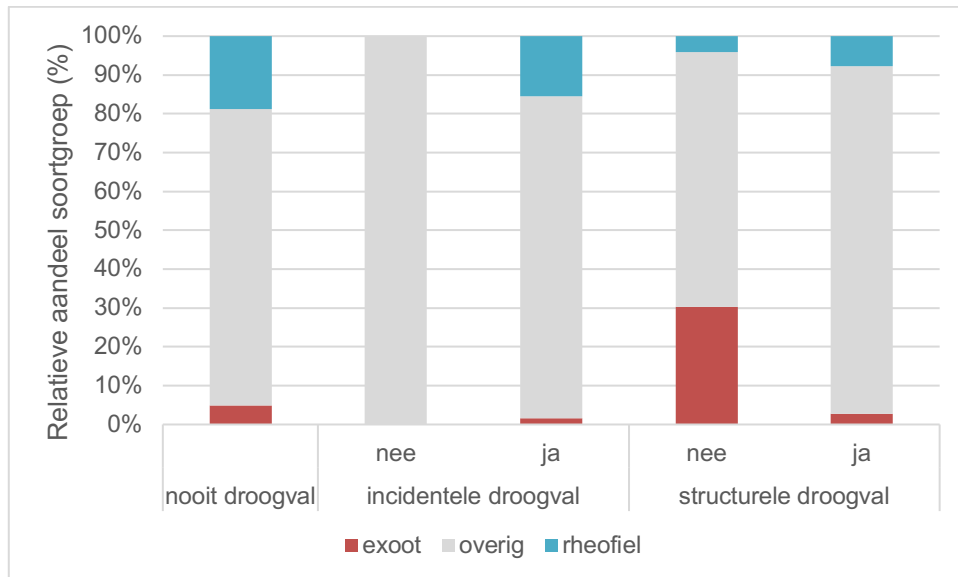


Figuur 3.7 Het relatieve aandeel van rheofiele vissoorten, exoten en overige soorten per verstoringscategorie.

Zowel het negatieve effect op rheofiele soorten als het positieve effect op exoten lijkt met de frequentie van de verstoring te maken te hebben: **bij incidentele en structurele droogval, komen minder rheofiele soorten voor dan zonder droogval of alleen in 2018. Exoten doen het juist goed bij structurele droogval** (figuur 3.8). **Uitwijkmogelijkheden mitigeren dit effect:** rheofiele soorten weten zich dan beter te handhaven en exoten krijgen minder snel de overhand (figuur 3.9).

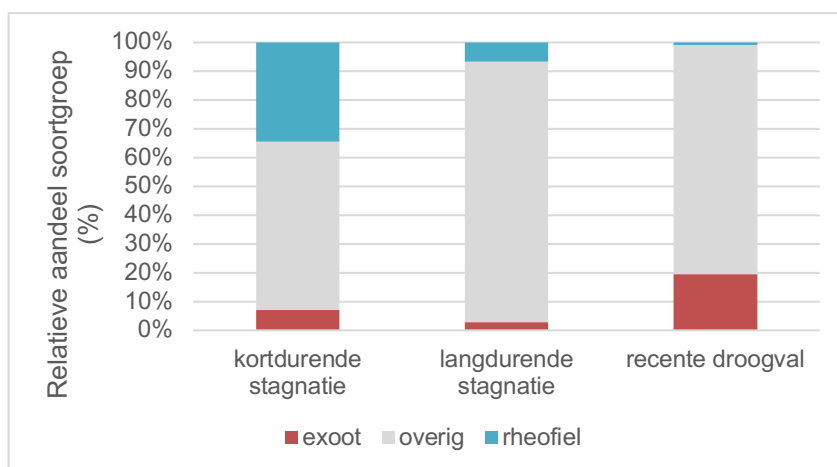


Figuur 3.8 Het relatieve aandeel van rheofiele vissoorten, exoten en overige soorten in relatie tot de herhaaltijd van droogval (nooit, incidenteel en structureel).

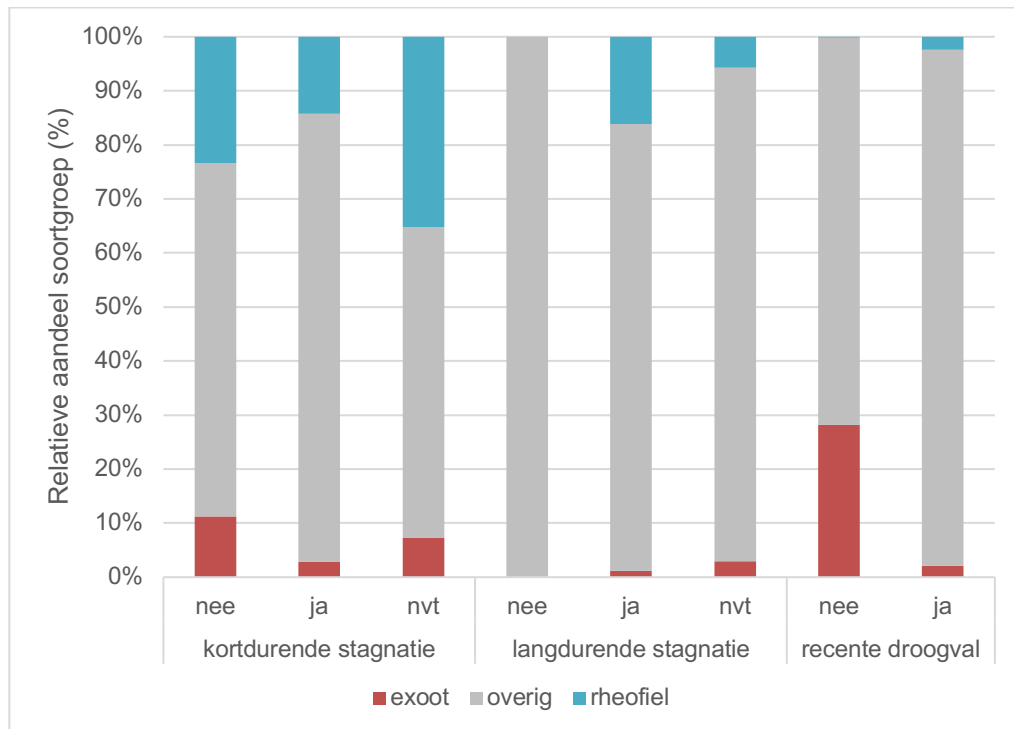


Figuur 3.9 De invloed van het bestaan van een uitwijkmogelijkheid (ja/nee) in relatie tot de herhaaltijd van droogval (nooit, incidenteel en structureel) op het relatieve aandeel van rheofiele vissoorten, exoten en overige. Bovenste regel x-as = uitwijkmogelijkheid tijdens droogte (Nee = geen uitwijkmogelijkheid, ja = wel uitwijkmogelijkheid), onderste regel x-as = herhaaltijd droogval. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 en categorisering_meetpunt).

Ook de duur van de ongunstige situatie doet ertoe: **hoe langer het gebrek aan stroming duurt, des te minder rheofiele soorten** lijken nog voor te komen. Ook hier geldt dat uitwijkmogelijkheden dit effect mitigeren. **Op locaties die recent zijn drooggevallen komen nagenoeg geen rheofiele soorten meer voor** (figuur 3.10). Zelfs met een uitwijkmogelijkheid is hun aanwezigheid minimaal. Kennelijk is er enige hersteltijd nodig. Exoten lijken minder last te hebben van de afwezigheid van een uitwijkmogelijkheid (figuur 3.11). Het is onduidelijk of exoten het langer volhouden dan de inheemse soorten en daardoor overblijven, of dat ze juist profiteren van afwezigheid van een uitwijkmogelijkheid.



Figuur 3.10 Het relatieve aandeel van rheofiele vissoorten, exoten en overige soorten in relatie tot de mate van stagnatie (kortdurend, langdurend, recente droogval).

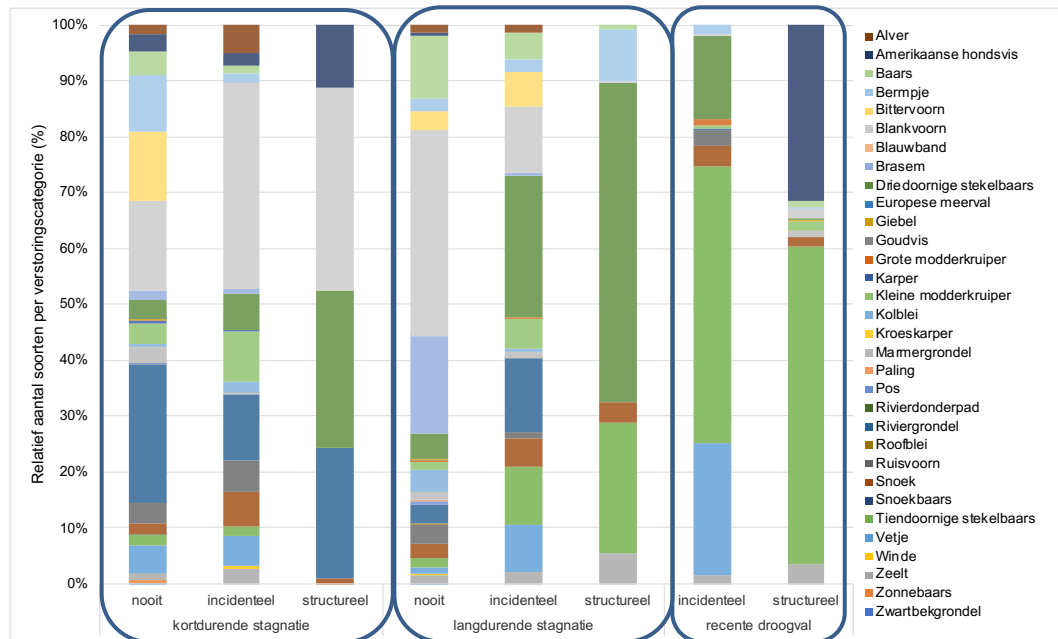


Figuur 3.11 De invloed van het bestaan van een uitwijkmogelijkheid (ja/nee) in relatie tot de mate van stagnatie (kortdurend, langdurend en recente droogval) op het relatieve aandeel van rheofiele vissoorten, exoten en overige. Bovenste regel x-as = uitwijkmogelijkheid tijdens droogte (Nee = geen uitwijkmogelijkheid, ja = wel uitwijkmogelijkheid), onderste regel x-as = herhaaltijd droogval. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 en categorisering_meetpunt).

Als we inzoomen op soort niveau zien we enkele patronen:

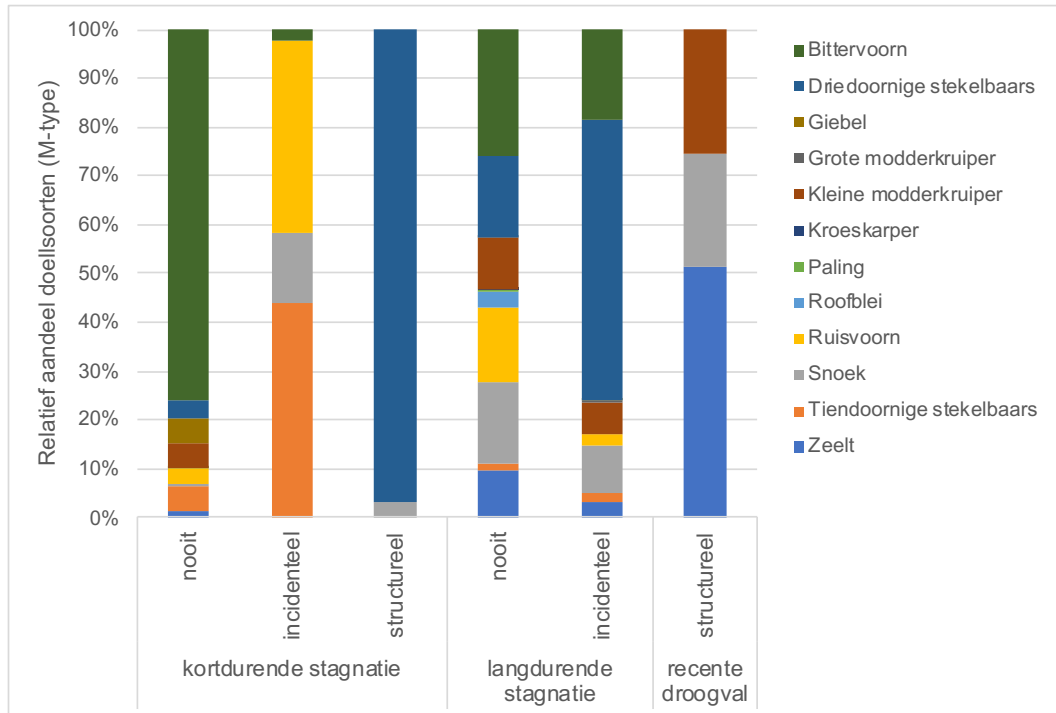
- Hoger aandeel *Umbra pygmaea* (Amerikaanse hondsvij) bij meer verstoring;
- Hoger aandeel *Gasterosteus aculeatus* (Driedoornige stekelbaars) bij meer verstoring.
- Hoger aandeel *Pungitius pungitius* (Tiendoornige stekelbaars) bij meer verstoring;

Het lage aantal waarnemingen maakt het moeilijk conclusies op soortsniveau te trekken. Wel hebben de bovengenoemde drie soorten een brede milieutolerantie, met name de eerste twee.

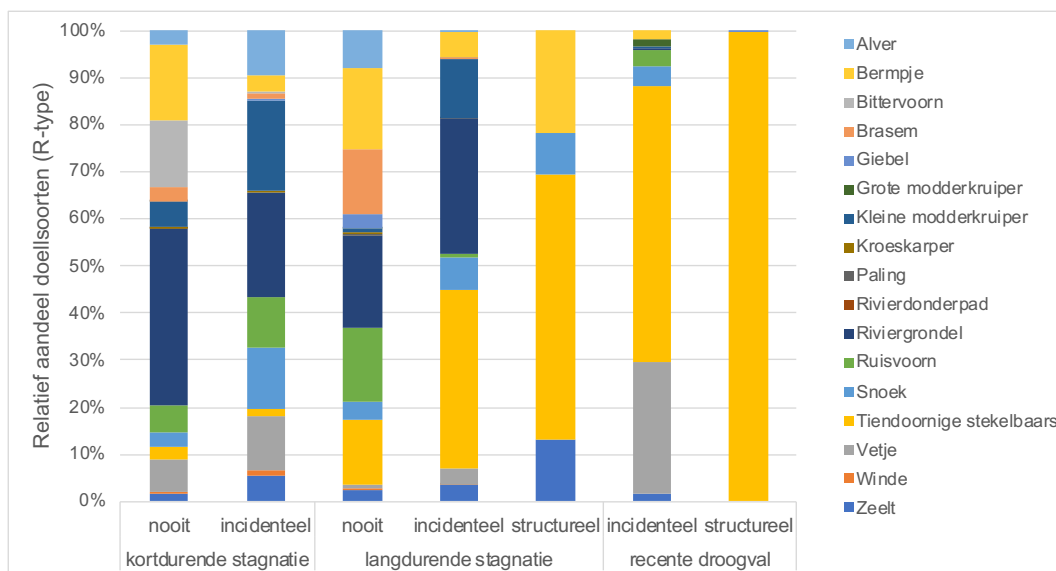


Figuur 3.12 Staafdiagram met het relatieve aantal individuen per vissoort (%) per verstoringscategorie. In totaal zijn er 32 vissoorten aangetroffen in de onderzochte waterlichamen. De gebruikte kleur per vissoort is op alfabetische volgorde weergegeven in de legenda. Dezelfde volgorde van kleuren is aangehouden in het staafdiagram, van 100% naar 0%,

Als we onderscheid maken naar watertype dan zien we dat zowel bij de M- als de R-typen bittervoorn (*Rhodeus amarus*) baat heeft bij zo min mogelijk verstoring (aandeel grootst bij nooit droogval) (figuur 3.13 en 3.14). Dit is te verwachten bij deze soort die hoort bij laag-dynamische wateren en die voor zijn voortplanting afhankelijk is van zoetwatermosselen. In de M-wateren zien we verder dat het aandeel kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*) het hoogst is bij langdurige stagnatie. Ook dat is te verwachten voor een soort van laagdynamische wateren. Opvallend is de toename van het aandeel kleine modderkruiper bij structurele droogval (figuur 3.13). Kleine modderkruipers zijn in staat te overleven bij extreem lage zuurstofconcentraties omdat zij gebruik kunnen maken van darmademhaling. Ook kunnen de vissen hierdoor extreme watertemperaturen en periodes van droogte overleven. In het laatste geval graven ze zich in de modder- bodem in. Bij de R-typen zien we verder nog een toename van het aandeel tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*, oranje) bij hogere verstoringscategorie (figuur 3.13), zoals al eerder geconstateerd (figuur 3.14).



Figuur 3.13 De relatieve soortsamenstelling per verstoringscategorie voor doelsoorten van M-type wateren (STOWA 2018a). De gebruikte kleur per vissoort is op alfabetische volgorde weergegeven in de legenda. Dezelfde volgorde van kleuren is aangehouden in het staafdiagram, van 100% naar 0%,



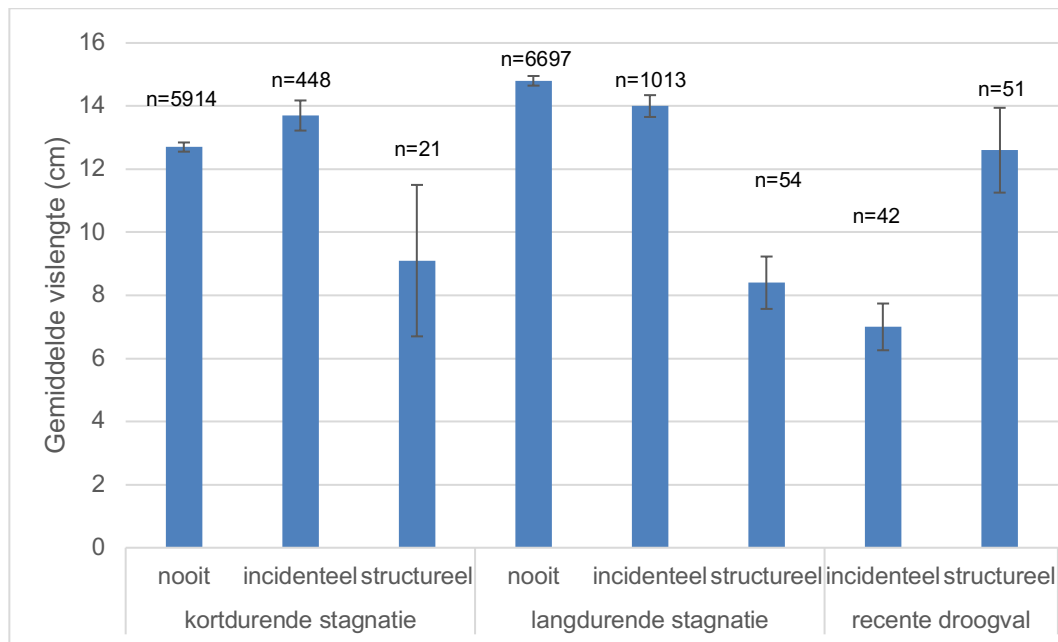
Figuur 3.14 De relatieve soortsamenstelling per verstoringscategorie voor doelsoorten van R-type wateren (STOWA 2018b). De gebruikte kleur per vissoort is op alfabetische volgorde weergegeven in de legenda. Dezelfde volgorde van kleuren is aangehouden in het staafdiagram, van 100% naar 0%,



3.3 Effecten droogte op vislengte

De verwachting is dat droogte een negatief effect op de vislengte heeft: grote vis sterft of zwemt weg en juveniele vis overleeft makkelijker in stagnant of weinig water. Een bekend effect van verstoring in het algemeen is bovendien dat de jonge (en dus kleinere) leeftijdsklasse relatief toeneemt (Bakker 1987).

De dataset blijkt echter ongeschikt voor een degelijke analyse: er tekent zich geen duidelijk verband af tussen vislengte en mate van droogte (Figuur 3.15). Wat mogelijk meespeelt is dat de soortensamenstelling sterk verschilt tussen de verstoringscategorieën (Figuur 3.12, 3.13 en 3.14). Met de soort verschuivingen veranderen ook de vislengtes. De data zijn echter te beperkt voor een analyse van de vislengtes op het niveau van individuele soorten (te weinig waarnemingen per lengteklasse, per soort, per verstoringscategorie).



Figuur 3.15 Gemiddelde vislengte per verstoringscategorie. Bovenste regel x-as = herhalingstijd van droogval (nooit, incidenteel, structureel), onderste regel x-as = mate van stagnatie. Gemiddelde \pm standaardfout, n = aantal gemeten vissen. (bron: data_VISSEN_Aquadesk_2009-2019_v2 en categorisering_meetpunt).



3.4 Effecten op de KRW

De gesignaleerde effecten van droogte op de visstand zouden tot een lagere EKR-score kunnen leiden. Omdat de EKR-score via een ingewikkelde berekening tot stand komt, is dit niet 1 op 1 te voorspellen op basis van de visstand. Het eventuele effect is daarom apart geanalyseerd. Hierbij hebben we onderscheid gemaakt in de M- en R-typen omdat de maatlaten per type sterk verschillen.

Bij de M-typen (sloten en kanalen) zien we sterke aanwijzingen dat hoe langer de stagnatie, hoe hoger de EKR-score (figuur 3.16). Hierbij zijn maar voor twee categorieën voldoende data om deze vergelijking te maken:

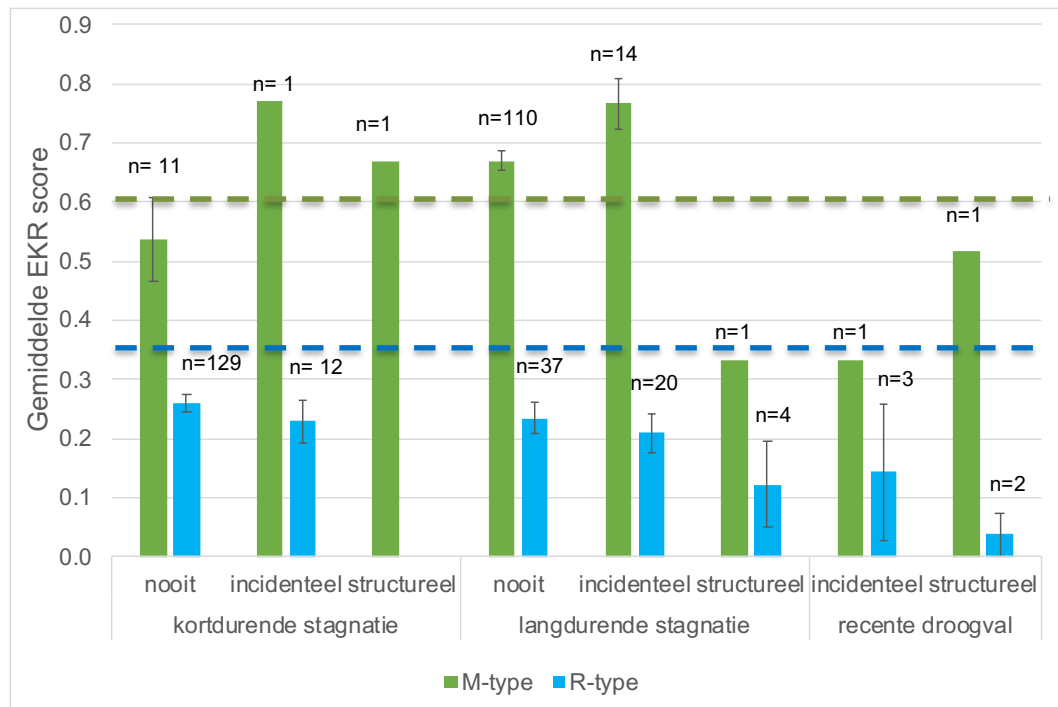
- EKR nooit droogval | kortdurende stagnatie: 0,54 (n=11)
- EKR nooit droogval | langdurende stagnatie: 0,67 (n=110)
- EKR rest niet betrouwbaar >>> n =14 of n= 1

Mogelijk is een verklaring dat op de maatlat voor de M-typen juist soorten staan die gebaat zijn bij laag dynamische situaties en dus geen voorkeur hebben voor stroming.

N.B.: De maatlat voor Sloten en Kanalen is bovendien geen hele strenge maatlat, waardoor de meeste sloten en kanalen in het beheergebied vrij makkelijk een EKR van 0,60 halen voor vissen.

Bij de R-typen (natuurlijke wateren) zien we, tegen verwachting in, geen effect van stagnatie. **Alleen bij incidentele en vooral bij structurele droogval lijken er aanwijzingen dat er een negatief effect is op de EKR is bij de R-typen** (figuur 3.16). Hierbij maakt het lage aantal waarnemingen de onzekerheid groot (n=4 en n=2). Wat hier mogelijk een rol speelt is dat in de meeste R-wateren relatief weinig gevoelige rheofiele soorten aanwezig zijn (figuur 3.18).

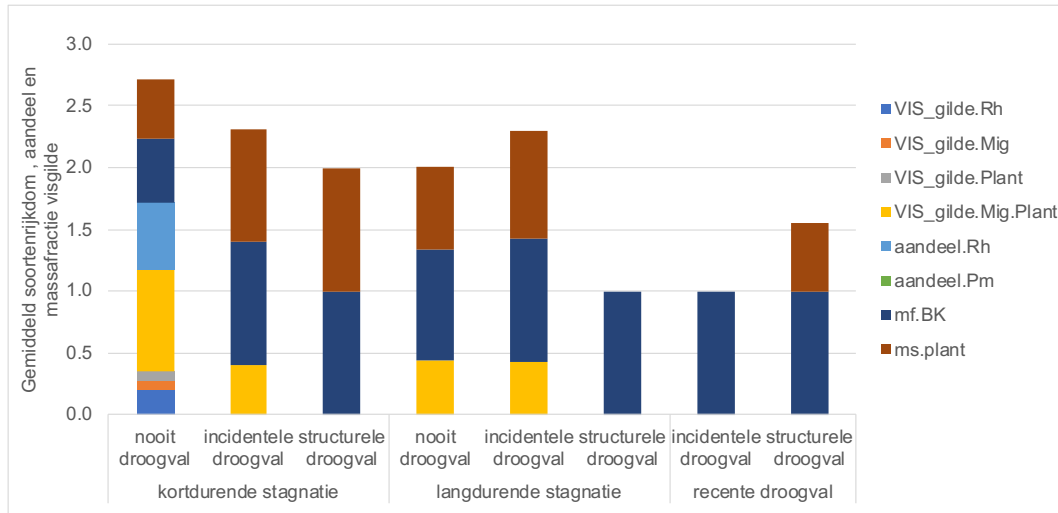
Bij de R-typen zien we dat de EKR-scores in elke verstoringscategorie onder de gemiddelde GEP-waarde liggen (geactualiseerde doelen 2021-2027, SGBP3) (figuur 3.16). Dit betekent dat de doelen over het algemeen (nog) niet worden gehaald. Bij de M-typen worden de doelen over het algemeen wel gehaald, behalve voor de verstoringscategorieën 0, 5, 6 en 7. Opgemerkt moet worden dat ook voor de wateren waar nooit kortdurende stagnatie is (verstoringscategorie 0) de gestelde KRW-doelen niet gehaald worden (zowel voor R als M-typen). Het doelbereik wordt dan ook door meer factoren bepaald dan alleen de hier geanalyseerde droogte-gerelateerde parameters.



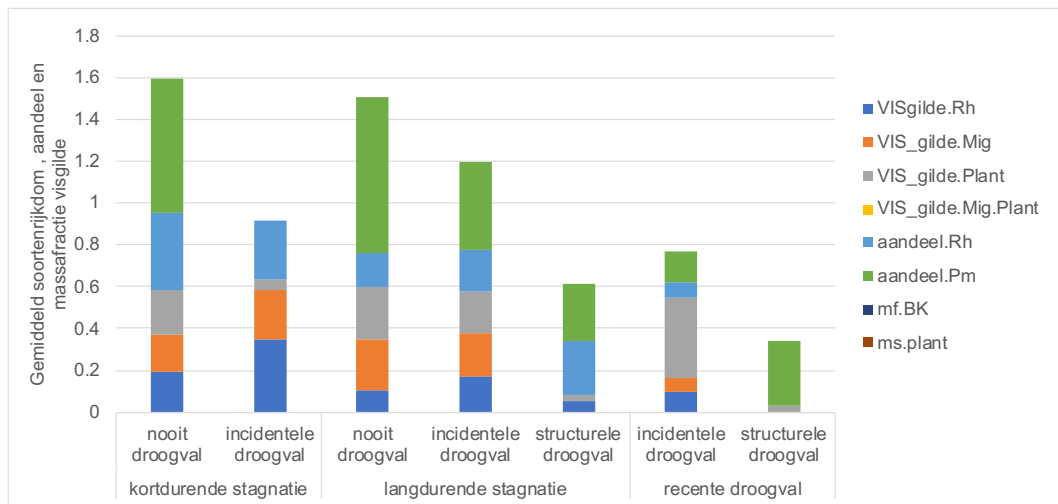
Figuur 3.16 De gemiddelde EKR-score van M-type wateren (groene balken) en R-type wateren (blauw) per verstoringscategorie. Groene stippellijn geeft de gemiddelde GEP-waarde voor M-type wateren in deze studie (0.60 ± 0.00), blauwe stippellijn geeft de gemiddelde GEP-waarde voor R-type wateren in deze studie (0.33 ± 0.03). Gemiddelde \pm standaardfout, n = aantal vismeetpunten. (bron: ToetsenMeetwaarden_Rapport_20200618(155434) en categorisering_mmeetpunt).

Als we inzoomen op de deelmaatlatten achter de KRW-maatlat voor vis, om te bepalen welke onderdelen het meest van invloed zijn op de EKR-score, dan zien we dat bij de M-typen de massafractie brasem-karper vrij constant is en weinig wordt beïnvloed door droogte (figuur 3.17). De massafractie plantminnende soorten ontbreekt bij twee droogval categorieën, die daardoor lager scoren, maar het aantal waarnemingen is laag (n=1). Wel valt op dat de meeste visgilden vertegenwoordigd zijn in situaties met de minste verstoring: kortdurende stagnatie en nooit droogval.

Bij de R-typen zien we dat het aandeel **plantminnende soorten lijkt te worden beïnvloed door de droogte**. Niet stagnatie, maar droogval heeft een negatieve invloed op deze soorten. **Soorten uit het migratie gilde lijken te verdwijnen bij structurele droogval**, zowel bij de M als R-typen (figuur 3.17). Rheofiele soorten laten geen consistent beeld zien, maar zijn wel het best vertegenwoordigd op locaties met kortdurende stagnatie die nooit droogvallen.



Figuur 3.17 Staafdiagram voor M-typen met de gemiddelde beoordeling van deelmaatlaten en indicatoren voor de berekening van de EKR-score, waaronder soortenrijkdom, soortenaandeel en/of massafractie per visgilde. (bron: ToetsenMeetwaarden_Rapport_20200618(155434) en categorisering_meetpunt).



Figuur 3.18 Staafdiagram voor R-typen met de gemiddelde beoordeling van deelmaatlaten en indicatoren voor de berekening van de EKR-score, waaronder soortenrijkdom, soortenaandeel en/of massafractie per visgilde. (bron: ToetsenMeetwaarden_Rapport_20200618(155434) en categorisering_meetpunt).

VIS_gilde.Rh	Soortenrijkdom Visgilde - rheofiele soort (Rh)
VIS_gilde.Mig	Soortenrijkdom Visgilde - migrerende soort (Mi)
VIS_gilde.Plant	Soortenrijkdom Visgilde - plantminnende soort (Pm)
VIS_gilde.Mig.Plant	Soortenrijkdom Visgilde - plantminnende en migrerende soort (PmM)
aandeel.Rh	Soortenaandeel Visgilde - rheofiele soort (Rh)
aandeel.Pm	Soortenaandeel Visgilde - plantminnende soort (Pm)
mf.BK	Massafractie Visgroep - brasem en karper (BK)
ms.plant	Massafractie Visgilde - plantminnende soort (Pm)



3.5 Toekenning numerieke verstoringsintensiteit per waterlichaam

Op basis van de gepresenteerde resultaten en expert-judgement is een numerieke waarde toegekend aan iedere verstoringscategorie, de zgn. verstoringsintensiteit. Aan de hand van de effecten van de verstoringscategorieën op o.a. soortenrijkdom en soortdiversiteit is de volgorde van toenemende verstoringsintensiteit bepaald, met “kortdurende stagnatie in combinatie met nooit droogval” als laagste verstoring en “recente droogval in combinatie met structurele droogval” als hoogste verstoring, zoals gepresenteerd in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Overzicht van verstoringsparameters (mate van stagnatie en herhaaltijd van droogval) en categorieën (0 t/m 7) en de toegekende numerieke verstoringsintensiteit.

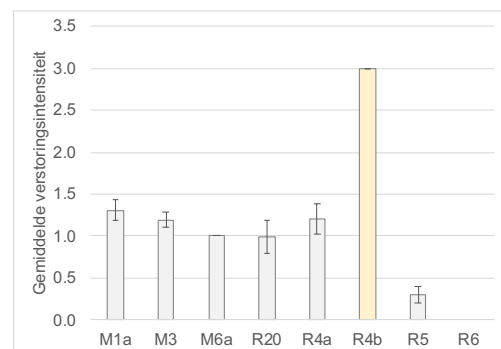
Mate van droogval	Herhaaltijd van droogval	Verstorings-categorie	Verstorings-intensiteit (numeriek)
kortdurende stagnatie	nooit	No. 0	0
kortdurende stagnatie	incidenteel	No. 1	2
kortdurende stagnatie	structureel	No. 2	4
langdurende stagnatie	nooit	No. 3	1
langdurende stagnatie	incidenteel	No. 4	3
langdurende stagnatie	structureel	No. 5	5
recente droogval	incidenteel	No. 6	6
recente droogval	structureel	No. 7	7

Op basis van de toegekende waarden voor verstoringsintensiteit zijn gemiddelden berekend voor verschillende KRW-watertypen (tabel 3.2), waterlichamen binnen het R-type (tabel 3.3) en waterlichamen binnen het M-type (tabel 3.4).

Uit tabel 3.2 blijkt dat watertype R4b (permanent langzaam stromende beek op zand) de hoogste gemiddelde verstoringsintensiteit kent. De dataset bevat één waterlichaam van dit watertype: Halsche Beek en Hoge Raam, een droogvallende beek. Dit is ook het watertype waarvan de KRW-doelen vaak het lastigst te realiseren zijn.

Tabel 3.2 Overzicht van KRW-watertypen, de gemiddelde numerieke verstoringsintensiteit over de periode 2010-2019 en het aantal waarnemingen.

KRW watertype	Gemiddelde verstoringsintensiteit	Aantal waarnemingen
M1a	1.3	91
M3	1.2	42
M6a	1.0	7
R20	1.0	77
R4a	1.2	67
R4b	3.0	3
R5	0.3	23
R6	0	37





Er zijn grote verschillen aan te duiden in de verstoringsintensiteit per waterlichaam (tabel 3.3 en 3.4). Zo hebben de Tovensche beek (KRW-type R4a), de Wambergse beek (KRW-type R20) en de Oeffeltsche raam (KRW-type R20) de meeste last van stagnatie en droogval. Bij de M-typen springt de Landmeersche loop (KRW-type M1a) eruit in negatieve zin. Aan de hand van deze rangschikking kunnen gebiedsgerichte maatregelen ontworpen worden (zie hoofdstuk 5).

Tabel 3.3 Lijst met waterlichamen behorende tot R-typen, de gemiddelde verstoringsintensiteit berekend over de periode 2010-2019 op basis van de herziene waarden en het aantal waarnemingen. Grijs: lage verstoringsintensiteit; lichtgeel: matige verstoringsintensiteit; donkergeel: hoge verstoringsintensiteit.

KRW watertype	Waterlichaam	Gemiddelde verstoringsintensiteit	Aantal waarnemingen
R4a	Aa, Eeuwselse Loop en Kievitsloop	1.0	7
R4a	Astense Aa en Soeloop	0	9
R4a	Bakelse Aa, Oude Aa en Kaweise Loop	0	18
R4a	Beekerloop	1.0	3
R4a	Esperloop en Snelle Loop	1.6	9
R4a	Kleine Aa	3.7	3
R4a	Lactariabeek	3.0	1
R4a	Ledeackerse Beek	3.0	1
R4a	Oploosche Molenbeek	3.0	5
R4a	Peelse Loop	1.9	10
R4a	Tovensche Beek	6.0	1
R4b	Halsche Beek en Hooge Raam	3.0	3
R5	Aa bij Helmond	0	2
R5	Aa vanaf Eeuwselse Loop tot Helmond	0	14
R5	St Jansbeek	1.0	7
R6	Aa van Gemert tot Den Bosch	0	37
R20	Goorloop tot aan Wilhelminakanaal	0.6	12
R20	Goorloop, Boerdonkse Aa en Aa van Helmond	0	12
R20	Graafse Raam, Lage Raam, Peelkanaal ea	0.9	22
R20	Leijgraaf	0	18
R20	Oeffeltsche Raam ea	4.1	7
R20	Tochtsloot	1.0	2
R20	Wambergse Beek	4.5	4



Tabel 3.4 Lijst met waterlichamen behorende tot M-typen, de gemiddelde verstoringsintensiteit berekend op basis van de herziene waarden en het aantal waarnemingen. Grijs: lage verstoringsintensiteit; lichtgeel: matige verstoringsintensiteit; donkergeel: hoge verstoringsintensiteit.

KRW watertype	Waterlichaam	Gemiddelde verstoringsintensiteit	Aantal waarnemingen
M1a	Beekgraaf	1.0	6
M1a	Biezenloop	1.0	10
M1a	Bossche Sloot en Vlijmensch Vensche Hoofdloop	1.0	8
M1a	Dungense Loop	1.5	8
M1a	Kleine Wetering	2.0	4
M1a	Lage Raam gegraven	1.0	2
M1a	Landmeersche Loop	4.8	4
M1a	Lorregraaf en andere M1 waterlopen	1.0	12
M1a	Luisbroeksche Wetering en Hedikhuizensche Maas	1.0	12
M1a	Munsche Wetering	1.5	4
M1a	Nieuwe Loonse Vaart	1.0	6
M1a	Sambeeksche Uitwating	3.0	6
M1a	Voordeldonkse Broekloop	0	9
M3	Groote Wetering	1.0	9
M3	Hertogswetering, Hoefgraaf e.a.	1.0	21
M3	Koningsvliet en Koppelsloot	1.0	4
M3	Peelkanaal/Defensiekanaal ea	2.0	8
M6a	Drongelens Kanaal	1.0	5
M6a	Zuid-Willemsvaart Traverse Helmond	1.0	2



4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 zijn in deze studie geen statistische analyses uitgevoerd om significantie aan te tonen m.b.v. p-waarden. Vastgestelde effecten en verschillen tussen (droogte)verstoringscategorieën zijn inzichtelijk gemaakt met behulp van de berekening van de standaardfout van het gemiddelde. Dit geeft de nauwkeurigheid van een (steekproef)gemiddelde weer. Wanneer de standaardfoutbalken niet overlappen tussen categorieën dan is dit een indicatie voor significantie. Bij vergelijking van meerdere categorieën (bv de 8 verstoringscategorieën) is er een conservatievere kijk nodig, aangezien statisch gezien correcties nodig zijn bij meervoudige vergelijking. Daardoor zijn in deze gevallen de effecten minder betrouwbaar vast te stellen. De huidige dataset leent zich ook niet gemakkelijk voor een echte statistische toets, omdat de data-inwinning daar niet op gericht is geweest. Met de huidige meetreeks is dit een goede manier om te achterhalen welke effecten spelen. Op basis van deze kennis kan met een specifiek meetplan, gericht op het vaststellen van effecten van droogte, een dataset op maat verzameld worden.

4.1.1 Wat zijn de effecten van droogte/stagnatie op de visstand?

De onderzochte effecten van droogte (stagnatie en frequentie en mate van droogval) zijn terug te zien in verschillende negatieve effecten op de visstand. Effecten zijn vastgesteld op basis van niet-overlappende standaardfoutbalken. Aanwijzingen zijn vastgesteld op basis van waargenomen patronen.

- De gemiddelde soortenrijkdom (i.e. aantal soorten) neemt af bij een toename in de mate van stagnatie en de herhalingstijd van droogval;
- De gemiddelde soortendiversiteit (i.e. maat voor soortenrijkdom en relatieve verdeling van de soorten) neemt af bij een toename in de mate van stagnatie en de herhalingstijd van droogval);
- Rheofiele (stroming minnende) lijken relatief minder voor te komen op locaties met structurele en recente droogval (aanwijzing);
- Exoten (o.a. Amerikaanse hondsvij, marmelgronnel en gibel) lijken minder last te hebben van structurele droogval (aanwijzing);
- Het aantal plantminnende soorten lijkt af te nemen bij structurele droogval (aanwijzing);
- Ook migrerende soorten komen onder druk te staan bij structurele droogval (aanwijzing);

Er zijn ook vissoorten die minder effecten ondervinden van droogte, zoals de kleine modderkruiper (M-typen). In de R-wateren zijn het vooral de stekelbaarzen die minder last lijken te hebben van de droogte.

Er is geen eenduidig effect van droogte op de lengte van de vis gevonden. Dit kan betekenen dat zo'n effect er niet is, of dat het effect vertroebeld wordt doordat effecten op



de leeftijdsopbouw interfereren met effecten op de soortensamenstelling (vislengte hangt ook samen met de soort). Er zijn te weinig data voor een analyse op het niveau van individuele soorten.

4.1.2 **Wat is de rol van mitigerende factoren zoals vispassages?**

Als de vissen in staat zijn om te vluchten doordat er een goede verbinding is, bijvoorbeeld door aangelegde vispassages, met locaties die nog wel watervoerend zijn, worden deze effecten voor een deel gemitigeerd. We zien dan bijvoorbeeld het aandeel rheofiele soorten in de visgemeenschap hoger is in vergelijking met de situatie zonder uitwijkmogelijkheid en er zijn ook sterke aanwijzingen dat de gemiddelde soortenrijkdom dan hoger is.

4.1.3 **Wat is het effect op de EKR-scores?**

Het effect van droogte op de EKR-scores is niet eenduidig. Bij de M-typen lijkt langdurige stagnatie juist een positief effect op de EKR-scores te hebben. Deze maatlat bevat dan ook minder soorten die gevoelig zijn voor stagnatie of droogval in vergelijking met de R-typen. Bij de R-typen werden negatieve effecten verwacht omdat milieufactoren als stroming en zuurstofgehalte in deze wateren belangrijke stuurvariabelen zijn, die negatief beïnvloed worden door droogte. In de data-analyse lijkt wel een negatieve trend waarneembaar naarmate de mate van stagnatie/droogval toeneemt, maar dit is niet waterdicht aantoonbaar (laag aantal waarnemingen). Rheofiele soorten, die belangrijk zijn op de maatlat van R-wateren, lijken wel relatief minder voor te komen op locaties met structurele en recente droogval.

4.2 **Aanbevelingen onderzoek en monitoring**

Grotere dataset

Deze studie aan de hand van de data die bij Waterschap Aa en Maas verzameld zijn, levert waardevolle inzichten. De zeggingskracht zou vergroot kunnen worden met een grotere dataset, door landelijke analyse van vergelijkbare watertypen. Ook kan het aantal waarnemingen per categorie vergroot worden door verstoringscategorieën samen te voegen. Door de opsplitsing in veel verschillende droogtecategorieën zijn er per categorie soms maar weinig waarnemingen, vooral als we inzoomen richting soort niveau. Een landelijke, gerichte analyse van vergelijkbare watertypen zal betrouwbaardere uitspraken kunnen doen over de verschillende effecten van droogte, mits het aantal metingen in waterlichamen en watertypen waar droogval en/of stagnatie plaats vindt beter is vertegenwoordigd.

Gerichte monitoring

Omdat de bemonsteringslocaties per jaar sterk wisselen is het lastig om trends in de tijd vast te leggen. Daarom zou het goed zijn een aantal waterlichamen te selecteren dat jaarlijks wordt bemonsterd naast de reguliere zes-jaarlijkse monitoring per waterlichaam, zodat een consistentere dataset ontstaat. Het aantal waterlichamen en vismeetpunten waarin droogtestress voorkomt in de dataset is vooralsnog erg laag. Het is aan te bevelen om verschillende droogvallende beken en/of waterlichamen met een hoge kans op



droogval/stagnatie jaarlijks te monitoren. Zowel om het effect van droogtestress als het proces van herkolonisatie te kunnen volgen. Daarnaast dienen een aantal vergelijkbare watertypen jaarlijks te worden gemonitord ter referentie van een situatie zonder droogtestress. Voor de selectie van locaties die hiervoor geschikt zijn, kan gebruik gemaakt worden van tabel 3.3 en 3.4, waarin de verstoringssintensiteit (als gevolg van droogte) per waterlichaam gescoord is. Het ligt voor de hand hierbij te prioriteren op waterlopen met een hoge gemiddelde verstoringssintensiteit, zoals de Tovensche beek (R4a), de Wambergische beek (R20), de Oeffeltsche raam (R20) en de Landmeersche loop (M1a).

In aanvulling op de standaard visbemonstering kunnen veranderingen in soortensamenstelling ook gevolgd worden met behulp van een eDNA monitoring strategie in combinatie met eDNA metabarcoding (Schutter et al. 2019). Deze techniek is erg gevoelig, waardoor ook zeldzame vissoorten of een vissoorten met een verborgen levenswijze gedetecteerd kunnen worden.

Droogval/ stagnatie jaarlijks vastleggen

Droogvallende trajecten worden momenteel niet of op een later moment of op een andere plek bemonsterd. Dit kan betekenen dat de gevolgen van droogte onderbelicht blijven. Het KRW-meetnet is hier niet specifiek voor bedoeld. Het verdient aanbeveling een apart monitoringsmeetnet op te zetten voor deze specifieke onderzoeksvraag. De KRW maakt ook onderscheid in *Toestand en trendmonitoring (T&T)*, *Operationele monitoring (OM)* en *monitoring voor Nader Onderzoek (MNO)*. Deze data hoeven dan niet meegenomen te worden in de analyse van T&T monitoring. De informatie die een dergelijk monitoringsnet op zou leveren kan helpen bij een onderbouwing achteraf waarom de KRW-doelen niet behaald kon worden door droogte.

4.3 Aanbevelingen voor beleid, beheer en inrichting

Consequenties KRW-doelen

Droogte heeft onherroepelijk consequenties voor het KRW-doelbereik. In de analyse wordt dit zichtbaar voor de R-typen. De aanwijzingen dat de EKR-score negatief beïnvloed wordt door droogte, komt zowel door effecten op plantminnende als op rheofiele en migrerende soorten van de KRW-maatlatten. Deze soorten komen sowieso al beperkt voor, wat de analyse gevoelig maakt. Effecten van droogval zijn geen motivatie voor aanpassing van de doelen, herbegrenzing of typeverandering. Wel kan het in combinatie met andere argumenten (bv. omvang of herbegrenzing) een reden zijn om een deel van een waterlichaam als 'overig water' (met als referentie bv. een R3, droogvallende bovenloop) te benoemen en van het waterlichaam af te halen (Vroege et al. 2020). Daarnaast kan het mogelijk een (deel)verklaring geven voor achterblijvend doelbereik, als op termijn de doelen, ondanks inrichtingsmaatregelen, nog niet gehaald worden voor een bepaalde locatie waar droogte-effecten aan de orde zijn. Ook kan het een aanleiding geven voor het treffen van aanvullende maatregelen (zie onder). Het eerst in aanmerking komen de wateren waar droogte een grote rol speelt. Dit zijn de wateren met een hoge score in tabel 3.4, zoals de Tovensche beek, de Oeffeltsche raam en de Wambergische beek. Opgemerkt moet worden dat de effecten van droogte niet de enige factoren zijn die het doelbereik in de weg staat. Er zal nog steeds aan meerdere knoppen tegelijk gedraaid moeten worden.



droogval/stagnatie jaarlijks te monitoren. Zowel om het effect van droogtestress als het proces van herkolonisatie te kunnen volgen. Daarnaast dienen een aantal vergelijkbare watertypen jaarlijks te worden gemonitord ter referentie van een situatie zonder droogtestress. Voor de selectie van locaties die hiervoor geschikt zijn, kan gebruik gemaakt worden van tabel 3.3 en 3.4, waarin de verstoringssintensiteit (als gevolg van droogte) per waterlichaam gescoord is. Bijvoorbeeld de waterlopen met de hoogste gemiddelde verstoringssintensiteit: Tovensche beek (KRW-type R4a), de Wambergische beek (KRW-type R20), Oeffeltsche raam (KRW-type R20) en de Landmeersche loop (KRW-type M1a). In aanvulling op de standaard visbemonstering kunnen veranderingen in soortensamenstelling ook gevolgd worden met behulp van een eDNA monitoring strategie in combinatie met eDNA metabarcoding (Schutter et al. 2019). Deze techniek is erg gevoelig, waardoor ook zeldzame vissoorten of een vissoorten met een verborgen levenswijze gedetecteerd kunnen worden.

Droogval/ stagnatie jaarlijks vastleggen

Droogvallende trajecten worden momenteel niet of op een later moment of op een andere plek bemonsterd. Dit kan betekenen dat de gevolgen van droogte onderbelicht blijven. Het KRW-meetnet is hier niet specifiek voor bedoeld. Het verdient aanbeveling een apart monitoringsmeetnet op te zetten voor deze specifieke onderzoeksvraag. De KRW maakt ook onderscheid in *Toestand en trendmonitoring (T&T)*, *Operationele monitoring (OM)* en *monitoring voor Nader Onderzoek (MNO)*. Deze data hoeven dan niet meegenomen te worden in de analyse van T&T monitoring. De informatie die een dergelijk monitoringsnet op zou leveren kan helpen bij een onderbouwing achteraf waarom de KRW-doelen niet behaald kon worden door droogte.

4.3 Aanbevelingen voor beleid, beheer en inrichting

Consequenties KRW-doelen

Droogte heeft onherroepelijk consequenties voor het KRW-doelbereik. In de analyse wordt dit zichtbaar voor de R-typen. De aanwijzingen dat de EKR-score negatief beïnvloed wordt door droogte, komt zowel door effecten op plantminnende als op rheofiele en migrerende soorten van de KRW-maatlatten. Deze soorten komen sowieso al beperkt voor, wat de analyse gevoelig maakt. Effecten van droogval zijn geen motivatie voor aanpassing van de doelen, herbegrenzing of typeverandering. Wel kan het in combinatie met andere argumenten (bv. omvang of herbegrenzing) een reden zijn om een deel van een waterlichaam als 'overig water' (met als referentie bv. een R3, droogvallende bovenloop) te benoemen en van het waterlichaam af te halen (Vroege et al. 2020). Daarnaast kan het mogelijk een (deel)verklaring geven voor achterblijvend doelbereik, als op termijn de doelen, ondanks inrichtingsmaatregelen, nog niet gehaald worden voor een bepaalde locatie waar droogte-effecten aan de orde zijn. Ook kan het een aanleiding geven voor het treffen van aanvullende maatregelen (zie onder). Het eerst in aanmerking komen de wateren waar droogte een grote rol speelt. Dit zijn de wateren met een hoge score in tabel 3.4, zoals de Tovensche beek, de Oeffeltsche raam en de Wambergische beek. Opgemerkt moet worden dat de effecten van droogte niet de enige factoren zijn die het doelbereik in de weg staat. Er zal nog steeds aan meerdere knoppen tegelijk gedraaid moeten worden.



Maatregelen (beheer en inrichting)

Er zijn verschillende maatregelen denkbaar om (de effecten van) stagnatie en/of droogval te mitigeren. Te denken valt aan:

- *Migratievoorzieningen*: Uit de analyse blijkt dat vrije migratie tijdens aanhoudende droogte een belangrijke mitigerende factor is, waardoor vissen de lokaal verslechterde omstandigheden kunnen ontvluchten (migratie naar diepere delen en/of droogte-refugia) (Ven et al. 2019a). Door het droogvallen van watertrajecten en vistrappen en het sluiten van stuwen en dammen bij droogte (water vasthouden) worden migratiemogelijkheden vaak juist beperkt bij aanhoudende droogte. Het is van belang deze functie van vispassages mee te nemen bij het beleid rond de aanleg van vispassages: het gaat niet alleen om trekvis.
- *Refugia*: Door specifieke habitats beschikbaar of bereikbaar te maken waar aquatische organismen, zoals vissen tijdens, perioden van aanhoudende droogte (en warmte) kunnen overleven, kan de schade beperkt worden. Na de droogteperiode kunnen de organismen de wateren weer herkoloniseren. Randvoorwaarden en aanbevelingen voor droogte-refugia worden besproken in van de Ven et al. (2019b). Vaak gaat het om diepere plekken, die ook minder snel opwarmen.
- *Hout in de beek*: Een specifieke manier om in refugia te voorzien is door hout in de beek aan te brengen. Hierdoor ontstaan beekpoelen waar het dieper is en waar vissen langer kunnen overleven. Ook zorgt de opstuwende werking voor het langer vasthouden van het water. Beverdammen kunnen ook zo'n effect hebben (Dorenbosch 2020).
- *Aangepast beheer*: Door aangepast maaibeheer, waarbij netto meer waterplanten in de watergang groeien, zal het water langer vastgehouden worden door de stuwende werking van de waterplanten (Dorenbosch 2020).
- *Aanleg waterbuffers*: Waterbuffers kunnen in natte perioden worden aangelegd om gedurende droge perioden waterlopen te voeden zonder een beroep te hoeven doen op het grondwater. Veelal komt in droge perioden het grondwaterpeil ook in het geding. Deze maatregel heeft veel kanttekeningen, zoals: hoe groot moet de buffer zijn, wat wordt daarvan de waterkwaliteit en wat als de waterbuffer zijn eigen natuurwaarden blijkt te ontwikkelen?
- *Beschaduwing*: Beschaduwing kan het opwarmen van water beperken en is één van de randvoorwaarden voor een goed droogte-refugium (Ven et al. 2019b).
- *Grondwater inlaten*: Om droogteschade te voorkomen kunnen drooggevallen waterlopen zonder aanvoermogelijkheid worden gevoed met grondwater (Ven et al. 2019a). Dit is een noodmaatregel omdat hiermee ook een andere waterkwaliteit wordt geïntroduceerd in de waterloop en bovendien het kostbare grondwater zoveel mogelijk gespaard moet worden (Dorenbosch 2020).
- *Evacuatie vissen*: Het wegvangen en overzetten van vissen naar ander water om sterfte te voorkomen, wanneer andere maatregelen niet meer helpen. Dit is duidelijk een noodmaatregel (Dorenbosch 2020).

Welke maatregelen voor welke locatie het meest opportuun zijn, moet in samenspraak met de beheerders en in samenhang met andere factoren bekeken worden. Zo ligt het voor de hand dat beken met (rest)populaties van belangrijke vissoorten, zoals beekprik, prioriteit krijgen in de aanpak. Duidelijk is wel dat de R-typen meer prioriteit verdienen dan de M-



typen. Het zou dan ook handig zijn om bij de nog uit te voeren KRW-maatregelen het beperken van droogte-effecten in de opgave mee te nemen in R-wateren met een hoge verstoringindex (tabel 3.3).

Toekomstbeeld

Het droogteprobleem zal naar verwachting in de toekomst steeds nijpender worden. Het kan op dit moment alleen met kortetermijnmaatregelen opgelost worden, zoals het voeden met grondwater of het leggen van nooddammen. Lange termijn maatregelen op een hoger schaalniveau (beekdalbrede, of nog grootschaliger aanpak) zijn echter nodig om de problemen echt op te lossen. Het Waterschap is hier al mee bezig in de planvorming voor de hoognodige watertransitie. De urgentie hiervoor is hoog in het licht van de klimaatscenario's.



Literatuur

- Bakker, K. 1987. Inleiding tot de Oecologie. Bohn, Scheltema & Holkema Utrecht
- Bijkerk R (red) (2014) Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Deels aangepaste versie. Rapport 2014 - 02, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Dorenbosch, M. 2020. Effecten van droogte en maatregelen op beschermde beekvissen. Rapport 2019.173, RAVON, Nijmegen
- Leuven, R. (2017). Over grenzen van soorten. Inaugurale rede. Radboud Universiteit Nijmegen.
- Nöges, P., T. Nöges, N. Cid, A.C. Cardoso en M. Kernan, 2014. Stronger need for maintaining environmental flow in streams in a changing climate. REFRESH: Adaptive strategies to Mitigate the Impacts of Climate Change on European Freshwater Ecosystems. Deliverable 7.22. Science Policy Brief 4, January 2014
- Reeze, B. & R. Laseroms, 2018. Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren. Tussenrapportage hydrologie en morfologie. STOWA-rapportnummer 2018-57. STOWA, Amersfoort.
- Schipper, M., van Herpen, F. & R. Fraaije, 2019. Watersysteemrapportage KRW-waterlichamen Aa en Maas.
- Schutter, M., N. van Kessel, K. Van Bochove, M. Hootsmans & E. Kardinaal, 2019. Effectiviteit van eDNA metabarcoding voor vismonitoring rijkswateren. Bureau Waardenburg Rapportnr. 19-147 Bureau Waardenburg, Culemborg.
- STOWA 2018a. Omschrijving mep en maatlatten voor sloten en kanalen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027. Rapport 2018-50. STOWA.
- STOWA 2018b. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027. Rapport 2018-49. STOWA.
- Van de Ven M.W.P.M. 2019b. Onderzoeksrapport. Refugia voor vissen in Nederlandse wateren tijdens langdurige droogte. ATKB Rapport nr. 20190279/rap02. ATKB.
- Van de Ven M.W.P.M. 2019a. Onderzoeksrapport. Verkenning van de gevolgen van langdurige droogte voor vissen in de Nederlandse wateren. ATKB Rapport nr. 20190279/rap01. ATKB
- Verdonschot, P. en M. Soons, 2016. REFRESH. Adaptive strategies to Mitigate the Impacts of Climate Change on European Freshwater Ecosystems. Beheer van zoete wateren in een veranderende wereld. WUR/ UvA. Presentatie Europese projectendag STOWA.
- Vroege, M., R. Fraaije, F. van Herpen, 2020. Actualisatie begrenzing en typering KRW-waterlichamen waterschap Aa en Maas. Waterschap Aa en Maas, Den Bosch



Bijlage I Indeling vissoorten

NL naam	Wetenschappelijke naam	Soortgroep	Indicatorsoort	
			R-type	M-type
Brasem	<i>Abramis brama</i>	overig	1	
Alver	<i>Alburnus alburnus</i>	overig	1	
Paling	<i>Anguilla anguilla</i>	overig	1	1
Bermpje	<i>Barbatula barbatula</i>	rheofiel	1	
Kolblei	<i>Blicca bjoerkna</i>	overig		
Goudvis	<i>Carassius auratus</i>	overig		
Kroeskarper	<i>Carassius carassius</i>	overig	1	1
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	overig	1	1
Kleine modderkruiper	<i>Cobitis taenia</i>	overig	1	1
Rivierdonderpad	<i>Cottus perifretum</i>	rheofiel	1	
Karper	<i>Cyprinus carpio</i>	exoot		
Snoek	<i>Esox lucius</i>	overig	1	1
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	overig		1
Riviergrondel	<i>Gobio gobio</i>	rheofiel	1	
Pos	<i>Gymnocephalus cernua</i>	overig		
Zonnebaars	<i>Lepomis gibbosus</i>	exoot		
Vetje	<i>Leucaspius delineatus</i>	overig	1	
Roofblei	<i>Leuciscus aspius</i>	overig		1
Winde	<i>Leuciscus idus</i>	rheofiel	1	
Grote modderkruiper	<i>Misgurnus fossilis</i>	overig	1	1
Zwartbekgrondel	<i>Neogobius melanostomus</i>	exoot		
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>	overig		
Marm grondel	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	exoot		
Blauwband	<i>Pseudorasbora parva</i>	exoot		
Tiendornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>	overig	1	1
Bittervoorn	<i>Rhodeus amarus</i>	overig	1	1
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	overig		
Snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	overig		
Ruisvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	overig	1	1
Europese meerval	<i>Silurus glanis</i>	overig		
Zeelt	<i>Tinca tinca</i>	overig	1	1
Amerikaanse hondsvij	<i>Umbra pygmaea</i>	exoot		



Bijlage II Data opbouw

Verstorings-categorie	Mate van stagnatie	Herhaaltijd droogval	Bemonsterings-oppervlak (ha)	Aantal meetpunten (n)
Cat. 0	kort	nooit	20.7	148
Cat. 1	kort	incidenteel	1.6	15
Cat. 2	kort	structureel	0.1	2
Cat. 3	lang	nooit	32.7	164
Cat. 4	lang	incidenteel	4.8	52
Cat. 5	lang	structureel	0.5	8
Cat. 6	recente droogval	incidenteel	0.1	4
Cat. 7	recente droogval	structureel	0.2	4
		Totaal	60.7	400



jaar	Aantal waarnemingen	Aantal meetpunten	Verstoringscategorieën							Eindtotaal	
			Cat. 0	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Cat. 6		Cat. 7
2009	2005	66	kortdurende stagnatie incidentele droogval	kortdurende stagnatie nooit droogval	kortdurende stagnatie structurele droogval	langdurende stagnatie incidentele droogval	langdurende stagnatie nooit droogval	langdurende stagnatie structurele droogval	recente droogval incidentele droogval	recente droogval structurele droogval	66
2012	3469	109	2	11	1	31	7	3		2	109
2015	1405	31	3			18	10				31
2016	1593	42	17			16	5	4			42
2017	2205	54	24			27	3				54
2018	734	30	18		1	9	1	1			30
2019	2832	68	27	4		20	8	2	5	2	68
TOTAAL	14243	400	148	15	2	164	52	10	5	4	400



Bijlage III Meetpunten per droogtecategorie per waterlichaam

Waterlichaam	kortdurende stagnatie	langdurende stagnatie	recente droogval
Aa bij Helmond	6		
Aa van Gemert tot Den Bosch	11		
Aa vanaf Eeuwse Loop tot Helmond	12		
Aa, Eeuwse Loop en Kievitsloop	5	5	
Astense Aa en Soeloop	8		
Bakelse Aa, Oude Aa en Kaweise Loop	8		
Beekerloop		3	
Beekgraaf		6	
Biezenloop		7	
Bossche Sloot en Vlijmensch Vensche Hoofdloop		10	
Drongelens Kanaal		9	
Dungense Loop	11	4	
Esperloop en Snelle Loop	6		
Goorloop tot aan Wilhelminakanaal	5		3
Goorloop, Boerdonkse Aa en Aa van Helmond	9		
Graafse Raam, Lage Raam, Peelkanaal ea	8	7	
Groote Wetering		9	
Halsche Beek en Hooge Raam		3	
Hertogswetering, Hoefgraaf e.a.		9	
Kleine Aa	7		2
Kleine Wetering		7	
Koningsvliet en Koppelsloot		15	
Lactariabeek		2	
Lage Raam gegraven		5	
Landmeersche Loop	7		4
Ledeackerse Beek		1	
Leijgraaf	12		
Lorregraaf en andere M1 waterlopen		10	
Luisbroeksche Wetering en Hedikhuizensche Maas		9	
Munsche Wetering		5	
Nieuwe Loonse Vaart		11	
Oeffeltsche Raam ea		4	
Oploosche Molenbeek		7	
Peelkanaal/Defensiekanaal ea		8	
Peelse Loop	6	5	



Sambeeksche Uitwatering		10	
St Anthonisloop		3	
St Jansbeek		4	
Tochtsloot		2	
Tovensche Beek			2
Voordeldonkse Broekloop	10		
Wambergse Beek		6	7
Zuid-Willemsvaart Traverse Helmond		9.5	
Eindtotaal0	9.3	6.9	3.8

Waterlichaam	Nooit droogval	Incidentele droogval	Structurele droogval
Aa bij Helmond	6		
Aa van Gemert tot Den Bosch	11		
Aa vanaf Eeuwselse Loop tot Helmond	12		
Aa, Eeuwselse Loop en Kievitsloop	5		
Astense Aa en Soeloop	8		
Bakelse Aa, Oude Aa en Kaweise Loop	8		
Beekerloop	3		
Beekgraaf	6		
Biezenloop	7		
Bossche Sloot en Vlijmensch Vensche Hoofdloop	10		
Drongelens Kanaal	9		
Dungense Loop	6	4	
Esperloop en Snelle Loop	4	7	
Goorloop tot aan Wilhelminakanaal	6		2
Goorloop, Boerdonkse Aa en Aa van Helmond	9		
Graafse Raam, Lage Raam, Peelkanaal ea	8	4	2
Groote Wetering	9		
Halsche Beek en Hooge Raam		7	
Hertogswetering, Hoefgraaf e.a.	9		
Kleine Aa		7	2
Kleine Wetering	9	6	
Koningsvliet en Koppelsloot	15		
Lactariabeek		1	4
Lage Raam gegraven	7	3	
Landmeersche Loop		10	4
Ledeackerse Beek		1	
Leijgraaf	12		
Lorregraaf en andere M1 waterlopen	10		
Luisbroeksche Wetering en Hedikhuizensche Maas	9		



Munsche Wetering	8	1	
Nieuwe Loonse Vaart	11		
Oeffeltsche Raam ea		4	3
Oploosche Molenbeek		8	2
Peelkanaal/Defensiekanaal ea	9	6	
Peelse Loop	7	5	
Sambeeksche Uitwatering		21	
St Anthonisloop		3	
St Jansbeek	4		
Tochtsloot	2		
Tovensche Beek		2	
Voordeldonkse Broekloop	10		
Wambergsche Beek		6	
Zuid-Willemsvaart Traverse Helmond	9.5		



Bijlage IV Overzicht indeling vismeetpunten en trajecten naar verstoringscategorie en droogval (2010-2018)

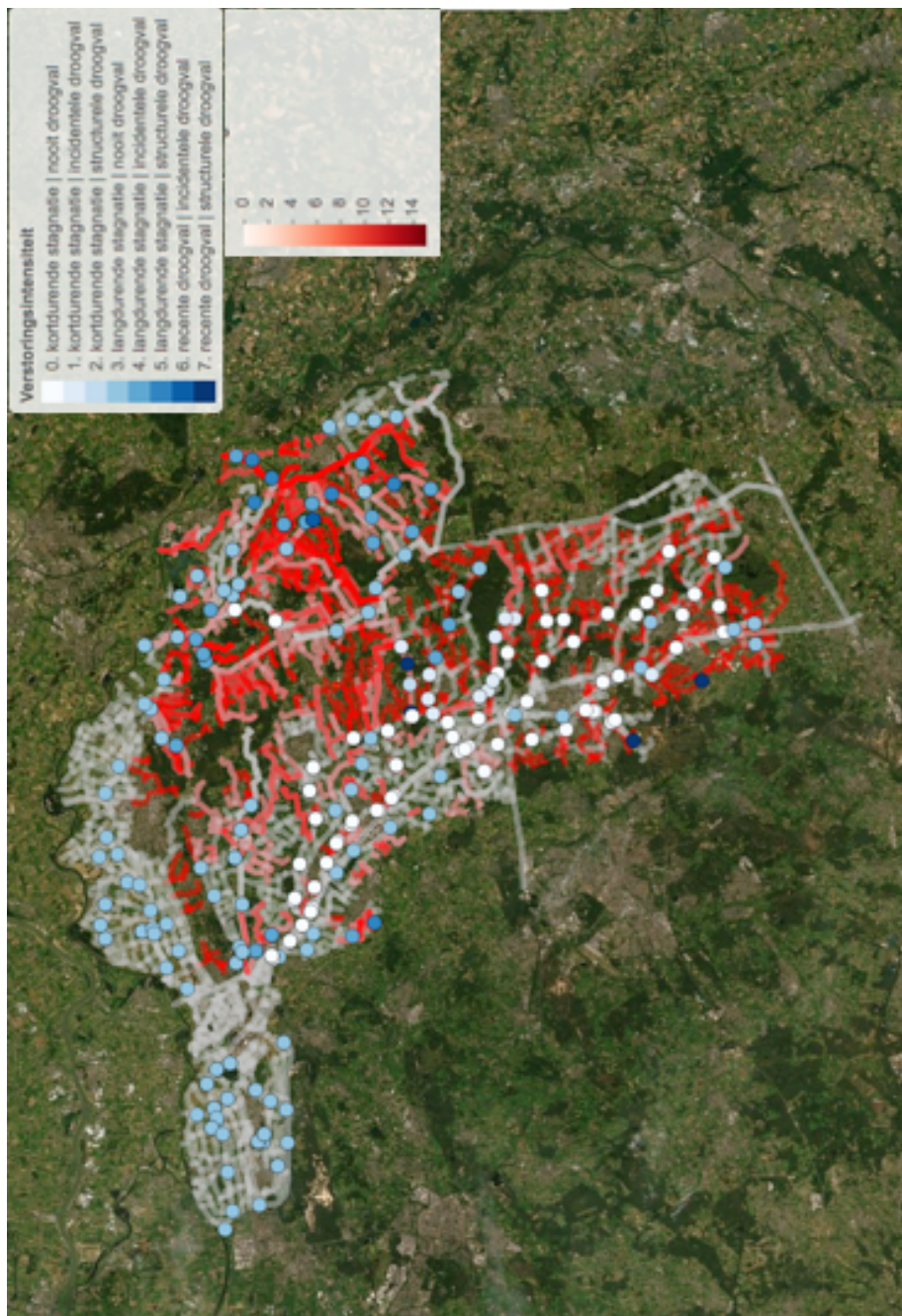
Overzicht van vismeetpunten in het beheersgebied van Aa en Maas, de toegekende verstoringscategorie per meetpunt (blauw) en aantal weken droogval in de periode 2010-2014 per traject.





Bijlage V Overzicht indeling vismeetpunten en trajecten naar verstoringscategorie en droogval (alleen 2018)

Overzicht van vismeetpunten in het beheersgebied van Aa en Maas, de toegekende verstoringscategorie per meetpunt (blauw) en aantal weken droogval in het droge jaar 2018.





Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg

Telefoon 0345-512710

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl