

ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN VERSPREIDING & CONNECTIVITEIT ➤ TUSSENRAPPORTAGE



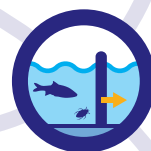
2018
29



stowa

ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN VERSPREIDING & CONNECTIVITEIT ➞ TUSSENRAPPORTAGE

2018
29



INHOUDSOPGAVE

H1	INLEIDING	6
1.1	Aanleiding: van generieke naar specifieke doelen en maatregelen	7
1.2	Watersysteemanalyse, toestandanalyse en de sleutelfactoren	7
1.3	De ecologische sleutelfactoren voor stilstaande wateren	9
1.4	De ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren	11
1.5	Doel en randvoorwaarden dit rapport	12
1.6	Gevolgdde werkwijze en afbakening	13
H2	ESF VERSPREIDING & ESF CONNECTIVITEIT	16
2.1	Definitie	17
2.2	Relatieve belang verspreiding	17
2.3	Centrale vraag	18
2.4	Schaal in ruimte en tijd	20
2.5	Uitwerking voor vis verschilt van macrofauna en macrofyten	22
2.6	Opzet van de methodiek	22
H3	QUICK SCAN	26
3.1	Doel en detailniveau	27
3.2	Veldbezoek	27
3.3	Analyse van de actuele toestand	29
3.4	Analyse van systeemkenmerken	29
3.5	Synthese en hypothese	32
H4	GLOBALE ANALYSE	34
4.1	Doel en detailniveau	35
4.2	Analyse van de systeemkenmerken bij macrofyten en macrofauna	35
4.3	Analyse van de systeemkenmerken bij vis	42
4.4	Analyse van de toestand	46
4.5	Synthese	47

H5	NADERE ANALYSE	48
5.1	Inleiding	49
5.2	Systeemkennis en barrièrewerking	49
5.3	Bronpopulaties	49
5.4	Verspreidingseigenschappen	50
5.5	Actuele toestand	51
H6	RISICO'S VAN MOGELIJKE MAATREGELEN	52
H7	BEPERKINGEN, ONZEKERHEDEN EN VERBETERPUNTEN VAN DE WERKWIJZE	54
7.1	Inleiding	55
7.2	Inhoudelijke beperkingen en oplossingsrichtingen	55
7.2	Technische beperkingen en oplossingsrichtingen	57
8	LITERATUUR	60
	BIJLAGEN	66
Bijlage 1	Verspreidingskenmerken en -groepen (database)	67
Bijlage 2	GIS-Toolbox verspreidingsanalyse	95
Bijlage 3	Similariteit KRW-maatlatten	100

LEESWIJZER

Dit rapport geeft een toelichting op de uitwerking van de Ecologische Sleutelfactor (ESF) Verspreiding in stilstaande wateren en Connectiviteit in stromende wateren. Deze leeswijzer geeft wat hulplijnen voor het lezen van het rapport.

INDELING

Hoofdstuk 1 gaat in op de aanleiding voor de ontwikkeling van Ecologische Sleutelfactoren, de filosofie erachter en de plek van ESF's in watersysteemanalyses.

Hoofdstuk 2 gaat specifiek in op de uitwerking van ESF Verspreiding en ESF Connectiviteit.

Hoofdstuk 3, 4 en 5 behandelen (van grof naar fijn) de stappen in de analyse van de ESF Verspreiding: Quick Scan, Globale Analyse en Nadere Analyse. Gezien het tijdsbestek konden in deze fase alleen de Quick Scan en de Globale Analyse een eerste uitwerking krijgen ('versie 1.0'). De Nadere Analyse bestaat op dit moment uit een aantal suggesties voor vervolgstappen.

Om de toelichting op de werkwijze (**hst 3 t/m 5**) overzichtelijk en beknopt te houden is de beschrijving van de ontwikkelde database, functionele groepen en tools en van de gemaakte keuzes in de bijlagen geplaatst. Hierdoor is het rapport bruikbaar voor diegenen die snel aan de slag willen, maar geeft ook antwoord op vragen over de interpretatie, reikwijdte en bruikbaarheid van de resultaten.

Vergroting van de verspreidingskansen van soorten en/of de connectiviteit van een gebied, met name via oppervlaktewater, brengt ook risico's met zich mee. Denk aan invasieve soorten die hierdoor hun areaal kunnen uitbreiden, of kwetsbare soorten die aan concurrentie worden blootgesteld. Hierop wordt in **hoofdstuk 6** kort ingegaan.

Hoofdstuk 7 ten slotte geeft een overzicht van de belangrijkste beperkingen van de analyse ten behoeve van de ESF Verspreiding en ESF Connectiviteit.

TERMINOLOGIE: CONNECTIVITEIT EN VERSPREIDING

Dit rapport behandelt zowel de ESF Verspreiding in stilstaande wateren als de ESF Connectiviteit in stromende wateren. Verspreiding en connectiviteit zijn geen synoniemen. Verspreiding is gekoppeld aan soorten, als proces (zich verspreiden) of als resultaat daarvan (de verspreiding van een soort op een kaart). Binnen de ESF's en in dit rapport wordt met de term 'verspreiding' alleen het proces bedoeld. Connectiviteit is een systeemeigenschap die de verspreiding beïnvloedt. Het betekent zo iets als de 'mate waarin leefgebieden in een systeem in verbinding staan met andere leefgebieden'. Vanuit de ESF-filosofie (zoeken naar oorzaken op het niveau van systeemkenmerken) zijn beide begrippen relevant. In dit rapport wordt de term connectiviteit gebruikt als systeemeigenschap (voor het watersysteem met kunstwerken bijvoorbeeld) en verspreiding als het proces waarmee soorten zich verspreiden, afhankelijk van hun verspreidingsmechanisme, capaciteit en bronpopulaties. Omwille van de leesbaarheid worden de ESF's niet telkens "ESF Verspreiding & Connectiviteit" genoemd, maar wordt een van beide genoemd. Dit is meestal "ESF Verspreiding", tenzij het alleen op stromende wateren betrekking heeft.

H1 INLEIDING



1.1 AANLEIDING: VAN GENERIEKE NAAR SPECIFIEKE DOELEN EN MAATREGELEN

Voor de implementatie van de Europese KaderRichtlijn Water (KRW) zijn doelen en maatregelen voor het waterkwaliteitsbeheer opgenomen in de Stroomgebieds-beheerplannen (SGBP's) van de waterbeheerders. De doelen zijn tot stand gekomen op basis van generieke ecologische kennis over watertypen (Van der Molen *et al.* 2013) en zijn internationaal afgestemd. De KRW-doelen (en achterliggende maatlatten) geven vanwege hun generieke uitwerking vaak onvoldoende inzicht in de ecologische diversiteit en potenties van individuele watersystemen. Om goede beheerdoelen en daarbij passende beheermaatregelen te kunnen benoemen, moeten waterbeheerders weten hoe individuele watersystemen functioneren. Waarom is de biologische toestand in het veld zoals je deze waarneemt? Welke milieufactoren bepalen deze toestand? En welke processen zijn van invloed op die milieufactoren? Hoe kun je deze zaken veranderen als je het systeem wilt verbeteren en tot hoe ver moet je dan gaan? Een watersysteemanalyse kan antwoord geven op deze vragen.

1.2 WATERSYSTEEMANALYSE, TOESTANDSANALYSE EN DE SLEUTELFACTOREN

Traditioneel worden er veel toestandsanalyses gedaan en er zijn diverse gereedschappen die zulke analyses faciliteren, bijvoorbeeld EBEO (Franken *et al.* 2006) en AQMAD (Van Oorschot 2012).¹ De nadruk in een toestandsanalyse ligt op de indicaties die soorten geven voor de (direct op ecologie inwerkende) milieufactoren als voedingstoffen, zuurstofgehalte, licht, etc. Daarmee zijn de oorzaken of systeemkenmerken achter de milieufactoren echter nog niet bekend; weinig licht voor waterplanten kan bijvoorbeeld komen door slib, door algengroei of door beschaduwning van bomen op de oever. Een watersysteemanalyse gaat een stap verder en combineert de toestandsanalyse met een analyse van de systeemkenmerken en processen.

In elke stap wordt een antwoord gezocht op twee vragen:

- 1 Welke soorten en levensgemeenschappen zijn aanwezig en wat vertellen die over het milieu (de toestandsanalyse)?
- 2 Welke systeemkenmerken en processen zijn relevant en hoe beïnvloeden die de milieufactoren en daarmee de soorten en levensgemeenschappen?

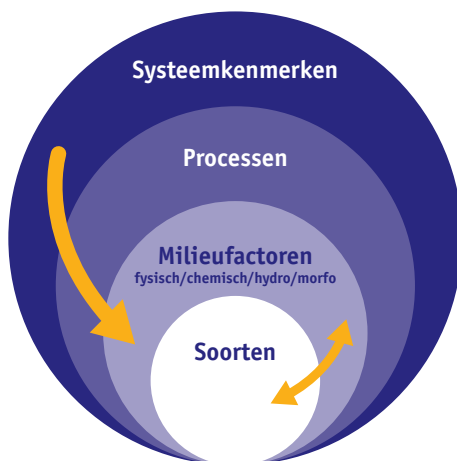
¹ De KRW-maatlatten geven slechts een beoordeling van de toestand (rapportcijfer) en zijn daardoor van beperkte diagnostische waarde.

Beide benaderingen zijn in [figuur 1](#) weergegeven. De eerste beschreven stap (toestandsanalyse) is de pijl van de binnenste cirkel (soorten) naar de daaromheen liggende cirkel (milieufactoren). De tweede stap (systeemanalyse) is de lange pijl van de buitenste cirkel (systeemkenmerken) naar binnen. Beide benaderingen hebben hun beperkingen. Een toestandsanalyse maakt gebruik van de indicaties van soorten, die, mits goed in context geplaatst, een behoorlijk nauwkeurige schatting opleveren van de milieufactoren. De vraag welke processen en systeemkenmerken achter deze milieufactoren zitten is op basis van soorten meestal niet of nauwelijks te beantwoorden.

Andersom is het vanuit de systeemkenmerken goed mogelijk de optredende processen te berekenen en daaruit de milieufactoren. Dit geeft vaak ook indicaties over de levensgemeenschap. Het voorspellen van het voorkomen van individuele soorten is echter bijzonder lastig, omdat soorten reageren op een complex aan milieufactoren, in combinatie met ecologische processen en omdat bovendien stochasticiteit een rol speelt. Daarom is het waardevol de resultaten van beide benaderingen naast elkaar te zetten. Hierdoor ontstaat een beter begrip van het systeem, of wordt inzichtelijk dat we het systeem nog niet volledig begrijpen.

FIG 1 DE TWEE ASPECTEN VAN EEN WATERSYSTEEMANALYSE

(uit presentatie S. Verbeek ESF-r).



.....

In een systeemanalyse wordt nadrukkelijk gezocht naar de oorzaak achter de waarde van de milieufactoren. Welke processen zijn hiervoor verantwoordelijk, hoe werken ze en door welke systeemkenmerken worden ze beïnvloed? Hier komen de Ecologische Sleutelfactoren in beeld: Ecologische sleutelfactoren zijn een hulpmiddel bij het zoeken naar de oorzaken (systeemkenmerken) achter de milieufactoren. Aquatische ecosystemen zijn vaak complex; veel processen beïnvloeden elkaar. Sommige processen zijn echter belangrijker dan andere. Met behulp van Ecologische Sleutelfactoren kan inzichtelijk worden gemaakt wat de belangrijkste processen of systeemkenmerken zijn die de huidige ecologische toestand van het watersysteem verklaren.

De methodiek van de Ecologische Sleutelfactoren is een hulpmiddel bij het uitvoeren van een watersysteemanalyse, dat helpt bij het zoeken naar de belangrijkste systeemkenmerken en processen die de milieufactoren en soorten beïnvloeden.

Verder zijn Ecologische Sleutelfactoren een hulpmiddel voor het bepalen van de dominante drukken die van invloed zijn op de ecologische en chemische toestand. Door deze te bepalen komen herstel- en mitigatiemaatregelen om de toestand te verbeteren in beeld. In andere woorden; door de sleutelfactoren te analyseren, komen belangrijke ‘stuurknoppen’ voor het bereiken van ecologische doelen in beeld. Een sleutelfactor kan op ‘groen’ of ‘rood’ staan (het watersysteem voldoet wel/niet aan de eisen van de sleutelfactor). In praktijk is de situatie meestal niet zo zwart-wit (of rood-groen) en vormt de ESF een overgang tussen twee ecologische toestanden.

Ecologische Sleutelfactoren (ESF's) worden op meerdere manieren gebruikt:

- als ‘checklist’ voor het uitvoeren van een systeemanalyse;
- als ingang naar meer complexe modellen en kennisregels voor systeemanalyse;
- als communicatiemiddel;
- als aangrijpingspunt bij functieafweging of afweging van maatregelpakketten.

1.3 DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN VOOR STILSTAANDE WATEREN

Binnen het onderzoeksprogramma Watermozaïek zijn eerst ESF's voor stilstaande wateren ontwikkeld. De set ESF's voor stilstaande wateren bestaat uit negen factoren, die zijn op te delen in vier, min of meer hiërarchische groepen:

- Voorwaarden voor herstel van ondergedoken waterplanten (ESF Productiviteit

water, Lichtklimaat en Productiviteit bodem),

- Voorwaarden voor herstel van gewenste soorten / soortgroepen (ESF Habitatgeschiktheid, Verspreiding en Verwijdering),
- Voorwaarden van belang in specifieke situaties (ESF Organische Belasting en Toxiciteit),
- Voorwaarden die de omgeving stelt; afweging tussen doelen en functies (SF Context).

FIG 2 DE ESF'S VOOR STILSTAANDE WATEREN IN BEELD

(bron: watermozaiek.stowa.nl)



De ESF's voor stilstaande wateren zijn:

- 1 Productiviteit water
- 2 Licht
- 3 Productiviteit bodem
- 4 Habitatgeschiktheid
- 5 Verspreiding
- 6 Verwijdering
- 7 Organische belasting
- 8 Toxiciteit
- 9 Context

1.4 DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN VOOR STROMENDE WATEREN

De Ecologische Sleutelfactoren voor stromende wateren sluiten nauw aan op het Europese DPSIR-raamwerk (Smeets & Weterings 1999). Een eerste werkdocument is opgesteld door een consortium van Alterra, Deltares, Universiteit Duisburg-Essen, Universiteit van Antwerpen en Witteveen+Bos in opdracht van STOWA (Reeze & Buijse 2015).

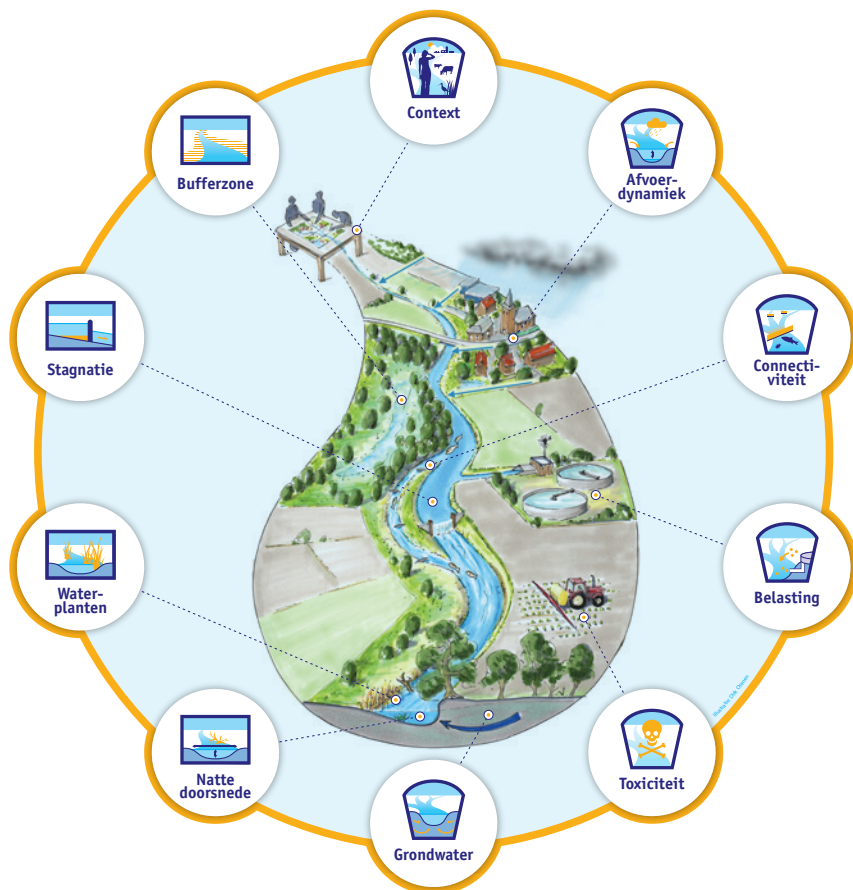
De negen afzonderlijke ESF's zijn te ordenen op het schaalniveau waarop ze ingrijpen: 1 tot en met 5 spelen op stroomgebiedniveau en 6 tot en met 9 spelen op trajectniveau. Daarnaast wordt de context van gebiedsgebruik in een tiende factor gevat.

De ESF's voor stromende wateren zijn:

- 1 Afvoerdynamiek
- 2 Grondwater
- 3 Connectiviteit
- 4 Belasting
- 5 Toxiciteit
- 6 Natte doorsnede
- 7 Bufferzone
- 8 Waterplanten
- 9 Stagnatie
- 10 Context

FIG 3 DE ESF'S VOOR STROMENDE WATEREN IN BEELD

(bron: STOWA)



1.5 DOEL EN RANDVOORWAARDEN DIT RAPPORT

Het doel van dit document is een eerste uitwerking te geven van de van ESF-r Connectiviteit en ESF-m Verspreiding, die bruikbaar is voor waterbeheerders bij het uitvoeren van een watersysteemanalyse. Daarnaast vormen ESF's een hulpmiddel bij communicatie, bijvoorbeeld voor het bestuur van een waterschap over de motivering voor het nemen van maatregelen. De uitwerking van ESF's moet dus:

- zo goed mogelijk wetenschappelijk onderbouwd zijn;
- daar waar kennis ontbreekt, gebaseerd zijn op transparante aannames;
- praktisch toepasbaar zijn voor ecologen en hydrologen van waterschappen en adviesbureaus;
- compromissen vinden tussen wetenschappelijke diepgang enerzijds en praktische uitvoerbaarheid en communiceerbaarheid anderzijds;
- goed communiceerbaar zijn, ook naar bestuurders en publiek;
- worden ontwikkeld in samenhang met de andere ESF's in stilstaande en stromende wateren;
- rekening houden met de vaak beperkte gegevens voor de analyse;
- uitnodigen tot systeemdenken;
- een gestructureerde, systematische benadering hebben, waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. Er worden drie niveaus onderscheiden die oplopen in mate van detail en daarmee in de mate van complexiteit en benodigde hoeveelheid tijd voor uitvoering: 1. Quick Scan, 2. Globale Analyse en 3. Nadere Analyse;
- mogelijkheden bieden voor verdere uitwerking in de toekomst ("versie 1.0"), door de gemaakte keuzes en simplificaties helder en transparant te beschrijven.
- Waterbeheerders helpen bij het formuleren van effectieve maatregelen

1.6 GEVOLGDE WERKWIJZE EN AFBAKENING

Voor de ontwikkeling van de Ecologische Sleutelfactor Verspreiding/Connectiviteit zijn de volgende onderdelen uitgevoerd:

Verkennde workshops

Aan het begin van het ontwikkeltraject zijn enkele workshops gehouden met enkele waterschappers, wetenschappers en het projectteam (bestaande uit deskundigen van Bureau Waardenburg, Dactylis en de Universiteit Utrecht). In de workshops aan het begin is vooral de richting en afbakening besproken, hetgeen uiteindelijk geresulteerd heeft in een plan van aanpak.

Interviews met experts

We hebben interviews afgenomen met wetenschappers om aan te sluiten op de meest recente wetenschappelijke kennis en ontwikkeling. Daarnaast is de richting en afbakening van de ESF Verspreiding voorgelegd aan deze experts.

De geïnterviewde experts zijn:

- Wilco Verberk (verspreiding macrofauna, Radboud Universiteit)
- Casper van Leeuwen (verspreiding plantenzaden, Nederlands Instituut voor Ecologie)
- Bart Pollux (verspreiding plantenzaden en vissen, Wageningen Universiteit)
- Tom Buijse (verspreiding van vissen, koppeling met KRW, Deltares)
- Rob Lensink (gedrag en vliegafstanden van vogels, Bureau Waardenburg).

Literatuuronderzoek

De wetenschappelijke literatuur is doorzocht op informatie over verspreiding van vissen, macrofauna en macrofyten gericht op kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van verspreiding. Deze bevindingen zijn vervolgens gebruikt om tot een eerste grove indeling in verspreidings-eigenschappen, verspreidingsgroepen, afstanden en de mate van barrièrewerking te komen.

Afstemming met andere ESF's

In de beginfase van het project is de ontwikkeling van ESF Verspreiding afgestemd met het al lopende proces van ESF Habitatkwaliteit in stilstaande wateren.

Tijdens de ontwikkeling van de ESF Connectiviteit (stromend water) is meerdere malen de inhoud en ontwikkeling van deze ESF afgestemd met de ontwikkeling van de andere ESF's (cluster Hydromorfologie, cluster Belasting, cluster Waterplanten en Oeverzone).

Begeleidingscommissies

De tussenresultaten zijn telkens besproken met de twee begeleidingscommissies; één voor stromende wateren en één voor stilstaande wateren. De input uit de overlegmomenten met de begeleidingscommissie is gebruikt om de ontwikkeling bij te stellen.

Pijlers voor ESF Verspreiding

Als resultante van het hierboven beschreven proces, is de ESF Verspreiding afgebakend tot, en uitgewerkt volgens, onderstaande pijlers:

- Systeemkenmerken en verspreidingsroutes (barrières, kunstwerken)
- Bronpopulaties
- Verspreidingsvermogen van soorten

Deze pijlers worden in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt en toegelicht. De uitwerking van deze pijlers resulteert in de volgende producten:

- Werkwijze Quicksan en Globale Analyse ESF Verspreiding
- Suggesties voor Nadere Analyse
- Verspreidingsgroepen
- Verspreidingsdatabase
- GIS tool

H2 ESF VERSPREIDING & ESF CONNECTIVITEIT



2.1

DEFINITIE

De ESF Verspreiding gaat over de vraag of een watersysteem in voldoende mate bereikbaar is voor organismen of dat er belemmeringen zijn voor de verspreiding waardoor gestelde doelen niet (kunnen) worden gehaald (STOWA 2014). De Ecologische Sleutelfactor Verspreiding gaat dus over de mogelijkheden voor organismen om zich te verplaatsen van én naar watersystemen. Het gaat hierbij niet alleen over vissen, maar ook over planten(zaden) en macrofauna.

Een leefgebied kan weliswaar geschikt zijn, maar of organismen ook daadwerkelijk aanwezig zijn, hangt ook af van de bereikbaarheid van het watersysteem en of er in de omgeving bronpopulaties aanwezig zijn van waaruit de soort zich kan verspreiden. Wanneer een plantensoort bijvoorbeeld niet in een te herstellen watersysteem voorkomt, moeten zaden van die soort van buiten het watersysteem kunnen komen om herstelmaatregelen effectief te laten zijn. Voor vissen geldt dat hun leefgebieden bestaan uit verschillende habitats voor paaieren, opgroeien en overwinteren. Deze kunnen dicht bij elkaar liggen of juist heel ver, maar in beide gevallen moeten de migratieroutes toegankelijk moeten zijn; dammen, stuwen, inlaatwerken en gemalen vormen voor vissen barrières.

Verspreiding wordt als eigenschap van het systeem meestal aangeduid als ‘connectiviteit’. Dit betekent zo iets als de ‘mate waarin leefgebieden binnen een systeem in verbinding staat met andere leefgebieden’. Deze systeemeigenschap verschilt per soortgroep. Dit komt in de volgende paragrafen aan de orde.

2.2

RELATIEVE BELANG VERSPREIDING

In Nederlandse wateren speelt een complex aan stressoren, waarvan gebrek aan geschikte verbindingen er slechts één is. In stilstaande wateren is verspreiding meestal niet de belangrijkste stressor voor het functioneren van het systeem, meestal zijn belasting, lichtklimaat en waterbodem de belangrijkste en eerste factoren die aangepakt moeten worden. In beken (en rivieren) zijn stroming en structuren heel bepalend voor het ecosysteem (Verdonshot 1995). Echter, wanneer deze factoren op orde zijn gebracht, kan bij gebrek aan geschikte verbindingen met bronpopulaties, het herstel van een ecosysteem toch uitblijven. ESF Verspreiding is uitgewerkt om dit risico vroegtijdig te signaleren, bij voorkeur voordat maatregelen worden uitgevoerd. Dit kan helpen bij het selecteren van kansrijke systemen of aanbevelingen opleveren voor aanvullende maatregelen. In stromende wateren zijn zoveel

barrières aangebracht, dat ook hier de bereikbaarheid voor organismen een steeds dominanter knelpunt vormt, zeker nu milieufactoren als waterkwaliteit steeds beter worden. Dit uit zich onder andere in een lange hersteltijd na het uitvoeren van maatregelen (Brederveld *et al.* 2011, Noordhuis 2016).

2.3 CENTRALE VRAAG

Centraal in de analyse van ESF Verspreiding/Connectiviteit staat de vraag:

Kunnen de gewenste of kenmerkende organismen het watersysteem in voldoende mate bereiken?

Het belangrijkste punt hierbij is dat soort(groep)en sterk verschillen in verspreidingsmogelijkheden en -behoefte. Wat voldoende connectiviteit is verschilt dus per soort(groep). Een specifiekere centrale vraag zou dus zijn:

Is de fysieke connectiviteit van het systeem voldoende voor de gewenste (groepen) organismen gezien hun verspreidingscapaciteit en hun huidige voorkomen?

De onderstreepte aspecten worden hieronder toegelicht.

2.3.1 Verspreidingscapaciteit: indeling in groepen

Organismen verschillen sterk in hun behoefte en mogelijkheden om zich te verspreiden. Ze verspreiden zich door de lucht, via water of door mee te liften met dieren. Ze kunnen dit actief (vliegen of zwemmen) of passief (meewaaien of drijven) doen. De afstanden die ze (kunnen) overbruggen variëren van hooguit enkele meters tot vele kilometers per dag. Veel taxa verspreiden zich bovendien via meerdere mechanismen en afstanden, al dan niet in verschillende stadia (ei - larve - adult). Wat voor de ene soortgroep een adequate connectiviteit is, hoeft dat voor de andere soortgroep niet te zijn. Kortom, er is niet één maat voor connectiviteit. Dit is bij meerdere ESF's het geval. Vergelijk dit met ESF-m1: de belasting bereken je ook apart voor stikstof (N) en fosfor (P).

Het is niet nodig en ook niet praktisch uitvoerbaar om voor alle individuele soorten een connectiviteitsanalyse te doen. Er moet daarom gezocht worden naar een werkbaar abstractieniveau, waarbij enerzijds voldoende detail wordt meegenomen om relevante verschillen tussen soorten aan te geven, en anderzijds voldoende

wordt gegeneraliseerd om binnen een beperkt tijdsbestek tot inzichten te komen. Wel is het zo dat sommige soorten sterk op elkaar lijken in hun verspreidingsbehoefte doordat deze soorten bepaalde soorteigenschappen delen. Het is daarom mogelijk om soorten in te delen in groepen met vergelijkbare verspreidingskenmerken. Het resultaat zijn groepen van soorten die zich grofweg op dezelfde wijze en over vergelijkbare afstand kunnen verspreiden. Het abstractieniveau van deze verspreidingsgroepen leent zich goed voor de Globale Analyse van ESF Verspreiding. Een analyse gebaseerd op meer gedetailleerde gegevens of op soortniveau kan desgewenst plaatsvinden in de Nadere Analyse.

2.3.2 Gewenste organismen

Welke organismen ‘gewenst’ zijn hangt samen met de doelen. De ESF’s doen hier geen uitspraak over, de doelen zijn op andere niveaus gedefinieerd dan de ESF’s. Op dit moment zijn de KRW-doelen het meest in beeld. Deze zijn wat betreft de soorten gedefinieerd op het niveau van kwaliteitselementen aan de hand van maatlatten (o.a. van de Molen *et al.* 2012). Om aan (het default doel) van de maatlat te voldoen is slechts een (niet vastomlijnd) deel van de positief scorende soorten nodig, terwijl ook de abundantie van de soorten meetelt. Uit de maatlatten is dus niet direct af te leiden welke soorten of groepen noodzakelijk zijn voor het goed ecologisch functioneren².

De bepaling van het doel staat bovendien los van de systeemanalyse en is afhankelijk van andere functies, beschikbare budgetten en politieke keuzes (SF Context). Toch is er een relatie: Zonder kennis over de gewenste/noodzakelijke organismen is het niet mogelijk te bepalen of de connectiviteit voldoet (of het ESF-stoplicht op groen of op rood staat). Een (extreem) voorbeeld om dit te verduidelijken: stel dat in een hypothetisch water geen doelen zijn voor vis, dan kan de ESF op groen staan ondanks dat de connectiviteit met het buitenwater via een visonvriendelijke gemaal loopt. Dit verschijnsel doet zich in de praktijk ook al voor bij de KRW-scores, waarbij bijvoorbeeld in een water de doelen voor macrofyten gehaald zijn, terwijl er nauwelijks waterplanten groeien. Het gevolg van een doel met een (onderbouwd) laag ambitieniveau.

2

Momenteel worden Ecosysteemtoestanden uitgewerkt. Deze bieden vrijwel zeker betere handvatten om af te leiden welke soorten of soortgroepen nodig zijn voor het ecologisch functioneren van die toestanden.

2.3.3 Huidige voorkomen

Als bekend is welke groepen organismen ‘gewenst’ zijn, dan is de vervolgvraag waar deze groepen voorkomen. Het maakt immers nogal wat uit of de groep al overal in het systeem aanwezig is, slechts op één geïsoleerde locatie, in een naastgelegen stroomgebied of helemaal niet in de omgeving. Er zijn verschillende databases (zoals de NDFF en Limnodata) waarin het huidige voorkomen van organismen is vastgelegd. Dit betreft echter gegevens op soortsniveau, terwijl de analyse zich zou moeten richten op groepen. Bovendien zijn deze gegevens altijd incompleet en zeggen individuele waarnemingen nog niets over populaties. Om aan te sluiten bij het abstractieniveau van verspreidingsgroepen in de Globale Analyse wordt bij bronpopulaties gekeken naar de verbindingen met Rijkswateren (trekvis) of vergelijkbare gebieden met een goede ecologische kwaliteit (natte natuurplek, locaties met hoge KRW-score, etc). Voor de Nadere Analyse kan naar bronpopulaties van individuele soorten gekeken worden om een nauwkeuriger beeld te krijgen.

2.3.4 Fysieke connectiviteit

Als bekend is waar de bronpopulaties zich bevinden en hoe en hoe ver soorten of verspreidingsgroepen zich kunnen verspreiden, dan kan de fysieke connectiviteit van een watersysteem voor die groep worden bepaald. Voor verspreiding via water zijn daarbij de routes en de barrières in de vorm van waterbouwkundige kunstwerken (dammen, duikers, stuwen e.d.) van belang. Verbindingen en barrières zijn ook specifiek per functionele groep. Een barrière kan daarbij absoluut zijn (organismen uit een bepaalde functionele verspreidingsgroep kunnen er niet voorbij), maar sommige barrières werken eerder als een soort weerstand voor zich verspreidende organismen, waarbij slechts een deel erdoor komt. In de literatuurstudie brengen we in beeld wat hierover globaal bekend is, maar voor het abstractieniveau van de Globale Analyse zijn slechts absolute barrières meegenomen.

2.4 SCHAAL IN RUIMTE EN TIJD

Om van waarde te zijn voor de waterbeheerder, moet het schaalniveau van de ESF niet te grof, maar ook niet te gedetailleerd zijn. Het grofste schaalniveau waarop de ESF toegepast zou moeten worden is een stroomgebied of polder en het meest gedetailleerde niveau is een beektraject of een peilgebied (of een homogeen deel daarvan). Daarbij geldt dat er in de Quick Scan breed en grof gekeken wordt, terwijl in de Globale Analyse in meer detail wordt ingezoomd op delen van het gebied waar mogelijke knelpunten liggen.

De keuze voor deze schaal betekent dat voor macrofyten en macrofauna het watersysteem meestal hun hele leefgebied zal omvatten. Individuen van deze groepen zullen vaak hun hele levenscyclus binnen het watersysteem (inclusief oevers) volbrengen. Metapopulaties kunnen zich natuurlijk over een groter gebied uitstrekken en dat is precies waar ESF Verspreiding zich bij deze soortgroepen op richt: kolonisatie van nieuwe of herstelde leefgebieden en uitwisseling van individuen tussen populaties. Het gaat hier dus om een klein deel van de populatie dat migreert.

Voor vissen ligt dat heel anders. Vissen verplaatsen zich over veel grotere afstanden om te foerageren, te paaien en te overwinteren. Dat wil zeggen dat voor bij vissen alle individuen migreren, en niet slechts een kleine deel van de populatie. Voor de meeste zogenaamde “trekvissen” geldt dat een watersysteem eigenlijk altijd slechts een onderdeel is van hun leefgebied. Door de genomen inzet van telemetrie bij vismigratie onderzoeken wordt echter steeds duidelijker dat ook de zogenaamde “standvissen” veel meer migreren dan wel eens gedacht wordt (mond. med. P. Schollema, M. Beers & P. Heuts). De paai- en overwinteringshabitats van deze soorten kunnen binnen één watersysteem liggen. Vaak migreren deze soorten echter tussen meerdere watersystemen, bijvoorbeeld van boezem naar polderslootjes, van rivieren naar beken of van beken naar slootjes/bovenloopjes.

Bij kolonisatie van nieuwe of herstelde gebieden is de tijdsschaal waarmee wordt gerekend van groot belang. Bij de uitwerking van de ESF is gekozen voor een tijdsschaal van ongeveer 5 jaar, om de volgende redenen:

- na verloop van tijd zijn veel niches in een ecosysteem al bezet, waardoor het moeilijker wordt voor een soort om zich te vestigen. Dit zogenaamde priority-effect is bekend voor wetland planten (Trowbridge 2007) en voor zoöplankton (Jenkins & Buikema 1998) en er zijn aanwijzingen dat dit ook voor aquatische macrofauna opgaat (De Meester *et al.* 2002). Gewenste soorten moeten het gebied dus tijdig vinden. Praktijkonderzoek aan vegetatie en libellen van watergangen en oevers laat zien dat de eerste 3 tot 5 jaar na herinrichting meestal veel pioniersoorten aanwezig zijn en dat dit daarna afneemt (Van de Haterd *et al.* 2010). Dit is een indicatie dat de niches bezet raken.
- een kortere periode dan 5 jaar maakt de koloniseringskans erg klein en signaleert veel knelpunten die in werkelijkheid niet reëel zijn;

2.5 UITWERKING VOOR VIS VERSCHILT VAN MACROFAUNA EN MACROFYTEN

Zoals hierboven beschreven is bij vissen de schaal van het leefgebied vaak groter dan de schaal van het studiegebied. Bij macrofauna en macrofyten zal dat zelden het geval zijn. Een ander verschil is dat vis migratie al jaren op de agenda staat bij vrijwel alle waterschappen en dat vrijwel alle waterschappen de vis migratie knelpunten in beeld hebben gebracht, geprioriteerd hebben en bezig zijn met het uitvoeren van maatregelen. Connectiviteit voor macrofauna en macrofyten heeft nog nauwelijks de aandacht.

De uitwerking van de ESF richt zich op de vraag: *Kunnen de gewenste of kenmerkende organismen het watersysteem in voldoende mate bereiken?* Vrijwel alle waterschappen zijn bezig geweest met het in beeld brengen van vis migratie knelpunten, hoewel er bij het aanwijzen en prioriteren zeker niet altijd een watersysteembenadering is gevolgd (mond. med. M. Beers). Bovendien is er vanuit connectiviteit vooral aandacht geweest voor trekvis (grootweg de diadrome en rheofiele soorten cf. Van der Molen *et al.* 2012) en veel minder voor de “standvis” (de limnofiele soorten cf. Van der Molen *et al.* 2012), terwijl steeds duidelijker wordt dat ook deze soorten migreren. Voor vis doen we daarom een voorstel voor een aanpak die meer aansluit bij de ESF-benadering, daarbij verwijzen we naar de meest gangbare literatuur. Voor macrofauna en macrofyten is er vaak nog geen enkele informatie of werkwijze voor de analyse van knelpunten beschikbaar. Daarom is deze in het kader van deze studie ontwikkeld. Omdat dit geheel nieuw is, is de uitwerking voor macrofauna en macrofyten in dit rapport ook veel uitgebreider dan die voor vis.

2.6 OPZET VAN DE METHODIEK

2.6.1 Van grof naar fijn: Quick Scan, Globale Analyse en Nadere Analyse

Een watersysteemanalyse bestaat uit het ontrafelen van een complex aan factoren. Er zijn veel parameters die kunnen (of moeten) worden onderzocht. Elke parameter vraagt om het ontsluiten van relevante gegevens, het beoordelen van de kwaliteit en het interpreteren ervan. Dit vraagt om een gestructureerde, systematische benadering, waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. De ESF's helpen bij deze analyse. Voor de analyse van ESF Verspreiding/Connectiviteit worden drie niveaus onderscheiden die oplopen in mate van detail en daarmee in de mate van complexiteit en benodigde hoeveelheid tijd voor uitvoering. Deze drie niveaus zijn:

-
- 1 Quick Scan,
 - 2 Globale Analyse,
 - 3 Nadere Analyse.

De **Quick Scan** vormt een eerste stap in de analyse waarin in een kort tijdsbestek inzicht wordt verkregen in de systeemkenmerken die van invloed zijn op de ecologische toestand. In het ideale geval wordt er een Quick Scan uitgevoerd voor alle ESF's (waarvan verspreiding/connectiviteit er één is). Die Quick Scan start met een brede blik en geeft als resultaat een eerste kwalitatieve duiding (grote toestandsbeoordeling) en een duiding van welke ESF's waarschijnlijk het meest bepalend zijn voor die toestand³. In de Quick Scan Verspreiding/Connectiviteit wordt een groot gebied bekeken; een polder, een stroomgebied van een beek of riviertraject, een boezemstelsel en ook de omgeving ervan. Het detailniveau is beperkt, we maken in deze fase alleen gebruik van makkelijk toegankelijke informatie en beperken ons tot de hoofdgroepen: vissen, macrofauna en macrofyten. Doel hiervan is een beeld te krijgen of ESF Verspreiding mogelijk een knelpunt vormt, en zo ja voor welke groepen en in welke delen van het gebied. Hiermee wordt duidelijk of een Globale Analyse zinvol is en zo ja met welke focus?

Centraal in de analyse staat de . Hierin kunnen op relatief eenvoudige wijze de verschillende (clusters van) ESF's geanalyseerd worden. Het uitvoeren van de Globale Analyse levert de beheerder voldoende kwantitatief inzicht in het functioneren van het ecosysteem, welke factoren domineren bij (het verklaren van) de huidige ecologische toestand en welke factoren van belang zijn indien een andere ecologische toestand gewenst is. Bij de Globale Analyse wordt ingezoomd op een trajectniveau of peilgebied waar mogelijk knelpunten liggen. Het detailniveau is gemiddeld; we kijken niet naar afzonderlijke soorten, maar wel naar groepen van organismen met een vergelijkbare verspreidingsstrategie. Daarbij wordt gebruik gemaakt van eenvoudig toepasbare verspreidingsgroepen, reken- en vuistregels, die zijn ontsloten door middel van een database en een tool.

3

Dit rapport behandelt alleen ESF Verspreiding en niet de afweging tussen alle ESF's. Hiervoor worden wel enkele aanwijzingen gegeven, maar een overkoepelende aanpak voor een systeemanalyse valt buiten de scope van dit document.

.....

In de **Nadere Analyse** kan aan de hand van specifieke tools (rekenmodellen) ingezoomd worden op onderdelen van het ecologisch functioneren. De tools richten zich op één of enkele (onderdelen) van ESF's. Ook kan de Nadere Analyse bestaan uit het uitvoeren van aanvullend onderzoek, bijvoorbeeld naar de passeerbaarheid van een barrière of de representativiteit van bepaalde bestaande gegevens. Een Nadere Analyse van ESF's vergt in verhouding veel tijd, maar is niet altijd nodig. Alleen de aspecten die voor het functioneren van het ecosysteem in een specifieke situatie van belang zijn, en waarover nog onvoldoende inzicht bestaat, zijn zinvol om in de Nadere Analyse te onderzoeken. In dit rapport is de Nadere Analyse niet in detail uitgewerkt, wel worden suggesties gedaan waar een Nadere Analyse zich op zou kunnen richten.

2.6.2 De voorgestelde analyse op hoofdlijnen

Elk van de drie analyseniveaus (Quick Scan, Globale Analyse en Nadere Analyse) van ESF Verspreiding volgt hetzelfde stramien, waarin binnen drie stappen telkens de volgende vijf vragen aan de orde komen:

Een analyse van de systeemkenmerken

- 1 Stel vast voor welke soorten of groepen er verbindingen nodig zijn (gewenste soorten of doelsoorten).
- 2 Stel vast tussen welke (deel)gebieden verbindingen nodig zijn voor deze soorten of groepen.
- 3 Breng de mogelijke routes per soortgroep in kaart en schat in welke verbindingen functioneren en welke waarschijnlijk niet.

Een analyse van de huidige toestand

- 4 Vergelijk de huidige toestand met de verwachting op basis van de systeemkenmerken; hangt het ontbreken van bepaalde soortgroepen mogelijk samen met knelpunten in connectiviteit?

Een synthese

- 5 Zoek verklaringen voor de verschillen tussen verwachting en toestand; zijn het lacunes in data (bijv: onvolledige inventarisaties), lacunes in kennis (bijv: verspreidingsmechanismen of afstanden), inschattingfouten door de grove wijze van analyse, werkt het systeem toch anders dan verwacht of is het habitat wellicht toch niet op orde? Wat is voldoende bekend? Zijn er nog punten die nader uitgezocht moeten worden?

.....

Het doel is om steeds beter te begrijpen welke rol ESF Verspreiding/Connectiviteit speelt in de toestand van het watersysteem en zodoende een steeds scherper antwoord te krijgen op de centrale vraag (§2.3). Na elk niveau volgt een synthese. Hierbij worden de resultaten gebruikt om tot een hypothese te komen over de aanwezigheid van verspreidingsknelpunten. Daarnaast worden de resultaten afgezet tegen de resultaten van de Quick Scan van andere ESF's, om zodoende het actuele en potentiële belang van ESF Verspreiding in te schatten.

H3 QUICK SCAN



3.1 DOEL EN DETAILNIVEAU

Zoals gezegd zijn andere ESF's vaak bepalender voor de toestand waarin het ecosysteem zich bevindt dan ESF verspreiding (§2.2). Het zou dan voor de hand liggen eerst deze ESF's te beoordelen en aan te pakken en pas daarna ESF Verspreiding te beschouwen. Deze werkwijze heeft echter risico's, bijvoorbeeld dat verspreidingsknelpunten als oorzaak over het hoofd gezien worden ("de soorten ontbreken, dus zal het habitat toch wel minder goed zijn als gedacht"). We bevelen aan altijd de Quick Scan te doorlopen voor alle ESF's, omdat dit weinig tijd kost en daardoor wel een brede scope op het gebied ontstaat.

De fase van de Quick Scan volgt een grove benadering, die tot doel heeft te bepalen of een Globale Analyse zinvol is en met welke focus. De Quick Scan richt zich in eerste instantie op het hele stroomgebied en zelfs op de omgeving ervan. De Quick Scan gaat uit van gemakkelijk beschikbare, bestaande informatie, meestal aangevuld met een veldbezoek. In dit hoofdstuk zijn suggesties opgenomen voor informatie-bronnen die bij vrijwel elk waterschap aanwezig zijn. Deze informatie-bronnen zijn richtinggevend, maar zeker niet uitputtend. De meeste waterschappen hebben meer informatie die bruikbaar is voor de analyse, zoals onderzoek aan passeerbaarheid van kunstwerken, herstel van macrofauna in beken, herintroducties van specifieke soorten, een vissenverspreidingsatlas etc.

In de Quick Scan is het niet per sé nodig om in detail te kijken naar de gewenste groepen organismen. In onderstaande tekst gaan we uit van een analyse per taxonomische klasse (tevens KRW-kwaliteitselement): vis, macrofauna en macrofyten⁴. Als er echter informatie beschikbaar is op soortsniveau (zie boven), kan deze uiteraard worden gebruikt.

3.2 VELDBEZOEK

Een veldbezoek heeft vrijwel altijd meerwaarde voor een watersysteemanalyse. Dit gebeurt niet apart voor ESF Verspreiding, maar voor alle ESF's tegelijk. Van belang is dat minimaal één van de beheerders van het gebied bij het veldbezoek aanwezig is, omdat die in staat is om veel vragen direct te beantwoorden en dus vervolgvra-

4

Fytoplankton is het vierde kwaliteitselement in stagnante wateren (van der Molen et al. 2012), maar wordt niet meegenomen.

gen aan te scherpen. Om gerichte vragen te kunnen stellen, is het van belang het veldbezoek niet helemaal aan het begin van de Quick Scan uit te voeren, maar eerst beschikbare informatie te verwerken. Voor connectiviteit zijn de volgende aandachtspunten tijdens het veldbezoek van belang:

Werking van het watersysteem

Hoe hard en in welke richting stroomt het water in natte (afvoer) en in droge (aanvoer) perioden? Waar zitten inlaten, is dat voorin (bij het gemaal) of achterin het systeem? Staan die permanent open (doorspoeling) of incidenteel en in welke perioden dan meestal?

Aard van barrières

Over de passeerbaarheid van barrières voor vis is vaak wel het een en ander bekend, maar het veldbezoek is het moment om dit te toetsen en extra stuwen of particuliere onderbemalingen in te tekenen. Het veldbezoek is ook hét moment om de passeerbaarheid van barrières voor macrofyten en macrofauna in het veld te beoordelen. Denk bijvoorbeeld aan de ligging van duikers: zijn deze verdronken en ligt er veel drijfvuil in de hoeken, dan zullen daar ook veel drijvende zaden en plantendelen achterblijven. En zitten vispassages vol met afval of worden ze netjes bijgehouden?

Habitat

Hoewel geen onderdeel van ESF Verspreiding, willen we hier benadrukken dat het ook belangrijk is om te kijken naar geschikte habitats, zoals paai- en overwinteringshabitat voor vis. Waar zijn vegetatierijke zones? Klopt de leggerdiepte van zowel primaire watergangen als tertiaire watergangen? Zijn er binnen een polder voldoende diepe overwinteringsplekken voor vis of moeten ze naar buiten toe? Dit geeft inzicht in de functionaliteit van het gebied: waar gebruiken de organismen het (in potentie) voor? Dit zegt iets over het belang of de aard van de gewenste connectiviteit.

Bronpopulaties

Welke gebieden met een hoge diversiteit in of in de directe omgeving van het studiegebied kunnen mogelijk als brongebied fungeren voor nog te herstellen gebiedsdelen? Hoe zien deze gebieden eruit, zijn ze vergelijkbaar met het studiegebied? Herbergen ze inderdaad een hoge diversiteit aan soorten? Geldt dit voor alle soortgroepen?

3.3 ANALYSE VAN DE ACTUELE TOESTAND

Een snelle eerste indicatie voor de connectiviteitsknelpunten (en daarmee voldoende voor een Quickscan) geven de KRW-scores van de afzonderlijke meetpunten (niet die voor het waterlichaam als geheel). Veel KRW-maatlatten zijn echter zowel gevoelig voor de soortensamenstelling als voor de relatieve abundantie van positieve en negatieve soorten (al dan niet in een afzonderlijke deelmaatlat). De abundantie van de soorten wordt vooral bepaald door de milieufactoren ter plaatse (m.n. nutriënten, structuur en saprobie) en in geringe mate door connectiviteit. Voor connectiviteit is het dus van belang naar de soortensamenstelling (aan- of afwezigheid) te kijken. Komen met name de positieve soorten door het hele studiegebied voor of zijn er duidelijke verschillen. Aandachtspunt is dat de beviste trajecten vaak verspreid over een waterlichaam of zelfs groter gebied liggen, maar dat de resultaten toegekend worden aan één KRW-locatie. Het is dan vrijwel altijd nuttig naar de onderliggende gegevens te kijken om te zien welke soorten echt op een locatie zijn aangetroffen (vaak is dit vrij snel in de achterliggende rapportages te vinden).

Zoek naar deelgebieden met een opvallend lage score of lage diversiteit en naar grote verschillen tussen deelgebieden. Als deze niet verklaard kunnen worden door het habitat (vergelijk analyse toestand andere ESF's!) is dat een indicatie dat de connectiviteit een knelpunt kan zijn. Dit kan dan naast de analyse van systeemkenmerken gelegd worden (zie onder).

Aanbevolen wordt de bronpopulaties (zie [paragraaf 3.4](#)) in beeld te brengen voor het gebied zelf en de omgeving ervan. De ESF gaat immers zowel over connectiviteit binnen een gebied als de connectiviteit met de omgeving (andere polders of stroomgebieden).

3.4 ANALYSE VAN SYSTEEMKENMERKEN

Stel vast voor welke soorten of groepen er verbindingen nodig zijn

Zoals gezegd richt de Quick Scan zich op het hele stroomgebied en zelfs op de omgeving ervan en is het daardoor niet nodig om in detail te kijken naar de gewenste groepen organismen. De gewenste soorten worden in dit stadium geclassificeerd als vis, macrofyten en macrofauna. Deze drie soortgroepen zullen in elk systeem gewenst zijn. Als er voor het gebied al doelen bekend zijn (denk bijvoorbeeld aan beekprik) dan kan dat natuurlijk wel worden meegenomen.

Stel vast tussen welke (deel)gebieden verbindingen nodig zijn voor deze soortgroepen

In de Quick Scan wordt bekeken welke gebieden goed met elkaar en met andere gebieden verbonden zijn en welke niet. Dit geeft inzicht in mogelijke knelpunten van het gebied. In deze fase wordt nog niet gekeken naar de doelen, dus welke verbindingen nodig zijn.

Voor de identificatie van waardevolle bronpopulaties buiten het gebied, is het in de Quick Scan voldoende om te inventariseren of er (ecologisch) goed ontwikkelde wateren van een enigszins vergelijkbaar type in de omgeving liggen. Dit kan in eerste instantie gewoon een vlekkenkaart zijn, gebaseerd op gebiedskennis of op openbare bronnen. Een mogelijke bron is bijvoorbeeld de atlas van het natuurlijk kapitaal (www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten en selecteer onder Levenscyclus - Natuurwaarde van natte en vochtige ecosystemen).

Breng de mogelijke routes via water per soortgroep in kaart en schat in welke verbindingen functioneren en welke waarschijnlijk niet

De belangrijkste stap is het maken van een kaart met waterlopen en potentiële barrières:

- Maak een gedetailleerde kaart van alle waterlopen met stroomrichtingen voeg ook de inlaten toe. Laat zo mogelijk zien of deze inlaten permanent open staan of niet. Zorg dat vooral duidelijk te zien is welke wateren met elkaar verbonden zijn en welke niet.
- Voeg de kunstwerken toe aan deze kaart. Maak onderscheid naar type kunstwerk zoals gemalen, stuwen, duikers, siphons, dammen en andere kunstwerken. Voeg ook de vismigratievoorzieningen met een apart symbool toe.
- Voeg eventueel ook andere barrières toe. Denk hierbij bijvoorbeeld aan delen met een slechte waterkwaliteit (bijv: lozingen RWZI/industrie, locaties met zuurstofproblemen etc.), specifiek voor beken aan trajecten met weinig stroming zoals zandvangen, genormaliseerde trajecten of stadswateren en bij stilstaande wateren bijvoorbeeld aan diepe kanalen met damwanden en scheepvaart of aan diepe stadsgrachten. Let op dat het hier niet gaat om de invloed van deze factoren op het habitat, maar om een negatief effect op connectiviteit.
- Maak zo goed mogelijk een inschatting van de passeerbaarheid van barrières voor vis, macrofauna en macrofyten en maak voor iedere soortgroep een aparte kaart. Gebruik voor een eerste versie de onderstaande tabel en vul dit aan met gegevens uit vismigratiestudies en gebiedskennis (veldbezoek!).

TABEL PASSEERBAARHEID VAN BARRIÈRES PER GROEP

3.1

Voor macrofyten zijn in deze tabel alleen drijvende zaden opgenomen; veel planten verspreiden zich ook op andere manieren, dit komt aan bod in de Globale Analyse.

TYPE BARRIÈRE	VIS	INSECTEN	OVERIGE MACRO-FAUNA	MACROFYTEN (DRIJVENDE ZADEN)
gemaal met visvriendelijke pomp	1*	0	1	1
overige gemalen	2*	0	1	1
stuw	1	0	1	1
duiker	1/2*	0	0	1/2
vispassage	1/2*	0	1	1
snelstromend water	*	0	1*	1
stilstaand water	*	0	0*	0

0 = geen barrière (grootste deel individuen kan passeren)

1/2 = relatieve barrière (klein deel van de individuen kan passeren)

1 = harde barrière in stroomopwaartse richting (stuw: naar hoger peil, gemaal: naar lager peil)

2 = harde barrière in 2 richtingen

* grote verschillen binnen de groep (soortspecifiek)

Door het maken van de bovenstaande kaarten worden de volgende vragen beantwoord:

- Welke routes en barrières via water zijn er binnen het gebied?
- Welke routes en barrières via water zijn er tussen het gebied en groot buitenwater (rivieren, randmeren)?
- Zijn de barrières passeerbaar voor vis?
- Zijn de barrières passeerbaar voor macrofyten en macrofauna?
- Zijn goede brongebieden bereikbaar via het water?
- Ligging er goede brongebieden binnen 5 of 10 km hemelsbrede afstand zodat ze voor goede luchtverspreiders bereikbaar zijn?

Breng de mogelijke brongebieden in kaart die via de lucht bereikbaar zijn

- Liggen er goede brongebieden op korte afstand van waaruit planten en macrofauna via de lucht (vliegend of met vogels) het gebied zouden kunnen bereiken? Ga er hierbij vanuit dat vogels maximaal 5 kilometer in laag Nederland en 10 kilometer in hoog Nederland vliegen. Sommige insecten kunnen heel goed vliegen, maar voor de minder goede vliegers is een paar kilometer al een flinke afstand.

3.5 SYNTHESE EN HYPOTHESE

Vergelijken verwachting en toestand

De antwoorden op vragen uit 3.4 leiden tot een verwachting m.b.t. de connectiviteit van het systeem en van deelsystemen ervan. Deze verwachtingen moeten worden vergeleken met de waargenomen toestanden (3.3). Worden de waargenomen toestanden goed verklaard door de fysieke connectiviteit en bronpopulaties? Welke hypothesen zijn er over de connectiviteit van het systeem als geheel en van deelsystemen? Welke vragen blijven open?

Als de verwachting niet overeenkomt met de toestand, zijn er twee mogelijkheden: (1) de connectiviteit lijkt goed, maar soorten of groepen ontbreken in delen van het gebied of (2) ondanks dat er verspreidingsknelpunten lijken te zijn, zijn er eigenlijk nauwelijks verschillen tussen deelgebieden. Hieraan kunnen verschillende oorzaken ten grondslag liggen:

- de Quick Scan is een grove analyse, die nogal wat aannames doet. Veel situaties zijn te complex om met een QS te verklaren;
- het systeem werkt toch anders dan gedacht, wellicht zijn er barrières verkeerd ingeschat of nog onbekende bronpopulaties in of nabij het gebied;
- in veel systemen is ESF Verspreiding niet het grootste knelpunt en dus ook niet de (belangrijkste) verklaring voor de waargenomen toestand. In de volgende alinea wordt er op dit punt nader ingegaan.

Relatieve belang van andere ESF's

Het is in dit stadium van belang dat de resultaten van de Quick Scan ESF Verspreiding naast de resultaten van de Quick Scans van andere ESF's worden gezet.

Voor stilstaande wateren is dan vooral de vergelijking met ESF's Productiviteit Water, Lichtklimaat, Productiviteit bodem en Habitatgeschiktheid belangrijk:

- Als er weinig submerse waterplanten groeien omdat het water troebel is of bedekt met algen en kroos (ESF Productiviteit Water, Lichtklimaat en Habitatgeschiktheid op rood), dan is dat altijd een groter knelpunt voor de ecologische ontwikkeling dan verspreiding. Als er echter maatregelen getroffen worden om dit knelpunt aan te pakken, dan kan het zinvol zijn ESF Verspreiding mee te nemen, zodat na herstel de gewenste soorten het gebied kunnen bereiken;
- Als het water helder is, maar er toch weinig submerse waterplanten zijn (ESF Productiviteit water en Lichtklimaat op groen), dan wordt vaak gedacht aan

ESF verspreiding als oorzaak. Het is niet heel waarschijnlijk dat goede verspreiders zoals waterpest en kranswieren het gebied niet weten te bereiken, tenzij het gebied pas kort geleden hersteld is. Mogelijk spelen hier toch (ook?) andere factoren, zoals de waterbodem of toxiciteit. Het verdient zeker aanbeveling dit nader uit te zoeken;

- Als het water helder is met veel submerse waterplanten (ESF Productiviteit water en Lichtklimaat op groen), maar de diversiteit aan planten is laag, dan kan dat komen doordat soorten het gebied niet kunnen bereiken. Het is echter ook mogelijk dat de waterbodem te voedselrijk is (ESF Productiviteit bodem op rood). Dit kan in de Globale Analyse uitgezocht worden;
- Helder water met een hoge diversiteit aan waterplanten (ESF's Productiviteit water, Lichtklimaat en Productiviteit bodem op groen) lijkt de gewenste situatie, waarbij verspreiding geen knelpunt vormt voor planten. Het is mogelijk dat er voor macrofauna en met name vis wel knelpunten zijn (focus Globale Analyse!).

Specifiek voor stromende wateren geldt dat vooral de hydrologie (piekafvoeren, stroming, stagnatie en droogval), de morfologie (gevarieerd habitatmozaïek) en de waterkwaliteit (zuurstofconcentraties) op orde moeten zijn. Feitelijk zijn dit alle andere ESF's behalve context (zie 1.4). Deze aspecten variëren echter ook binnen een stroomgebied. Droogval en stagnatie zijn in sommige bovenlopen een natuurlijk optredend proces (vaak versterkt door ontwatering). Echter, juist in een dynamische omgeving waarin processen als droogval en zuurstoftekort de fauna periodiek doen uitsterven, is herkolonisatie en daarmee connectiviteit van groot belang (Moller Pilot 1988).

Focus Globale Analyse

Als afsluitende stap wordt bepaald of een Globale Analyse nodig is en zo ja welke focus deze moet hebben:

- Is ESF Verspreiding van belang in dit gebied of zijn andere ESF's belangrijker?
- Wat lijkt wel duidelijk en wat is nog erg onzeker?
- Staan er vragen open die belangrijk genoeg zijn om uit te zoeken in een Globale Analyse? En zo ja:
- Welke deelgebieden of trajecten lijken goed verbonden en waar zijn mogelijk knelpunten en voor welke soortsgroepen?
- Welke ruimtelijke schaal is nodig voor de Globale Analyse?

H4 GLOBALE ANALYSE



4.1 DOEL EN DETAILNIVEAU

Uit de Quick Scan blijkt of er potentiële knelpunten zijn ten aanzien van verspreiding en of deze belangrijk genoeg zijn om nader uit te zoeken. Het doel van de Globale Analyse is om vast te stellen hoe waarschijnlijk het is dat verspreiding een knelpunt vormt. Hierbij wordt ingezoomd op die delen van het studiegebied waar mogelijk een knelpunt ligt; meestal gaat het qua schaalniveau om een peilgebied of een min of meer homogeen traject van een beek. De hier beschreven Globale Analyse werkt op basis van soortgroepen met een vergelijkbare verspreidings-ecologie. Uiteraard staat het de gebruiker vrij hiervan af te wijken als hij daar aanleiding toe ziet, bijvoorbeeld omdat er specifieke doelen en gegevens zijn voor bepaalde vissoorten. Daar zijn echter geen algemene richtlijnen voor te geven, zodat de uitwerking in dit hoofdstuk uitgaat van een analyse van groepen. Zoals beschreven in §2.5 verschilt de analyse voor vis van die voor macrofyten en macrofauna; deze worden in aparte paragrafen behandeld. Voor de analyse van macrofauna en macrofyten zijn in deze studie soortgroepen met een vergelijkbare verspreidings-ecologie ontwikkeld. Van alle relevante⁵ soorten macrofyten en macrofauna is in een online database opgenomen in welke groep ze vallen. Deze database is beschreven in [bijlage 1](#). Voor de analyse van deze groepen is een Gis-Tool ontwikkeld (zie [bijlage 2](#)).

4.2 ANALYSE VAN DE SYSTEEMKENMERKEN BIJ MACROFYTEN EN MACROFAUNA

De analyse van de systeemkenmerken bij macrofauna en macrofyten is op te delen in vijf stappen ([tabel 4.1](#)).

Voor welke soorten of groepen zijn verbindingen nodig (gewenste soorten)?

Voor macrofauna en macrofyten zijn groepen samengesteld met een grofweg vergelijkbare verspreidingswijze. In [bijlage 1](#) is uitgelegd hoe deze groepsindeling tot stand gekomen is. De groepen en de criteria die gebruikt zijn om soorten erin in te delen zijn weergegeven in [figuur 4.1](#) en [4.2](#). Deze criteria laten zien dat van veel soorten macrofyten en macrofauna gegevens bekend zijn die een ruwe inschatting van hun verspreidingscapaciteit mogelijk maken. Waar gegevens een beperkende factor waren (m.n. macrofauna), is voor de huidige indeling gebruik gemaakt van

5

Gedefinieerd als alle soorten die zijn opgenomen op een zoete of licht brakke KRW-maatlat of algemeen zijn in of langs de Nederlandse wateren.

expertkennis. De indeling is zeker nog niet perfect; het is nadrukkelijk een versie 1. In hoofdstuk 7 worden de consequenties van de tekortkomingen en mogelijke verbeterpunten bediscussieerd.

TABEL 4.1 STAPPEN GLOBALE ANALYSE SYSTEEMKENMERKEN MACROFAUNA EN MACROFYTEN

STAPPEN	UITWERKING MACROFAUNA & MACROFYTEN
1 Stel vast voor welke soorten of groepen er verbindingen nodig zijn.	Doelen koppelen aan verspreidingsgroepen
2 Stel vast tussen welke (deel)gebieden verbindingen nodig zijn.	Identificeren bronpopulaties binnen of buiten het studiegebied
3 Breng de mogelijke routes (en afstanden) in kaart.	Analyse met gis-toolbox
4 Vergelijk dit met de huidige toestand.	Koppeling metingen met database
5 Zoek verklaringen voor de verschillen	Expert-oordeel

TABEL 4.2 GROEPEN MACROFYTEN MET VECTOREN

n.v.t. betreft vectoren die voor die groep als niet van toepassing of niet relevant zijn beoordeeld, omdat ze met andere vectoren grotere afstanden kunnen afleggen.

CODE	LIFTEN VOGELS	DRIJVEN	WIND
p1b	ja	kort	n.v.t.
p1c	ja	lang	n.v.t.
p2a	nee	kort	kort
p2b	nee	lang	kort
p3a	nee	kort	nee
p3b	nee	lang	nee
p4	nee	n.v.t.	lang
px	n.v.t.	n.v.t.	zeer lang (sporenplanten)

Als eerste stap in de Globale Analyse moet worden bepaald welke van deze groepen belangrijk zijn voor het betreffende watersysteem. Er zijn verschillende manieren om dit te doen. De meest elegante manier is om de doelen voor het betreffende

FIG 4.1 CRITERIA MACROFYTEN

De gehanteerde criteria (grijs) en de indeling in groepen voor macrofyten (geel), inclusief enkele voorbeeldsoorten.

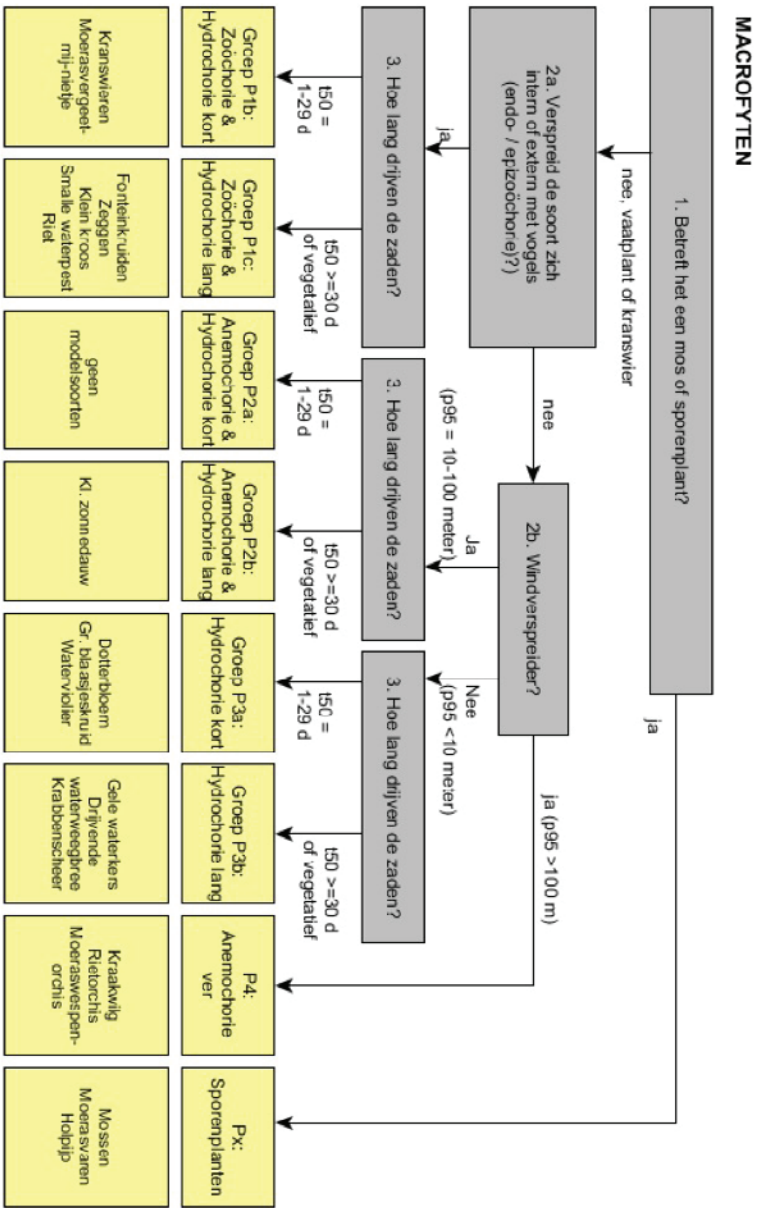
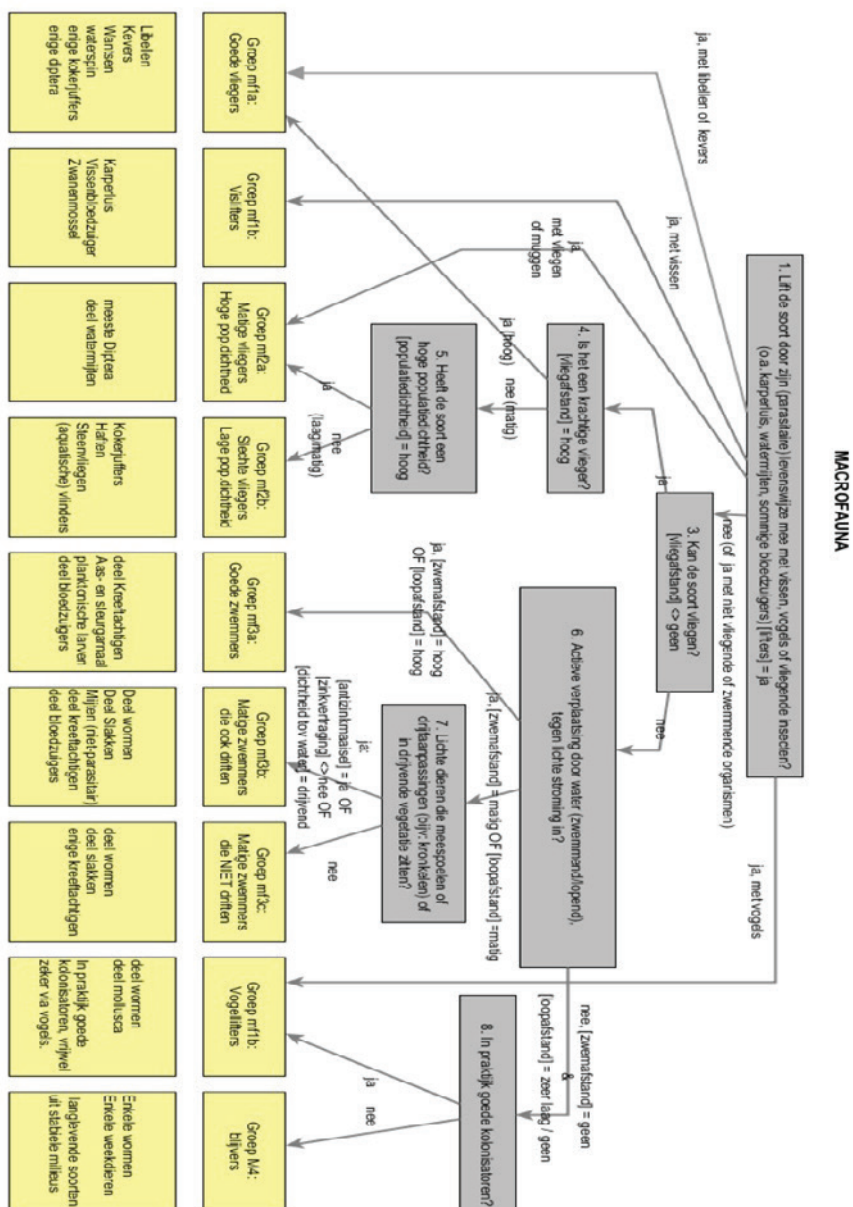


FIG 4.2 CRITERIA MACROFAUNA

De gehanteerde criteria (grijs) en de indeling in groepen voor macrofauna (geel), met taxonomische groepen die eronder vallen.



water te koppelen aan de verspreidingsgroepen. In de internet-database (zie [bijlage 1](#)) is van alle relevante soorten macrofyten en macrofauna opgenomen tot welke groep ze behoren. De KRW-maatlatten zijn hier echter weinig geschikt voor, omdat slechts een klein percentage van de soorten op een maatlat ook daadwerkelijk voor hoeft te komen. Beter is om de doelen te vertalen in een ecosysteemtoestand en uit deze ecosysteemtoestand af te leiden welke soortgroepen er noodzakelijk zijn voor het ecologisch functioneren. De methodiek voor het opstellen van de ecosysteem-toestanden is echter nog bij de STOWA in ontwikkeling, dus het is in deze fase nog onduidelijk of en hoe de aansluiting op de verspreidingsgroepen kan plaatsvinden.

TABEL 4.3 GROEPEN MACROFAUNA MET VECTOREN

CODE	BELANGRIJKSTE VECTOR	OVERIGE VECTOREN
mf1a	Goede actieve vliegers	Driften
mf1b	Liften met vogels	Driften
mf1c	Liften met vissen (vaak parasitair)	-
mf2a	Windverspreiders met hoge reproductie	Driften
mf2b	Slechte vliegers (korte afstand, relatief lage reproductie)	Driften
mf3a	Soorten die goed tegen de stroming in kunnen zwemmen of lopen	Driften
mf3b	Soorten die beperkt kunnen zwemmen of lopen	Driften
mf3c	Soorten die beperkt kunnen zwemmen of lopen	-
m4	Soorten die zich nauwelijks verplaatsen (overlevers)	-

Een andere methode om te bepalen welke groepen van belang zijn, is om niet uit te gaan van doelen, maar de analyse standaard uit te voeren voor de groepen die zich minder goed verspreiden. Het resultaat van de analyse geeft dan aan voor welke groepen waarschijnlijk een verspreidingsknelpunt optreedt (of niet). Vervolgens kan bepaald worden of deze groepen van belang zijn voor de gestelde doelen. Overigens zijn in de meeste watersystemen vrijwel alle groepen vertegenwoordigd, hoewel niet in gelijke mate. Zo komt groep mf2b (veel kokerjuffers en haften) meer voor in stromende dan in stilstaande wateren. Voor macrofauna is de verwachting dat in stromende wateren meer slechte verspreiders voorkomen dan in stilstaande wateren. Dit komt omdat stromende wateren op lange termijn voor macrofauna

relatief stabiele habitats zijn, terwijl veel stilstaande wateren door successie verlanden en daarmee dus op lange termijn temporair zijn. Hierdoor hebben soorten uit stilstaande wateren dus een grotere noodzaak tot dispersie en verwacht je daar minder slechte verspreiders (mond. med. W. Verberk). Bovendien kunnen soorten in stromend water makkelijk meeliften op het stromende water, zonder dat ze zelf goede verspreidings-eigenschappen hebben. Voor macrofyten geldt deze relatie niet; door de natuurlijke dynamiek en verstoringen die kenmerkend zijn voor stromende wateren moeten plantensoorten zich juist goed kunnen verspreiden om zich in een systeem te kunnen handhaven. Zo hebben de oevers en de overstromingsvlakte van beken en rivieren met een natuurlijk afvoerpatroon, te maken met periodieke verstoring door hoge, of juist lage afvoeren. Hierdoor komen met name op de oevers diverse pioniergemeenschappen voor, die zich vaak zeer goed verspreiden. Ook morfologisch kunnen rivieren en beken zeer dynamisch zijn.

Welke (deel)gebieden moeten verbonden worden?

Voor macrofyten en macrofauna gaat het met name om verbindingen tussen bestaande bronpopulaties en potentieel geschikte leefgebieden waar de soorten nog niet voorkomen. In het geval van specifieke doelsoorten kan hiervoor gebruik worden gemaakt van de gegevens uit de Nationale Database Flora en Fauna (NDF), aangevuld met gegevens van het waterschap. Daarbij is wel van belang om een inschatting te maken van de (on)volledigheid van die gegevens. Meestal zijn er echter geen specifieke doelsoorten voor macrofauna en macrofyten, omdat het doel bestaat uit een score op de KRW-maatlat en het onmogelijk is alle positieve of kenmerkende soorten op de KRW-maatlat door te rekenen. De snelste manier om in dat geval potentiële bronpopulaties in beeld te brengen is opnieuw gebruik te maken van de kaarten met goede gebieden uit de Quick Scan. Als uit meetgegevens of gebiedskennis met zekerheid bekend is dat deze goede gebieden een breed scala aan kenmerkende soorten bevatten, is verdere verfijning van brongebieden voor een Globale Analyse ook niet nodig. Denk voor stilstaande wateren bijvoorbeeld aan waardevolle laagveengebieden als De Wieden of Het Hol en voor beken aan de Roode Beek in de Meinweg of sommige takken van de Drentse Aa.

Als dergelijke goede gebieden met een hoge diversiteit aan gewenste soorten ontbreken is het verstandig de beschikbare bronpopulaties nauwkeuriger in beeld te brengen. Dit kan bijvoorbeeld door uit de KRW-metlocaties in de omgeving uit

de afgelopen jaren alle soorten te selecteren die als ‘doelsoort’ zouden kunnen gelden. Dit kan bijvoorbeeld op basis van expertoordeel of door alle positief scorende KRW-soorten te nemen. Door deze selectie vervolgens te koppelen met een download van de database (zie [Bijlage 1](#)) is te bepalen in welke verspreidingsgroep deze soorten vallen. Of de soorten van het ene meetpunt ook daadwerkelijk kunnen vestigen op een ander meetpunt, hangt mede af van de vergelijkbaarheid van de watertypen. In bijlage 3 is een similariteitsmatrix opgenomen waarin de similariteit in samenstelling van de macrofyten- en macrofauna-gemeenschappen tussen de diverse watertypen is weergegeven; dit is een redelijk goede maat voor de kans dat een ander KRW-type soorten herbergt die ook in het doelgebied kunnen overleven. Op deze manier is het mogelijk snel een globaal beeld te krijgen van mogelijke bronpopulaties. Deze analyse is echter slechts globaal van aard en bevat dus een behoorlijke onzekerheidsmarge. Het alternatief, alle afzonderlijke soorten beschouwen, is echter vrijwel nooit een optie. Wel is het mogelijk om bijvoorbeeld één of meerdere gidssoorten te beschouwen, bijvoorbeeld in een Nadere Analyse.

Breng mogelijk routes en afstanden in kaart

Omdat de meeste soortgroepen zich via meerdere vectoren verspreiden, zijn knelpunten lastig te visualiseren. Daarom is, naast de groepen, een analysetool in ArcGIS ontwikkeld die deze visualisatie uitvoert ([bijlage 2](#) met kort instructie-filmpje op <https://youtu.be/9x9RfyvPuLk>). De invoer van deze toolbox bestaat uit GIS-bestanden met waterlopen en barrières (legger). De uitkomst van de tool zijn GIS-lagen die potentiële herkomstgebieden voor de betreffende locatie weergeven. Er wordt dus vanuit een doelgebied geredeneerd (waar de soorten heen moeten) en niet vanaf bestaande populaties. De tool laat zien van welke afstand een bepaalde soortgroep via het water en door de lucht het gebied kan bereiken. Indien zich binnen de potentiële herkomstgebieden bronpopulaties bevinden, is verspreiding waarschijnlijk geen groot knelpunt voor de betreffende soortgroep. Indien er geen aanwijzingen zijn dat er zich binnen de potentiële herkomstgebieden bronpopulaties bevinden, is verspreiding voor de betreffende soortgroep waarschijnlijk wel een knelpunt. In een Nadere Analyse kan desgewenst de precieze omvang van dit knelpunt vastgesteld worden.

Het is belangrijk dat de gebruiker zich realiseert dat de weergegeven afstanden (grenzen van potentiële herkomstgebieden) geen harde grenzen zijn, maar een ruwe indicatie van een grote, respectievelijk kleine kans op succesvolle versprei-

ding naar het doelgebied binnen een jaar of vijf. Deze ruwe indicatie wordt momenteel beperkt door de beperkte onderliggende gegevens en de eenvoudige rekenregels van de toolbox, maar ook door tal van andere factoren die op de mogelijke verspreiding van invloed zijn en zich moeilijk laten kwantificeren (zoals de precieze snelheid en richting van waterstromen en wind, de omvang van de bronpopulaties, etc.). De nauwkeurigheid van de voorspelling ligt in orde van grootte: 100 meter kan wellicht 30 of 300 meter zijn, maar 1000 meter is onwaarschijnlijk. Bij de interpretatie moet hiermee rekening gehouden worden: een groot en goed natuurgebied net buiten 'bereik', levert wellicht in de praktijk meer soorten op dan een paar kleine en matige ontwikkelde gebieden die dichtbij liggen.

Stap 4 en 5, de vergelijking met de huidige toestand en de synthese, zijn opgenomen in [paragraaf 4.4](#) en [4.5](#).

4.3 ANALYSE VAN DE SYSTEEMKENMERKEN BIJ VIS

4.3.1 Inleiding

Van oudsher wordt onderscheid gemaakt tussen de over lange afstand migrerende soorten en de meer residente, vaak ook wel standvissen genoemd. De migrerende soorten trekken over grote afstanden en ondervinden dus naar verhouding veel hinder van een slechte connectiviteit. In het vismigratie-onderzoek en -beleid is van oudsher dan ook logischerwijze de meeste aandacht naar deze groep uitgegaan (bijv. Kroes *et al.* 2008). De overige vissen migreren echter ook tussen hun paai-, opgroei- en overwinteringshabitat. Hoewel deze migratie naar verhouding over veel geringere afstanden plaatsvindt, gaat het toch vaak nog om verscheidene tot tientallen kilometers (e.g. Nijboer & Verdonschot 2006). Daarmee kan connectiviteit voor deze soorten dus ook van belang zijn. Deze soorten worden daarom hier verder aangeduid als lokale migreerders.

De scheiding tussen ver migrerende en lokaal migrerende soorten loopt enigszins, maar niet helemaal, parallel aan de scheiding tussen stromende en stilstaande wateren. In stilstaande wateren zijn limnofiele soorten de belangrijkste groep. Dit zijn bijna allemaal lokale migreerders, die zich verplaatsen over relatief korte afstanden. De enige ver migrerende soorten in stilstaande wateren zijn aal en drie-doornige stekelbaars. In stromende wateren zijn rheofiele soorten de belangrijkste (doel)groep. Een groot deel van deze rheofiele soorten vertoont migratiegedrag, zij het in verschillende mate. Daarnaast zijn in beken en rivieren ook limnofiele vis-

soorten van belang; deze bewonen onder meer de wat luwere delen van de hoofdstroom, zijwateren en moerassen.

Zoals beschreven in §2.5 hebben de meeste waterschappen al migratieknelpunten voor vis geïnventariseerd. Het is niet de bedoeling om dat werk over te doen volgens onderstaande methode, wel om te toetsen of er in het eerder doorgemaakte proces nog op onderdelen aangevuld of verbeterd kan worden. Ook deze analyse doorloopt vijf stappen (tabel 4.4) en gaat uit van dezelfde elementen als bij de andere groepen: gewenste organismen, fysieke connectiviteit, verspreidingscapaciteit en bron-populaties.

TABEL 4.4 STAPPEN GLOBALE ANALYSE SYSTEEMKENMERKEN VIS

Stappen	UITWERKING VOOR VIS
1. Bepaal doelsoorten en stel vast voor welke soorten of groepen er verbindingen nodig zijn.	Brevé <i>et al.</i> (2014) of regionale uitwerkingen aangevuld met lokaal migrerende soorten
2. Stel vast tussen welke (deel)gebieden verbindingen nodig zijn.	benodigde habitats in studiegebied en verbinding met rivieren of zee aanwezige bronpopulaties binnen het gebied en op migreerbare afstand
3. Breng de mogelijke routes (en afstanden) in kaart.	kaart met watergangen, barrières en visvoorzieningen
4. Vergelijk dit met de huidige toestand.	Visstadsbemonsteringen en eventueel migratie-onderzoek
5. Zoek verklaringen voor de verschillen	Expert-oordeel

4.3.2 Stel het doel vast met betrekking tot visstand en/of vissoorten

De eerste stap is vaststellen welke soorten of groepen in het gebied in potentie te verwachten zijn, of waarvoor het gebied migreerbaar zou moeten zijn: de doelsoorten. Voor vissen kan dat op soortsniveau, hoewel dat voor dit doel niet per se noodzakelijk is. Van belang is wel dat in voldoende detailniveau onderscheid gemaakt wordt tussen de leefgebieden waartussen soorten migreren. De veel gebruikte indeling tussen potamodrome, diadrome en oceanodrome soorten is dus

te grof omdat deze niet aansluit op de functie van de Nederlandse wateren voor vissoorten en daarmee op hun migratiebehoefte. Een bruikbare indeling voor de traditioneel migrerende visgroepen is die van Brevé *et al.* (2014), die onderscheid maken in vijf gildes (waarin de lokale migreerders dus ontbreken):

- migratie tussen zee en rivieren of beken over lange afstand (o.a. zalm, houting, zeeprik, rivierprik)
- migratie tussen zee, overgangswateren en zoete wateren over afstanden kleiner dan 50 km (driedoornige stekelbaars en spiering)
- migratie tussen zee, overgangswateren, rivieren, beken en aangrenzende stilstaande wateren (aal)
- migratie tussen rivieren en beken (o.a. winde, serpel, barbeel, kopvoorn)
- migratie tussen benedenlopen en bovenlopen van beken (beekprik).

Op basis van deze indeling hebben Brevé *et al.* (2014) een overzicht gemaakt van de functie die alle Nederlandse KRW-wateren hebben voor deze visgildes. Tevens hebben ze een prioritering opgesteld op nationaal niveau voor de knelpunten in deze wateren. Dit vormt een goede basis op nationaal niveau, die in veel gevallen al verder regionaal is uitgewerkt. Hoewel er met enige regelmaat databases op landelijk niveau worden gemaakt (www.vismigratie.nl), is het meest actuele overzicht vrijwel altijd bij de waterbeheerder zelf aanwezig.

Deze informatie dient te worden aangevuld met de doelsoorten van lokaal migrerende soorten. Als deze niet al zijn vastgesteld, kan dit op basis van de KRW-maatlatten (Van der Molen *et al.* 2013) en/of op basis van de viswatertypering voor diepe en ondiepe wateren (Zoetemeyer & Lucas 2001; 2002). Wellicht kan hiervoor in de toekomst aangesloten worden bij de Ecosysteem-toestanden die in ontwikkeling zijn.

4.3.3 Stel vast tussen welke (deel)gebieden er verbindingen nodig zijn

Nu bekend is welke soorten of groepen vissen in potentie verwacht kunnen worden in een specifiek gebied, is de volgende stap om te bepalen welke verbindingen nodig zijn. Hiervoor moet vastgesteld worden of de doelsoorten of -groepen al aanwezig zijn in het gebied en zo niet, waar de dichtstbijzijnde locaties zijn waar deze voorkomen (de bronpopulaties). Vervolgens kan worden vastgesteld (per soort of groep) welke leefgebieden er nodig zijn om een bepaalde vissoort (of visgemeenschap) optimaal te laten functioneren binnen het watersysteem en of

.....

(en zo ja waar) die leefgebieden zich bevinden. Het gaat hierbij om paaigebieden, opgroeigebieden, foerageer-gebieden en overwinteringsgebieden. Voor de lokaal migrerende soorten kunnen al deze gebieden binnen een stroomgebied of polder liggen, voor potamodrome soorten liggen ze meestal verspreid over rivieren en kleinere wateren (polders, beken) en voor diadrome soorten ligt een deel van het leefgebied in zee. De ligging van de leefgebieden buiten het studiegebied hoeft uiteraard niet exact bekend te zijn, als maar duidelijk wordt welke soorten het gebied in en uit moeten kunnen. De methodiek voor het in beeld brengen van de habitatgeschiktheid valt buiten ESF Verspreiding; maar in algemene zin zijn zaken als waterdiepte, substraat en zuurstof-huis-houding van belang. Gedetailleerde ecologische informatie over habitats van vissoorten is bijvoorbeeld te vinden in Verdonchot & Verdonchot (2012b), Emmerik & De Nie (2006), Kroes *et al.* (2004), Ottburg & De Jong (2006) en Peeters *et al.* (2014).

4.3.4 Breng routes en barrières in beeld

Maak een overzicht van barrières zoals stuwen, gemalen, sluizen, duikers, waterkrachtcentrales en vismigratie-voorzieningen en beoordeel deze barrières op passeerbaarheid voor vis (zie bijv. Kroes & Monden 2005).

Het ene gemaal is immers het andere niet (mate van vissterfte, passagemogelijkheid). Voor een eerste indicatie is de ‘gemalenwijzer,’ geschikt (STOWA 2012a), maar deze kent voor dit doel zeker beperkingen. De Wit (2015) bevat aanvullingen en verbeteringen op de ‘gemalenwijzer’; en tevens een goed voorbeeld van een regionale uitwerking. Let er ook op dat niet alle vismigratievoorzieningen optimaal functioneren en daarmee ‘slechts’ voor een deel van de visstand en populatie passeerbaar zijn. Het onderhoud is daarbij ook van belang: vispassages die vol zitten met zwerfvuil functioneren meestal niet. Veel waterschappen laten eigen onderzoek uitvoeren naar het functioneren van vispassages in hun beheergebied (bijv: Kroes *et al.* 2006; Heuts 2013; Vis 2013) of naar het visaanbod in relatie tot te nemen maatregelen, bijvoorbeeld voor aal (Bergsma *et al.* 2008).

4.3.5 Beoordeel welke leefgebieden goed met elkaar verbonden zijn en welke niet

Nu de gewenste verbindingen (§4.3.3) en de mogelijke routes (§4.3.4) bekend zijn, kan beoordeeld worden of het leefgebied voor bepaalde soort(groep)en geschikt is. Een goed leefgebied bevat voldoende areaal aan paai- en opgroeigebieden van voldoende kwaliteit en een goede verbinding met overwinterings-gebieden. Hoe

bepaald moet worden wat voldoende areaal en kwaliteit is, valt buiten de scope van ESF Verspreiding. Wel willen we wijzen op een interessante aanpak van het Hoogheemraadschap van Delfland (Delfland, ongedateerd), die gebaseerd is op het LARCH-model dat door Alterra ontwikkeld is (Klein Breteler & Kranenburg 2000; Pouwels 2000; Pouwels *et al.* 2002). De aanpak werkt met vuistregels voor de omvang van leefgebieden en maximale afstanden daartussen voor drie modelsoorten: snoek, bittervoorn en kleine modderkruiper. Deze soorten staan model voor een groep soorten met vergelijkbare verspreidingseigenschappen en levenscyclus. De omvang en afstanden uit het LARCH-model zijn vrij grof, maar bij gebrek aan betere getallen zijn ze richtinggevend. Een goede optie lijkt om deze aanpak voor het paai- en opgroeigebied te combineren met de kaarten met routes en barrières uit ESF-Verspreiding en dan tevens de ligging van potentiële overwinterings-gebieden mee te nemen.

4.4 ANALYSE VAN DE TOESTAND

Naast de analyse van de ESF, is in een systeemanalyse ook de analyse van de actuele toestand van belang. Deze bestaat uit het in beeld brengen van de aanwezige soorten of groepen in het gebied, of in deelgebieden indien er grote verschillen binnen het gebied zijn. Dit laatste is belangrijk, omdat grote verschillen tussen deelgebieden met een vergelijkbare abiotiek een aanwijzing zijn voor verspreidingsproblemen.

- Als de doelsoorten, gewenste verbindingen en mogelijke migratieroutes zoals beschreven in stap 1, 2 en 3 zijn vastgesteld en (voor vis) potentiële leefgebieden in kaart gebracht zijn (zoals beschreven in §4.3.5), kan het resultaat van deze analyse vergeleken worden met de huidige toestand (de aanwezige soorten) om te beoordelen of de analyse van het systeem klopt met de toestand.

Voor vis geldt, dat als beide goed overeenkomen, het voorkomen van vissoorten goed verklaard wordt door de aanwezige habitats en hun verbindingen. Als beide niet overeenkomen, dan klopt er waarschijnlijk iets niet in de inschatting van habitatgeschiktheid of connectiviteit, of er is nog onvoldoende tijd verstreken na herstel van habitats of verbindingen.

- Voor macrofauna en macrofyten kan een koppeling gelegd worden van de aanwezige soorten met de groepsindeling in de database (download is beschikbaar, [Bijlage 1 §B1.3](#)). Door meetpunten (of groepen meetpunten in verschillende deelgebieden) met elkaar te vergelijken, wordt duidelijk welke soorten in beide deelgebieden voorkomen en welke maar in één van beide. Door de koppeling

met de database is bekend in welke verspreidingsgroep deze soorten vallen. Als in bepaalde deelgebieden bepaalde verspreidings-groepen ontbreken of veel minder goed zijn vertegenwoordigd dan in andere deelgebieden met een vergelijkbare abiotiek, is dat een aanwijzing voor connectiviteitsknelpunten. Dit kan vergeleken worden met de mogelijke migratieroutes (of het gebrek daaraan).

4.5 SYNTHESE

In de synthese wordt alle informatie samengebracht en wordt de toestand vergeleken met de systeemkenmerken. De belangrijkste vragen zijn:

- wordt de toestand (het voorkomen of ontbreken van bepaalde soorten of groepen) afdoende verklaard door de systeemkenmerken (routes, barrières en bronpopulaties)?
- vormt de ESF een duidelijke belemmering voor het halen van het doel of niet?

Als de toestand niet goed verklaard wordt door de systeemkenmerken, dan is het belangrijk om kritisch te zijn over de analyse en aannames, zoals:

- Kloppen de aannames over de passeerbaarheid van barrières wel? De toolbox gaat uit van wel of niet passeerbaar, terwijl in werkelijkheid veel barrières deels passeerbaar zijn. De mate waarin passages passeerbaar moeten zijn voor een gezonde populatie verschilt van soort tot soort. Kan dit een verklaring vormen?
- Zijn de (KRW-)meetpunten wel representatief voor het gebied? Kan het zijn dat sommige soorten wel voorkomen maar gemist zijn door ongunstige meetlocaties? Zijn er nog oudere gegevens met extra informatie? Let bij visstands-bemonsteringen ook op de wijze van verwerking; vaak worden de gegevens van meerdere locaties bij elkaar gevoegd op één virtueel KRW-punt.
- Kan het zijn dat er toch andere factoren zijn die de toestand beïnvloeden? Kijk hierbij kritisch naar de resultaten van de andere ESF's.

Als er aanwijzingen zijn dat verspreiding voor bepaalde soortgroepen een knelpunt vormt, kan dit desgewenst in een Nadere Analyse worden uitgewerkt. Er kan bijvoorbeeld meer gedetailleerde informatie verzameld en geanalyseerd worden op soortsniveau (gidsoorten) en naar verspreidingsmogelijkheden en bronpopulaties gekeken worden. Ook als er in zijn algemeenheid nog vragen openblijven die van cruciaal belang zijn voor het begrijpen en verklaren van connectiviteit kan dat een reden zijn die nader te onderzoeken in de Nadere Analyse.



H5 NADERE ANALYSE

5.1 INLEIDING

De Globale Analyse geeft een grof inzicht in de soortgroepen en trajecten met de grootste verspreidingsknelpunten. In een Nadere Analyse kan specifiekere gekeken worden naar de groepen of trajecten waarvoor een knelpunt waarschijnlijk is, waarbij uiteraard alleen de meest relevante verspreidingsaspecten beter worden uitgewerkt. De Nadere Analyse kan ook gebruik maken van meer gedetailleerde gegevens per soort of voor een klein groepje soorten. Hierbij kunnen voor sommige verspreidingsvectoren modellen worden ingezet om de kansen en afstanden met een hogere nauwkeurigheid en betrouwbaarheid te schatten. Ten slotte kunnen meer gedetailleerde gegevens zoals omgevingsfactoren beter meegenomen worden in een Nadere analyse.

In de huidige uitwerking van de ESF Verspreiding is de Nadere Analyse niet tot in detail uitgewerkt en bestaat deze enkel uit suggesties voor optionele stappen. Deze suggesties zijn hieronder gecategoriseerd per pijler van ESF verspreiding.

5.2 SYSTEEMKENNIS EN BARRIÈREWERKING

- De passeerbaarheid van kunstwerken wordt in de Globale Analyse als absoluut gezien en niet als relatief, hetgeen in veel gevallen een onjuiste aanname is. Daarnaast is de passeerbaarheid in sommige watersystemen slecht bekend. Vooral voor vissen is het relevant om de rol van kunstwerken als verspreidingsknelpunten in kaart te brengen. Soms zal aanvullend onderzoek naar de passeerbaarheid nodig zijn om verspreidingsknelpunten goed in beeld te krijgen.
- Andere aspecten in de werking van het watersysteem die soms onduidelijk zijn, zijn de ligging van inlaten (en de functie ervan) en de stroomsnelheid en richting van (met name) stilstaande wateren.

5.3 BRONPOPULATIES

- In de Globale Analyse wordt gewerkt met groepen en ‘goede gebieden’ als bronpopulaties. Dit geeft natuurlijk slechts een grove indicatie. Als in een Nadere Analyse op het niveau van individuele (gids)soorten wordt uitgevoerd, kunnen bronpopulaties ook op soortniveau op kaart worden gezet. Gegevens over bronpopulaties van soorten zijn beschikbaar bij het waterschap zelf, maar ook bij de Landelijke Databank Flora en Fauna (NDFF).
- Soms zijn van een watersysteem slechts weinig of onbetrouwbare gegevens be-

schikbaar over het voorkomen van soorten. Gericht aanvullend veldwerk naar het voorkomen van bepaalde soorten of groepen in gebieden met hoge biodiversiteit (brongebieden) kan vaak binnen relatief korte tijd veel waardevolle gegevens opleveren indien de dichtheid aan gegevens beperkend is.

5.4 VERSPREIDINGSEIGENSCHAPPEN

- De gebruikte verspreidingsgroepen geven een globaal inzicht in de verspreidings eigenschappen van de groepen. Soortspecifieke verspreidings eigenschappen zijn natuurlijk altijd nauwkeuriger en betrouwbaarder. Afhankelijk van de openstaande vragen, soortgroep, beschikbare tijd en beschikbare gegevens is het mogelijk zinvol een analyse te doen voor alle afzonderlijke soorten, geselecteerde gidssoorten of kleinere soortgroepen.
- Voor macrofyten zijn voldoende soortspecifieke gegevens beschikbaar om voor veel soorten tot meer specifieke verspreidingsafstanden te komen. Daarbij kan gebruik gemaakt worden van wetenschappelijk onderbouwde modellen om kansen te berekenen. Voor wind-verspreiders onder de planten kan met het CELC model (Soons *et al.* 2004a) een soortspecifieke verspreidingsafstand berekend worden. Voor planten die worden verspreid door water en watervogels zijn ook rekenregels en modellen beschikbaar (M. de Jager, ongepubliceerde gegevens; Kleyheeg *et al.* 2017b). Dit levert meer betrouwbare resultaten op, vooral als er ook aanvullende gegevens van de omgeving beschikbaar zijn om de modellen te voeden. Denk bijvoorbeeld aan aantallen planten in bronpopulaties, stroomsnelheden van water of aantallen en vliegroutes van watervogels.
- Voor macrofauna zijn (nog) geen modellen beschikbaar waarmee soortspecifieke verspreidingsafstanden kunnen worden berekend. Ook hier is het echter mogelijk tot een nauwkeuriger en betrouwbaarder inschatting van verspreidingsafstanden te komen aan de hand van beschikbare gegevens over (gids) soorten of kleine groepjes van nauw verwante soorten. Dit is bijvoorbeeld zinvol als nagedacht wordt over eventuele herintroductie van soorten die ontbreken en een belangrijke rol in het ecosysteem hebben (Verdonshot & Verdonshot 2015).
- De verspreidingsafstanden in de toolbox zijn momenteel onderverdeeld in grote kans en kleine kans. Met bovenstaande methoden is hierin meer differentiatie en nauwkeurigheid mogelijk, bijvoorbeeld door te kwantificeren hoe groot kansen precies zijn over welke tijdsperiodes. De nauwkeurigheid die bereikt kan worden hangt echter ook af van de beschikbare invoergegevens.

-
- De verspreidingsafstanden in de toolbox zijn momenteel gegeneraliseerd naar twee landschappen van Nederland: stilstaande wateren in laag-Nederland en stromende wateren in hoog-Nederland. Bij een Nadere Analyse kan dit specifieker gemaakt worden, door afstanden aan te passen aan het specifieke gebied.

5.5 ACTUELE TOESTAND

- Indien de voorspelling op basis van de systeemkenmerken niet klopt met de toestand, ligt het voor de hand eerst de analyse van de systeemkenmerken opnieuw tegen het licht te houden. Het is ook mogelijk dat de toestandsmeting niet representatief is voor het gebied. KRW-meetpunten bij een gemaal bijvoorbeeld, zijn zelden representatief voor het achterliggende gebied. De representativiteit kan wellicht worden achterhaald via de beheerder of de monsternemer, of door een aanvullend veldbezoek.

H6 RISICO'S VAN MOGELIJKE MAATREGELEN



Als wordt vastgesteld dat verspreiding een knelpunt is, is een logische vervolgstap om maatregelen te nemen om dit knelpunt op te heffen. Het verbinden van gebieden brengt echter ook bepaalde risico's met zich mee. Daarom wordt geadviseerd deze risico's eerst in kaart te brengen, alvorens tot maatregelen wordt overgegaan.

Hierbij moet gedacht worden aan:

- Zijn er natuurwaarden aanwezig die gebaat zijn bij isolatie (bijvoorbeeld grote modderkruiper) en in hoeverre worden deze beïnvloed door eventuele maatregelen die connectiviteit bevorderen? Kan bij maatregelen rekening gehouden worden met deze soorten?
- Zijn er bij aanleg van verbindingen risico's op toevoer van nutriënten (ESF Productiviteit water) of slib (ESF Lichtklimaat)?
- Zijn er bij aanleg van verbindingen risico's op de toestroom van ongewenste soorten, zoals grote hoeveelheden blauwalg of brasem?
- Hoe groot is het risico dat ongewenste exoten het gebied bereiken en een negatieve impact op het ecosysteem hebben?

Voor een analyse van de risico's op toestroom van ongewenste soorten en exoten kan deels dezelfde methode worden gevolgd als boven beschreven, echter nu worden andere brongebieden (die gebieden waar de ongewenste soorten en/of exoten zich bevinden) in kaart gebracht.

An underwater photograph showing a riverbed. The water is clear, revealing a dark, silty sediment surface. Several green, blade-like plants are growing from the sediment. In the foreground, two dark, elongated shells are visible. The background shows more sediment and some darker, possibly rocky or root-covered areas.

H7 BEPERKINGEN, ONZEKERHEDEN EN VERBETER-PUNTEN VAN DE WERKWIJZE

7.1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft een eerste versie van een werkwijze en instrumenten voor de analyse van ESF verspreiding & ESF connectiviteit. Deze versie 1.0 heeft de nodige beperkingen, onzekerheden en verbeterpunten. Deze komen onder meer voort uit het ontbreken van (wetenschappelijke) kennis, uit gemaakte aannames en expertoordeel, uit de noodzaak voor een grove (want niet te tijdrovende) analyse en de tijd waarin de eerste versie moest worden afgerond. In onderstaande tekst worden de belangrijkste beperkingen en onzekerheden benoemd (“waar is het ijs het dunst”) en suggesties gedaan voor verbetering in de toekomst. Ten slotte geldt dat er in de praktijk nog weinig ervaring is opgedaan met de methode en instrumenten. Het gebruik ervan zal ongetwijfeld ook leiden tot aanvullende verbeterpunten.

7.2 INHOUDELIJKE BEPERKINGEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN

Onderliggende data - kenmerken van de relevante soorten

Een belangrijk fundament onder de werkwijze zijn de kenmerken van de relevante soorten, die zijn gebruikt om de verspreidingsafstanden te berekenen of in te schatten. Deze onderliggende data waren aan het begin van dit project in beperkte mate aanwezig en zijn deels opgevraagd bij bestaande databases, deels ingevoerd op basis van expertkennis.

Voor macrofauna zijn de gegevens gebaseerd op enkele literatuurbronnen en voor een groot deel op expertkennis van één expert, slechts globaal getoetst door andere experts. Dit heeft natuurlijk zijn beperkingen. Het zou goed zijn deze gegevens te toetsen bij een grotere groep experts.

Voor macrofyten zijn de kenmerken grotendeels gebaseerd op gegevens uit de LEDA-database en andere literatuur. Uit eerdere ervaringen met LEDA is bekend dat deze gegevens niet altijd correct zijn, zeker waar het drijftijden betreft. Enkele opvallende fouten zijn tijdens de verwerking gecorrigeerd, maar een gestructureerde controle heeft niet plaatsgevonden. Een tijdrovende, maar goede vervolgstap zou zijn om de LEDA gegevens per soort op betrouwbaarheid te controleren, op basis van expertkennis en raadpleging van bronmateriaal. Vanwege deze onzekerheden (en de rekentijd, zie onder) worden de verspreidingsafstanden via water momenteel erg grof berekend in de tool. In orde van grootte zijn de afstanden zeker behoorlijk betrouwbaar. De controle maakt het echter mogelijk de tool verder

te verfijnen zoals hieronder voorgesteld. Dat levert meer onderscheid naar type watersystemen en eventuele maatregelen. Over het algemeen zijn de valtijden en planthoogtes uit LEDA wel betrouwbaar, dus hier speelt dat probleem minder.

Selectie van en toewijzing aan modelsoorten

Een belangrijke en cruciale aanname die gedaan is bij de selectie van de modelsoorten is dat naar mate taxa meer verwant zijn, ze ook meer overeenkomstige verspreidings-mechanismen en afstanden zullen hebben. Daarom is er minimaal één modelsoort aangewezen voor elke macrofauna-orde en elke macrofyten-familie. In zijn algemeenheid is bovenstaande aanname onbetwistbaar, maar tegelijkertijd zijn er tal van uitzonderingen en nuances. Daarom is voor beide groepen de lijst bekeken door een deskundige. Indien er soorten gekoppeld waren aan een modelsoort die te veel afweken zijn andere modelsoorten toegewezen of extra modelsoorten toegevoegd. Deze procedure vormde een duidelijke verbeterslag, maar was zeker niet waterdicht. De gevolgde werkwijze heeft dus tot gevolg dat er soorten in de database aanwezig zijn, die gekoppeld zijn aan een minder geschikte modelsoort. In de meeste gevallen zullen de verspreidingsvectoren wel overeenkomen, maar de afstanden van die vectoren zullen nogal eens verschillen. Hierdoor kunnen soorten in de verkeerde groep terecht gekomen zijn. Als de analyse op groepen plaatsvindt, en niet op specifieke soorten uit die groepen, zal het effect hiervan op de analyse beperkt zijn.

Verspreidingsgroepen

In het huidige systeem zijn soorten toegekend aan verspreidingsgroepen op basis van praktische aspecten van hun verspreiding. Dit heeft een werkbare indeling in verspreidingsgroepen opgeleverd, die een snelle analyse van eventuele verspreidingsknelpunten mogelijk maakt. In werkelijkheid zitten soorten echter niet in groepen en is er veel meer een gradueel verschil tussen soorten in hun verspreidings-capaciteit met verschillende vectoren. Op basis van betere onderliggende data (zie boven) én betere inschatting van bijpassende verspreidings-capaciteit (zie onder) zou de indeling in groepen kunnen worden verfijnd. Met name de rol van nu nog moeilijk te beoordelen vectoren (bijvoorbeeld verspreiding van macrofyten door vis) kan daarbij nog toegevoegd worden.

Afstanden

De grootste onzekerheid in de ontwikkelde tool zit hem in de inschatting van ver-

spreadsingsafstanden. Het merendeel van deze verspreidingsafstanden is ingeschat op basis van expertkennis en bestaande literatuur (macrofauna, verspreiding macrofyten door water). Er is echter voor veel soortgroepen slechts zeer beperkte literatuur aanwezig, waardoor expertkennis een belangrijke bron was. Het is van belang te beseffen, dat deze kennis in orde van grootte goed betrouwbaar zou kunnen zijn, maar dat nog onduidelijk is wat de onzekerheid hierin is. Het zou goed zijn hiervoor input van meerdere experts te vergelijken. Alleen voor verspreiding van macrofyten door wind zijn indicatieve modelberekeningen uitgevoerd op basis van onderliggende soortkenmerken om verspreidingsafstanden te berekenen. Hierbij zijn vereenvoudigende aannames gedaan zoals de aanname dat alle macrofyten zich in een zelfde type vegetatie bevinden. Hierdoor geldt ook voor deze vectoren dat de afstanden vooral in orde van grootte betrouwbaar zijn. Een belangrijke vervolgstap kan zijn om verspreidingsafstanden in meer detail te berekenen en te baseren op meer nauwkeurige gegevens. Dit zal voor alle soortgroepen de beschikbare wetenschappelijke mechanistische kennis over verspreidingscapaciteit beter ontsluiten en tot meer nauwkeurige verspreidingsberekeningen leiden. Alle verspreidingsafstanden in de huidige tool zijn gecontroleerd op basis van expertkennis en in orde van grootte correct bevonden. Deze zouden echter nog beter getoetst kunnen worden, bijvoorbeeld door het raadplegen van meer experts.

Daarnaast zijn de verspreidingsafstanden in de toolbox gegeneraliseerd naar twee ecosystemen en landschappen van Nederland: stilstaande wateren in laag-Nederland en stromende wateren in hoog-Nederland. Hierin is veel meer differentiatie mogelijk, door verspreidingsafstanden apart te berekenen voor meerdere representatieve systemen en landschappen. Bijvoorbeeld: in landschappen met een lage dichtheid aan oppervlaktewater vliegen watervogels verder en verspreiden dus ook andere organismen over grotere afstanden dan in landschappen met een hoge dichtheid aan watersystemen (Kleyheeg *et al.* 2017a). Daarom is nu aangenomen dat in stromende wateren (hoog-NL) de maximale afstand met zoöchorie twee keer zo groot is als die in stilstaande wateren (laag-NL).

7.3 TECHNISCHE BEPERKINGEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN

Inleiding

Er is gekozen om de rekentool te ontwikkelen als ArcGIS-toolbox, omdat dit een platform is waar alle waterschappen over beschikken. De gedachte was dat een be-

kend platform het gebruik van de tool zou bevorderen. Achteraf bleek deze keuze ook twee belangrijke nadelen te hebben:

- voor de berekening is een ArcGIS-pro licentie nodig, waarvan de meeste waterschappen er slechts een beperkt aantal in huis hebben. Het regelen/reserveren van die licentie is een drempel bij het gebruik.
- berekeningen in ArcGIS bleken langzamer dan verwacht. Om te voorkomen dat de rekentijden onacceptabel lang zouden worden, zijn bepaalde gewenste elementen niet opgenomen. De consequenties worden hieronder toegelicht:

Grotere afstanden dan 1500 meter via water

De rekentijd van de tool voor de verspreiding via water neemt exponentieel toe met de afstand; 500 meter kost 30 seconden, maar 1500 meter al ruim 30 minuten. De snelheid van de tool is daarmee beperkend voor de afstanden waarmee gerekend wordt. Daarom is ervoor gekozen de maximale afstand voor verspreiding via water waarmee nog gerekend wordt te stellen op 1500 meter. Grotere afstanden worden momenteel niet berekend, waardoor de gebruiker in veel gevallen geen (visueel) inzicht heeft in de afstand met een kleine kans.

Barrières absoluut en niet relatief

Barrières, zoals duikers, dammen en sluizen, hebben binnen de tool een absolute waarde per verspreidingsgroep; of de soorten binnen de groep kunnen er wel doorheen, of niet. Dit resulteert (afhankelijk van hoe de waarde voor de barrières worden ingevoerd) in sommige gevallen tot een overschatting van de weerstand van de barrière (de soorten komen er helemaal niet door heen, en de verspreiding stopt dus bij deze barrière) en dus een onderschatting van de verspreidingsafstand, of tot een onderschatting van de weerstand (de barrière geeft geen weerstand, terwijl dit in werkelijkheid voor een deel van de individuen wel het geval zal zijn) en daarmee mogelijk tot een overschatting van de kans op verspreiding over grotere afstand.

Generieke afstanden in plaats van specifieke

De tool gebruikt nu alleen generieke getallen voor afstanden per groep, die overigens wel verschillen voor stilstaande of stromende wateren. Deze getallen zijn gebaseerd op allerlei simplificerende aannames over bijvoorbeeld de mate van begroeiing en stroomsnelheid in het watersysteem (zie [bijlage 1](#) voor aannames en keuzes). Een eerste verbeterstap zou zijn deze generieke aannames door de gebrui-

ker te laten specificeren (stroomsnelheid in drie klassen bijvoorbeeld) en daar de berekening (generiek) op aan te passen. Nog beter zou het zijn om de mogelijkheid te geven deze getallen op trajectniveau te kunnen specificeren. Een nadeel van dit detailniveau is dat de databehoeft (input) toeneemt en dat de rektijd van de tool ook sterk zal toenemen.

Aanbeveling voor oplossingsrichting

Een snelle test indiceert dat de berekeningen in 'R' (<https://www.r-project.org/>) veel sneller kunnen worden uitgevoerd. Omdat het gebruik van 'R' voor veel gebruikers een nog grotere drempel vormt dan ArcGIS, is het nodig om daar een schil omheen te hebben waarin de gebruiker de berekeningen kan starten en de resultaten kan bekijken. Dit kan een internetapplicatie zijn, maar mogelijk ook ArcGIS. Aanbevolen wordt deze optie met een gebruikersgroep nader te verkennen.

H3 LITERATUUR



-
- Beltman, B., T. van de Broek & P. Vergeer, 2005. Het beperkte succes van laagveen-restauratie. *Landschap* 20:173-179.
- Bergsma, J., J.L. Spier, G. Slijkhuis & H. Maandag, 2008. Glasaalbemonsteringen op binnenwater. *H2O* 24(2008): 44-45.
- Boedeltje, G., T. Spanings, G. Flik, B.J.A. Pollux, F.A. Sibbing & W.C.E.P. Verberk, 2015. Effects of seed traits on the potential for seed dispersal by fish with contrasting modes of feeding. *Freshwater Biology*, 60(5): 944-959.
- Bouman, F., D. Boesewinkel, R. Bregman, N. Deventer & G. Oostermeijer, 2000. Verspreiding van zaden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Brederveld, R.J., Jaehnig, S.C., Lorenz, A.W., Brunzel, S. & Soons, M.B., 2011. Dispersal as a limiting factor in the colonization of restored mountain streams by plants and macroinvertebrates. *Journal of Applied Ecology* 48: 1241-1250.
- Bremer, P., 2003. Een halve eeuw bosontwikkeling in het Voorsterbos, Flevolands oudste bos. *De Levende Natuur* 104:16-23.
- Bremer, P. 2007. The colonisation of a former sea-floor by ferns. Proefschrift Universiteit Wageningen. <http://edepot.wur.nl/121932>
- Brevé, N.W.P., A.D. Buijse, M.J. Kroes, H. Wanningen & F.T. Vriese, 2014. Supporting decision-making for improving longitudinal connectivity for diadromous and potamodromous fishes in complex catchments. *Science of the total environment* 496: 206-218.
- Brittain, J.E. & T.J. Eikeland, 1987. Invertebrate drift, a review. *Hydrobiologia* 166: 77-93
- Brochet, A. L., M. Guillemain, H. Fritz, 2010. Plant dispersal by teal (*Anas crecca*) in the Camargue: duck guts are more important than their feet. *Freshwater Biology* 55(6): 1262-1273.
- Bijlhouwer, A.P.C., 1933. De zegetocht van de waterpest. *De Levende Natuur* 38(6): 188-194.
- Bijlsma, R. J., Aptroot, A., van Dort, K. W., Haveman, R., van Herk, C. M., Kooijman, A. M. & Weeda, E. J., 2009. Preadvies mossen en korstmossen. (Rapport DK; Nr. 2009/dk104-O). Ede: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Kennis.
- Darwin, C., 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray, London.
- Delfland, ongedateerd. NEZ-visie Delfland. *Niet gepubliceerd maar wel op te vragen*.
- Emmerik van W.A.M. & H.W. de Nie, 2006. De zoetwatervissen van Nederland. Ecologisch bekeken. Vereniging Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

- Favre-Bac, L., C Mony, A Ernoult, F Burel & J-F Arnaud, 2016. Ditch network sustains functional connectivity and influences patterns of gene flow in an intensive agricultural landscape. *Heredity* 116: 200–212.
- Figuerola, J., & A.J. Green, 2002. Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: a review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology* 47: 483–494.
- Franken, R.J.M., J.J.P. Gardeniers & E.T.H.M. Peeters, 2006. Handboek Nederlandse ecologische beoordelingssystemen (EBEO-systemen). Deel a. filosofie en beschrijving van de systemen. STOWA 2006-04, Utrecht.
- Haterd, R.J.W. van de, R.H.A. van Grunsven & B. Achterkamp, 2010. Monitoring van oevers en natuurontwikkelingsprojecten 2009. Waterschap Aa en Maas, Bureau Waardenburg rapportnr. 10-047, Culemborg.
- Haterd, R.J.W. van de & M.P. Collier, 2014. De rol van inrichting in de verspreiding van krabbenscheer en groene glazenmaker in de polder Reeuwijk. Bureau Waardenburg rapportnr. 12-235, Culemborg.
- Heuts, P.G.M., 2013. Het ‘visperspectief’ een onderwater kijk op vispassages. Beknopte notitie uitgevoerde onderzoeken naar vispassages. Versie 2 concept 2. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden DM 596087.
- Jenkins D.G. & Buikema A.L.J., 1998. Do similar communities develop in similar sites? A test with zooplankton structure and function. *Ecological Monographs*, 68, 421–443.
- Klein Breteler, J.G.P. en J. Kranenbarg, 2000. Gidssoortenmatrix Ecologische Netwerkstudies: annex vis. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB- onderzoeksrapport 87, projectnummer OND00087: 56 pp + 6 bijlagen.
- Kleyer, M., R.M. Bekker, I.C. Knevel, J.P. Bakker, K. Thompson, M. Sonnenschein, P. Poschlod, J.M. van Groenendaal, L. Klime, J. Klime s ová, S. Klotz, G.M. Rusch, M. Hermy, D. Adriaens, G. Boedeltje, B. Bossuyt, A. Dannemann, P. Endels, L. Götzenberger, J.G. Hodgson, A-K. Jackel, I. Kühn, D. Kunzmann, W.A. Ozinga, C. Römermann, M. Stadler, J. Schlegelmilch, H.J. Steendam, O. Tackenberg, B. Wilmann, J.H.C. Cornelissen, O. Eriksson, E. Garnier and B. Peco, 2008. The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology* 2008, 96, 1266–1274.
- Kleyheeg, E., 2015 Seed dispersal by a generalist duck. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Kleyheeg E, Van Dijk JGB, Tsopoglou-Gkina D, Woud T, Boonstra D, Nolet BA &

- Soons MB, 2017a. Movement patterns of a keystone waterbird species are highly predictable from landscape configuration. *Movement Ecology* 5: 2
- Kleyheeg E, Treep HJ, de Jager M, Nolet BA & Soons MB, 2017b. Seed dispersal distributions resulting from landscape-dependent daily movement behaviour of a key vector species, *Anas platyrhynchos*. *Journal of Ecology* 105: 1279–1289.
- Kroes, M.J. & S. Monden, 2005. Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL, Afdeling Water.
- Kroes, M.J., J.C.A. Merckx & F.T. Vriese, 2006. Evaluatie vispassages Aa en Maas. Visadvies rapportnr VA2005_02 i.o.v. Waterschap Aa en Maas.
- Kroes, M.J., N. Brevé, F.T. Vriese, H. Wanningen & A.D. Buijse, 2008. Nederland leeft met... vismigratie. Naar een gestroomlijnde aanpak van de vismigratie-problematiek in Nederland. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer VA2007_33, 71 pag.
- Meester, L. De, A. Gómez, B. Okamura & K. Schwenk, 2002. The Monopolization Hypothesis and the dispersal-gene flow paradox in aquatic organisms. *Acta Oecologica* 23 (2002): 121-135.
- Muñoz J., A.M. Felicísimo, F. Cabezas, A.R. Burgaz, I. Martínez, 2004. Wind as a long-distance dispersal vehicle in the Southern Hemisphere. *Science* 304(5674):1144-7.
- Moller Pillot, 1988. Hoe waterdieren zich handhaven in een dynamische wereld; 10 jaar onderzoek in de Roodloop, een bovenloopje van de Reusel in Noord-Brabant.
- Nijboer, R. & P. Verdonchot, 2006. Dispersie van aquatische organismen. Verspreidingsmogelijkheden en onderzoeksmethoden. Alterrapport 1365, Wageningen
- Nathan, R., G.G. Katul, H.S. Horn, S.M. Thomas, R. Oren, R. Avissar, S.W. Pacala & S.A. Levin, 2002. Mechanisms of long-distance dispersal of seeds by wind. *Nature* volume 418: 409–413doi:10.1038/nature00844
- Noordhuis, R., 2016, Time-lag effecten in doelbereik bij KRW maatregelen. Deltares rapport nr. 1220984-000
- Ottburg, F.G.W.A. & Th. De Jong, 2006. Vissen in poldersloten deel 2. Inrichting en beheermaatregelen in polder Lakerveld en polder Zaans Rietveld. Wageningen, Alterra-rapport 19455. ISSN. 1566-7197.
- Peeters, E., A.J. Veraart, R.C.M. Verdonchot, J. P. van Zuidam & P.F.M. Verdonchot, 2014. Sloten. Ecologisch functioneren en beheer. KNNV Uitgeverij. ISBN 9789050115094 oktober 2014.

- Perkin, E.K., F. Hölker, J.S. Richardson, J.P. Sadler, Ch. Wolter & K. Tockner, 2011. The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: questions, challenges, and perspectives. *Ecosphere* 2(11):1-16.
- Pollux B., 2007. Plant dispersal in rivers. A mechanistic and molecular approach. Proefschrift Universiteit Nijmegen.
- Pouwels, R., 2000. LARCH: een toolbox voor ruimtelijke analyses van een landschap. Wageningen, Alterra, rapport 043.
- Pouwels, R., S.R. Hensen, J.G.P. Klein Breteler en J. Kranenbarg, 2002. Praktijkstudie LARCH- vissen. Wageningen, Alterra, rapport 434.
- Reeze, B. & T. Buijse, 2015. Ecologische Sleutelfactoren in Stromende wateren, een methodiek in ontwikkeling. STOWA-rapportnummer 2015-W-06, Amersfoort.
- Rich C. & T. Longcore, 2006. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Island Press, ISBN 1559631295
- Schmidt-Kloiber, A. & Hering D., 2015. www.freshwaterecology.info - an online tool that unifies, standardises and codifies more than 20,000 European freshwater organisms and their ecological preferences. *Ecological Indicators* 53: 271-282. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.02.007
- Smets, E. & R. Weterings, 1999. Environmental indicators, typology and overview. European Environment Agency Technical report no 25. <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>
- Soons, M.B., G.W. Heil, R. Nathan & G.G. Katul, 2004a. Determinants of long-distance seed dispersal by wind in grasslands. *Ecology* 85(11):3056-3068.
- Soons M.B., R. Nathan & G.G. Katul, 2004b. Human effects on long-distance wind dispersal and colonization by grassland plants. *Ecology* 85(11):3069-3079.
- Soons, M.B., C. Van Der Vlugt, B. Van Lith, G.W. Heil & M. Klaassen, 2008. Small seed size increases the potential for dispersal of wetland plants by ducks. *Journal of Ecology* 96(4): 619-627.
- Soomers, H., 2012. Fragmentation and seed dispersal in freshwater wetlands. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- STOWA, 2012a. Gemalen of vermalen worden? Onderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen. STOWA Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. Amersfoort. 2012-04.
- STOWA 2014. Ecologische sleutelfactoren (stilstaande wateren). Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. STOWA 2014-19. http://watermozaiek.stowa.nl/upload/publicatie2014/2014-19_site.pdf
- Sundermann, A., S. Stoll & P. Haase, 2011. River restoration success depends on the speci-

- es pool of the immediate surroundings. *Ecological applications* 21(6): 1962-1971.
- Trowbridge, W.B., 2007. The role of stochasticity and priority effects in floodplain restoration. *Ecological Applications* 17: 1312-1324.
- Van Leeuwen, C.H.A., G. van der Velde, J.M. van Groenendael & M. Klaassen, 2012. Gut travellers: internal dispersal of aquatic organisms by waterfowl. *Journal of Biogeography* 39, 2031–2040
- Van Leeuwen, C.H.A., Á. Lovas-Kiss, M. Ovegård & A.J. Green, 2017. Great cormorants reveal overlooked secondary dispersal of plants and invertebrates by piscivorous waterbirds. *Biology letters* 13: 20170406.
- Van der Molen, D.T., R. Pot, C.H.M. Evers & L.L.J. van Nieuwerburgh, 2013. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn water 2015-2021 (herziene versie). STOWA 2012-31.
- Van Oorschot, M., 2012. Handleiding AqMaD 2.0 Macrofyten. Stowa-rapport 2012/09. Stowa, Amersfoort.
- Vis, H., 2013. Monitoring vispassages Peizerdiep en Dwarsdiep met behulp van PIT telemetrie. Visadvies rapportnr. VA2013_13 i.o.v Waterschap Noorderzijlvest.
- Verdonschot R.C.M. & P.F.M. Verdonschot, 2012a. Does wing size play a role in shaping lentic insect assemblages? In: Verdonschot, R.C.M., 2012. Drainage dichtes, biodiversity hotspots for aquatic invertebrates. Proefschrift Universiteit Nijmegen.
- Verdonschot R.C.M. & P.F.M. Verdonschot, 2012b. Habitat- en systeemgeschiktheid van beeksystemen voor beekvis. Rapport nr. 2012/OBN168-BE
- Verdonschot, P.F.M., 1995. Beken stromen. Leidraad voor ecologisch beekherstel. STOWA-rapport 95-03, WEW-publicatie 06.
- Verdonschot R.C.M. & P.F.M. Verdonschot, 2015. Het uitzetten van macrofauna als beekherstelmaatregel. H2O-online 2 okt 2015.
- Verdonschot R.C.M. & P.F.M. Verdonschot, 2017. Relatie KRW-doelen en macrofauna in beken in Noord-Brabant. Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.
- Wit, W. de, 2015. Visvriendelijkheid gemalen in HDSR-gebied. Rapportage betreffende de visvriendelijkheid van de gemalen bij Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.
- Zoetemeyer, R.B. & B.J. Lucas, 2001. De OVB-viswatertypering deel 1: Ondiepe wateren. *Vis & Water magazine*. Jaargang 1, nr 4, december 2001.
- Zoetemeyer, R.B. & B.J. Lucas, 2002. De OVB-viswatertypering deel 2: Diepe Wateren. *Vis & Water magazine*. Jaargang 2, nr1, maart 2002.

BIJLAGEN



BIJLAGE 1 VERSPREIDINGSKENMERKEN EN -GROEPEN (DATABASE)

B1.1 INLEIDING

In een systeemanalyse is het nodig om het waterecosysteem van grof naar fijn te analyseren. Het soortniveau is, zeker voor de grovere analyses, meestal niet het meest geschikte detailniveau. Daarom is gekozen voor een schaalniveau van verspreidingsgroepen, waarin soorten met een vergelijkbare verspreidingswijze zijn gebundeld. Omdat er nog geen bestaande indeling in groepen was die aan de eisen voldeed, zijn deze groepen ontwikkeld. In deze bijlage wordt beschreven welke werkwijze is gevolgd, welke kennis daarbij is gebruikt en hoe de gegevens zijn ontsloten.

B1.2 WERKWIJZE OP HOOFDLIJNEN

Op hoofdlijnen is de volgende werkwijze gevolgd:

- 1 Om de werkwijze zo transparant mogelijk te maken en de gegevens toegankelijk te maken is een **online database** opgezet. De handleiding van de database is opgenomen §B1.3.
- 2 Op basis van literatuur en interviews / expert-kennis is bepaald welke **verspreidingsvectoren** (bijv: vliegen, zwemmen, drijven) van belang zijn voor de verspreiding van macrofyten en macrofauna. Tevens is gezocht naar **kenmerken van die organismen**, die indicatief zijn voor de afstand waarover een soort zich met die verspreidingsvector zou kunnen verplaatsen (bijv: drijfvermogen van zaden voor waterverspreiding of vliegsnelheid voor macrofauna).
- 3 Vervolgens is gezocht naar een **methode om de afstand die een soort kan afleggen met een verspreidingsvector** te berekenen of te schatten. In §B1.5 wordt per vector beschreven hoe dit is uitgevoerd. De meest betrouwbare methode is een berekening of modellering van de afstand op basis van gegevens over de kenmerken van een soort. Dit is natuurlijk alleen mogelijk bij een goed onderbouwde relatie tussen kenmerken en verspreidingsafstand en voldoende gegevens over de kenmerken. Dit bleek voor twee verspreidingsvectoren van de macrofyten haalbaar (verspreiding door wind en water). Voor de overige verspreidingsvectoren van de macrofyten (watervogels, vis en vegetatief) is op basis van literatuur bepaald of de vector van belang is ('ja') of dat daarover geen gegevens beschikbaar zijn ('onbekend'). Voor deze gegevens is gebruik gemaakt van de belang-

rijkste database voor plantkenmerken en verspreidings-eigen-schappen voor Noord-West Europa: LEDA (Kleyer *et al.* 2008). Kwaliteitscontrole en aanvulling van gegevens in deze database was gegeven de beschikbare tijd niet haalbaar. Daarnaast is generieke (dus geen soortspecifieke) informatie verzameld over de afstand die macrofyten kunnen afleggen met die vectoren. Deze generieke afstanden zijn later gebruikt in de verspreidings-groepen (zie onder punt 7).

- 4 Voor **macrofauna** is de belangrijkste database van enige omvang: freshwater-ecology.info (Schmidt-Kloiber & Hering 2015). Echter, de lijst met voor ons relevante macrofaunakenmerken in deze database is beperkt en kwaliteitscontrole en aanvulling daarvan was gegeven de beschikbare tijd niet haalbaar. Bovendien wordt elk ander gebruik van deze database dan voor strikt wetenschappelijke doeleinden uitgesloten. Daarom is gekozen voor het gebruik van literatuur in combinatie met een inschatting op basis van expertkennis (door B. Achterkamp) van de kenmerken en de bijbehorende afstand in klassen. Ook dit wordt in §1.5.3 per verspreidingsvector toegelicht.
- 5 Niet voor alle individuele soorten konden gegevens over verspreidingsvectoren en kenmerken gevonden worden of ingeschat op basis van expertkennis. Daarom is gewerkt met zogenaamde **modelsoorten**, die representatief zijn voor de overige soorten. Dit wordt nader toegelicht in §B1.4.
- 6 Vervolgens is een overzicht gemaakt van de combinaties van verspreidingsvectoren van de (representatieve) modelsoorten voor macrofyten en macrofauna. Op basis van dit overzicht zijn op basis van enkele sessies met het projectteam deze combinaties omgezet in **verspreidingsgroepen** met daaraan gekoppeld heldere criteria om de modelsoorten in groepen in te delen. In §B1.6 wordt dit uitgelegd.
- 7 Voor alle verspreidingsgroepen zijn aan de verspreidingsvectoren twee afstanden gekoppeld waarover die groep zich met die vector zou kunnen verplaatsen: een afstand met een grote kans op verspreiding en een afstand met een kleinere (maar wel realistische) kans op verspreiding. Dit wordt nader toegelicht in §B.1.6.
- 8 Ten slotte is er kennis verzameld over mate waarin kunstwerken en andere obstakels een barrière vormen voor een bepaalde groep. Dit is samengevat in §B1.6.4.

B1.3 GEBRUIKERSHANDLEIDING ONLINE DATABASE

De database ontsluit de verzamelde informatie over (1) de verspreidingskenmerken van de modelsoorten, (2) de verspreidingsgroep waarin de modelsoorten o.b.v. de kenmerken zijn ingedeeld en (3) de koppeling van modelsoorten aan overige soorten. De database kan op twee manieren worden ingezet in een systeemanalyse:

- 1 De verspreidingsgroepen, die voortvloeien uit de database, vormen de input voor de Globale Analyse al dan niet met de GIS-toolbox (bijlage 2).
- 2 De koppeling tussen soorten en verspreidingsgroepen kan gebruikt worden voor het analyseren van de toestand van het gebied en van bronpopulaties; welke groepen zijn goed vertegenwoordigd en welke groepen ontbreken? Zie hiervoor hoofdstuk 4.

De voorlopige database is via een webinterface online toegankelijk op:

<http://ec2-52-50-113-111.eu-west-1.compute.amazonaws.com:8080/servoy-webclient/solutions/solution/esf5>

Username = esf5-viewer

Wachtwoord = SMEaos37

Bovenaan het scherm kan gekozen worden voor groepen of modelsoorten; modelsoorten is weer onderverdeeld in twee tabbladen: toewijzing en kenmerken.

In **groepen** wordt een tabel getoond met alle soorten⁶ in de database. Het tabblad bevat informatie over het taxontype, de taxonnaam, het taxonniveau (orde, familie, geslacht en soort), de soort die als modelsoort is benoemd en de verspreidingsgroep die daaruit volgt. Met de informatie uit deze tabel is een vertaling te maken van soorten naar verspreidingsgroepen. Onder de tabel zijn filters beschikbaar om snel de juiste informatie te vinden. Zo kan snel worden opgevraagd welke soorten in een bepaalde groep zitten of waar de kokerjuffers zoal zijn ingedeeld.

In **modelsoorten** is de onderliggende informatie op te vragen. Het belangrijkste

6

In totaal zijn er 377 macrofytentaxa en 2718 macrofaunataxa opgenomen die relevant geacht worden voor het Nederlandse zoetwaterbeheer. Relevant is gedefinieerd als alle soorten die zijn opgenomen op een zoete of licht brakke KRW-maatlat (Van der Molen et al. 2013), aangevuld met enkele soorten die hier niet op staan maar algemeen zijn in Nederlandse wateren of langs oevers.

hier binnen is het tabblad kenmerken, waarin voor alle modelsoorten (en ook voor sommige niet-modelsoorten) de verspreidingskenmerken zijn opgenomen. Ook hier is het mogelijk om met behulp van de dropdown lijsten onder de tabel op de gewenste informatie te filteren (bijvoorbeeld alle kenmerken voor een bepaalde soort of de vliegsnelheid van alle macrofauna). Hieronder staat een lijst met opgenomen informatie, de uitleg over de betekenis, eventuele berekening en achtergrond is te vinden in §1.5.

Voor macrofyten is de volgende informatie opgenomen in de database:

- drijfvermogen_T50: aantal dagen totdat 50% van de zaden gezonken is;
- drijfvermogen_T95: aantal dagen totdat 95% van de zaden gezonken is;
- windverspreiding_P50: 50 % percentiel afstand in meters volgens model;
- windverspreiding_P95: 95 % percentiel afstand in meters volgens model;
- endozoöchorie (verspreiding intern door vogels): ja of onbekend;
- epizoöchorie (verspreiding extern door vogels): ja of onbekend;
- vegetatieve_verspreiding: ja of onbekend;
- ichthyochorie (verspreiding door vissen): ja of onbekend;

Voor macrofauna is de volgende informatie opgenomen in de database:

- lift mee (categorie: Chironomidae, eend, slak, vis, vogel, vogel intern, zoetwaterschildpadden of nee);
- vliegvermogen (categorie: hoog, matig, passief of vliegt niet);
- vliegsnelheid (in km/u, klasse: 0, 0.5, 1, 5, 10, 20);
- populatiedichtheid (in aantal per m², klasse: 0, 0.5, 1, 10, 20, 100, 500, 1000);
- zwemvermogen (categorie: hoog, matig, larve planktonisch of zwemt niet);
- zwemsnelheid (in m/dag, klasse: 0, 1, 10, 20, 100, 360, 1000);
- loopvermogen (categorie: zeer laag, laag, matig, hoog of loopt niet);
- loopsnelheid (in m/dag, klasse: 0, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 360);
- dichtheid ten opzichte van water (categorie: drijvend, drijvende flottoblasten, ongeveer gelijk aan water, iets zwaarder dan water, zwaar);
- zwemgedrag zodat zinksnelheid verlaagd wordt (categorie: drijft, zwemt, pro parte, planktonische larven, zijden draad of nee);
- zinksnelheid verlaagd door aanwezigheid op maaisel (categorie: ja, maaisel, maaisel: curvisp, waarschijnlijk niet, pro parte of nee);
- drifter (ja of nee).

Het tabblad **toewijzing** laat de toewijzing van de modelsoorten zien op orde, familie, geslacht en soortsniveau. De modelsoort die op het laagste niveau is toegevoegd geldt als daadwerkelijke modelsoort. Dus als er zowel een modelsoort op soortsniveau als op geslachtsniveau is, geldt de modelsoort op soortsniveau.

De database beschikt over een downloadknop waarmee de groepsindeling kan worden gedownload naar een in excel leesbaar bestand.

B1.4 SELECTIE MODELSOORTEN EN KOPPELING OVERIGE SOORTEN

In totaal zijn 377 macrofytentaxa en 2718 macrofaunataxa relevant voor het Nederlandse zoetwaterbeheer. Relevant is gedefinieerd als alle soorten die zijn opgenomen op een zoete of licht brakke KRW-maatlat (Van der Molen *et al.* 2013), aangevuld met enkele soorten die hier niet op staan maar algemeen zijn in Nederlandse wateren of langs oevers. Niet voor elke individuele soort konden gegevens over verspreidingsvectoren en kenmerken gevonden worden of ingeschat op basis van expertkennis. Daarom is de **aanname** gedaan dat **verwante soorten een vergelijkbare morfologie en een vergelijkbare verspreidingsecologie hebben en zich dus via dezelfde vectoren en grofweg over dezelfde afstanden verspreiden**. Op basis van deze aanname zijn de modelsoorten geselecteerd en de overige soorten aan de modelsoorten gekoppeld. Dit is als volgt gedaan:

Voor **macrofauna** zijn een kleine 60 modelsoorten geselecteerd (door B. Achterkamp), waarvan op basis van literatuur en expertkennis het meeste gegevens waren. Het uitgangspunt was dat er minimaal één modelsoort per orde is, tenzij een orde qua verspreidingsecologie zeer vergelijkbaar is met een andere orde. Als er op lager taxonniveau binnen de orde grote verschillen zitten in de verspreidings-karakteristieken (o.b.v. literatuur en expertoordeel), dan zijn meerdere modelsoorten voor die orde aangewezen, zodat de variatie gedekt is. Als een orde bijvoorbeeld een aantal genera met grote soorten (goede vliegers, lage populatiedichtheid) en een aantal genera met kleine soorten (iets minder goede vliegers, hogere populatiedichtheid) heeft, worden (minstens) twee modelsoorten aangewezen. Alle gekozen modelsoorten zijn niet zeldzaam in Nederland en vrij goed herkenbaar. De herkenbaarheid is van belang omdat van slecht herkenbare soorten de verspreiding vaak onzeker is, waarmee conclusies over hun verspreidings-vermogen minder betrouwbaar kunnen zijn.

Vervolgens zijn alle soorten via de taxonomische lijn gekoppeld aan een modelsoort: als er op genusniveau een modelsoort is, staat die model voor het hele genus. Zo niet, dan wordt er gezocht naar een modelsoort op familieniveau en als die er ook niet is, dan wordt er gezocht naar een modelsoort op ordeniveau. Als er op een bepaald niveau meerdere modelsoorten zijn, dan is één van die soorten als modelsoort geselecteerd op basis van expertkennis.

Voor de **macrofyten** is de selectie van modelsoorten iets anders uitgevoerd:

- 1 Als eerste stap zijn alle soorten waarvoor in LEDA gegevens beschikbaar zijn over drijfvermogen, valsnelheid en planthoogte als modelsoort geselecteerd. Hierdoor kon verspreiding met de vectoren water- en wind worden berekend. De overige verspreidingsvectoren bij macrofyten (verspreiding vogels intern/extern, vis en vegetatieve verspreiding) zijn opgenomen als 'ja' of 'onbekend'. Voor het berekenen van verspreidingsafstanden is 'onbekend' vervangen door 'nee', wat resulteert in conservatieve schattingen voor deze vectoren..
- 2 Als er maar één complete soort is in een genus, is die als modelsoort geselecteerd voor het hele genus. Als er meerdere soorten zijn, is een keuze gemaakt voor de soort die het meest representatief leek voor het genus of delen daarvan (expertkennis R. van de Haterd). Het selecteren van de modelsoorten vormde tevens een foutencontrole. Als bepaalde kenmerken van een modelsoort onbetrouwbaar werden geacht (bijvoorbeeld omdat ze sterk afweken van de rest van het genus of op basis van expertkennis) dan valt de betreffende soort af als modelsoort. Zie onderstaand kader voor een voorbeeld van de selectie.

KADER VOORBEELD MODELSOORTENSELECTIE BIJ FONTEINKRUIDEN (POTAMOGETON)

Bij fonteinkruiden is *P. polygonifolius* aangewezen als modelsoort voor de soorten met drijfbladen (*P. natans*, *P. nodosus* en *P. polygonifolius*), *P. lucens* is geselecteerd als modelsoort voor de breedbladigen (*P. prealongus*, *P. perfoliatus* en *P. lucens*), *P. pusillus* is modelsoort voor zichzelf en de zeer verwante *P. berchtoldii*, *P. alpinus* alleen voor zichzelf en *P. pectinatus* de algemene modelsoort voor het genus (en daarmee voor alle andere, vrij smalbladige soorten). Oorspronkelijk was *P. obtusifolius* ook modelsoort, maar de onderliggende gegevens over drijfvermogen van zaden (0 dagen) werden onbetrouwbaar geacht en dus is *P. pectinatus* aangewezen als modelsoort voor *P. obtusifolius*.

-
- 3 Als er voor een genus helemaal geen modelsoorten waren, is een soort uit een ander genus binnen de familie geselecteerd (wederom op basis van expertkennis R. van de Haterd).
 - 4 In enkele gevallen was er ook op familieniveau geen modelsoort beschikbaar, zoals bij Characeae en bij Apiaceae. Dan is een modeltaxon (op genus of familieniveau) ‘gemaakt’ op basis van combinaties van de kenmerken van de (incomplete) soorten uit de database. Soms is dit noodgedwongen aangevuld met anekdotische informatie of expertkennis. Zo wordt bijvoorbeeld enkele malen de aanname gedaan dat de zaden van een waterplant wel minstens 1 dag zullen drijven. Dit staat altijd in de bron/opmerkingen vermeld, inclusief de naam van de expert (meestal R. van de Haterd of M. Soons). Binnen genera en zeker binnen families is echter een grote variatie aan plantkenmerken mogelijk, waardoor verspreidingsmechanismen en -afstanden tussen nauw verwante soorten sterk kunnen verschillen. Het was echter niet mogelijk binnen de beperkte tijd om alle 377 relevante soorten na te lopen. In praktijk zal de gevolgde aanpak naar verwachting in de meeste gevallen een correcte orde-van-grootte inschatting geven van plantenverspreidingscapaciteit.

In totaal zijn er ongeveer 100 modelsoorten voor de macrofyten.

B1.5 KEUZE EN BEREKENING VERSPREIDINGSKENMERKEN

B1.5.1 Inleiding

In de loop der evolutie hebben soorten een breed scala aan verspreidingsopties ontwikkeld. Veel soorten dieren verspreiden zich actief naar nieuwe habitats door middel van hun eigen voortstuwing (autochorie). Denk hierbij aan vissen (zwemmend) of waterkevers (zwemmend, vliegend of lopend). Daarnaast is er een grote groep planten en dieren die zich passief verspreiden: zij verspreiden niet zichzelf, maar laten zich verspreiden door een vector (allochorie). Denk hierbij aan plantenzaden of macrofauna-larven die door de wind of waterstromingen worden verspreid. Veel diersoorten, vooral macrofauna, verspreiden zich zowel passief als actief: vaak passief als ei of larve, en actief als adult.

De kans dat een plant of dier zich over een bepaalde afstand verplaatst is afhankelijk van de eigenschappen van die soort, zoals vleugels of drijfvermogen. Daarnaast speelt het gedrag een rol; sommige vliegende soorten blijven toch in de buurt van hun voortplantingswater. Ten slotte spelen externe factoren een rol,

zoals stroomsnelheid, barrières of opgaande vegetatie langs het water. Hieronder worden de informatie (kenmerken en berekeningen) van groepen organismen en externe factoren per vector besproken en worden vuistregels opgesteld.

B1.5.2 Verspreidingskenmerken macrofyten

Watersverspreiding (hydrochorie)

Hoe ver plantenzaden zich drijvend over het water kunnen verspreiden is afhankelijk van hun drijfvermogen en van gebiedsfactoren als stroomsnelheid en invangkans (Soomers 2012). Om het aantal drijfdagen te berekenen gebruikten we de gegevens uit de LEDA-database (Kleyer *et al.* 2008) van proeven waar een N aantal zaden te drijven zijn gelegd en regelmatig is genoteerd hoeveel procent van de plantenzaden nog dreven. Voor sommige planten zijn deze drijfgegevens beschikbaar voor diverse typen verspreidingseenheden (bijvoorbeeld zaad met en zonder pappus of met en zonder vruchtvlees). We hebben per plantensoort per type verspreidingseenheid drie lijnen gefit op de gegevens (logaritmisch, lineair en spline). De formule van de best passende lijn is gebruikt om het aantal dagen te berekenen waarop respectievelijk 50% en 95% van de zaden is gezonken (T50 en T95). Per soort zijn de T50 en T95 van de verst verspreidende verspreidingseenheid in de database opgenomen. In sommige gevallen was enkel de T50 bekend (verstreken tijd waarop 50 % van de zaden nog drijft). De T95 is dan grof geschat als $T95 = 5 * T50$. Waardes groter dan 365 dagen zijn op 365 dagen gezet. Afhankelijk van de stroomsnelheid, stroomrichting en ruwheid van een waterlichaam kan hiermee een te verwachten verspreidings-afstand berekend worden (zie B1.6).

Windverspreiding (anemochorie)

Vrijwel elk zaad dat van een plant valt, kan in principe door wind worden verspreid en veel soorten zijn daar zelfs specifiek op aangepast (bijvoorbeeld pluisjes van wilgen, lisdodde en moeraskruiskruid). Het merendeel van de zaden valt vrij dicht bij de plant. Soms laten de zaden (of een deel ervan) pas los bij hogere windsnelheid, waardoor het merendeel van de zaden niet direct naast de plant valt. Ze vallen echter mogelijk nog steeds op relatief korte afstand ervan. Voor passieve verspreiding van plantenzaden door de wind was het mogelijk een meer gedetailleerde afstandsinschatting te maken aan de hand van een zaadverspreidingsmodel ontwikkeld aan Duke University, US, en de Universiteit Utrecht (Nathan *et al.* 2002, Soons *et al.* 2004a, b). Dit Coupled Eulerian-Lagrangian Closure model (CELC) berekent verspreidingsafstanden van individuele zaden op basis van de zaadei-

.....

genschap valsnelheid, de planteigenschap loslaat-hoogte, en kenmerken van de omringende vegetatie en wind. Vanwege de beperkte tijd in dit project is er voor gekozen voor alle plantensoorten eenzelfde omringende vegetatie te simuleren. Dit heeft echter tot gevolg, dat voor sommige kleinere soorten (lagere groeihoogte) de verspreidingsafstand sterk wordt onderschat. Voor de berekeningen is een gemiddeld Nederlands windprofiel gebruikt en een drempelwaarde van 5 m/s voor het loslaten van zaden van de plant. Op basis van de modelberekeningen zijn twee maten voor windverspreiding berekend en opgenomen in onze database: het 50- en 95-percentiel van de afgelegde afstand (P50 en P95).

Een aparte categorie windverspreiders wordt gevormd door de mossen (formeel geen macrofyten) en de sporenplanten (varens, wolfsklauwen en paardenstaarten). Deze soorten hebben geen zaden maar zeer kleine sporen die tot op grote hoogte in de lucht zijn aangetroffen. Uit onderzoek blijkt dat sporenplanten heel goed in staat zijn om nieuwe gebieden te koloniseren over grote afstanden. Zo blijkt de floristische overeenkomst van eilanden op het zuidelijk halfrond voor sporenplanten en mossen sterker samen te hangen met de overheersende windrichting dan met de geografische afstand (Muñoz *et al.* 2004). Als de tijd maar lang genoeg is, zijn afstanden van honderden kilometers dus geen probleem. Uit onderzoek van Bremer (2007) blijkt dat vrijwel de hele Nederlandse varenflora zich binnen 20 jaar in de flevopolders heeft gevestigd, naast twee nieuwe soorten voor Nederland. Bremer (2007) vond een relatie tussen kolonisatiesnelheid en het voorkomen in kilometerhokken in een straal van 50 km eromheen. Een studie van bosplanten in het Voorsterbos (Bremer 2003) liet zien dat na 25 jaar, 87% van de potentieel te verwachten bosmossen aanwezig was en slechts 33% van de te verwachten zaadplanten. De zaadplanten die het gebied koloniseerden hadden voor het grootste deel een populatie binnen enkele kilometers; terwijl veel varens van meer dan 10 kilometer afstand kwamen. De uitzondering was brede wespenorchis (ook heel fijn zaad) en enkele vogelverspreiders (bosaardbei en welriekende agrimonie).

De meeste zaadplanten die het gebied koloniseerden verspreiden zich geleidelijk vanuit bebouwing, hetgeen suggereert dat mensen, hun honden en vogels een belangrijke rol spelen. Voor mossen was deze patronen waren afwezig of veel minder duidelijk (Bremer 2003). Samenvattend lijkt het voor mossen en varens geen probleem om zich over afstanden van 10-50 kilometer te verspreiden.

We doen daarom de grove aanname dat mossen en sporenplanten zich zo goed via wind kunnen verspreiden dat ze geen grote knelpunten in verspreiding hebben. Hierbij maken we de kanttekening dat dit waarschijnlijk niet geldt voor soorten die niet of nauwelijks sporenkapsels vormen en ook niet voor zeldzame soorten, bijvoorbeeld schorpioenmosses in trilvenen (Bijlsma *et al.* 2009).

Verspreiding door vogels (zoöchorie)

Dat transport door watervogels de enige logische verklaring vormt voor de verspreiding van zoetwaterplanten over grote gebieden die van elkaar gescheiden zijn door land of oceanen wordt al opgemerkt door Darwin in “On the Origin of Species” (Darwin 1859 In: Kleyheeg 2015). Het transport van plantendelen is op te delen in endozoöchorie (intern, via de maag) en epizoöchorie (extern, aan veren of poten); beide zijn belangrijke en zeker op lokale schaal frequent voorkomende processen (Figuerola & Green 2012), hoewel voor plantenzaden is aangetoond dat met interne verspreiding veel grotere aantallen zaden verspreid worden dan met externe verspreiding (Brochet *et al.* 2010). Uit een review bleek dat gemiddeld 45% van de verzamelde vogeluitwerpselen zaden bevatten en 32% macrofauna, waarvan grofweg een derde nog levensvatbaar was (Van Leeuwen *et al.* 2012).

Verspreiding door vogels intern (endozoöchorie)

Watervogels eten plantenzaden of krijgen deze per ongeluk binnen tijdens het foerageren. Als de vogel daarna opvliegt kan het zaad over grote afstand worden getransporteerd en zodoende nieuwe gebieden bereiken. De kans dat deze route succesvol is hangt af van (1) de kans dat een vogel het zaad binnenkrijgt, (2) de kans dat het zaad de passage door het maag-darmkanaal overleeft en (3) de kans dat een zaad een geschikte plek bereikt en daar kiemt. Het merendeel van de zaden overleeft het maag-darmkanaal niet. Hoeveel is afhankelijk van zaadeigenschappen als hardheid en grootte; bij harde, kleine zaden overleeft tot ca. 33% de maag-darm passage en bij grote of zachte zaden vaak minder dan 1% (Soons *et al.* 2008; Kleyheeg 2015). De kans dat watervogels zaden effectief verspreiden wordt dus (voor onze toepassing) pas reëel als er sprake is van vrij grote aantallen gegeten zaden. Het meest relevant zijn dus watervogels die in of nabij het water op planten (en bij voorkeur actief op zaden) foerageren en ook rechtstreeks van het ene naar het andere water vliegen: zwemeenden, meerkoeten en mogelijk ook waterhoen. Watervogels die vooral macrofauna of vis eten (duikeenden, aalscholver, reigers) zijn van secundair belang (Van Leeuwen *et al.* 2012, 2017; mond. med. C. van Leeuwen).

Een berekening die een min of meer nauwkeurige schatting oplevert van de soortspecifieke kans op verspreiding door watervogels bleek niet haalbaar. Voor de kans op inname en de kans op vestiging zijn gebiedsspecifieke gegevens nodig over aantallen vogels en hun vliegbewegingen/gedrag. Die gegevens zijn zelden beschikbaar en bovendien voert dat te ver voor de grove analyse. Bovendien zijn er van slechts enkele soorten gegevens over de zaadhardheid (Boedeltje *et al.* 2015), die nodig is om de kans op succesvolle passage door het maag-darm kanaal te bepalen. In de database is daarom voor endozoöchorie een grove inschatting opgenomen aan de hand van literatuur (wel of niet vermelding van endozoöchorie): Het resultaat is een score 'ja' of 'onbekend'. In de database worden de bronnen per soort aangegeven. Wellicht kan in de toekomst voor de nadere analyse een nauwkeurigere en betrouwbaardere inschatting ontwikkeld worden aan de hand van de beschikbare data per soort, zoals zaadgrootte en hardheid, welke zeer bepalend zijn voor vermogen tot endozoöchorie door watervogels (Kleyheeg *et al.* 2017).

Verspreiding door vogels extern (epizoöchorie)

Vogels komen veel in contact met planten en plantenzaden. Bij het opvliegen kan een plantje of zaadje aan de poten of de veren blijven hangen. Als de vogel vervolgens naar een andere locatie vliegt kan plant of zaad daarbij worden meegevoerd. De kans dat dit in een individueel geval gebeurt is klein, mede vanwege de waterafstotende laag op de vogelveren, maar het aantal vogelbewegingen kan behoorlijk groot zijn. In praktijk blijkt dat het om een reële kans gaat, zeker op lokale schaal (Figuerola & Green 2012). Dat deze vector van belang is, wordt geïllustreerd door de snelle kolonisatie van o.a. waterpest en dwergkroos; soorten die geen zaad vormen en toch in hoog tempo heel Nederland (en heel Europa) hebben gekoloniseerd. Beide soorten verspreiden zich natuurlijk uitstekend via water (hydrochorie), maar dat kan niet de verklaring zijn voor de kolonisatie van stroomopwaarts gelegen gebieden, andere stroomgebieden en hydrologisch geïsoleerde locaties. De meest logische (en wellicht de enige) verklaring hiervoor dat epizoöchorie door watervogels. Bijhouwer (1933) beschrijft in detail de verspreiding van brede waterpest in Nederland: na introductie rond 1860 in de hortus in Utrecht verspreidde de soort zich binnen enkele jaren over west Nederland. In 1875 is ze reeds algemeen rondom Nijmegen (stroomopwaarts!) en in 1890 bereikt de soort Friesland. In 1900 is de soort algemeen in heel Nederland en overigens ook in een groot deel van Europa. De snelle verspreidingswijze wordt door Bijhouwer (1933) toegewezen aan de "binnenscheepvaart en watervogels", tevens schrijft hij

dat er locaties zijn waar “de aanwezigheid van Elodea slechts verklaard kan worden door verspreiding door vogels aan te nemen”.

De kans is relevant bij vogels die in of langs het water foerageren, zoals reigerachtigen, aalscholvers, eenden, zwanen, ganzen, meeuwen, meerkoet en waterhoen. De kans op epizoöchorie lijkt het grootst bij soorten die tussen waterplanten foerageren (zoals wilde eend) en kleiner bij vogels die zich vooral op het open water bevinden, waar minder planten en zaden zijn (duikeenden, meeuwen). De kans is mogelijk ook kleiner als vogels alleen met hun poten in het water zitten (reigers) in plaats van met hun hele lijf. Belangrijkste factor is waarschijnlijk de talrijkdom van de watervogel in kwestie.

Voor epizoöchorie is wederom per plantensoort een score opgenomen aan de hand van literatuur (wel of niet vermelding van endozoöchorie): ‘ja’ of ‘onbekend’. In de database worden de bronnen per soort aangegeven.

Verspreiding door vissen (ichthyochorie)

Vissen eten, al dan niet bewust, plantenzaden. Een deel hiervan overleeft de passage door de vis. Omdat vissen zich stroomopwaarts kunnen verplaatsen, kunnen deze plantenzaden zich hiermee stroomopwaarts verplaatsen. Met name de karpers eten soms vrij grote aantallen zaden (mond. med. B. Pollux). Onderzoek aan zaden die passage door vissen overleven laat zien dat de grootte, vorm en hardheid van de zaden een rol spelen (Boedeltje *et al.* 2015). Grootte heeft effect op de kans om gegeten te worden, de kans om vernalen te worden en de kans om de darmpassage te overleven. Dientengevolge zijn er verschillende resultaten gerapporteerd over het effect van grootte op de verspreidingskans (Pollux 2007; Boedeltje *et al.* 2015; mond. med. B. Pollux). Het effect van zaadhardheid is wel duidelijk, maar hierover zijn slechts voor enkele soorten gegevens bekend (Boedeltje *et al.* 2015). Hoewel dus redelijk wat informatie is over de kans dat zaad de mag-darmpassage overleeft, is daarmee nog geen zekerheid over de bijdrage van vis aan de verspreidingskans van soorten. Hiervoor is ook informatie nodig over de kans op inname en de mate waarin vissen zich verspreiden. Daarover is veel minder bekend.

Voor ichthyochorie is wederom per plantensoort een score opgenomen aan de hand van literatuur (wel of niet vermelding van ichthyochorie): ‘ja’ of ‘onbekend’.

Verspreiding door vegetatieve fragmenten

Naast verspreiding door zaden is verspreiding van vegetatieve delen via water een belangrijke verspreidingsmethode. Uit onderzoek van Boedeltje *et al.* (2005) bleek dat in gemaaide systemen, 95,8% van de diasporen vegetatief zijn en slechts 4,2% generatief. Hoe representatief deze schattingen zijn voor niet of minder vaak gemaaide systemen is nog onbekend. Daarbij moet worden opgemerkt dat vegetatieve verspreiding vooral onder waterplanten veel voorkomt en dat oeverplanten zich vaker generatief verspreiden.

Een 'ja' of 'nee' is grotendeels overgenomen uit de LEDA database (Kleyer *et al.* 2008) en literatuur en voor enkele ontbrekende soorten aangevuld op basis van expertkennis (R. van de Haterd). In de database worden de bronnen per soort aangegeven.

B1.5.3 Verspreidingskenmerken macrofauna

Voor macrofauna geldt dat er redelijk veel bekend is over de wijze waarop soorten zich kunnen verspreiden, vaak is dit gekoppeld aan de anatomie van het dier. Of ze dit ook daadwerkelijk doen (gedrag) is soms wel enigszins beschreven, maar getalsmatige onderbouwingen van afstanden of kansen zijn er vrijwel niet. Wel is er veel kennis bij experts over het gedrag, in de vorm van gerichte onderzoeken maar ook bijvoorbeeld waarnemingen op grote afstand van voortplantingswateren. Daarom is op basis van literatuur en expertkennis (B. Achterkamp) een inschatting gemaakt welke verspreidingsvectoren voor de verschillende taxa van belang zijn en tot op welke afstanden ze leefgebieden kunnen koloniseren binnen redelijke termijn (ongeveer 5 jaar, zie §2.4).

Populatiedichtheid

De kolonisatiekans hangt ook af van het aantal verspreidende individuen en daarom is voor macrofauna ook de populatiedichtheid opgenomen. Soorten met een gering vliegvermogen zijn vaak klein en kleinere soorten hebben meestal hogere dichtheden dan grote soorten. Maar de populatiegrootte hangt ook af van de plaats in het voedselweb: predatoren hebben lagere dichtheden dan herbivoren en detritivoren. De populatiegrootte is ingeschat op basis van expertkennis in aantal individuen per vierkante meter (orde van grootte: 0,5 - 1 - 10 - 100 m²). Uitgangspunt hierbij zijn de dichtheden waarin de taxa zijn aangetroffen in de macrofaunamonsters uit alle delen van het land, die al decennia lang worden verzameld en

uitgezocht door Bureau Waardenburg. Om te voorkomen dat er door toevalsfactoren (zoals monster-methodes) verschillen tussen soorten zouden ontstaan die naar oordeel van de expert niet terecht zijn, is bij de schatting gelet de grootte van de soort (groter is lagere dichtheid) en de plek in het voedselweb (hoger is lagere dichtheid).

Vliegsnelheid en vliegafstand

De insecten onder de macrofauna hebben vrijwel allemaal een gevleugeld stadium en kunnen dus vliegend een nabijgelegen water koloniseren. De factoren die van invloed zijn op de kolonisatiekansen, zijn het vliegvermogen, de neiging om te vliegen/zwerven en de populatiedichtheid. Soorten verschillen onderling sterk in hun vliegvermogen en neiging om (ver) te vliegen. Libellen, kevers en wantsen zijn vaak goede vliegers, die actief naar nieuwe geschikte wateren zoeken. De kans dat deze soorten een geschikt habitat koloniseren is dan ook groot, zelfs als dit water enkele kilometers van een bronpopulatie ligt. Dit blijkt zowel uit vergelijkingen van diversiteit van macrofauna in sloten (Verdonschot & Verdonschot 2012a) als uit de kolonisationsnelheid van nieuwe habitats (zie Van de Haterd & Collier 2014 voor een kolonisatie van *Aeshna viridis* over 1,7 km binnen een seizoen). Haften en muggen hebben veel minder krachtige vliegspieren en zijn niet of nauwelijks in staat om tegen wind in te vliegen. De meeste individuen blijven dan ook veel dicht bij hun voortplantingswater. Vaak heeft een deel van de populatie wel een neiging tot zwerven. Hoe groot dit deel is verschilt per soort en zelfs per populatie, hiervoor zijn geen algemene regels op te stellen. Bij deze minder krachtige vliegers wordt de verspreiding over langere afstand vooral door de wind gestuurd. Belangrijk verschil met echte passieve verspreiders (zoals plantenzaden) is dat ze niet exact op een geschikte plek terecht hoeven te komen, kleine afstanden kunnen ze immers wel vliegen. De kans dat een individu een geschikte plek bereikt is waarschijnlijk wel kleiner dan bij de krachtige vliegers (mond. med. W. Verberk, maar zie Verdonschot & Verdonschot 2012a).

Als indicatie voor het vliegvermogen is de vliegsnelheid ingeschat op basis van enkele bronnen met concrete metingen (zie database), die door expertoordeel zijn geëxtrapoleerd (B. Achterkamp). Het gaat hierbij om de snelheid in km/u waarmee een soort langere tijd kan en wil vliegen (orde van grootte: 0 - 0,5 - 1 - 5 - 10 - 20 km/u). De neiging om te vliegen zit hier impliciet in verwerkt; soorten die met regelmaat snel vliegend worden waargenomen zijn hoger ingeschat dan soorten

die altijd in de luwte blijven hangen. Het gaat hier dus niet om de topsnelheid, bijvoorbeeld om een prooi te vangen of te vluchten.

Vervolgens is een inschatting gemaakt van de vliegafstand; de afstand die de soort binnen redelijke termijn vliegend kan overbruggen. Van enkele soorten zijn deze afstanden in orde van grootte bekend uit de praktijk uit kolonisaties van nieuwe leefgebieden. Aangenomen is dat soorten met een vergelijkbare vliegsnelheid en populatiedichtheid ook vergelijkbare vliegafstanden kunnen afleggen.

Meeliften

Een klein aantal macrofaunasoorten zijn zogenaamde lifters: hun levenswijze bindt ze aan andere, zich goed verspreidende soorten. De beste voorbeelden zijn soorten met een parasitaire levenswijze, zoals de vissenbloedzuiger, de karperluis en de zwanenmossel. Deze taxa verspreiden zich (vooral) met hun gastheer en krijgen dus ook de verspreidingskarakteristieken van hun gastheer.

Daarnaast kunnen veel macrofaunasoorten ook verspreid worden als ze zich per ongeluk aan een vogelpoot hechten, of in vegetatie zitten die aan een vogelpoot blijft hangen of omdat macrofaunasoorten of hun eieren worden gegeten en dit overleven (Figuerola & Green 2002). Omdat kwantitatieve gegevens hierover vrijwel geheel ontbreken en de kans hierop klein werd geacht (maar zie §B1.6.3), is deze manier van verspreiding vooralsnog niet opgenomen in de database.

Zwemmend en lopend

Veel macrofaunataxa kunnen zich lopend of zwemmend door het water verplaatsen, vaak tegen (lichte) stroming in. Wel zijn er grote verschillen in gedrag; sommige soorten zijn heel actief (bijv: gammariden), andere soorten verstoppen zich en verplaatsen zich alleen indien noodzakelijk (bijv: libellenlarven). De taxa zijn op basis van expertoordeel (B. Achterkamp) ingedeeld in het aantal meters dat ze per dag afleggen, en dit is vermenigvuldigd met hun levensduur tot de afstand die ze in hun leven kunnen afleggen. Op basis hiervan is de zwemafstand ingedeeld in categorieën (0, 1, 10, 20, 100, 360 en 1000 meter) en de loopafstand is ingedeeld in vijf categorieën (0, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 360 meter).

Passief water

Een fenomeen dat van oudsher relatief veel aandacht heeft gekregen in de litera-

tuur is drift (Brittain & Eikeland 1987), waarbij macrofauna met de waterstroming mee drijft naar nieuwe locaties. Heel veel soorten hebben een stadium dat zich in deze vorm verspreidt. De meeste macrofaunasoorten zijn (net) iets zwaarder dan water, waardoor ze van nature zinken. Echter, veel soorten vertonen een of andere vorm van beweging waardoor ze zichzelf drijvend kunnen houden ('zwemgedrag') in de waterkolom. Een bijzondere vorm van drift zijn de soorten die zich in drijvende vegetatiepakketten ophouden en zich op die wijze verspreiden. Zeker als het maai-beheer zodanig wordt uitgevoerd dat het maaisel met de stroom meedrijft. Voor passieve watersverspreiding zijn vier kenmerken opgenomen in de database: dichtheid ten opzichte van water, verlaging van zinksnelheid door zwemgedrag, verlaging van zinksnelheid door aanwezigheid op maaisel en of soorten driften met water. Allen zijn ingeschat op basis van expertkennis (B. Achterkamp).

Het effect van omgevingsvariabelen zoals landschapsstructuur, vegetatie, aanwezigheid van bos, bebouwing of verlichting is complex en daarom in de voorlopige database voor zowel macrofyten als fauna niet meegenomen.

B1.6 VERSPREIDINGSGROEPEN: INDELING, AFSTANDEN EN BARRIÈREWERKING

B1.6.1 Inleiding

Indeling in groepen

Op basis van de verzamelde informatie (§B1.5) zijn de modelsoorten, en daarmee automatisch alle gekoppelde soorten, ingedeeld in verspreidings-groepen met dezelfde verspreidings-vectoren en vergelijkbare afstanden. De indeling is op hoofdlijnen bedacht in twee werksessies met het projectteam (B. Achterkamp, M. Droog, B. Grutters, M. de Jager, R. van de Haterd, H. Soomers & M. Soons). De indeling is grafisch weergegeven door middel van stroomschema's met ondubbelzinnige criteria. In algemene zin zijn hiervoor de volgende keuzes gemaakt:

- De groepen wordt eerst gesplitst naar de verspreidingsvectoren door de lucht (wind, vliegen en zoöchorie) en daarna pas via water. De reden hiervoor is dat verspreiding via de lucht de mogelijkheid biedt andere stroomgebieden te bereiken en veel minder barrièregevoelig is.
- De groepen wordt daarna gesplitst op vectoren met de grootste (potentiële) verspreidingsafstand en dus niet per sé de vectoren met de grootste verspreidingskans. De reden hiervoor is dat exacte kansen vaak niet bekend zijn en dat het voor ons doel voldoende is als de afstand incidenteel gehaald wordt.
- Verspreidingsvectoren die binnen de categorie lucht of water qua afstand wei-

nig meer toevoegen worden niet meer gebruikt om de groepen verder op te splitsen. Bijvoorbeeld: de verspreidingsgroep plantenzaden die zich met vogels verspreiden wordt niet verder gesplitst in een subgroep met en een subgroep zonder windverspreiding, want windverspreiding valt qua afstand (honderden meters) in het niet bij vogelverspreiding (kilometers). Dit beperkt het aantal groepen.

Afstanden

Oorspronkelijk was het idee om aan elke groep per verspreidingsvector één afstand te koppelen die aangaf hoe ver de soorten uit die groep met die vector in de praktijk kunnen komen. Dat bleek bij nader inzien teveel de suggestie te wekken van een harde grens, terwijl in werkelijkheid de onzekerheid van dergelijke kans groot is en er daarnaast ook nog variatie tussen soorten binnen de groepen is. Daarom zijn voor iedere combinatie van verspreidingsvector en verspreidingsgroep twee afstanden als vuistregel opgenomen: een kleine afstand met een grote kans en een grote afstand met een kleine (maar wel realistische) kans. Dit moet als volgt worden geïnterpreteerd:

- De (kleine) afstand met grote kans is de afstand die vrijwel alle soorten uit de verspreidingsgroep binnen enkele jaren (ongeveer vijf) zullen kunnen overbruggen. Bronpopulaties op deze afstand zijn dus zeker bereikbaar.
- De (grote) afstand met de kleine kans is de afstand die slechts weinig individuen uit de verspreidingsgroep binnen enkele jaren zullen overbruggen. Indien er bronpopulaties liggen binnen deze afstand is er dus wat meer tijd nodig voor kolonisatie, of er moet sprake zijn van andere gunstige omstandigheden (denk bijvoorbeeld aan hele grote bronpopulaties of corridors). Daarnaast is er natuurlijk ook variatie tussen soorten in de verspreidingsgroep; sommige soorten zullen deze grote afstand wel en andere deze afstand niet binnen enkele jaren overbruggen.

B1.6.2 Verspreidingsgroepen MACROFYTEN: criteria en afstanden

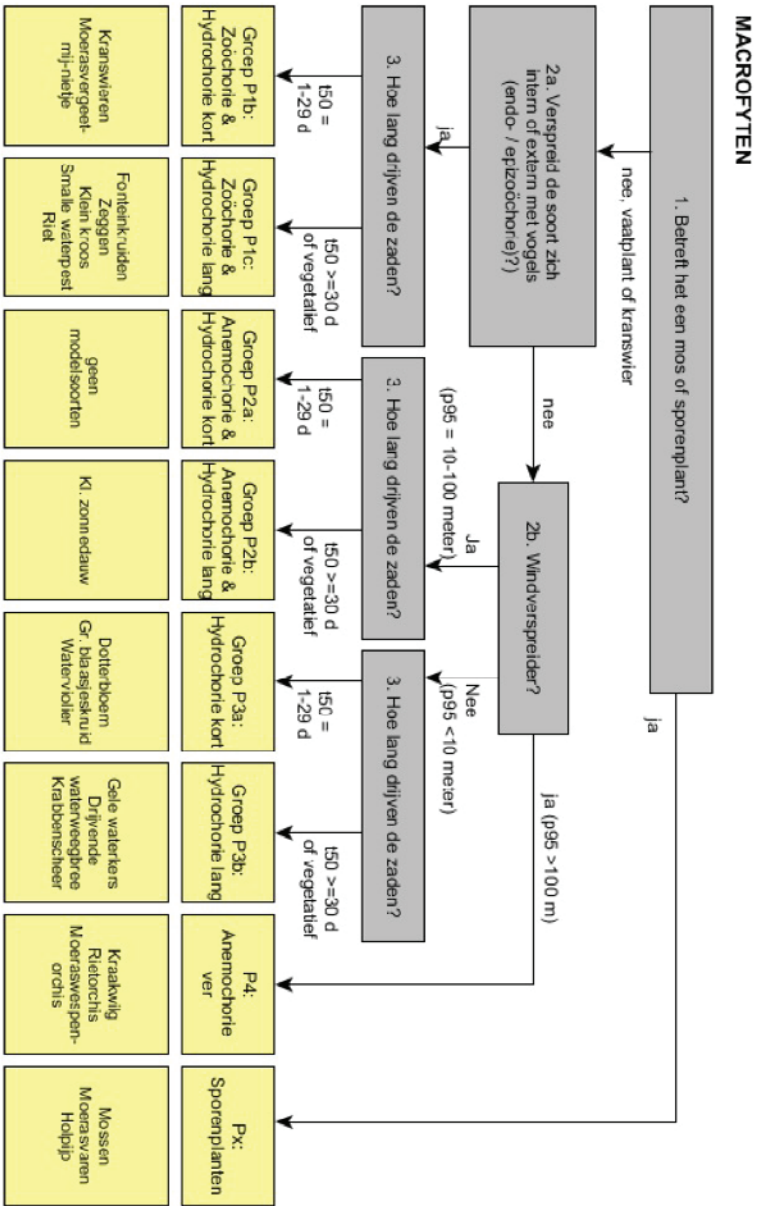
Om de modelsoorten op basis van hun kenmerken in te delen in verspreidingsgroepen, zijn criteria opgesteld, die zijn samengevat in een stroomschema (figuur B1.1).

Mossen en sporenplanten

Bij de macrofyten worden eerst de mossen (formeel geen macrofyten) en de sporenplanten (varens, wolfsklauwen en paardenstaarten) afgesplitst. Zoals toegelicht in

FIG B1.1 CRITERIA MACROFYTEN

De gehanteerde criteria (grijs) en de indeling in groepen voor macrofyten (geel), inclusief enkele modelsoorten. Met zoöchorie wordt hier bedoeld verspreiding door watervogels.



§B1.5.2 doen we de grove aanname dat mossen en sporenplanten zich zo goed via wind kunnen verspreiden dat ze geen grote knelpunten in verspreiding hebben, ook al geldt dit waarschijnlijk niet voor soorten die niet of nauwelijks sporenkapsels vormen en ook niet voor zeldzame soorten.

Verspreiding door vogels

De meeste watervogelsoorten vliegen met enige regelmaat (dagelijks) tussen hun foerageergebieden en slaapgebieden. Voor een betrouwbare inschatting van verspreidings-kansen zou een inschatting van watervogelpopulaties en vlieg-bevingen per gebied gemaakt moeten worden. Hoewel dit in grote lijnen goed mogelijk is, viel deze inschatting buiten het detailniveau van dit rapport; wellicht is dit wel een punt voor de nadere analyse. Over de afstand die watervogels afleggen is wel het nodige bekend. Deze vogelsoorten leggen meestal enige kilometers af tussen slaap- en foerageerplek met een globaal maximum van 5-10 kilometer (Kleyheeg *et al.* 2017a; mond. med. R. Lensink). Alleen meeuwen en aalscholvers vliegen vaak meer dan 10 km, maar beide soorten zijn geen herbivoren die zich niet specifiek in plantrijke zones ophouden (mond. med. R. Lensink). De afstanden zijn logischerwijs groter in droge landschappen met weinig open water. Als vuistregel hanteren we daarom een maximum van 10 km in droge gebieden (hoog Nederland) en 5 km in natte gebieden (laag Nederland). Deze maxima zijn ruim genomen; de meeste zwemeenden vliegen over kortere afstanden in hun dagelijkse routine (Kleyheeg *et al.* 2017a).

Naast de dagelijkse verplaatsingen tussen rust- en foerageerplekken verplaatsen eenden zich regelmatig binnen of tussen foerageerplekken, gemiddeld zijn er 4-7 vluchten per etmaal (Kleyheeg *et al.* 2017a). Mogelijk oorzaken zijn voedselschaarste op een plek of verstoring door predatoren of mensen. De afstanden waarover deze vluchten plaatsvinden is veel geringer, het merendeel van de vluchten gaat over niet meer dan 500 meter (Kleyheeg *et al.* 2017a). Daarom is voor zoöchorie 500 meter als tweede afstand is toegevoegd, met een wat grotere kans.

Veel watervogels vliegen tijdens de trektijd nog veel grotere afstanden, maar de frequentie waarmee ze dit doen is veel lager. Als vector voor verspreiding over extreem lange afstand kan dit weliswaar relevant zijn, maar vanuit ons perspectief is de kans te klein om dit in beschouwing te nemen. Bezien vanuit de verspreiding van planten is de frequentie en afstand van de dagelijkse vliegbewegingen veel relevanter (Kleyheeg *et al.* 2017b).

Windverspreiding

Het volgende criterium, windverspreiding, is voor een grove inschatting in drie klassen gesplitst. De klassegrenzen voor de verspreidingsgroepsindeling zijn ingeschat op basis van de modelsoorten in de database: zaden die zich niet of nauwelijks via wind verspreiden (minder dan 10 meter), over relatief korte afstanden (10-100 meter) of over langere afstanden (>100 m). Dit komt goed overeen met de relevantie: minder dan een meter is voor ons doel niet relevant, enkele tientallen meters is voldoende om de volgende sloot te bereiken en vanaf honderden meters kunnen ook heel nieuwe gebieden worden bereikt. De aan de groepen gekoppelde vuistregels komen overeen met deze afstanden. Kleiner dan een meter is op 0 gesteld, voor enkele tientallen meters zijn de afstanden op 25 (grote kans) en 100 meter (kleine kans) gesteld.

De overheersende windrichting heeft natuurlijk ook invloed op de verspreiding; in Nederland waait het ongeveer 2,5 keer zo vaak uit het zuidwesten dan uit het zuidoosten of noorden (bron: website KNMI), maar de verschillen tussen jaren zijn wel groot. Gezien de grote onzekerheden in de onderliggende gegevens en aannames is de windrichting een relatief kleine factor ten opzichte van de rest en is daarom niet meegenomen.

Verspreiding via water

Alle modelsoorten in de database bleken zich via water te kunnen verspreiden; ze hadden of zaden die gemiddeld langer dan een dag bleven drijven of vegetatieve delen die zich via water verspreiden. Naast drijfvermogen is de stroomsnelheid en stroomrichting van belang alsmede de invangkans.

Uit onderzoek in sloten blijkt dat vrijwel alle zaden binnen een dag worden ingevangen in de (oever)vegetatie en niet veel verder komen dan 500 meter (Beltman *et al.* 2005; Soomers 2012). De zaden kunnen echter na verloop van tijd weer loskomen, bijvoorbeeld als het water stijgt (Soomers 2012). Aangezien veel soorten investeren in het drijfvermogen van hun zaden (denk bijvoorbeeld aan het urtje van zeggen), wordt verwacht dat dit een relevant mechanisme is. We hebben de aanname gedaan dat zaden die 30 dagen of langer drijven een grote kans hebben om één of meerdere keren los te komen, omdat er op een dergelijke termijn meestal wel een flinke bui valt, gemaaid wordt of de vegetatie afsterft omdat het

herfst wordt. Daarom hebben we drijfvermogen voorlopig gesplitst in minder dan een dag (komt niet voor), kort: 1 tot 29 dagen en lang: 30 dagen of meer.

In **smalle, stilstaande wateren** is de verspreidingsafstand van kort drijvende zaden met een grote kans gesteld op 500 meter (o.b.v. Soomers 2012). Onderzoek aan *Oenanthe aquatica* (kort drijvende zaden) in sloten liet zien dat populaties tot 1200-1500 meter grote genetische overeenkomst hebben en dat daarbuiten isolatie een grote rol speelt (Favre-Bac *et al.* 2016, fig 3c). Daarom is de kleine-kans-afstand gesteld op 1500 m; 3 keer de grote-kans-afstand. Hetzelfde onderzoek liet ook zien dat de genetische overeenkomst voor *Lycopus europeus* tot 4-5 km rijkt (Favre-Bac *et al.* 2016, fig 3d). De auteurs verklaren dit doordat deze soort in hun onderzoek in grotere en wat meer stromende wateren voorkomt. De zaden van deze soort kunnen echter ook vele maanden drijven (LEDA-database), wat ons inziens een belangrijkere verklaring vormt. Daarom hanteren we voor lang drijvende zaden in stilstaande wateren een (maximale, dus kleine kans) afstand van 4500 meter. De grote kans voor lang drijvende zaden is berekend op basis van dezelfde verhouding als bij de kort drijvende zaden, dus $4500/3 = 1500$ meter. De breedte van de wateren zit nu besloten in de afstanden met grote en kleine kans; het zou goed zijn dit in de toekomst te differentiëren. Deze zeer grove inschattingen kunnen in vervolgonderzoek verfijnd worden.

Voor **stromende wateren** kunnen heel andere afstanden gelden dan voor stilstaande. Ten eerste zorgt de stroming ervoor dat een zaadje binnen een dag veel verder kan komen; 1 dag drijven met 20 cm/sec is (theoretisch) ruim 17 km. Ten tweede hebben sommige beken (vooral de flink stromende) en zeker ook rivieren minder oevervegetatie dan sloten waardoor de invangkans veel kleiner is. Een heel lang drijfvermogen is in beken en rivieren dus waarschijnlijk minder belangrijk dan in stilstaande wateren; de kenmerken van de beek (stroming / oevervegetatie) domineren. Dicht begroeide, weinig stromende bovenlopen en zijtakken lijken op sloten waardoor de afstand in de orde van bovengenoemde 500-1500 meter (grote kans-kleine kans) zal liggen. In redelijk stromende beken (> 20 cm/s) en rivieren met weinig oevervegetatie leggen zaden al snel enkele kilometers af en zal een nieuw habitat binnen 5 km waarschijnlijk snel gekoloniseerd worden (grote kans, deze wordt gebruikt in de GIS-tool). Deze afstand komt exact overeen met de ingeschatte afstand bij drift van macrofauna. Het brongebied met een kleine kans zal waarschijnlijk het hele bovenstroomse deel beslaan en als zodanig is invulling

gegeven aan de kleine kans afstanden in de GIS-tool. Deze grove inschattingen kunnen in de toekomst mogelijk verfijnd worden met waterverspreidingsmodellen voor stromende wateren (M. de Jager, in press).

Verspreiding door vissen

Berekeningen gebaseerd op de duur van de darmpassage en de zwemsnelheid van karperachtigen (de belangrijkste zaadeters) laten zien dat de theoretische maximale afstand die een zaadje in een vis kan afleggen ongeveer 75 km is (Pollux, 2007). In praktijk zal dat zelden voorkomen; desondanks is niet uit te sluiten dat vissen enkele kilometers afleggen. Er is weinig bekend over de kans dat visverspreiding daadwerkelijk optreedt, omdat gegevens over inname en visbewegingen beperkt zijn (met name van limnofiele vissen die in potentie veel zaden eten). Ook is van veel zaden niet onbekend of ze de maag-darm passage kunnen overleven. Er is daarom in overleg met de begeleidingscommissies voor gekozen een dergelijke onzekere factor met een dergelijk groot verspreidingseffect (kilometers) niet op te nemen.

B1.6.5 Criteria en afstanden groepsindeling MACROFAUNA

Om de modelsoorten op basis van hun kenmerken in te delen in verspreidingsgroepen, zijn criteria opgesteld, die zijn samengevat in een stroomschema (figuur B1.2). Hierbij zijn weer de verspreidingsmechanismen via de lucht als eerste criteria voor groepsindeling gebruikt en is de stelregel gehanteerd dat als bepaalde vectoren qua verspreiding weinig toevoegen, dat een groep dan niet gesplitst wordt. Het heeft bijvoorbeeld geen zin soorten die 5 km kunnen vliegen nog te splitsen in soorten die over 1 of 5 km meter kunnen zwemmen.

Vliegende verspreiding

Verdonschot & Verdonschot (2012a) constateren dat de soorten met een grote vleugellengte en soorten met een kleine vleugellengte zich goed verspreiden, en juist de soorten met een middelmatige vleugellengte veel minder. De verklaring hiervoor ligt volgens de auteurs in de populatiedichtheid. Dit stemt goed overeen met onze resultaten en de indeling in categorieën:

- 1 soorten die snel kunnen vliegen (≥ 10 km/u). Uit veldervaring (B. Achterkamp / R. van de Haterd) is bekend dat deze groep locaties binnen enkele kilometers snel koloniseert en incidenteel worden zwervers waargenomen op tientallen kilometers afstand. Als vuistregel hanteren we daarom een grens van grote kans van 5 km en een kleine kans van 25 km.

De gehanteerde criteria (grijs) en de indeling in groepen voor macrofauna (geel), met taxonomische groepen die eronder vallen.



-
- 2 soorten die matig hard kunnen vliegen (≥ 5 km/u) of soorten met een hoge populatiedichtheid ($100/\text{m}^2$) die langzaam vliegen of zich met de wind laten meedrijven. Hiervoor hanteren we een vuistregels van 1 en 5 km afstand.
 - 3 soorten die langzaam vliegen met een lage populatiedichtheid. Hiervoor hanteren we afstand van 250 en 1000 meter. Van deze soorten is bekend dat ze zich beter langs lijnvormige wateren verspreiden als er opgaande beplanting langs groeit (Verdonschot & Verdonschot 2017). Dit zou eventueel in de toekomst nog gedifferentieerd kunnen worden.
 - 4 soorten die niet kunnen vliegen (afstand 0).

Bovenstaande afstanden kennen echter een zeer beperkte onderbouwing. Verdonschot & Verdonschot (2012a) vonden voor de groepen 1 en 2 geen geografische verschillen bij afstanden tot ongeveer 100 km (maar wel voor groep 3). Dit gaat weliswaar over lange-termijn effecten, maar is een indicatie dat de afstanden wellicht aan de kleine kant zijn. Sundermann *et al.* (2011) onderzochten het succes van herstelprojecten in beken na 1-12 jaar en vonden een sterk effect van bronpopulaties binnen 5 km, maar niet voor bronpopulaties op grotere afstand. Dit indiceert dat onze afstanden wel in de goede orde van grootte liggen. Het zou goed zijn met name deze afstanden in de toekomst nog eens voor te leggen aan experts.

Zwemmen en lopen

Zoals gezegd kunnen veel macrofaunataxa zich lopend of zwemmend door het water verplaatsen, vaak tegen de (lichte) stroming in. Wel zijn er grote verschillen in gedrag; sommige soorten zijn heel actief (bijv: gammariden), andere soorten verstoppen zich en verplaatsen zich alleen indien noodzakelijk (bijv: libellenlarven). De taxa zijn op basis van expert-judgement (B. Achterkamp) ingedeeld in het aantal meters dat ze per dag kunnen afleggen, en dit is geëxtrapoleerd naar de afstand die ze in hun leven kunnen afleggen:

- 1 Taxa die zich honderden meters of zelfs enkele kilometers per dag verplaatsen. Ook soorten met planktonische larven zijn hierbij ingedeeld. Ingeschat is dat deze groep soorten nieuwe habitats tot op enkele kilometers zullen koloniseren (vuistregel grote kans 0,5 km, kleine kans 5 km).
- 2 Taxa die zich wel verplaatsen, maar over hooguit enkele tientallen meters per dag. Ingeschat is dat deze soorten nieuw habitat tot op ongeveer 100 en 1000 meter (vuistregel) kunnen koloniseren

-
- 3 Taxa die zich minder dan een meter per dag lopend of zwemmend verplaatsen (vuistregel 100 en 250 meter).

Driften

Een fenomeen dat relatief veel aandacht heeft gekregen in de literatuur is drift, waarbij macrofauna met de waterstroming mee drijft naar nieuwe locaties. Heel veel soorten hebben een stadium dat zich in deze vorm verspreid. De meeste macrofaunasoorten zijn (net) iets zwaarder dan water, waardoor ze van nature zinken. Echter, veel soorten vertonen een of andere vorm van beweging waardoor ze zichzelf drijvend kunnen houden ('zwemgedrag') in de waterkolom. Een bijzondere vorm van drift zijn de soorten die zich in drijvende vegetatiepakketten ophouden en zich op die wijze verspreiden. Deze vorm is van belang, zeker als het maai-beheer zodanig wordt uitgevoerd dat het maaisel met de stroom meedrijft. Zodoende zijn er drie categorieën onderscheiden:

- 1 Taxa die drijven, of zwaarder zijn dan water maar zich drijvend houden door zwemgedrag;
- 2 Taxa die niet zichzelf drijvend houden, maar die zich wel ophouden in (drijvende) vegetatiepakketten en zich daarmee kunnen verspreiden.
- 3 Taxa die zich in principe niet met de waterstroom mee verspreiden.

De eerste twee categorieën kunnen zich in stilstaand water ongeveer 1 km verplaatsen en in stromend water 5 tot 10 km en zijn daarom samen genomen in groep mf3b. Voor categorie twee geldt dat de kans op verspreiding veel groter is als er actief maai-beheer plaatsvindt, waarbij het maaisel niet op de kant wordt getrokken. De vraag is zelfs of deze verspreidingswijze relevant is in gebieden die niet gemaaid worden.

Liften

Een klein aantal macrofaunasoorten zijn zogenaamde liften: hun levenswijze bindt ze aan andere, zich goed verspreidende soorten. De beste voorbeelden zijn soorten met een parasitaire levenswijze, zoals de vissenbloedzuiger, de karperluis en de zwanenmossel. Deze taxa verspreiden zich (vooral) met hun gastheer en krijgen dus ook de verspreidingskarakteristieken van hun gastheer.

Daarnaast kunnen veel macrofaunasoorten ook verspreid worden als ze zich per ongeluk aan een vogelpoot hechten, of in vegetatie zitten die aan een vogelpoot

.....

blijft hangen of zelfs intern. Kennis hierover is echter beperkt (Van Leeuwen *et al.* 2012). Er zijn zelfs een aantal soorten wormen en slakken die bekend staan als goede kolonisatoren van nieuwe habitats (zoals nieuw gegraven poelen), waarvoor geen andere verklaring bekend is dan verspreiding via zoöchorie met watervogels. Daarom is deze vector toegevoegd voor deze soorten. Een tekortkoming in de huidige voorlopige database is dat zoöchorie wellicht ook een relevante vector is voor soorten die ook over andere verspreidingswijzen beschikken (zoals zwemmen, drijven of vliegen). Omdat dit echter niet zo evident is als bij slakken en wormen konden we dat bij de huidige stand van kennis niet opnemen.

B1.6.4 Weerstand van barrières

Van grote invloed op de verspreiding van met name drijvende en zwemmende organismen zijn de barrières. De meest voor de hand liggende barrières zijn de kunstwerken in de watergangen, die ook vanuit vismigratie veel aandacht krijgen. Daarnaast zijn er barrières in de vorm van ongeschikt habitat, snel stromend water (vooral een barrière voor matige zwemmers) of juist stilstaand water (barrière voor sommige rheofiele soorten). Voor vis is veel onderzoek gedaan aan de barrièrewerking, waaruit bijvoorbeeld blijkt dat de passeerbaarheid voor sterk wisselt per soort en per lengteklasse. Hoewel er wel algemene regels zijn, is ook nog veel onbekend. Voor macrofyten en macrofauna is heel weinig onderzoek gedaan aan de passeerbaarheid van kunstwerken. Aan de andere kant vertonen macrofyten geen actief 'gedrag', wat de inschatting van de passeerbaarheid grotendeels een kwestie van logisch redeneren maakt. In onderstaande tabel wordt een aanzet gegeven voor de passeerbaarheid van de meest voorkomende typen barrières voor de groepen die zich via water verspreiden. Deze tabel kan de gebruiker helpen om de selectie te maken van barrières die relevant zijn voor de groep die hij wil analyseren in de GIS-toolbox.

Gemalen zijn over het algemeen prima passeerbaar voor macrofauna en macrofyten in één richting (met de stroming mee, dus richting het hogere peil), maar nooit de andere kant op, tenzij het gemaal ook een inlaatfunctie heeft. De uitzondering vormen de vislifters, waarvoor een visonvriendelijk gemaal niet passeerbaar is. Stuwen zijn voor macrofauna vrijwel nooit passeerbaar in stroomopwaartse richting (dus richting het hogere peil), in stroomafwaartse richting (drift) meestal wel. Over de passeerbaarheid van duikers en siphons voor macrofyten en macrofauna is weinig bekend. Soomers *et al.* (2012 en ongepubliceerde gegevens) laten zien dat

TABEL VERMOEDELIJKE PASSEERBAARHEIDBARRIÈRES VOOR MACROFAUNA EN MACROFYTEN

B1.1 *Vermoeidelijke passeerbaarheid barrières voor macrofauna en macrofyten. Het eerste getal geeft de barrièrewerking in stroomopwaartse richting aan, het tweede in stroomafwaartse richting.*

	Macrofaunagroepen									Planten
	mf1a Goede vliegers*	mf1b Vogel- verspreiders *	mf1c Vis- lifter s	mf2a Matige vliegers *	mf2b Slechte vliegers *	mf3a Goede zwemmer s	mf3b Matige zwemmer s + drifters	mf3c Matige zwemmers (geen drift)	mf4 Blijv ers	*
Visvriendelijk gemaal	1/0	1/0	0/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	N/0
Overige gemalen	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	N/0
Stuwen	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	N/0
Duikers	1 / 1	1 / 1	0/0	1 / 1	1 / 1	0/0	1 / 1	1 / 1	2/2	N/1
Siphons	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	2/2	N/1
Vispassages	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	1/1	2/2	N/1

- N nvt, groep verspreid zich niet in deze richting via water
0 geen barrière
½ relatieve barrière (deel van de soorten of individuen kan passeren)
1 barrière in stroomopwaartse richting (hoger peil)
? onbekend

een opvallend klein percentage plantenzaden een duiker kan passeren. Dit hangt echter sterk af van de exacte situatie: is de duiker verdronken of niet, ligt er vuil, kroos of waterplanten voor en hoe sterk is de stroming. Een sterkere stroming zal in het algemeen de drift bevorderen, maar de stroomopwaartse verspreiding sterk verminderen.

Vispassages, hoe nuttig ook voor vis, zijn waarschijnlijk geen goede verbindingen voor macrofauna. De stroomsnelheden in de meeste vispassages zijn daarvoor te hoog. Dit zal ongetwijfeld sterk samenhangen met het type vispassage, maar onderzoek hiernaar is ons niet bekend.

Het landschap kan ook een barrière of corridor vormen voor luchtverspreiders. Zo neemt door de aanwezigheid van bossen en steden de lokale windsnelheid af, hetgeen de verspreiding van windverspreiders vrijwel zeker beperkt. De aanwezigheid van bomen en struiken langs een beek maakt daarentegen de beek als

migratieroute aantrekkelijker voor vliegende beekorganismen, die daardoor gemiddeld juist wat verder migreren. Dit geldt juist voor relatief slecht migrerende soorten zoals kokerjuffers. Voor insecten die geheel of gedeeltelijk 's nachts vliegen, is kunstlicht vrijwel zeker een groot knelpunt doordat dit soorten aantrekt die 'gevangen' worden in het licht en er niet meer weggkomen (Rich & Longcore 2006; Perkin *et al.* 2011). Dit soort factoren wordt momenteel niet meegenomen bij de berekening van de toolbox. Het kan natuurlijk wel, kwalitatief, meegenomen worden bij de interpretatie van de uitkomsten.

BIJLAGE 2

GIS-TOOLBOX VERSPREIDINGSANALYSE

B.2.1 DOEL

Om de verspreidingsknelpunten binnen een watersysteem inzichtelijk te maken is een ArcGIS-toolbox ontwikkeld. De tool toont per verspreidingsgroep (zie [bijlage 1](#)) het brongebied waarbinnen bronpopulaties aanwezig moeten zijn om het doelgebied te kunnen bereiken (onderstaand voorbeelden van uitkomsten voor zowel stromend als stilstaand water). Als er binnen het brongebied geen bestaande populaties aanwezig zijn die als bronpopulatie zouden kunnen dienen voor het doelgebied, is dit een sterke aanwijzing voor een verspreidingsknelpunt voor de betreffende groep. De input voor de tool bestaat onder andere uit een bestand met verspreidingsgroepen waarin per verspreidingsvector bereikbare afstanden en barrières zijn opgenomen. Indien gewenst is het ook mogelijk om handmatig soortgroepen of soorten toe te voegen en te visualiseren. De tool wordt gebruikt als onderdeel van de Globale Analyse.

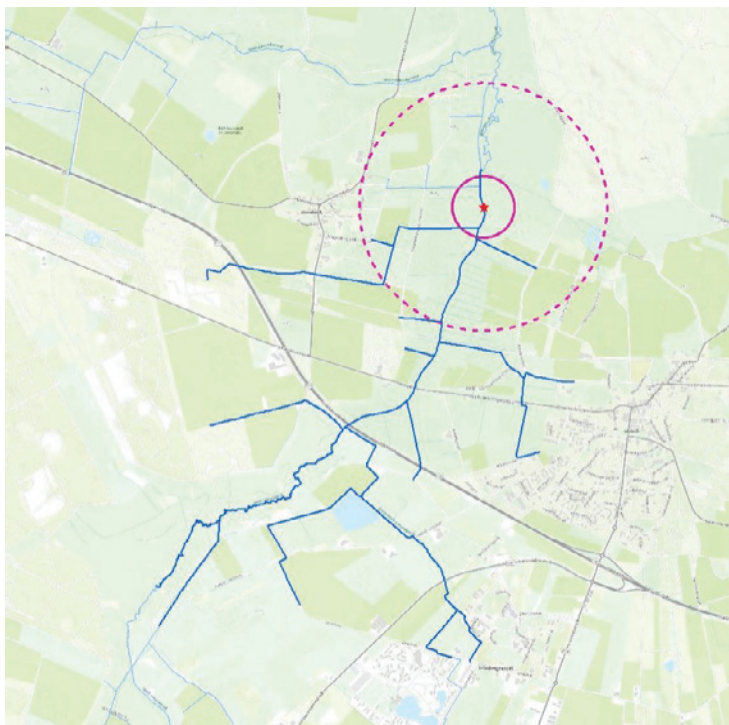
FIG B2.1 VOORBEELD RESULTAAT GIS-TOOL VOOR STILSTAANDE WATEREN

Weergegeven is groep planten (p1c) die zich met water over kan verspreiden (dikke blauwe lijnen) en met vogels (roze cirkels). Te zien is dat de waterverspreiding tot (net) buiten de polder reikt. De vogelverspreiding omvat een veel groter gebied, waaronder de Reeuwijkse plassen.



FIG B2.2 ROLDERDIEP IN DE GIS-TOOL

Voorbeeld resultaat voor het Rolderdiep in de GIS-tool voor stromende wateren. Weergegeven is groep mf1c, die kan drijven (dikke blauwe lijnen) en kan vliegen (roze cirkels). Te zien is dat de waterverspreiding vrijwel het hele bovenstroomse deel beslaat. Vliëgend komen de dieren uit deze groep niet zo ver.



B.2.2 BENODIGDE INPUT

Voor het gebruik van de ArcGIS-toolbox is een ArcGIS Pro licentie nodig.

De benodigde input van gebruikers bestaat uit ESRI shapefiles of een geodatabase. Om de tool te kunnen gebruiken zijn drie invoerbestanden nodig.

- 1 Waterlopen (shapefile met lijnen): belangrijke voorwaarden voor een correcte werking van de tool is dat (a) de lijnen met elkaar verbonden zijn en (b) dat er daadwerkelijk een shapefile met lijnen, dus niet met vlakken/polygonen, gebruikt wordt.

-
- 2 Barrières/kunstwerken (shapefile met punten): de gebruiker moet zelf kiezen welke kunstwerken meegenomen moeten worden. Om de rekentijd te beperken is het enkel mogelijk om harde barrières (wel of niet doorlatend) op te nemen. Barrières moeten zijn onderverdeeld in eenzijdig (stroomop- of stroomafwaarts) of tweezijdig (zowel stroomop- als stroomafwaarts). Het is belangrijk om deze keuze per verspreidingsgroep te maken. Daarvoor kan gebruik gemaakt worden van de informatie uit [tabel B1.1](#), maar gebruik vooral ook de eigen kennis van de kunstwerken.
 - 3 Verspreidingsgegevens per verspreidingsgroep (csv tabel): dit bestand bevat de afstanden die elke verspreidingsgroep kan afleggen met de diverse vectoren, voortkomend uit de database (zie [Bijlage 1](#)). Dit bestand wordt standaard meegeleverd met de tool. Indien gewenst kunnen handmatig groepen of soorten worden toegevoegd aan het bestand (nieuwe regel met een beschrijvende naam en afstanden voor elk van de verspreidingsvectoren).

B.2.3 GEBRUIKERSHANDLEIDING

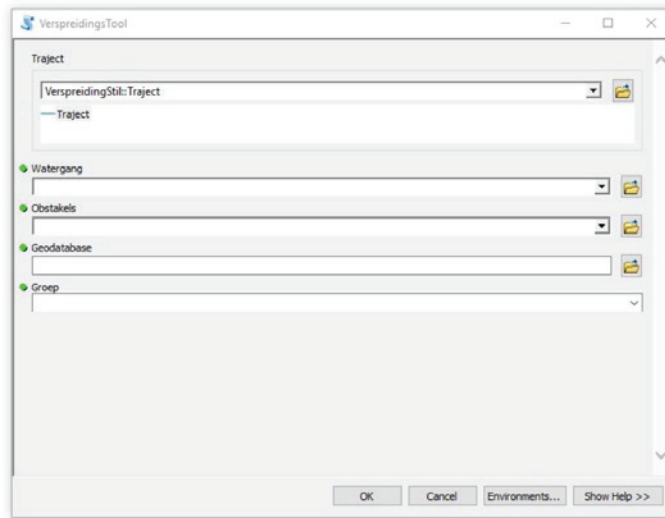
Voor de uitvoering kan het nuttig zijn om een GIS-medewerker in te schakelen indien de gebruiker geen ervaring heeft met ArcGIS. Het gebruik van de ArcGIS-tool wordt hieronder stap voor stap uitgelegd. Er is ook een filmpje van enkele minuten beschikbaar die het werken met de tool (excl. de installatie) visualiseert. Dit filmpje is te vinden op <https://youtu.be/9x9RfyvPuLk>.

Het gebruik omvat de volgende stappen:

- Open een nieuw project met een basiskaart, een laag met de watergangen en een laag met de barrières
- Installeer de geleverde toolbox via het menu in ArcGIS.
- Dubbelklik op de Toolbox voor stilstaand of voor stromend water; er wordt nu een invoerscherm geopend ([figuur B2.3](#))
- Selecteer een traject door in het geopende menu op 'traject' te klikken en dan op de kaart een streep te trekken die snijdt met een watergang. Het middelpunt van het desbetreffende traject wordt nu gebruikt als startlocatie.
- Selecteer de shapefile met watergangen in het geopende menu
- Selecteer de shapefile met barrières in het geopende menu
- Selecteer een doelbestand waarin de uitvoer wordt opgeslagen (geodatabase). Dit mag ook een nieuw bestand zijn.
- Selecteer de verspreidingsgroep waarvoor je de analyse wilt uitvoeren

- Klik op 'OK' om de berekening uit te voeren
- De resultaten van de berekening worden opgeslagen in het aangegeven doelbestand en bestaan afhankelijk van de gekozen groep uit lijnen en/of vlakkenlagen. Open deze bestanden om het resultaat te gebruiken voor de analyse van de ESF Verspreiding.

FIG B2.3 HET INVOERSCHERM VAN DE GIS-TOOL



B.2.4 BEPERKINGEN

De ArcGIS-toolbox heeft in zijn huidige versie een aantal beperkingen, waarvan het goed is dat de gebruiker daar rekening mee houdt bij de interpretatie. Wellicht kunnen deze beperkingen in een volgende versie worden verminderd. Het gaat onder meer om:

- De tool gebruikt nu alleen generieke getallen voor afstanden per groep, die overigens wel verschillen voor stilstaande of stromende wateren. Deze getallen zijn gebaseerd op allerlei simplificerende aannames over bijvoorbeeld de stroomsnelheid in het watersysteem (zie [bijlage 1](#) voor aannames en keuzes). Een eerste verbeterstap zou zijn deze generieke aannames door de gebruiker te laten specificeren (stroomsnelheid in drie klassen bijvoorbeeld) en daar de

berekening (generiek) op aan te passen. Nog beter zou het zijn om de mogelijkheid te geven deze getallen op trajectniveau te kunnen specificeren. Een nadeel van dit detailniveau is dat de databehoeft (input) toeneemt en dat de rekentijd van de tool ook sterk zal toenemen.

- De rekentijd van de tool voor de verspreiding via water neemt exponentieel toe met de afstand; 500 meter kost 30 seconden, maar 1500 meter al ruim 30 minuten. De snelheid van de tool is daarmee beperkend voor de afstanden waarmee gerekend wordt. Daarom is ervoor gekozen de maximale afstand voor verspreiding via water waarmee nog gerekend wordt te stellen op 1500 meter. Daarboven wordt een buffer (cirkel) getekend, waarna de daar binnen liggende lijnen worden geselecteerd. Daarbij wordt echter geen rekening gehouden met verbindingen tussen die lijnen, hetgeen een zeer vertekend beeld geeft.

BIJLAGE 3 SIMILARITEIT KRW-MAATLATTEN

De similariteit (Jaccard) is een maat voor de overeenkomst tussen twee soortenlijsten. De getallen in onderstaande matrices geven simpel gezegd aan welk deel van de soorten op de maatlatten van beide KRW-typen staan. Een 1 wil zeggen dat de soortenlijsten exact hetzelfde zijn, 0,5 betekent dat 50% van de soorten hetzelfde is. De similariteit is berekend voor de kritische soorten; cat. 1 en 2 macrofyten en de 'K' (kenmerkende) en 'P' (positieve) soorten macrofauna.

Similariteit (Jaccard) tussen de kenmerkende en positieve macrofa
van de KRW-maatlatten voor stilstaande wateren

M3_M4_M6_M7_M10	M1b	M1a_M2_M8	M17	M13	M25	M22	M16	M11	M5	M31	M30	M27	M23	M21	M20	M14	M12
0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.8	0.8	1.0
0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.9	1.0	0.8
0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	1.0	0.9	0.8
0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1	0.1
0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1	0.2
0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	1.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
0.1	0.4	0.6	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	1.0	0.1	0.2	0.0	0.3	0.1	0.1	0.2
0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	1.0	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	0.6	0.2	0.1	0.2	1.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3
0.2	0.2	0.1	0.1	1.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
0.0	0.2	0.4	1.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
0.1	0.3	1.0	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1
0.2	1.0	0.3	0.2	0.2	0.6	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
1.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1
M12	M14	M20	M21	M23	M27	M30	M31	M5	M11	M16	M22	M25	M13	M17	M1a_M2_M8	M1b	M3_M4_M6_M7_M10

Similariteit (Jaccard) tussen de kenmerkende en positieve macrofauna van de KRW-maatlatten voor stromende wateren

R18	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.6	0.5	0.1	0.3	1.0
R17	0.3	0.2	0.2	0.0	0.2	0.7	0.2	0.1	0.1	1.0	0.3
R16	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	1.0	0.1	0.1
R15	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4	1.0	0.2	0.1	0.5
R14	0.1	0.4	0.3	0.1	0.3	0.3	1.0	0.4	0.1	0.2	0.6
R13	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	1.0	0.3	0.1	0.1	0.7	0.2
R12	0.2	0.6	0.4	0.2	1.0	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
R07	0.0	0.1	0.2	1.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.1
R06	0.2	0.6	1.0	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
R05	0.3	1.0	0.6	0.1	0.6	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3
R04	1.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1
	R04	R05	R06	R07	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18

Similariteit (Jaccard) tussen de kritische soorten macrofyten van de KRW-maatlatten voor stromende wateren

R18	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.7	0.7	0.4	0.3	1.0
R17	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.2	0.1	1.0	0.3
R16	0.1	0.2	0.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	1.0	0.1	0.4
R15	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	1.0	0.4	0.2	0.7
R14	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	1.0	0.6	0.3	0.3	0.7
R13	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	1.0	0.3	0.2	0.1	0.5	0.2
R12	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	1.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2
R8	0.0	0.1	0.2	0.3	1.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2
R7	0.1	0.2	0.2	1.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.3	0.6	0.0	0.3
R6	0.1	0.2	1.0	0.2	0.2	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
R5	0.4	1.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
R4	1.0	0.4	0.1	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
	R4	R5	R6	R7	R8	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18

Similariteit (Jaccard) tussen de kritische soorten macrofyten van de KRW-maatlatten voor stilstaande wateren

[illegible]

.....

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegestemd technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00
e. stowa@stowa.nl
i. www.stowa.nl

COLOFON TUSSENRAPPORTAGE

Amersfoort, Juni 2018

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer | Postbus 2180 | 3800 CD Amersfoort

Auteurs

Rob van de Haterd (bureau Waardenburg), Bart Grutters (bureau Waardenburg), Martin Droog (Dactylis), Bart Achterkamp (bureau Waardenburg), Hester Soomers (bureau Waardenburg), Merel Soons (Universiteit Utrecht)

Begeleidingscommissie

Wilco Verberk (verspreiding macrofauna, Radboud Universiteit), Casper van Leeuwen (verspreiding plantenzaden, Nederlands Instituut voor Ecologie), Bart Pollux (verspreiding plantenzaden en vissen, Wageningen Universiteit), Tom Buijse (verspreiding van vissen, koppeling met KRW, Deltares), Rob Lensink (gedrag en vliegafstanden van vogels, Bureau Waardenburg).

Geïnterviewde experts

Wilco Verberk (verspreiding macrofauna, Radboud Universiteit), Casper van Leeuwen (verspreiding plantenzaden, Nederlands Instituut voor Ecologie), Bart Pollux (verspreiding plantenzaden en vissen, Wageningen Universiteit), Tom Buijse (verspreiding van vissen, koppeling met KRW, Deltares), Rob Lensink (gedrag en vliegafstanden van vogels, Bureau Waardenburg).

Begeleidingscommissie Stromende wateren

Peter Paul Schollemma (Waterschap Hunze en Aa's), Marco Beers (Waterschap Brabantse Delta), Ronald Gylstra (Waterschap Rivierenland), Gertie Schmidt (Waterschap Vechtstromen), Auke de Ridder (Waterschap Drents Overijsselse Delte), Marieke Ohm (RWS), Rob Fraaije (Waterschap Aa en Maas), Ineke Barten (Waterschap De Dommel), John Lenssen (Waterschap Rijn en IJssel), Bas van der Wal (STOWA) \

Begeleidingscommissie stilstaande wateren

Nikki Dijkstra (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Jack Hemelraad (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Judith Westveer (Universiteit van Amsterdam), Jeffrey Samuels (Waterschap Brabantse Delta), Peter Heuts (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Danneke Verhagen-Bakker (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Miriam Collombon (Wetterskip Fryslân), Fred Kuipers (Waterschap Hollandse Delta), Harry Boonstra (Wetterskip Fryslân), Jan Wanink (Waterschap Noorderzijlvest), Bart Brugmans (Waterschap Aa en Maas), Martijn Hokken (Waterschap Zuiderzeeland), Gerben van Geest (Deltares), Ben Eenkhoorn (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Renske Diek (Waternet), Wim Twisk (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Bert Hidding (Hoogheemraadschap van Delfland), Peter Paul Schollemma (Waterschap Hunze en Aa's), Maarten Ouboter (Waternet), Gert van Ee (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Hanneke Maandag (Waterschap Hollandse Delta), Winnie Rip (Waternet), Guido Waajen (Waterschap Brabantse Delta), Marit Meier (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Bert Moonen (Waterschap Drents Overijsselse Delta).

Referaat

De ecologische sleutelfactoren vormen een denkkader voor het uitvoeren van een ecologische watersysteemanalyse. Ze geven inzicht in het ecologisch functioneren van een watersysteem. Deze kennis is cruciaal voor het bepalen van realistische waterkwaliteitsdoelen en het vaststellen van effectieve maatregelen. Dit rapport geeft een toelichting op de uitwerking van de Ecologische Sleutelfactor Verspreiding in stilstaande wateren en Connectiviteit in stromende wateren.

Ecologische Sleutelfactor Verspreiding en Connectiviteit gaat over de mogelijkheden voor organismen om zich te verplaatsen van én naar watersystemen. Het gaat hierbij niet alleen over vissen, maar ook over planten(zaden) en macrofauna. Wanneer deze ecologische sleutelfactor 'op groen' staat, in de connectiviteit (de mate waarin leefgebieden binnen een systeem in verbinding staat met andere leefgebieden) geen belemmerende factor voor planten, macrofauna en vissen.

Trefwoorden

Verspreiding, connectiviteit, planten, zaden, macrofauna, vissen, verbinding leefgebieden, biodiversiteit, ecologische sleutelfactoren, stilstaande wateren, stromende wateren, watersysteemanalyse, waterkwaliteitsdoelen, waterkwaliteit, maatregelen, hydrologische omstandigheden.

Vormgeving Shapeshifter.nl | Utrecht

Fotografie Vildafoto (blz 26 en 54)

Druk DPP | Houten

STOWA 2018-29

ISBN 978.90.5773.797.8

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijd kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

.....

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT



2018-2019 ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR EN VERSPREIDING & CONNEDIVITEIT ➔ TUSSENRAPPORTAGE

STOMEG

ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN VERSPREIDING & CONNECTIVITEIT ➤ TUSSENRAPPORTAGE



2018
29

