

Door getidenturbines toelaatbare vissterfte in het Grevelingenmeer

- **Fase 1a – effect van de Flakkeese spuisluis**
- **Fase 1b – effect van de Flakkeese spuisluis en doorlaatmiddel Brouwersdam**
- **Fase 2a – effect van de Flakkeese spuisluis met turbine**
- **Fase 2b – effect van de Flakkeese spuisluis en doorlaatmiddel Brouwersdam, beide met turbine**

Rapportnummer: 20141067/rap03
Status rapport: Definitief V1
Datum rapport: 5-1-2016

Auteur(s): J. Hop & F.T. Vriese
Projectleider: F.T. Vriese
Kwaliteitscontrole: J. Kampen

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Zee & Delta
Dhr. P. Paulus
Postbus 5014
4330 KA Middelburg

Dit rapport is digitaal gegenereerd en derhalve niet voorzien van een handtekening. De inhoud van de rapportage is aantoonbaar gecontroleerd en vrijgegeven.

SAMENVATTING

Om de tweezijdige wateruitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Oosterschelde en tussen het Grevelingenmeer en de Voordelta te bevorderen, is Rijkswaterstaat voornemens om de Flakkeese spuisluis opnieuw in gebruik te nemen en in de Brouwersdam een groter doorlaatmiddel te realiseren. Beide doorlaten kunnen hierbij worden vormgegeven als getijdencentrales. Om te komen tot een goed onderbouwde eis voor vissterftenormen met betrekking tot deze problematiek is de huidige toestand en de verwachte toestand van de visstand in het Grevelingenmeer in kaart gebracht, evenals de effecten hiervan op de resultaten van de Europese Kaderrichtlijn Water. Er is uitgegaan van de volgende scenario's: het in werking stellen van de Flakkeese spuisluis, al dan niet in combinatie met het vergroten van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam en al dan niet met de toepassing van turbines.

Het waterlichaam Grevelingenmeer is aan de westzijde begrensd door de Brouwersdam en aan de oostzijde door de Grevelingendam. Aan de buitenzijde van de Brouwersdam bevindt zich de Voordelta, in de Brouwersdam is een doorlaatmiddel aanwezig. Aan de buitenzijde van de Grevelingendam (zuid) bevindt zich de Oosterschelde. In de Grevelingendam is een spuisluis aanwezig (Flakkeese spuisluis). Het Grevelingenmeer is op dit moment gekarakteriseerd als een groot, brak tot zout meer (type M32) met de status sterk veranderd.

Op basis van diverse onderzoeken is een inschatting gemaakt van de huidige visstand in het Grevelingenmeer. Vervolgens is het effect van het in werking stellen van de Flakkeese spuisluis op de visstand in kaart gebracht, al dan niet in combinatie met het vergroten van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam. Eveneens is het effect van eventuele sterfte als gevolg van het toepassen van turbines in kaart gebracht. Hierbij is gerekend met een optredende sterfte van 0,3%, 5%, 50% of 100%.

Het in werking stellen van de Flakkeese spuisluis leidt over het algemeen niet tot sterke veranderingen in de visstand in het Grevelingenmeer. Er is sprake van een lichte afname van het visbestand, waarbij deze sterker is bij toepassing van een turbine met een hoger sterftepercentage. Bij het in werking stellen van de Flakkeese spuisluis in combinatie met een doorlaatmiddel in de Brouwersdam is er sprake van een toename van het visbestand in het Grevelingenmeer. Indien er sprake is van sterfte van vis bij passage door de turbines, dan heeft dit een effect op de soorten die gedurende een deel van hun levenscyclus in het Grevelingenmeer verblijven. Indien de sterfte bij passage 100% bedraagt, verdwijnen deze vissen uit het Grevelingenmeer en blijven in theorie enkel nog standvissen over. Aangenomen is dat bovenstaande geen effect heeft op de visstand in de Voordelta.

Het effect van bovenstaande veranderingen op de eindscore van de maatlatbeoordeling (M32) van de visstand in het Grevelingenmeer is beperkt. De inzet van de Flakkeese spuisluis leidt in eerste instantie tot een kleine toename van de eindscore (+0,02 punten ten opzichte van de huidige score). De inzet van turbines in de Flakkeese spuisluis leidt, afhankelijk van de optredende sterfte, tot een afname van de eindscore tot deze het oorspronkelijke niveau bereikt (-0,02 ten opzichte van de score zonder turbines, gelijk aan de huidige score). Op basis van de minieme verschillen kan gesteld worden dat de inzet van de Flakkeese spuisluis, en eventueel optredende sterfte hierbij, geen effect heeft op de beoordeling van de visstand.

De inzet van de Flakkeese spuisluis in combinatie met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam leidt tot een lichte stijging van de eindscore op de maatlat (+ <0,02 punten ten opzichte van de huidige score). Hoewel eventuele sterfte bij passage door turbines wel degelijk een groot effect kan hebben op de visstand, is zelfs bij een optredende sterfte van 50% geen negatief effect waarneembaar op de eindscore. Bij een optredende sterfte van 50% is er sprake van een toename in de eindscore van 0,05

ten opzichte van de huidige score, bij een optredende sterfte van 100% is er echter wel sprake van een afname in de eindscore (-0,05 ten opzichte van de huidige score). Dit laatste wordt veroorzaakt door het ontbreken van kenmerkende soorten en/of een lage abundantie van deze soorten.

Eventuele sterfte van vis tijdens passage door de Flakkeese spuisluis en het doorlaatmiddel in de Brouwersdam mag geen of een nihil effect hebben op de beoordeling voor de Kaderrichtlijn Water en dient daarnaast te voldoen aan de eisen van de beleidsregel watervergunningverlening waterkrachtcentrales in Rijkswateren of mag daar gemotiveerd van afwijken. Aangezien er zelfs bij een sterfte van 50% vrijwel nog geen effect op de beoordeling van de visstand is waar te nemen, kan gesteld worden dat een aangepaste sterftenorm in het kader van de beoordeling van de visstand voor de KRW niet noodzakelijk is. Er kan aangesloten worden bij de sterftenorm in de beleidsregel watervergunningverlening waterkrachtcentrales. Voor algemene soorten geldt een norm van 10% sterfte/schade, waarbij populaties niet onverantwoord onder druk staan. In de huidige situatie betreft dit algemeen voorkomende zoutwatersoorten die ook in de Voordelta en de Noordzee in relatief grote aantallen voorkomen.

Voor soorten die op enig moment in hun levenscyclus migreren tussen zout en zoet water en omgekeerd, kan een strengere norm wel op zijn plaats zijn. Dit zijn soorten als aal, steur, zalm, bot, driedoornige stekelbaars, elft, fint, houting, rivierprik, spiering, zeeforel en zeeprik. Doordat er vrijwel geen instroom is van zoet water in het Grevelingenmeer ontbreekt de noodzakelijke zoet-zout gradiënt. Daarnaast maakt het Grevelingenmeer geen onderdeel uit van de route die veel van deze soorten afleggen in hun migratie naar het zoete water. De migratie van het merendeel van deze soorten via de doorlaatmiddelen in het Grevelingenmeer zal dan ook voornamelijk op toeval berusten, waarbij dit kleine aantallen betreft. Eventuele sterfte tijdens passage zal daardoor geen effect hebben op de populatie als geheel, waarmee een sterftenorm van 10%, zoals deze ook voor algemeen voorkomende soorten geldt, afdoende zal zijn.

Voor soorten als aal, bot en driedoornige stekelbaars geldt dat deze zich middels selectief getijden transport naar de kust verplaatsen. De kans dat deze vissen het Grevelingenmeer intrekken is hierdoor groter dan voor vissoorten die actief en gericht migreren in de richting van een zoete lokstroom. Doordat soorten als bot en driedoornige stekelbaars vrij algemeen voorkomende soorten zijn, kan gesteld worden dat een generieke norm van 10% ook voor deze soorten afdoende is. De bescherming van aal is echter opgenomen in het Nederlandse Aalbeheerplan. Voor de uitwerking van het decentraal aalbeheer dient 40% van de oorspronkelijke biomassa aan schieraal vrij uit te trekken naar zee. Literatuur geeft aan dat de huidige uittrek (periode 2002-2007) 43% van de oorspronkelijk biomassa aan schieraal betreft. Om een uittrek van ten minste 40% van de oorspronkelijke situatie te handhaven dient de optredende sterfte van schieraal tijdens passages door de turbines kleiner te zijn dan 7%.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding.....	1
1.2 Doel en vraagstelling.....	1
1.3 Leeswijzer.....	1
2 ONDERZOEKSGEBIED	3
2.1 Algemeen.....	3
2.2 Grevelingenmeer, Oosterschelde en Voordelta	4
2.3 Ecologische ontwikkeling Grevelingenmeer	5
2.3.1 Waterhuishouding	5
2.3.2 Waterkwaliteit	5
2.3.3 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie	5
2.3.4 Fytoplankton.....	6
2.3.5 Organismen zacht substraat	6
2.3.6 Organismen hard substraat.....	7
3 VISSTAND GREVELINGENMEER, OOSTERSCHELDE EN VOORDELTA	8
3.1 Algemeen.....	8
3.2 Visstand Grevelingenmeer	9
3.3 Visstand Oosterschelde.....	11
3.4 Visstand Voordelta	12
3.4.1 Algemeen	12
3.4.2 Soortensamenstelling.....	12
3.4.3 Abundantie	13
3.4.4 Vismigratie vanuit de delta	13
4 BEPALING TOEKOMSTIGE VISSTAND GREVELINGENMEER	14
4.1 Algemeen.....	14
4.2 Inzet Flakkeese Spuisluis	15
4.3 Inzet doorlaatmiddel Brouwersdam.....	16
4.4 Aannames afleiding toekomstige visstand Grevelingenmeer	17
4.5 Afleiding toekomstige visstand Grevelingenmeer	18
5 BEPALING TOEKOMSTIGE KWALITEITSBEOORDELING VISSTAND GREVELINGENMEER ..	20
5.1 Algemeen.....	20
5.2 Deelmaatlatten soortensamenstelling	20
5.3 Deelmaatlatten abundantie	21
5.4 Eindscore.....	22
6 TOELAATBARE STERFTE/SCHADE NORM.....	26
6.1 Algemeen.....	26
6.2 Sterftenorm beleidsregel watervergunningverlening waterkrachtcentrales in Rijkswateren	26
6.3 Sterftenorm KRW	28
7 LITERATUUR.....	29
BIJLAGE 1: LIFE HISTORY RELEVANTE VISSOORTEN	
BIJLAGE 2: AFLEIDING TOEKOMSTIGE VISSTAND GREVELINGENMEER	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Na de afsluiting van de Brouwersdam in 1971 is de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer sterk achteruit gegaan door een gebrek aan getijdenbeweging. De aanleg van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam in 1978 heeft geresulteerd in een verbinding met de Noordzee, maar meer dan voorheen ontstond er een sterke gelaagdheid in het water als gevolg van saliniteit- en temperatuurverschillen. In de diepere waterlagen van het Grevelingenmeer leidt dit tot zuurstofuitputting en zelfs zuurstofloosheid.

Om de tweezijdige wateruitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Oosterschelde en tussen het Grevelingenmeer en de Voordelta te bevorderen, is Rijkswaterstaat (RWS) voornemens om de Flakkeese spuisluis opnieuw in gebruik te nemen en in de Brouwersdam een groter doorlaatmiddel te realiseren. Beide doorlaten kunnen hierbij worden vormgegeven als getijdencentrales.

Genoemde aspecten kunnen leiden tot sterfte van vis die met het water mee door de doorlaatmiddelen en/of turbines gaat. Recent is de beleidsregel watervergunningverlening waterkrachtcentrales in Rijkswateren tot stand gekomen. In deze beleidsregel wordt aangegeven dat de door een getijdencentrale veroorzaakte sterfte in het Grevelingenmeer niet hoger mag zijn dan 0,1% van de visstand. Omdat niet zeker is dat deze vissterftenorm kan worden behaald, wil RWS Zee & Delta inzicht in de toelaatbare vissterfte door getijdencentrales in de Brouwersdam en Grevelingendam. Hierbij dient rekening gehouden te worden met relevante vissoorten en relevant beleid en wet- en regelgeving.

RWS Zee & Delta heeft ATKB opdracht gegeven tot het formuleren van een goed onderbouwde eis voor vissterftenormen met betrekking tot bovenstaande problematiek.

1.2 Doel en vraagstelling

Om te komen tot een goed onderbouwde eis voor vissterftenormen dient de huidige toestand en de verwachte toestand van de visstand in kaart gebracht te worden evenals de effecten hiervan op de resultaten van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Hierbij dient uitgegaan te worden van de volgende scenario's:

- 1a. In werking stellen Flakkeese Spuisluis,
- 1b. in werking stellen Flakkeese Spuisluis in combinatie met vergroten doorlaatmiddel Brouwersdam,
- 2a. In werking stellen Flakkeese Spuisluis met toepassing van turbines,
- 2b. In werking stellen Flakkeese Spuisluis in combinatie met vergroten doorlaatmiddel Brouwersdam, beide met toepassing van turbines.

Het onderzoek behelst een bureaustudie op basis van bestaande gegevens, voortbouwend op een eerder uitgevoerd onderdeel van deze studie (Vriese & Hop, 2015a) en beschikbare literatuur.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het onderzoeksgebied in beeld gebracht aan de hand van een aantal specifieke kenmerken. In hoofdstuk 3 wordt in gegaan op de visstand in het Grevelingenmeer, de Oosterschelde en de Voordelta. In hoofdstuk 4 wordt de toekomstige visstand inzichtelijk gemaakt voor de genoemde

wateren. Hoofdstuk 5 geeft de bepaling van de toekomstige kwaliteitsbeoordeling (EKR) van het Grevelingen meer. In hoofdstuk 6 komt de toelaatbare sterfte/schade norm aan de orde. Hoofdstuk 7 geeft de in deze studie gebruikte literatuur. In bijlage 1 komt de life history van een aantal relevante vissoorten in beeld.



2 ONDERZOEKSGBIED

2.1 Algemeen

Zoals in de inleiding van dit rapport weergegeven wil RWS de tweezijdige wateruitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Oosterschelde en tussen het Grevelingenmeer en de Voordelta bevorderen door het opnieuw in gebruik nemen van de Flakkeese spuisluis en de realisatie van een groter doorlaatmiddel in de Brouwersdam. De effecten hiervan op de visstand in het Grevelingenmeer dienen in kaart gebracht te worden. Relevante waterlichamen met betrekking tot deze vraagstelling zijn het Grevelingenmeer, de Oosterschelde en de Voordelta (Zeeuwse Kust en Noordelijke Deltakust). Daarnaast is het vistransport door de Flakkeese spuisluis en het nog te bouwen doorlaatmiddel in de Brouwersdam van belang, evenals het wel of niet toepassen van een getijdencentrale in deze doorlaatmiddelen. In figuur 2.1 en figuur 2.2 is het onderzoeksgebied weergegeven.



Figuur 2.1. Onderzoeksgebied met daarop aangegeven de waterlichamen Zeeuwse Kust, Noordelijke Deltakust, Grevelingenmeer en Oosterschelde (bronnen ESRI).



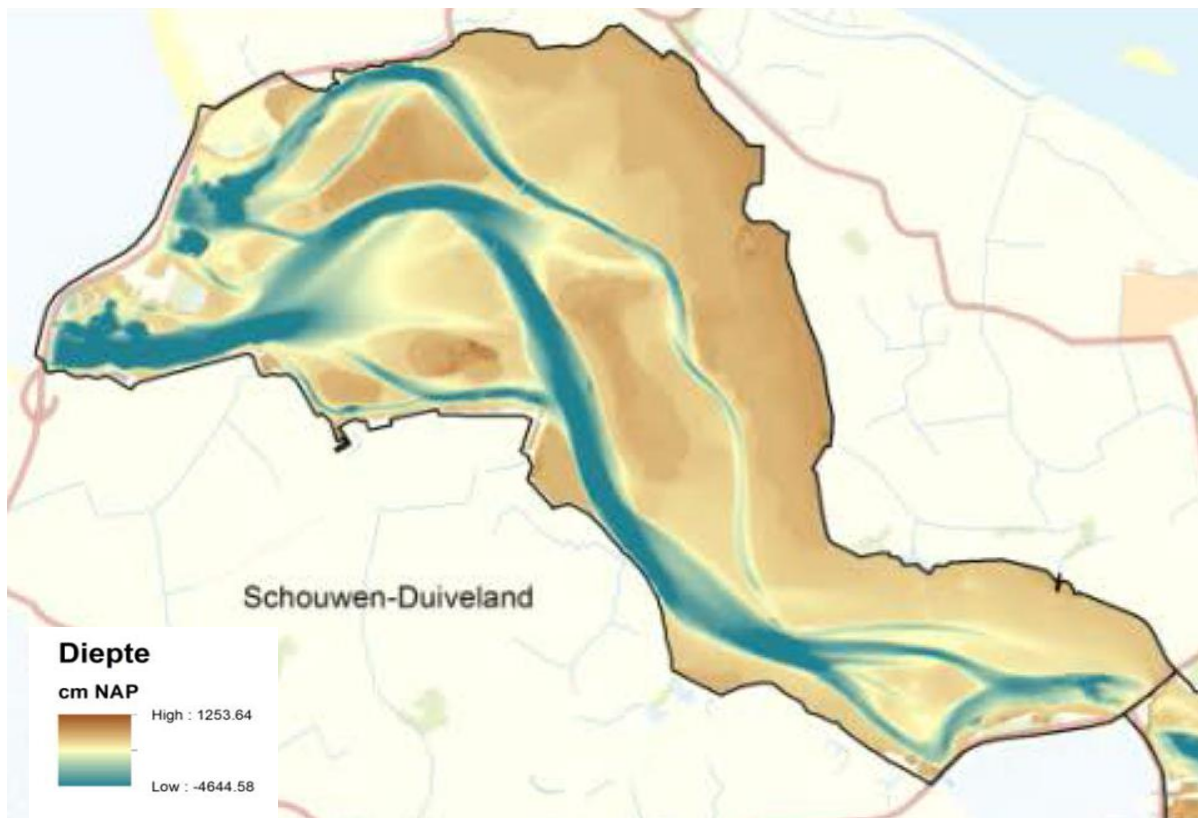
Figuur 2.2. Het waterlichaam Grevelingenmeer, aan de westzijde begrensd door de Brouwersdam en aan de oostzijde begrensd door de Grevelingendam (bronnen ESRI).

2.2 Grevelingenmeer, Oosterschelde en Voordelta

Aan de westzijde van het Grevelingenmeer bevinden zich de kustwateren Zeeuwse Kust en Noordelijke Deltakust. Deze wateren zijn van het Grevelingenmeer afgesloten door middel van de Brouwersdam. In de Brouwersdam bevindt zich reeds een doorlaatmiddel (Brouwerssluis), waarmee het mogelijk is water het Grevelingenmeer in en uit te laten. Op het moment is dit doorlaatmiddel 92% van de tijd geopend. Aan de oostzijde wordt het Grevelingenmeer begrensd door de Oosterschelde en het Volkerak. Tussen het Grevelingenmeer en deze wateren bevindt zich de Grevelingendam, waardoor een directe verbinding ontbreekt. Via de scheepvaartsluis en Flakkeese spuisluis is er watertransport mogelijk van het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde en omgekeerd.

Het Grevelingenmeer heeft een oppervlakte van circa 10.800 hectare. Voor de KRW is het waterlichaam gekarakteriseerd als een groot, brak tot zout meer (type M32) met de status sterk veranderd. De kustwateren aan de westzijde van het Grevelingenmeer hebben een oppervlakte van respectievelijk 36.426 hectare (Zeeuwse Kust) en 9.628 hectare (Noordelijke Deltakust). Deze waterlichamen zijn voor de KRW getypeerd als open euhalien kustwater (K3) en open polyhalien kustwater (K1). Beide waterlichamen hebben hun oorspronkelijke natuurlijke status. De Oosterschelde heeft een oppervlakte van 35.100 hectare. Het waterlichaam is gekarakteriseerd als beschermt en polyhalien kustwater (K2) met de status sterk veranderd.

In het Grevelingenmeer zijn verschillende dieptezones te onderscheiden (zie figuur 2.3). Circa 40% van het oppervlak heeft een waterdiepte tot twee meter, circa 25% een diepte van twee tot vijf meter, circa 25% een diepte van vijf tot 15 meter, circa 7% een diepte van 15 tot 20 meter en tenslotte 3% een diepte van meer dan 20 meter (tot maximaal circa 45 meter) (Meijer, 1994).



Figuur 2.3. Dieptekaart Grevelingenmeer (bron: Wijsman et al., 2014).

Een beschrijving van de verschillende zones in het Grevelingenmeer is gegeven door Van Bragt (jaartal onbekend). In de bovenste waterlagen is sprake van hard substraat en de indringing van zonlicht. Hier groeien groenalgen en –wieren en iets dieper eveneens roodwieren. Dieper dan drie meter neemt de vegetatiebedekking af en nemen diersoorten als zakpijpen, schelpdieren en sponzen het substraat over. Indien vast substraat ontbreekt, komen vooral wormen, schelpdieren en slibanemonen voor. In de diepere waterlagen is nauwelijks vast substraat aanwezig en bestaat het sediment voornamelijk uit fijn slib.

Naast de verticale gradiënt (diepte), gaat Van Bragt (jaartal onbekend) eveneens in op de horizontale gradiënt en de seizoensgradiënt die binnen het Grevelingenmeer aanwezig is. De horizontale gradiënt wordt veroorzaakt door de uitwisseling van zeewater via de Brouwerssluis. Over het algemeen komen zoutwatersoorten voornamelijk voor in het gebied van de Brouwersdam tot aan Scharendijke. De seizoen gradiënt in het Grevelingenmeer wordt veroorzaakt door de grote temperatuurverschillen gedurende het jaar (tot meer dan 20 °C), welke op de Noordzee minder extreem zijn.

2.3 Ecologische ontwikkeling Grevelingenmeer

De ecologische ontwikkelingen in het Grevelingenmeer zijn beschreven in de actualisatie van het bekkenrapport Grevelingenmeer (Wetsteijn, 2010). Het betreft hierbij de veranderingen in de periode van 1990 t/m 1998 ten opzichte van de periode 1999 t/m 2008/09. De indeling in deze twee perioden markeert het moment dat vanaf 1999 de Brouwerssluis vrijwel jaarrond openstaat en Noordzeewater continu uitwisselt met het Grevelingenmeer. Navolgend een beknopt overzicht van de belangrijkste ecologische ontwikkelingen, gebaseerd op het rapport van Wetsteijn (2010) en aanvullende informatie.

2.3.1 Waterhuishouding

Na het jaarrond openzetten van de Brouwerssluis zijn de inlaat- en spuidebieten verdubbeld van gemiddeld +1.255 en -1.245 naar +2.864 en -2.688 miljoen kubieke meter. De gemiddelde verversingstijd van het Grevelingenmeer is hierdoor afgenomen van 164 naar 72 dagen. In de periode van 1994 tot 1999 was de Brouwerssluis geopend in de periode tussen oktober en april (Van der Linden, 2006) en in sommige jaren eveneens in mei (in 1994 was dit beperkt het geval).

2.3.2 Waterkwaliteit

Voor wat betreft de nutriënten geldt dat er in de periode van 1990 tot en met 2008 sprake is van een dalende trend voor ammonium (0,05-0,03 mg/l), nitriet (0,012-0,005 mg/l) en nitraat (niet significant). Voor fosfaat werd jaargemiddeld voor de periode 1990 t/m 1998 een sterke en significant dalende trend waargenomen, in de daaropvolgende periode was deze daling minder sterk, maar nog wel significant (0,14-0,05-0,02 mg/l). Silicaat laat voor de periode vanaf 1990 een significant licht dalende trend zien (0,25-0,15 mg/l). Parameters als watertemperatuur, saliniteit, zuurstofgehalte en pH zijn over de jaren heen over het algemeen weinig veranderd.

2.3.3 Stratificatie en zuurstofdeficiëntie

Het maximale percentage oppervlak met een zuurstofconcentratie <3 mg/l is in het gebied bij de Brouwerssluis niet significant veranderd in de periode van 1999 t/m 2008 ten opzichte van de daarvoor liggende periode. Naar het oosten toe, tot aan de Grevelingendam, is het maximale percentage significant toegenomen. Het aantal dagen waarbij het oppervlak een zuurstofconcentratie

van minder dan 3 mg/l heeft, is rondom de Brouwerssluis na 1999 significant afgenomen. Naar het oosten toe is er juist sprake van een significante toename. Zuurstofloze omstandigheden komen na 1999 al voor vanaf dieptes tussen vijf en tien meter.

Over het algemeen komen zuurstofloze condities voornamelijk voor tijdens het zomerhalfjaar in de diepere geulen van het Grevelingenmeer, waarbij deze zich afhankelijk van de windcondities en de temperatuur kunnen uitbreiden naar de ondiepere delen van het meer (Wijsman *et al.*, 2014). Lage zuurstofconcentraties (<3 mg/l) treden voor het eerst op begin mei in de westelijk gelegen diepe putten van Scharendijke en Den Osse, waar rond die tijd over het algemeen stratificatie optreedt op een diepte van ongeveer 15-20 meter. Geleidelijk verspreidt het zuurstofarme water zich in juni-juli ook over de meer oostelijk gelegen kleinere putten (zoals de putten bij Dreischor en Herkingen) en andere ondiepere delen van het meer (tot op een diepte van ongeveer 7-10 meter). De zuurstofarme condities duren over het algemeen twee tot drie maanden (Wijsman *et al.*, 2014). Op zachte substraten kunnen als gevolg van de zuurstofloze condities witte matten ontstaan, voortkomend uit de aanwezigheid van verschillende soorten van de zwavelbacterie *Beggiotoa* (Wijsman *et al.*, 2014). In 2010 is de sinds 1990 meest hoge waarde van 14,6% van de oppervlakte met een zuurstofconcentratie <1 mg/l waargenomen (Wetsteijn, 2010).

2.3.4 Fytoplankton

Voor fytoplankton geldt dat de gemeten chlorofyl-A waarden over de jaren heen veelal variëren tussen de 0,1 en 20 µg/l. Voor het jaargemiddelde geldt dat er in de periode van 1990 t/m 1997 sprake is van een stijgende trend. In de daaropvolgende periode is geen duidelijke trend te onderkennen. Hoewel er bij verschillende nutriënten significant dalende trends zijn waargenomen, zijn er evenwel nog geen waarneembare effecten op de chlorofyl-A concentraties en fytoplankton aantallen waar te nemen. Mogelijk is dit het gevolg van de snelle *turnover* van nutriënten waardoor de primaire productie vanuit een kleine hoeveelheid nutriënten blijft gehandhaafd. Overigens geldt dat in het voorjaar, tijdens het inlaten van Noordzeewater, grote hoeveelheden organisch materiaal (voorjaarsbloei van *Phaeocystis*) het Grevelingenmeer ingelaten kunnen worden.

2.3.5 Organismen zacht substraat

In de periode van 1990 t/m 2008 komen bodemdieren vooral voor tot een maximale diepte van 12,5 meter. Het aantal dieren per vierkante meter in het westelijke en oostelijke deel van het Grevelingenmeer verschillen over het algemeen niet veel van elkaar. Tot een diepte van twee meter komen over het algemeen <5.000 dieren per vierkante meter voor. Op de diepte van twee tot zes meter is het aantal dieren groter, oplopend tot 20.000 dieren per vierkante meter. Over het algemeen is er in het westelijke en oostelijke deel van het Grevelingenmeer sprake van een licht dalende trend in het aantal bodemdieren.

In termen van biomassa zijn er wel verschillen tussen de verschillende dieptestrata en tussen het westelijk en oostelijk deel. Over het algemeen is er in het westelijk deel sprake van een hogere biomassa. Ook is de biomassa op een diepte van twee tot zes meter hoger dan op een diepte tot twee meter (zowel westelijk als oostelijk). Na 1999 is er sprake van een sterk dalende trend in de biomassa, met name in het westelijk deel van het Grevelingenmeer. Over de gehele periode is er hierbij sprake van een significant stijgende trend in de "verworming" bij de organismen van zacht substraat.

2.3.6 Organismen hard substraat

Met betrekking tot de organismen van hard substraat geldt dat deze na 2001 nog wel gemonitord worden, maar dat een verdere analyse van de gegevens niet heeft plaatsgevonden. Over het algemeen wordt gesteld dat er een verarming van de hard substraat levensgemeenschappen is opgetreden in het Grevelingenmeer. Onder de hard substraat organismen in het Grevelingenmeer bevinden zich veel exoten (wieren, Japanse oesters en zakpijpen).



3 VISSTAND GREVELINGENMEER, OOSTERSCHELDE EN VOORDELTA

3.1 Algemeen

Tijdens de eerste twee fases van dit onderzoek zijn visstand gegevens verzameld van het Grevelingenmeer, de Oosterschelde en de Voordelta (Vriese & Hop, 2015 a/b). Er is hierbij gebruik gemaakt van historische en huidige visgegevens.

Gedurende de jaren 1960 tot en met 1980 hebben er op de Grevelingen / het Grevelingenmeer frequent visserijen plaatsgevonden met de boomkor (Vaas, 1978; Doornbos *et al.*, 1986). Deze periode omvat zowel de afsluiting van de Grevelingen door middel van de Grevelingendam in 1964, de afsluiting van de Grevelingen door middel van de Brouwersdam in 1971 en de ingebruikname van de Brouwerssluis eind 1978. Na de jaren '80 tot aan het einde van de vorige eeuw is nog slechts driemaal de visstand in het Grevelingenmeer onderzocht middels actieve vangtuigen zoals de boomkor en kuil. Deze bemonsteringen zijn in 1982, 1988 en 1994 uitgevoerd (Meijer, 1995). Het onderzoek dat in 1994 is uitgevoerd is vrij compleet, waarbij zowel het bestand aan bodemvissen als het bestand aan pelagische vissen in kaart is gebracht.

Na het onderzoek dat in 1994 is uitgevoerd naar de visstand in het Grevelingenmeer (Meijer, 1995) is er lange tijd geen onderzoek meer verricht naar de visstand in dit water. Na de implementatie van de KRW werd het echter noodzakelijk inzicht te krijgen in de visstand van het Grevelingenmeer. In het najaar van 2007 is er daarom een proefbemonstering in het Grevelingenmeer uitgevoerd (Van Kessel *et al.*, 2008). In het voorjaar van 2008, 2011 en 2014 is er vervolgens een visstandonderzoek (MWTL) uitgevoerd. Ook is in 2013 nog een aanvullend onderzoek uitgevoerd omdat de resultaten van de monitoring in 2011 tegenvielen ten opzichte van voorgaande jaren. Tijdens de proefvisserij is er gebruik gemaakt van een boomkuil, waarmee echter slechts enkele vissen zijn gevangen. Om die reden zijn de bemonsteringen op het Grevelingenmeer in de navolgende jaren uitgevoerd middels een boomkor. Hiermee wordt in principe alleen het bestand aan bodemvis in kaart gebracht. Daarnaast geldt dat de bemonsteringsinspanning deze jaren beperkt was.

Als basis voor het visbestand in het Grevelingenmeer geldt in eerste instantie het onderzoek dat in augustus 1994 is uitgevoerd (Meijer, 1995), aangevuld met de resultaten uit het najaar van 2007 (Van Kessel *et al.*, 2008). Zoals vermeld, is tijdens het omvangrijke onderzoek in 1994 zowel het bestand aan bodemvissen als het bestand aan pelagische vissen in kaart gebracht. Daarnaast was de bemonsteringsinspanning tijdens dit onderzoek, zeker in relatie tot de onderzoeken na de eeuwwisseling, relatief hoog. Een nadeel van het onderzoek uit 1994 is dat de resultaten ondertussen gedateerd zijn. In 1994 was er nog geen sprake van een jaarrond openstelling van de Brouwerssluis. In 1994 heeft de sluis tot begin mei opengestaan. Direct voorafgaand aan het onderzoek heeft er daardoor geen intrek/uitwisseling van vis met de Noordzee kunnen plaatsvinden. Daarnaast vertonen de biomassa's aan bodemdieren sinds 1993 een dalende trend en zijn deze zowel in het westelijke als oostelijke deel van het Grevelingenmeer in de periode van 1996 tot en met 2008 afgenomen (Wijsman *et al.*, 2014). Om die reden is voor het huidige visbestand eveneens gebruik gemaakt van het visbestand zoals dit in het najaar van 2007 is aangetroffen in het Grevelingenmeer.

3.2 Visstand Grevelingenmeer

Op basis van de beschikbare informatie wordt er met betrekking tot het huidige visbestand in het Grevelingenmeer de volgende aannames gedaan:

- Op basis van de vangsten met de boomkor (1994-2007) wordt aangenomen dat de omvang van het bestand aan grondels op het moment redelijk vergelijkbaar is met de omvang van het bestand aan grondels zoals dit in 1994 was. De omvang van het bestand van deze soortgroep is geschat op ongeveer 2.700 stuks/ha. Dit zijn voornamelijk dikkopjes en daarnaast zwarte grondels en in mindere mate brakwatergrondels.
- De omvang van het bestand aan pelagische vis is de laatste jaren niet in beeld gebracht. Om het bestand aan pelagische vis in beeld te brengen, dienen de juiste vangtuigen ingezet te worden die de waterkolom bemonsteren. Daarnaast dient de bemonsteringsinspanning voldoende hoog te zijn omdat deze soorten in grote scholen voorkomen. Indien aangesloten wordt bij de resultaten van 1994, de enige beschikbare informatie met betrekking tot het pelagische bestand, dan zal deze een omvang hebben van circa 1.800-1.900 stuks/ha (voornamelijk sprout en in mindere mate haring en koornaarvis). De jaarrond opening van de Brouwerssluis kan echter, vooral in de maand mei, geleid hebben tot een groter bestand van haring/sprot. Omdat de Brouwerssluis in 1994 in de maand mei beperkt heeft open gestaan wordt ingeschat dat het huidige haring/sprot bestand 1,5 maar zo groot is.
- In het najaar van 1994 had het platvisbestand een omvang van 86 stuks/ha, overeenkomend met 3% van het grondelbestand. In het najaar van 2007 kwam het platvisbestand (op basis van aantallen) overeen met 14% van het grondelbestand. Op basis van deze gegevens wordt aangenomen dat het platvisbestand een omvang heeft van circa 378 stuks/ha ($0,14 * 2.700$). In theorie is deze toename het gevolg van het jaarrond openstellen van de Brouwerssluis.
- De omvang van het bestand aan overige soorten (exclusief paling) is bepaald op basis van het aandeel dat deze soorten in de korvangsten hebben in het najaar van 2007 (Van Kessel *et al.*, 2008). Dit aandeel bedraagt bijna 2,6%, overeenkomend met een totaal van 126 stuks/ha. Voor grotere vissoorten en pelagische vissoorten is het bestand waarschijnlijk enigszins onderschat omdat deze vissoorten met een kleine boomkor minder goed te vangen zijn.
- Het bestand aan paling is in 1994 en in 2007 niet inzichtelijk geworden. Om toch inzicht te krijgen in het aanwezige aalbestand is gebruik gemaakt van de jaarlijkse vangsten zoals beschreven in Wolfshaar *et al.* (2015). Op basis van een natuurlijke mortaliteit van 0,138 per jaar (lit. in Wolfshaar *et al.*, 2015); een aandeel schieraal in populatie (verschieringsindex), een lengte-gewicht relatie zoals omschreven in Wolfshaar *et al.* (2015); een leeftijd-lengte relatie zoals omschreven in Witteveen+Bos (2014) en een visserijsterfte van 0,078 voor rode aal (gebaseerd op verhouding vangsten rode aal en schieraal) en een volledige vangst van schieraal >40 cm) is de omvang van het aalbestand berekend. Hierbij is teruggerekend vanuit een jaarlijkse schieraalvangst van 37 ton (Witteveen+Bos, 2014), waarbij is aangenomen dat de input van vis vanuit de polders beperkt is. Op basis hiervan is het aalbestand in het Grevelingenmeer geschat op 390 stuks/ha en 30,9 kg/ha.

De omvang van het huidige visbestand in het Grevelingenmeer is op basis van bovenstaande en de beschikbare gegevens geschat op ruim 6.000 vissen per hectare (zie tabel 3.1). De meest voorkomende vissoorten zijn dikkopje/brakwatergrondel en haring/sprot. Deze vissen vormen op basis van aantallen bijna 80% van het totale visbestand. Circa 93% van het visbestand bestaat uit vissen met een lengte tot maximaal 15 cm.

Tabel 3.1. Berekend visbestand Grevelingenmeer.

Vissoort	Aantal/ha	Aandeel	Lengte*		kg/ha
			tot 15 cm	> 15 cm	
Dikkopje/brakwatergrondel	2.469	40%	100%	0%	1,8
Haring/sprot	2.273	37%	100%	0%	12,9
Paling	390	6%	0%	100%	30,9
Koornaarvis	335	5%	100%	0%	0,9
Zwarte grondel	231	4%	100%	0%	0,4
Schar	215	3%	85%	15%	4,9
Schol	118	2%	85%	15%	2,7
Tong	40	1%	82%	18%	0,9
Wijting	31	0%	n.b.	n.b.	2,4
Glasgrondel	28	0%	100%	0%	0,0
Grote Zeenaald	27	0%	n.b.	n.b.	0,0
Spiering	8	0%	n.b.	n.b.	0,0
Steenbolke	6	0%	n.b.	n.b.	3,2
Zeebaars	6	0%	n.b.	n.b.	0,2
Vijfdradige Meun	6	0%	n.b.	n.b.	0,1
Kleine Koornaarvis	5	0%	100%	0%	0,0
Gewone Pitvis	2	0%	n.b.	n.b.	0,1
Gewone Zeedonderpad	2	0%	n.b.	n.b.	0,1
Bot	2	0%	82%	18%	0,2
Griet	2	0%	50%	50%	0,0
Driedoornige Stekelbaars	1	0%	100%	0%	0,0
Tarbot	1	0%	85%	15%	0,1
Kabeljauw	1	0%	n.b.	n.b.	0,2
Poon sp.	1	0%	n.b.	n.b.	0,0
Sardien	1	0%	n.b.	n.b.	0,0
Slakdolf	1	0%	n.b.	n.b.	0,0
Kleine Zeenaald	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Dwergtong	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Botervis	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Puitaal	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Ansjovis	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Zandspiering sp.	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Geep	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Groene zeedonderpad	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Horsmakreel	0	0%	n.b.	n.b.	0,0
Totaal	6.201	100%	93%	7%	62,0

0 = minder dan 0,5 stuks/ha

* lengtesamenstelling schar en tarbot o.b.v. lengtesamenstelling schol.

** inschatting van gewicht (kg/ha)

3.3 Visstand Oosterschelde

De omvang van het visbestand in de Oosterschelde is berekend op basis van visgegevens van Jager (2012) en de (boomkor)vangsten van de Demersal Fish Survey (DFS). De wijze waarop dit visbestand is berekend, wordt beschreven in Vriese *et al.* (2014). Hierbij wordt aangenomen dat het visbestand in de Schelde representatief is voor zowel de Ooster- als de Westerschelde. De omvang van het visbestand in de Oosterschelde is geschat op circa 2.200 stuks/ha. Het visbestand wordt op basis van aantallen voornamelijk gevormd door de soorten haring/sprot (51%) en grondels (niet op soort gebracht, 27%). Dit is vergelijkbaar met het visbestand van het Grevelingenmeer. Circa 99% van het berekende visbestand bestaat uit vissen met een lengte van maximaal 15 cm. In totaal zijn van veertig soorten één of minder exemplaren per hectare aanwezig (gebundeld onder overig).

Tabel 3.2. Berekend visbestand Oosterschelde.

Vissoort	Aantal/ha	Aandeel	Lengte	
			tot 15 cm	> 15 cm
Haring/sprot	1121	51%	100%	0%
Grondel sp. *	603	27%	100%	0%
Schol	136	6%	100%	0%
Kleine zeenaald	64	3%	100%	0%
Tong	41	2%	100%	0%
Harnasmannetje	37	2%	96%	4%
Bot	37	2%	89%	11%
Zandspiering sp.	29	1%	96%	4%
Ansjovis	19	1%	96%	4%
Makreel	15	1%	96%	4%
Schar	12	1%	99%	1%
Zeebaars	12	1%	96%	4%
Zeenaald sp.	9	0%	100%	0%
Zeedonderpad	8	0%	40%	60%
Steenbolk	8	0%	100%	0%
Wijting	6	0%	3%	97%
Driedoornige stekelbaars	6	0%	100%	0%
Sardine	4	0%	96%	4%
Spiering	4	0%	35%	65%
Puitaal	4	0%	96%	4%
Koornaarvis	2	0%	100%	0%
Kleine zandspiering	2	0%	96%	4%
Vijfdradige meun	2	0%	55%	45%
Harder	2	0%	36%	64%
Rivierprik	2	0%	1%	99%
Goudharder	2	0%	36%	64%
Overig	20	1%	77%	23%
Totaal	2206	100%	99%	1%

0 = minder dan 0,5 stuks/ha

3.4 Visstand Voordelta

3.4.1 Algemeen

Specifiek voor de Voordelta van het Grevelingenmeer zijn, voor zover bekend, geen visgegevens voorhanden. Voor de Voordelta van het nabijgelegen Haringvliet is dit wel het geval. In grote lijnen mag verwacht worden dat zoutwatervissoorten die daar in grote aantallen voorkomen waarschijnlijk ook in relatief grote aantallen voorkomen nabij de Brouwersdam. Kanttekening hierbij is dat er in de Voordelta van het Haringvliet sprake is van een instromend (zoet) rivierwater, wat bij de Voordelta van het Grevelingenmeer niet het geval is. Instromend zoet water kan (anadrome en/of katadrome) zeevissen aantrekken.

De visstand in de Voordelta van het Haringvliet is in kaart gebracht in de periode van 2006 tot en met 2010 en beschreven in Hop *et al.* (2011). De bemonstering is uitgevoerd met vangtuigen als de boomkor, zegen en fuiken. Daarnaast wordt jaarlijks onderzoek uitgevoerd naar de visstand die zich langs de Nederlandse kust bevindt. Deze "Demersal Fish Surveys" (DFS) worden uitgevoerd met een boomkor.

Tijdens de diverse onderzoeken in de periode van 2006 tot en met 2010 zijn in totaal 48 vissoorten aangetroffen in de Voordelta van het Haringvliet. Het betreft zowel diadrome en estuariene vissoorten, evenals marien juvenielen, mariene gasten en zoetwatersoorten. Het is aannemelijk dat de zoetwatersoorten aan de buitenzijde van het Haringvliet zijn uitgespoeld en derhalve niet of slechts in zeer kleine aantallen voorkomen in de Voordelta van de Brouwersdam.

3.4.2 Soortensamenstelling

In de Voordelta van het Haringvliet zijn in totaal elf diadrome vissoorten aangetroffen. Soorten als aal, fint, houting, rivierprik, spiering, zalm, zeeforel en zee-prik zijn hierbij vrijwel alle onderzoeksjaren aangetroffen. Diadrome soorten als driedoornige stekelbaars, grote marene en steur zijn allen slechts tijdens één van de onderzoekjaren gevangen.

Van de estuariene vissoorten zijn er in totaal acht aangetroffen in de Voordelta. Brakwatergrondel, grote en kleine zeenaald, puitaal, zeedonderpad en bot zijn hierbij vrijwel alle jaren gevangen. De bot is hierbij de meest algemeen aangetroffen estuariene vissoort. Soorten als botervis en dikkopje zijn minder frequent aangetroffen in de Voordelta (drie van de vijf jaren).

De marien juveniele vissoorten die het meest frequent zijn aangetroffen in de Voordelta zijn zeebaars, haring, schol, steenbolk en tong. Deze soorten zijn vier van de vijf jaren aangetroffen. Soorten als dwergtong, griet, rode poot, schar en tarbot zijn minder frequent aangetroffen, tot maximaal drie van de vijf onderzoekjaren.

Het aantal mariene gasten in de Voordelta bedraagt dertien. Soorten als geep, harder (voornamelijk diklipharder), horsmakreel, kabeljauw, kleine pieterman, sprong en wijting zijn het meest frequent waargenomen (minimaal vier van de vijf jaren). De soorten driedradige meun, makreel, snotolf, vijfdradige meun, zandspiering sp., en zwarte koolvis zijn maximaal gedurende drie jaren aangetroffen.

Wanneer verder uitgezoomd wordt, waarbij er gekeken wordt naar de vissoorten die voor de Nederlandse kust aanwezig zijn, dan blijken soorten als schol, grondel sp., tong, haring, schar, wijting en bot het meest verspreid voor te komen. Deze soorten zijn op circa 50% tot maximaal bijna 100% van de onderzoekslocaties aangetroffen. Soorten die op 40% tot 10% van de onderzoekslocaties zijn aangetroffen zijn vijfdradige meun, zeedonderpad, pitvis, spiering, harnasmannetje, zandspiering (sp),

slakdolf, kabeljauw, puitaal, steenbolk, schurftvis, kleine zeenaald, sprot, smelt, dwergtong, zeenaald sp., rode poon en kleine pieterman.

3.4.3 Abundantie

De meest voorkomende vissoorten in de Voordelta zijn soorten als sprot, bot en spiering. Pelagische soorten als sprot en spiering komen in grote scholen voor nabij de kust. Naast deze drie vissoorten zijn ook soorten als aal, fint, houting, brakwatergrondel, zeebaars en (diklip)harder periodiek in grotere aantallen aangetroffen. Zoals eerder vermeld, is er bij de Voordelta van het Haringvliet sprake van rivierwater dat de zee instroomt. Dat dit effect heeft op de aanwezige visstand blijkt onder andere uit de aanwezigheid van de zoetwatersoort snoekbaars in de Voordelta. Deze vissoort is met het zoete rivierwater meegevoerd. De verwachting is dat de afwezigheid van instromend rivierwater bij de Voordelta van het Grevelingenmeer er toe leidt dat typische riviertrekvisen vrijwel niet aanwezig zijn.

Uit de resultaten van de DFS blijkt dat de visstand in de mariene en sterk brakke zone van de Noordzee gedomineerd wordt door grondelsoorten. Circa 85% van het totale visbestand wordt door deze soorten gevormd, waarbij wel geldt dat pelagische soorten slechts indicatief in beeld zijn gebracht. Desondanks hebben de soorten sprot en haring een relatief groot aandeel in het aanwezige visbestand. Andere soorten die een relatief hoge abundantie hebben, zijn schar, schol, pitvis, zeenaald sp., dwergtong en wijting.

3.4.4 Vismigratie vanuit de delta

Voor zover bekend is de daadwerkelijke in-/uittrek van vis via de Brouwerssluis nooit onderzocht. Wel is in 1998 een overzicht opgesteld over de migratie van vis in en uit de Grevelingen waarbij per vissoort wordt aangegeven in welke periode er in- dan wel uittrek van vis is en welke lengte-/leeftijdsklasse het betreft (Waardenburg, 1998). In de periode van maart-juni 1994 is er bij de Haringvlietdam wel een proef uitgevoerd waarbij, in afwijking van het gangbare spuiregime, een vloedstroom het Haringvliet is binnengelaten door enkele van de spuiopeningen (Van Beek & Waardenburg, 1994). Uit de resultaten van deze proef is gebleken dat vooral de zoutwatersoorten haring, sprot en wijting in grote aantallen worden binnengelaten tijdens de vloedstroom. Het betrof hierbij voornamelijk jonge vis. Ook soorten als bot en driedoornige stekelbaars zijn tijdens de vloedinlaat relatief veel binnengelaten.

Meer recentelijk is onderzoek gedaan naar de intrek van vis via de spuikokers van de Afsluitdijk (Vriese *et al.*, 2015c). Uit dit onderzoek bleek dat in het voorjaar grote aantallen glasaal, zeenaald sp., driedoornige stekelbaars en spiering naar binnen trekken. In het najaar werden grote hoeveelheden haring en daarnaast zeenaald sp. aangetroffen. Net als bij het Haringvliet is er in dit geval sprake van een influx van zoet water (naar zee) op het punt waar zoutwater wordt ingelaten.

Met betrekking tot de vismigratie vanuit de Delta geldt dat de huidige visstand reeds het resultaat is van de jaarrond uitwisseling met de visstand in de Voordelta via de Brouwerssluis. De verwachte effecten van het vergroten van het doorlaatmiddel worden in paragraaf 4.3 besproken. Belangrijk hierbij is dat het vergroten van het doorlaatmiddel waarschijnlijk zal leiden tot een grotere mate van vismigratie tussen het Grevelingenmeer en de Voordelta (en omgekeerd), maar dat het niet vanzelfsprekend is dat dit eveneens leidt tot een omvangrijker visbestand. Onder andere de draagkracht van het systeem is hiervoor van belang.

4 BEPALING TOEKOMSTIGE VISSTAND GREVELINGENMEER

4.1 Algemeen

Zoals in het eerste hoofdstuk van dit rapport is beschreven, dient de toekomstige visstand in het Grevelingenmeer bepaald te worden bij toepassing van de volgende scenario's:

- 1a. In werking stellen Flakkeese Spuisluis,
- 1b. in werking stellen Flakkeese Spuisluis in combinatie met vergroten doorlaatmiddel Brouwersdam,
- 2a. In werking stellen Flakkeese Spuisluis met toepassing van turbines,
- 2b. In werking stellen Flakkeese Spuisluis in combinatie met vergroten doorlaatmiddel Brouwersdam, beiden met toepassing van turbines.

Met betrekking tot de Flakkeese Spuisluis geldt dat deze een mogelijkheid biedt om het Grevelingenmeer te laten uitwisselen met de Oosterschelde, dan wel door te spoelen van oost naar west of omgekeerd (Maessen, 2015). De verschillende scenario's voor de Flakkeese Spuisluis hebben een positief effect op de hydrodynamiek van het meer, met name in het oostelijk deel. De effecten op de stratificatie en zuurstofhuishouding zijn echter beperkt en geven een wisselend beeld. Maessen (2015) geeft aan dat de ecologische respons vooralsnog beperkt lijkt, maar dat de kwaliteit van het oostelijke deel van het meer wel zal verbeteren.

Met betrekking tot de Brouwersdam geldt dat het daggemiddelde debiet dat door de Brouwerssluis gaat op dit moment circa 125 m³/s bedraagt (Nolte & Speriti, 2011). Om tot een getijdeslag van circa 50 cm te komen dient het daggemiddelde debiet circa 1.175 m³/s te bedragen (med. dhr. Paulus, RWS Zee & Delta). De uitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Voordelta neemt hierdoor toe met een factor 9,4. Herintroductie van een getij van 40 cm is reeds afdoende om de zuurstofproblemen in de waterkolom in grote delen van het Grevelingenmeer op te lossen en een grotere uitwisseling met de Voordelta heeft eveneens hogere totaal stikstof en nitraatconcentraties tot gevolg, leidend tot een toename van de primaire productie (Nolte & Spiteri, 2011).

Voor zowel de Flakkeese Spuisluis als het toekomstige doorlaatmiddel in de Brouwersdam geldt dat, gelijktijdig met de uitwisseling van water, sprake is van uitwisseling van vis. Bij deze migratie van vis zal sprake zijn van variatie gedurende het jaar (winter- en zomergasten en recrutering van vis gedurende het jaar), maar ook van variatie van jaar op jaar (afhankelijk van sterke of zwakke jaarklassen van vis). Een verhoogde uitwisseling van vis tussen het Grevelingenmeer en de omliggende wateren hoeft niet per definitie te betekenen dat de aanwezige visstand zal toenemen, dit is afhankelijk van de draagkracht van het systeem. Een en ander is soort specifiek.

In navolgende paragrafen wordt aangegeven hoe aan de hand van de beschikbare gegevens en aannames een inschatting gemaakt wordt van de toekomstige visstand zoals deze op het Grevelingenmeer aanwezig kan zijn. De verkregen visstanden geven hierbij een indicatie van de richting waarheen de visstand zich zal ontwikkelen.

4.2 Inzet Flakkeese Spuisluis

Met betrekking tot de Flakkeese Spuisluis geldt dat de effecten op de stratificatie en de zuurstofhuishouding beperkt zijn en dat deze een wisselend beeld geven (Maessen, 2015). Ook lijkt de ecologische respons vooralsnog beperkt te zijn (Maessen, 2015). Op basis van deze bevindingen wordt aangenomen dat het effect op de visstand door de inzet van de Flakkeese Spuisluis beperkt is tot de in- dan wel uittrek van vis via dit doorlaatmiddel. Hierbij geldt dat, afhankelijk van het waterpeil in de Oosterschelde, via de hevels een waterstroom in de richting van de Oosterschelde of in de richting van het Grevelingenmeer loopt. Het water stroomt hierbij altijd van het hoogste naar het laagste waterpeil. Feitelijk wordt er water vanuit het water(lichaam) met het hoogste waterpeil onttrokken, dat via de hevels naar het waterlichaam met het laagste waterpeil wordt getransporteerd. Gezien de stroomsnelheden die tijdens het hevelen aan de orde zijn (80% van de tijd meer dan 2 m/s) zal vistransport in de praktijk van het hoger gelegen waterpeil naar het lager gelegen waterpeil verlopen (met de waterstroom mee). De achterliggende mechanismen bij dit transport is in grote lijnen vergelijkbaar met transport/inzuiging van vis bij (waterkracht)centrales en gemalen. Deze mechanismen zijn uitvoerig beschreven door Vriese (2011). Details met betrekking tot de Flakkeese Spuisluis zijn beschreven in Vriese & Hop (2015b).

Voor het bepalen van de impact van de Flakkeese Spuisluis wordt gerekend met een hydraulisch onttrekkingsgebied, zoals omschreven door Vriese *et al.* (2009) en Vriese (2011). Aangenomen wordt dat alle vis die zich binnen dit hydraulisch onttrekkingsgebied bevindt via de hevels naar de andere zijde van de Grevelingendam wordt getransporteerd. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de visstand op het moment van spuien een statisch geheel is. De hoeveelheid vis die per spuigang door de hevels gaat, kan berekend worden op basis van het oppervlak van het maximale onttrekkingsgebied en de visstand die zich in het betreffende onttrekkingsgebied ophoudt. Voor de visstand van het Grevelingenmeer en de Oosterschelde worden de bestanden zoals weergegeven in hoofdstuk drie als nulsituatie gehanteerd. Aangenomen wordt dat de visstand homogeen verspreid is over het onderzoeksgebied, wat in de praktijk echter niet het geval zal zijn. Als gevolg van vistransport is er sprake van een afname of toename in het visbestand. Het maximale hydraulische onttrekkingsgebied is aan de Grevelingenmeerszijde van de Flakkeese Spuisluis vastgesteld op circa 1,9 hectare en aan de Oosterscheldezijde van de Flakkeese Spuisluis op circa 4,7 hectare (Vriese & Hop, 2015b).

Bedacht moet worden dat voorgaande een 'worst case' benadering is. Het onttrekkingsgebied (en daarmee de hoeveelheid vis die mee spoelt) is gedefinieerd bij het maximale debiet naar het Grevelingenmeer en naar de Oosterschelde. In werkelijkheid zal het onttrekkingsgebied, qua grootte, tijdens de getijdencyclus in een deel van de tijd aanzienlijk kleiner zijn. Daarnaast, op het moment dat een stroming richting doorlaatmiddel tot stand komt, zal vis een ontwijkende beweging maken (tegen de stroming inzwemmen) waarmee in een reële situatie minder vis zal worden ingezogen. Een en ander is vergelijkbaar met de werking van gemalen en het verpompen van vis. Bij uitgebreide gemaalbemonsteringen (STOWA onderzoek) is gebleken dat de eerste momenten dat het gemaal aan staat, de meeste vis wordt gevangen (verrast door de plotselinge optredende stroming). In de uren daarna nemen de aantallen verpompte vis zeer aanzienlijk af.

Anderzijds dient opgemerkt te worden dat, indien er sprake is van een aanlokkende werking in het onttrekkingsgebied als gevolg van de in- en uitstroom van water, deze groter kan zijn dan op basis van het onttrekkingsgebied valt te verwachten. Een dergelijke aanlokkende werking is overigens vooral te verwachten indien er water instroomt, in het bijzonder indien het voedselrijk water betreft. Een en ander kan leiden tot plaatselijk hogere dichtheden aan vis (niet homogeen verdeeld).

4.3 Inzet doorlaatmiddel Brouwersdam

Met betrekking tot het doorlaatmiddel in de Brouwersdam geldt dat herintroductie van een getij van 40 cm afdoende is om de zuurstofproblemen in de waterkolom in grote delen van het Grevelingenmeer op te lossen en eveneens leidt tot een toename van de primaire productie (Nolte & Spiteri, 2011). Wat betreft de stratificatie is er aanzienlijk minder zoutstratificatie dan op dit moment en daarnaast is de temperatuurstratificatie beperkt tot ongeveer twee weken in plaats van twee maanden. Aangenomen wordt dat deze ontwikkelingen een positief effect hebben op de omvang van het visbestand in het Grevelingenmeer. Om dit positief effect te kwantificeren, is binnen deze studie de ontwikkeling van de zuurstofhuishouding als leidraad gekozen. Een kleiner areaal met zuurstofarme condities biedt immers een groter productief areaal binnen het Grevelingenmeer. De modelstudie van Nolte & Spiteri (2011) geeft aan dat het areaal met zuurstofarme condities in het Grevelingenmeer bij een getij van circa 40 cm afneemt van 12,0% naar 4,6%. Van 40 naar 60 cm getij is de verdere afname in zuurstofarm areaal beperkt (Nolte & Spiteri, 2011). Omdat Nolte & Spiteri (2011) gerekend hebben met een getij van 40 cm en 60 cm, wordt aangenomen dat dat het areaal met zuurstofarme condities in het Grevelingenmeer bij een getij van circa 40 cm naar een getij van 50 cm weinig afneemt. Er wordt dan ook gerekend met de effecten zoals berekend bij een getij van 40 cm. Het voor vis beschikbare oppervlak van het Grevelingenmeer neemt hierbij toe van 9.5000 hectare tot 10.300 hectare (+ 8,4%). Aangenomen wordt dat het totale visbestand in het Grevelingenmeer als gevolg van deze verbeterde omstandigheden met 8,4% toeneemt ten opzichte van de huidige situatie.

Naast bovenstaande verbeterde zuurstofomstandigheden is het de verwachting dat de voedselrijkdom, de primaire productie, ook zal veranderen als gevolg van de herintroductie van een getij. Er zijn hierbij modellen die een toename van de primaire productie verwachten (van 250 naar 400 g C/m²/jaar, Witteveen + Bos, 2012), maar ook modellen die rekening houden van een afname van 530 (nu) naar 427 g C/m²/jaar (Nolte *et al.*, 2013). Als gevolg van een toename van de beschikbare nutriënten (fosfaat, nitraat) is er een toename van de hoeveelheid fytoplankton mogelijk van circa 8 µg Chla/l naar 15 µg Chla/l (Vries *et al.*, 2013). Als gevolg van een verhoogd slibgehalte en daarmee verminderd doorzicht, hoeft de toename van nutriënten echter niet altijd te leiden tot een verhoogde primaire productie. Al met al is het niet op voorhand vast te stellen wat de exacte effecten van het getij zijn op de omvang van het visbestand in het Grevelingenmeer. De verwachting is echter dat bestanden zich bij een betere waterkwaliteit en voedselsituatie beter handhaven en ontwikkelen naar een hoger niveau dan in de huidige situatie (Wijsman *et al.*, 2014). Gezien eerder genoemde bevindingen en verwachtingen wordt binnen deze rapportage gerekend met een toename van de primaire productie van 20% (gemiddelde van Witteveen+Bos, 2012 en Nolte *et al.*, 2013), die rechtstreeks leidt tot een toename van 20% van de visbiomassa (bovenop de toename als gevolg van de verbeterde zuurstofomstandigheden).

Hoewel er een indruk is verkregen welke vissoorten in de Voordelta van het Grevelingenmeer aanwezig zijn, is niet bekend in welke dichtheden deze vissen hier voorkomen. Gedurende het jaar zal deze dichtheid van soort tot soort overigens sterk fluctueren. Ook is voor de Brouwerssluis voor zover bekend nooit de daadwerkelijke intrek van vis vastgesteld. Op basis van de beschikbare en ontbrekende gegevens is het hiermee niet mogelijk een inschatting te maken van de hoeveelheid vis die in de toekomstige situatie via het te bouwen doorlaatmiddel het Grevelingenmeer in- dan wel uittrekt.

Wel kan gesteld worden dat het huidige visbestand in het Grevelingenmeer reeds het resultaat is van uitwisseling met de Voordelta (via de Brouwerssluis). Soorten die op enig moment in hun levenscyclus vanuit zee het Grevelingenmeer optrekken, zijn hierbij afhankelijk van de migratiemogelijkheden door de Brouwerssluis en in de toekomst door het nieuwe doorlaatmiddel. Dit zijn vissoorten die te

karacteriseren zijn als marien juvenielen (trekken als juveniele vis het Grevelingenmeer binnen); vissoorten die te karakteriseren zijn als mariene seizoensgast (trekken als adult het Grevelingenmeer binnen) en vissoorten die voor hun voortplanting migreren tussen zoet en zout water (of omgekeerd). Naast deze groepen zijn er ook vissen die hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer kunnen volbrengen (estuariene soorten). Binnen elk van de groepen zijn er uitzonderingssituaties denkbaar. In onderstaande tabel wordt de indeling in vissoorten gegeven.

Tabel 4.1. Indeling vissoorten (bron: STOWA, 2012-31).

CA	ER	MJ	MS	Z1**	Z2**
Driedoornige stekelbaars	Bot	Griet	Ansjovis	Baars	Alver
Dunlipharder*	Botervis	Haring	Diklipharder	Kolblei	Blankvoorn
Elft	Brakwatergrondel	Kabeljauw	Geep	Snoekbaars	Brasem
Fint	Dikkopje	Koornaarvis**	Pijlstaartrog*	Tiendooornige stekelbaars	Giebel
Paling	Glasgrondel	Rode poon	Snotolf		Karper
Rivierprik	Grote zeenaald	Schar	Sprot		Pos
Spiering	Harnasmannetje	Schol	Vijfdradige meun		Vetje
Steur	Houting	Steenbolk			
Zalm	Kleine zeenaald	Tarbot			
Zeeforel	Puitaal	Tong			
Zeeprik	Slakdolf	Wijting			
	Trompetterzeenaald*	Zeebaars			
	Vorskwab*				
	Zandspiering				
	Zeedonderpad				
	Zeestekelbaars*				
	Zwarte grondel**				

* wordt alleen beoordeeld bij type O2

** wordt niet beoordeeld bij type O2

In de huidige situatie bedraagt het daggemiddelde debiet van de Brouwerssluis circa 125 m³/s (Nolte & Speriti, 2011). Om tot een getijdeslag van circa 50 cm te komen, dient het daggemiddelde debiet circa 1.175 m³/s te bedragen (med. dhr. Paulus, Rijkswaterstaat Zee & Delta). Het debiet is hiermee een factor 9,4 keer zo groot. Het is aannemelijk dat deze grotere uitwisseling van water eveneens leidt tot een grotere uitwisseling van vis en een grotere diversiteit aan vissoorten. Met betrekking tot de ontwikkeling van de omvang van het visbestand is het echter de vraag of de huidige uitwisselingsmogelijkheden met de Voordelta limiterend zijn of dat de primaire productie (voedselrijkdom) limiterend is. Binnen deze rapportage wordt aangenomen dat de voedselrijkdom limiterend is voor de ontwikkeling van het visbestand in het Grevelingenmeer, waarbij de grotere uitwisseling met de Voordelta wel leidt tot een hogere voedselrijkdom, betere zuurstofcondities en vrijwel geen stratificatie.

4.4 Aannames afleiding toekomstige visstand Grevelingenmeer

Voor de afleiding van de toekomstige visstand in het Grevelingenmeer is gebruikt gemaakt van de volgende aannames, deels beschreven in voorgaande paragrafen.

- Eén jaar na het in werking stellen van de Flakkeese Spuisluis of het doorlaatmiddel Brouwersdam is er sprake van een stabiele situatie met betrekking tot de visstand. Dit is de afleiding van de toekomstige visstand in het Grevelingenmeer.
- Het effect van de Flakkeese Spuisluis op de visstand is bepaald middels toepassing van een hydraulisch onttrekkingsgebied zoals omschreven in Hop & Vriese (2015b). Hierbij wordt aangenomen dat enkel de inzet van de Flakkeese Spuisluis voornamelijk een effect heeft op

- het transport van vis en niet direct op de waterkwaliteit. Daarnaast is aangenomen dat de aanwezige visstand homogeen verspreid is over het waterlichaam.
- Aangenomen wordt dat het vergroten van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam niet direct leidt tot veranderingen in de soortensamenstelling van de visstand, maar dat de effecten voornamelijk betrekking hebben op betere zuurstofcondities (bestand + 8,4%) en een grotere voedselrijkdom (bestand + 20%). Het gezamenlijke effect van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam bedraagt circa 30% op de gehele visstand. Aanvullend op dit scenario (1) is eveneens een afleiding gemaakt van de toekomstig visstand waarbij het effect op de standvissen beperkt is tot + 8,4%, terwijl het bestand van migrerende vissen toeneemt met + 60%. De reden voor het toepassen van dit scenario (2) is inzicht te krijgen in de ontwikkelingen in de KRW maatlatbeoordeling bij deze veranderingen in de visstand.
 - Aangenomen wordt dat eventuele vissterfte bij passage door het doorlaatmiddel in de Brouwersdam (met toepassing van turbines) enkel een negatief effect heeft op de bestanden van soorten die gedurende één fase van hun leven door de turbines passeren. Dit zijn soorten die te karakteriseren zijn als diadrome soorten, marien juveniele soorten en mariene gasten. Feitelijk is enkel eventuele vissterfte bij intrek naar het Grevelingenmeer van belang voor de omvang van het visbestand in het Grevelingenmeer. Aangenomen wordt dat eventuele vissterfte tijdens uittrek voor de meeste soorten een verwaarloosbaar effect heeft op de totale populatie die zich in de Voordelta/Noordzee bevindt.
 - Aangenomen wordt dat eventuele vissterfte tijdens passage van de turbines zich direct vertaalt in een afname van het aanwezige bestand. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele compensatoire mechanismen.
 - Aangenomen wordt dat veranderingen in het visbestand op basis van aantallen procentueel gelijk zijn aan veranderingen in het visbestand op basis van biomassa.

4.5 Afleiding toekomstige visstand Grevelingenmeer

In tabel 4.2 en tabel 4.3 zijn de afgeleide visstanden (meest voorkomende vissoorten) voor het Grevelingenmeer bij toepassing van de verschillende scenario's weergegeven in aantallen en biomassa per hectare. In bijlage 2 zijn de tabellen weergegeven met alle vissoorten.

Bij het in verbinding stellen van het Grevelingenmeer met de Oosterschelde, via de Flakkeese Spuisluis, zijn er over het algemeen geen sterke veranderingen in de aanwezige visstand waarneembaar. Indien er geen sterfte is bij passage van vis door de hevels, dan geldt dat er uitwisseling is van vis tussen beide waterlichamen. Doordat de bestandschatting van de Oosterschelde kleiner is dan die van het Grevelingenmeer, leidt dit tot een kleine afname van het visbestand op basis van aantallen. Bij toenemende sterftepercentages is zichtbaar dat er een sterkere afname is van het visbestand.

Bij toepassing van de Flakkeese spuisluis in combinatie met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam is in eerste instantie sprake van een toename in het visbestand, zowel op basis van aantallen als op basis van biomassa. Deze toename wordt veroorzaakt door de verwachte verbeterde condities voor vissen in het Grevelingenmeer. Indien er sprake is van toenemende sterftepercentages tijdens passage door de Flakkeese spuisluis en het doorlaatmiddel leidt dit tot een afname van de soorten die gedurende een bepaalde fase van hun leven in het Grevelingenmeer verblijven. Theoretisch nemen de bestanden van deze soorten af totdat deze geheel verdwijnen bij 100% sterfte. In dit laatste geval wordt ervan uit gegaan dat er geen influx van vis meer is, waardoor het aanwezige visbestand enkel nog bestaat uit standvissen die hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer kunnen verblijven en zich hier ook voortplanten. Dit zijn bijvoorbeeld de diverse klein blijvende grondelsoorten. Indien de vissen die gedurende hun levenscyclus vanuit de Noordzee het Grevelingenmeer intrekken sterker

profiteren van het nieuwe doorlaatmiddel, dan leidt dit bij lage sterftepercentages tot een omvangrijker visbestand in het Grevelingenmeer. Bij een sterftepercentage van 100% zal het visbestand wederom enkel bestaan uit standvissen.

Tabel 4.2. Afgeleide visstand Grevelingenmeer (aantallen/ha)

Vissoort / sterftepercentage	Flakkeese spuisluis					FS + doorlaatmiddel (1*)					FS + doorlaatmiddel (2*)				
	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%
Dikkopje/brakwatergrondel	2360	2359	2350	2267	2180	3060	3059	3050	2966	2879	3058	3057	3048	2964	2877
Haring/sprot	2329	2328	2312	2165	2007	2973	2963	2809	1404	0	3614	3602	3418	1724	0
Paling	347	347	346	345	344	457	456	434	228	0	567	566	539	283	0
Koornaarvis	298	298	298	297	296	393	393	393	391	391	393	393	393	391	390
Zwarte grondel	205	205	205	205	204	271	271	271	270	270	271	271	271	270	269
Schar	195	195	194	192	190	256	255	243	127	0	316	315	300	157	0
Schol	143	143	141	123	105	176	176	166	79	0	210	209	197	95	0
Tong	47	47	46	41	35	58	58	54	26	0	69	69	65	32	0
Wijting	29	29	29	28	27	37	37	35	18	0	46	46	44	23	0
Glasgrondel	25	25	25	25	25	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Grote Zeenaald	24	24	24	24	24	32	32	32	32	31	32	32	32	32	31
Kleine Zeenaald	18	18	17	9	0	18	18	17	9	0	18	18	17	9	0
Bot	12	12	11	7	2	12	12	11	4	0	13	13	12	4	0
Harnasmannetje	10	10	10	5	0	10	10	10	5	0	10	10	10	5	0
Zeebaars	8	8	8	7	5	10	10	9	4	0	12	12	11	5	0
Spiering	8	8	8	7	7	10	10	10	5	0	12	12	12	6	0
Zandspiering sp.	8	8	8	4	0	8	8	7	2	0	8	8	7	2	0
Steenbolk	8	8	8	7	6	10	10	9	4	0	12	11	11	5	0
Overige soorten	45	45	44	32	19	51	51	49	28	13	54	54	51	29	13
Totaal	6117	6115	6084	5788	5476	7876	7862	7641	5634	3617	8748	8731	8469	6068	3615

* 1 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is gelijk voor alle soorten (+30%); 2 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is +30% voor standvissen en +60% voor migrerende soorten.

Tabel 4.3. Afgeleide visstand Grevelingenmeer (kg/ha).

Vissoort / sterftepercentage	Flakkeese spuisluis					FS + doorlaatmiddel (1*)					FS + doorlaatmiddel (2*)				
	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%
Dikkopje/brakwatergrondel	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1
Haring/sprot	13,2	13,2	13,1	12,2	11,4	16,8	16,8	15,9	7,9	0,0	20,4	20,4	19,3	9,8	0,0
Paling	27,4	27,4	27,4	27,3	27,3	36,2	36,1	34,4	18,0	0,0	44,9	44,8	42,6	22,4	0,0
Koornaarvis	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Zwarte grondel	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Schar	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	5,8	5,8	5,5	2,9	0,0	7,2	7,2	6,9	3,6	0,0
Schol	3,3	3,3	3,2	2,8	2,4	4,0	4,0	3,8	1,8	0,0	4,8	4,8	4,5	2,2	0,0
Tong	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	1,3	1,3	1,2	0,6	0,0	1,6	1,6	1,5	0,7	0,0
Wijting	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,9	2,9	2,8	1,4	0,0	3,6	3,6	3,4	1,8	0,0
Glasgrondel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grote Zeenaald	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kleine Zeenaald	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bot	1,0	1,0	1,0	0,6	0,1	1,1	1,1	1,0	0,3	0,0	1,1	1,1	1,0	0,3	0,0
Harnasmannetje	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Zeebaars	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,4	0,4	0,4	0,2	0,0
Spiering	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Zandspiering sp.	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Steenbolk	4,0	4,0	3,9	3,4	2,8	4,9	4,9	4,6	2,2	0,0	5,8	5,8	5,5	2,6	0,0
Overige soorten	3,2	3,2	3,1	1,9	0,6	3,4	3,4	3,1	1,3	0,3	3,5	3,5	3,3	1,3	0,3
Totaal	63,2	63,2	62,8	58,9	54,8	80,8	80,6	76,6	40,3	3,9	97,4	97,1	92,3	48,6	3,9

* 1 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is gelijk voor alle soorten (+30%); 2 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is +30% voor standvissen en +60% voor migrerende soorten.

5 BEPALING TOEKOMSTIGE KWALITEITSBEOORDELING VISSTAND GREVELINGENMEER

5.1 Algemeen

Van nature is de Grevelingen een kustwater of overgangswater, afhankelijk van de mate waarin landinwaarts gekeken wordt. Een overgangswater wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van zowel zoutwatersoorten als zoetwatersoorten. In de huidige situatie is het Grevelingenmeer voor de KRW gekarakteriseerd als een groot zout meer (type M32). Kenmerkend aan dit type water is de aanwezigheid van zout (of sterk brak) water en de afwezigheid van getij of rivierinvloeden (Molen *et al.*, 2012). Wat betreft de aanwezige vissoorten geldt dat echte zoetwatervissoorten ontbreken. Kenmerkende vissoorten zijn diverse grondelsoorten, paling, (grote) koornaarvis en driedoornige stekelbaars.

De kwaliteit van de visstand in het Grevelingenmeer wordt bepaald aan de hand van de maatlat voor grote zoute meren (M32), zoals beschreven in Molen *et al.* (2012). Deze maatlat bestaat uit acht deelmaatlaten, waarvan er vier betrekking hebben op de soortensamenstelling van de visstand en vier op de abundantie van de verschillende vissoorten. De deelmaatlaten betreffen de volgende ecologische groepen:

- Diadrome soorten (CA) die migreren tussen zee en rivier en het estuarium als trekroute gebruiken en soms ook (tijdelijk) als opgroeigebied;
- Estuarien residente soorten (ER) die hun totale levenscyclus in het estuarium kunnen doorlopen;
- Mariene juveniele soorten (MJ), waarvan de juveniele exemplaren kunnen opgroeien in het estuarium en mariene seizoensgasten (MS), die in een vast seizoen het estuarium kunnen bezoeken;
- Zoetwatersoorten (Z1 + Z2) die relatief tolerant zijn voor verhoogde chloride gehalten.

Bij herintroductie van getij op het Grevelingenmeer kan gesteld worden dat het waterlichaam verandert van een groot zout meer naar een beschermt en polyhalien kustwater (type K2). In dat geval is de visstand niet langer meer een parameter voor het bepalen van de ecologische kwaliteit van het waterlichaam. Enige discussie omtrent de toekomstige typering van het Grevelingenmeer is mogelijk, doordat het toekomstig getijverschil lager is dan in beschutte kustwateren voorkomt (1-5 meter), maar groter dan het getijverschil zoals dat in grote zoute meren kan voorkomen (0,1-0,2 meter). Daarnaast geldt dat voor herstelmaatregelen in principe altijd gekeken hoort te worden naar de natuurlijke situatie, namelijk een kust/overgangswater.

In navolgende paragrafen worden de veranderingen in de visstand, zoals beschreven in hoofdstuk vier, vertaald naar eventuele effecten op de beoordeling van de visstand voor de KRW.

5.2 Deelmaatlaten soortensamenstelling

In figuur 5.1 zijn de scores op de deelmaatlaten voor soortensamenstelling weergegeven. Voor de huidige gegevens is hierbij gebruik gemaakt van de soorten zoals weergegeven in tabel 3.1 (A) evenals deze gegevens aangevuld met de soorten zoals weergegeven in tabel 3.2. Aangenomen mag worden dat veel van de soorten die slechts in kleine aantallen voorkomen in de Oosterschelde ook in kleine aantallen voorkomen in het Grevelingenmeer, maar als gevolg van andere bemonsteringsstrategieën niet zijn aangetroffen in het Grevelingenmeer. Met betrekking tot de soortensamenstelling geldt dat soorten enkel als aanwezig worden beschouwd indien de abundantie

minimaal 0,038 n/ha bedraagt. Bij een dergelijke abundantie wordt tijdens een standaard visstandonderzoek (conform STOWA richtlijnen), in theorie één exemplaar gevangen.

Met betrekking tot de inzet van de Flakkeese spuisluis wordt aangenomen dat dit geen consequenties heeft voor de deelmaatlaten van de soortensamenstelling. Hoewel in theorie specifieke soorten via de hevels het Grevelingenmeer kunnen bereiken, wordt aangenomen dat deze vissen reeds via de Brouwerssluis het Grevelingenmeer optrekken. Dit is ook het geval indien er sprake is van 100% vissterfte bij passage door de Flakkeese spuisluis.

Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam heeft in eerste instantie geen effect op de soortensamenstelling in het Grevelingenmeer. Aangenomen wordt dat de diverse soorten ook nu al via de Brouwerssluis naar binnen trekken. In theorie is het echter wel aannemelijk dat specifieke, zeldzaam voorkomende, vissoorten bij een grotere uitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Voordelta meer kans maken op enig moment in het Grevelingenmeer terecht te komen.

Wanneer er sprake is van sterfte van vis tijdens passage door de Flakkeese spuisluis of het doorlaatmiddel, leidt dit tot een lagere abundantie van vissoorten die vanuit de Voordelta of de Oosterschelde het Grevelingenmeer intrekken. Zolang de minimale abundantie van een vissoort echter groter is dan 0,038 n/ha heeft de sterfte geen effect op het voorkomen van deze vissoort in de deelmaatlaten van soortensamenstelling. Het gevolg hiervan is dat een relatief hoog sterftepercentage (50%) slechts een klein effect heeft op de deelmaatlaten van soortensamenstelling.

Indien geen van de vissen de passage door de Flakkeese spuisluis en het doorlaatmiddel overleeft, leidt dit tot een afname van de score op de deelmaatlaten van soortensamenstelling. Het effect is hierbij het grootst op de deelmaatlaten van zoetwatersoorten, mariene juveniele soorten en mariene seizoensgasten en bij de deelmaatlat van diadrome vissoorten. Dat het effect op de deelmaatlat voor estuariene soorten lager is, komt doordat een deel van deze soorten hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer kunnen voltooien.

Voor de eindscore van alle deelmaatlaten voor soortensamenstelling geldt dat de inzet van de Flakkeese spuisluis, zoals eerder aangegeven, geen effect heeft op de eindscore ook niet indien hierbij sprake is van vissterfte. Aangenomen wordt dat soorten via de Brouwerssluis blijven intrekken. Indien de Flakkeese spuisluis wordt ingezet in combinatie met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, dan is er bij beperkte vissterfte (tot minimaal 5%) geen effect op de eindscore.

5.3 Deelmaatlaten abundantie

In figuur 5.2 zijn de scores op de deelmaatlaten voor abundantie weergegeven. De scores op de verschillende deelmaatlaten zijn het resultaat van de relatieve abundantie (biomassa) van kenmerkende soorten. Bepalende soorten hierin zijn soorten met een relatief groot aandeel in de biomassa. Dit zijn de soorten paling (CA), de steenbolk, wijting schar, schol, tong, haring en sprat (MJ+MS) en het dikkopje en brakwatergrondel (ER).

De inzet van de Flakkeese spuisluis heeft tot gevolg dat het aandeel van de diadrome soorten licht daalt. Dit komt voornamelijk door transport van paling naar de Oosterschelde, terwijl de influx van paling vanuit de Oosterschelde laag is (waarschijnlijk is dit een onderschatting van het werkelijk aanwezige bestand). Het aandeel van de estuarien residente soorten en de zoetwatersoorten neemt toe als gevolg van de inzet van de Flakkeese spuisluis. Deels is dit ook het gevolg van de relatieve afname van diadrome soorten en de afname van de mariene juvenielen/seizoensgasten haring en sprat. Het relatieve aandeel van deze laatste groep (MJ+MS) blijft echter vrijwel gelijk. Het gevolg van

bovenstaande veranderingen is een lichte toename in de gezamenlijke eindscore voor de deelmaatlaten van abundantie.

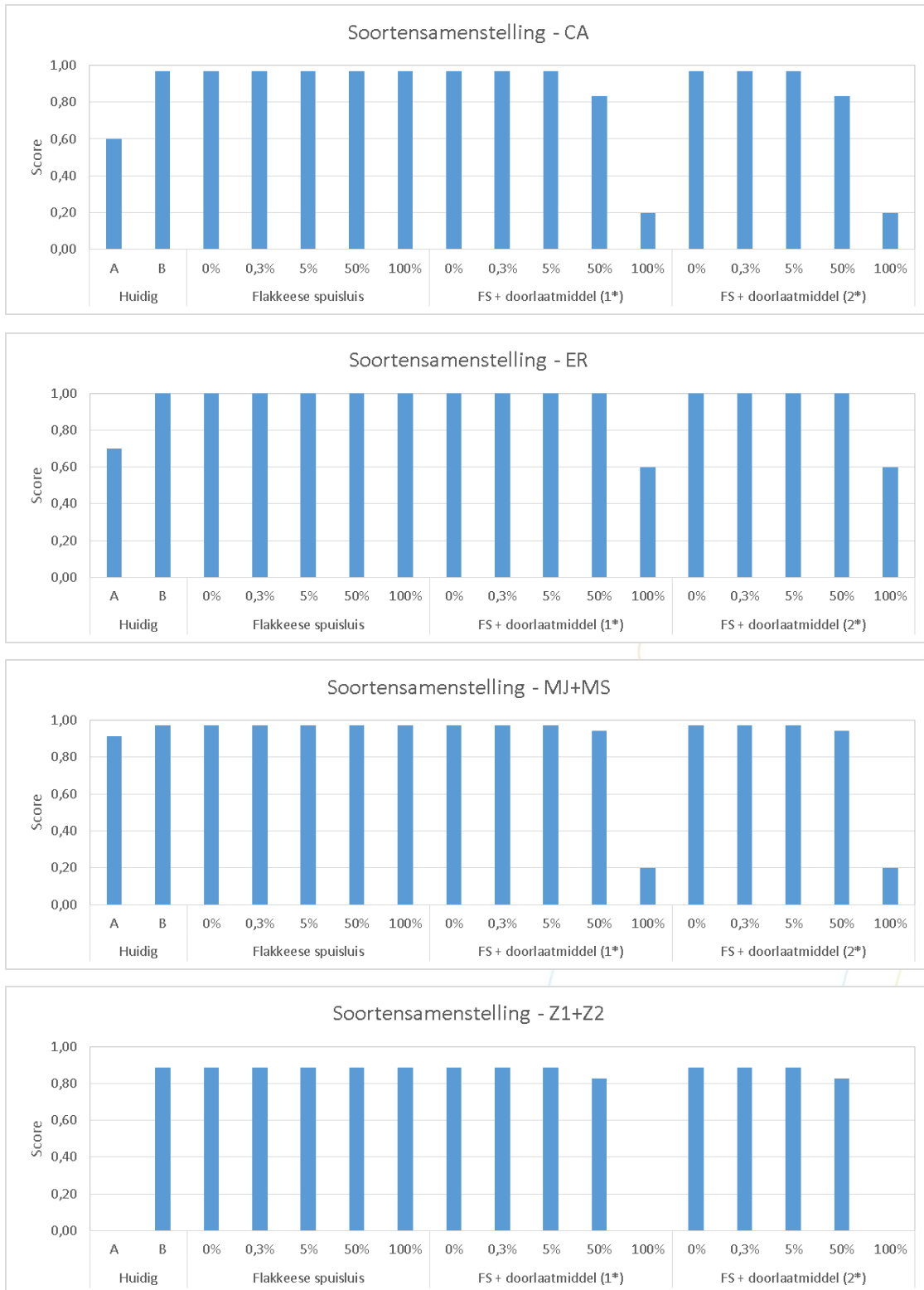
Sterfte van vis tijdens passage door de Flakkeese spuisluis heeft in eerste instantie geen effect op de gezamenlijke eindscore voor de deelmaatlaten van abundantie. Op een gegeven moment is er echter sprake van een afname van de relatieve abundantie van estuarien residente soorten, welke leidt tot een afname van de eindscore. Bij een sterfte van 100% geldt dat er enkel vis via de hevels verdwijnt en er geen influx van vis is uit de Oosterschelde. Het eindoordeel op de deelmaatlaten van abundantie is in dat geval gelijk aan de huidige score, de relatieve abundantie van de verschillende vissoorten veranderd immers niet.

Wanneer de Flakkeese spuisluis in combinatie met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam wordt ingezet, leidt dit tot een lichte toename in het eindoordeel van de verschillende deelmaatlaten voor abundantie. Deze toename is vooral te danken aan een hogere relatieve abundantie van estuarien residente soorten. Sterfte van vis tijdens passage door de Flakkeese spuisluis en het doorlaatmiddel in de Brouwersdam leiden in eerste instantie tot een toename van het gezamenlijke eindoordeel. Dit wordt veroorzaakt doordat veel estuarien residente soorten hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer kunnen volbrengen en hierdoor een groter relatief aandeel in het visbestand krijgen. Voor de diadrome en mariene juvenielen en mariene seizoensgasten geldt dat het relatieve aandeel bij een beperkte sterfte (absolute afname) nog steeds hoog genoeg om vrijwel geen effect op de maatlatbeoordeling te hebben. Een sterfte van 100% tijdens passage leidt echter tot een sterke afname van het relatieve aandeel van diadrome soorten. Dit heeft tot gevolg dat het relatieve aandeel van estuarien residente soorten toeneemt. Voor de mariene juvenielen en mariene seizoensgasten is het effect kleiner. Dit komt doordat de (grote) koornaarvis zich kan handhaven in het Grevelingenmeer.

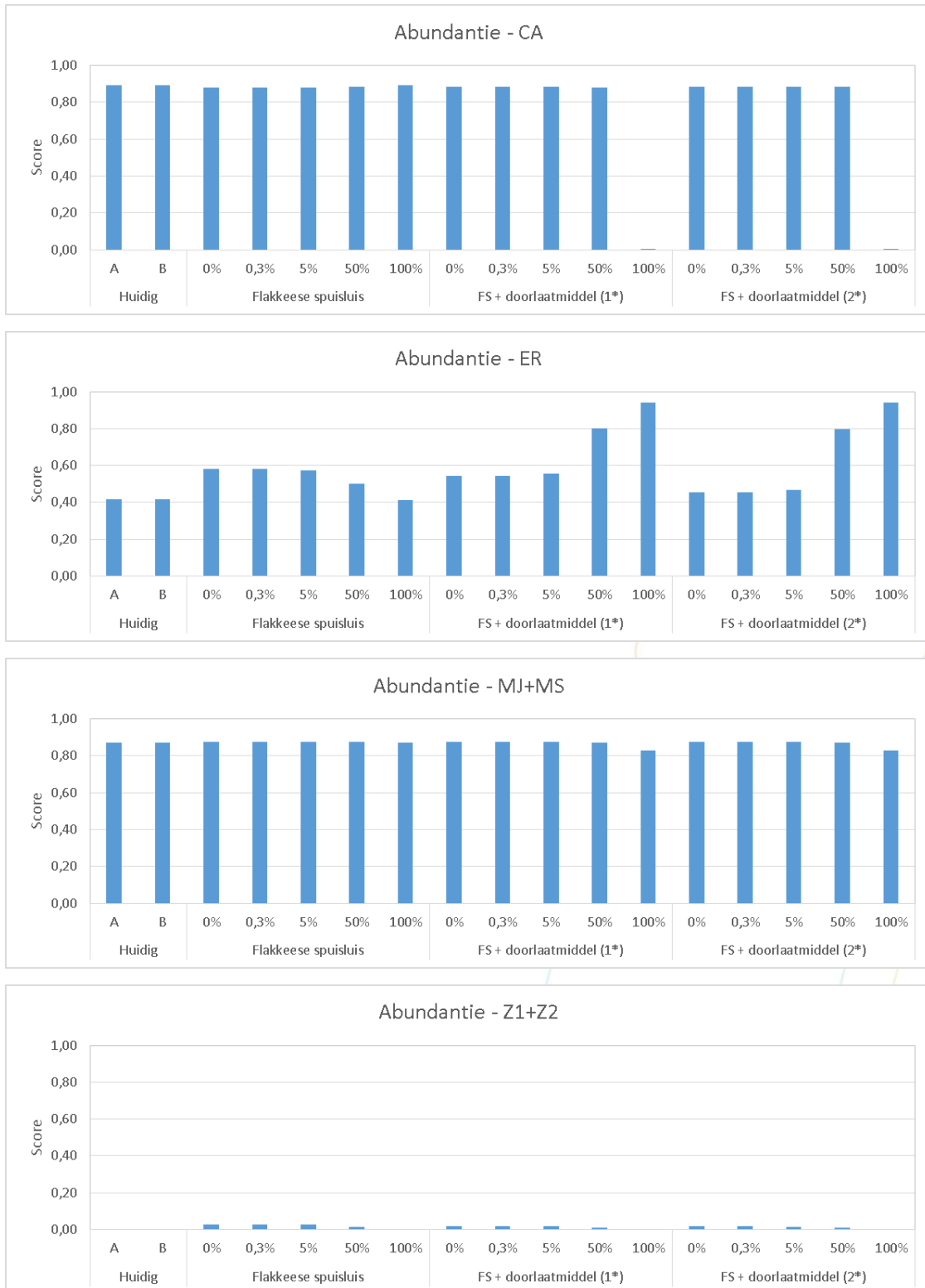
5.4 Eindscore

De uiteindelijke eindscore van de maatlatbeoordelingen bij de verschillende scenario's zijn weergegeven in figuur 5.3. De inzet van de Flakkeese spuisluis heeft tot gevolg dat de visstand een hogere score behaalt op de bijbehorende maatlat voor wateren van het type M32 (toename van circa 0,02 punten ten opzichte van de huidige score). Sterfte tijdens passage leidt tot een afname van de eindscore tot deze het oorspronkelijke niveau bereikt (huidige score). Op basis van de minieme verschillen kan worden gesteld dat de inzet van de Flakkeese spuisluis en eventueel optredende sterfte hierbij, geen effect heeft op de beoordeling van de visstand.

De inzet van de Flakkeese spuisluis in combinatie met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam leidt tot een lichte stijging van de eindscore (toename is minder dan 0,02 punten ten opzichte van de huidige score). Hoewel sterfte tijdens passage wel invloed heeft op de aanwezige visstand, is er zelfs bij een sterfte van 50% vrijwel geen effect op het eindoordeel waar te nemen (toename van 0,05 ten opzichte van de huidige score). De reden hiervoor zijn de klassengrenzen zoals deze voor de maatlat worden gehanteerd (Molen *et al.*, 2012) en het feit dat de abundantie wordt bepaald op basis van de relatieve abundantie (biomassa) van kenmerkende soorten. Bij een optredende sterfte van 100% is er echter wel sprake van een afname in het eindoordeel (-0,05 ten opzichte van de huidige score), onder andere door het ontbreken van kenmerkende soorten en/of een lage abundantie van deze soorten.



Figuur 5.1. Score deelmaatlaten soortensamenstelling. Bij huidige visstand is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens (A), evenals gegevens waarbij deze zijn aangevuld met de soorten zoals deze op de Oosterschelde voorkomen (B). Bij 1 is uitgegaan van een toename van alle vissoorten met 30% a.g.v. het vergrote doorlaatmiddel, bij 2 is uitgegaan van een toename van 30% van de standvissen en een toename van 60% van de vissen die niet hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer verblijven.



Figuur 5.2. Score deelmaatlaten abundantie. Bij huidige visstand is onderscheid gemaakt in twee bestanden (A en B) t.b.v. de deelmaatlaten soortensamenstelling. Bij 1 is uitgegaan van een toename van alle vissoorten met 30% a.g.v. het vergrote doorlaatmiddel, bij 2 is uitgegaan van een toename van 30% van de standvissen en een toename van 60% van de vissen die niet hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer verblijven.



Figuur 5.3. Score soortensamenstelling en abundantie alle deelmaatlatten en eindscore. Bij huidige visstand is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens (A), evenals gegevens waarbij deze zijn aangevuld met de soorten zoals deze op de Oosterschelde voorkomen (B). Bij 1 is uitgegaan van een toename van alle vissoorten met 30% a.g.v. het vergrote doorlaatmiddel, bij 2 is uitgegaan van een toename van 30% van de standvissen en een toename van 60% van de vissen die niet hun gehele levenscyclus in het Grevelingenmeer verblijven.

6 TOELAATBARE STERFTE/SCHADE NORM

6.1 Algemeen

Met betrekking tot eventuele sterfte van vis bij passage door de Flakkeese spuisluis en het doorlaatmiddel in de Brouwersdam geldt dat deze geen of een nihil effect mag hebben op de beoordeling voor de Kaderrichtlijn Water en voldoet aan de eisen van de beleidsregel watervergunning waterkrachtcentrales in Rijkswateren of daar gemotiveerd van afwijkt.

6.2 Sterftenorm beleidsregel watervergunningverlening waterkrachtcentrales in Rijkswateren

De sterftenorm zoals deze geldt in de beleidsregel bedraagt voor het Grevelingenmeer 0,1%. Doel van deze sterftenorm is het in standhouden van populaties van vissoorten. Specifiek voor het Grevelingenmeer is in het rapport van fase 1 (Vriese & Hop, 2015a) aangegeven dat voor de zoetwatersoorten een sterftenorm niet relevant is. De reden hiervoor is het hoge zoutgehalte van het Grevelingenmeer, welke ook bij toekomstige scenario's in stand wordt gehouden. De beperkte mogelijkheden voor zoetwatersoorten blijken ook uit de maatlatbeoordelingen zoals deze in voorgaand hoofdstuk zijn gepresenteerd.

Voor de algemeen voorkomende zoutwatersoorten, die ook in de Voordelta en de Noordzee in grote aantallen voorkomen, wordt het niet noodzakelijk geacht om een strenge sterftenorm te hanteren. Hoewel het Grevelingenmeer een geschikt habitat kan vormen tijdens diverse levensstadia van deze soorten, is het voortbestaan van de populaties niet afhankelijk van de toegang tot het Grevelingenmeer. Gesteld kan worden dat de populaties van deze soorten niet afhankelijk zijn van het Grevelingenmeer, maar dat de visstand in het Grevelingenmeer wel afhankelijk is van deze soorten.

Als sterftenorm voor bovenstaande algemene vissoorten kan aangesloten worden bij de benaderingswijze van overige vissoorten zoals deze is beschreven in de beleidsregel watervergunning verlening waterkrachtcentrales in Rijkswateren en de achterliggende rapportage (Vriese *et al.*, 2013) en de aanpak bij de beoordelingssystematiek koelwateronttrekking (Vriese *et al.*, 2014). Voor dergelijke vissoorten wordt een generieke norm van 10% sterfte/schade gehanteerd, waarbij de populaties niet onverantwoord onder druk staan. Overigens kunnen schommelingen van 10% in vispopulaties, met de huidige monitoring, nauwelijks worden vastgesteld.

Voor een aantal vissoorten is een strengere norm mogelijk wel op zijn plaats, zoals beschreven in Vriese & Hop (2015a). Het betreft hierbij de volgende soorten, waarvan in bijlage 1 de life history is weergegeven:

- Europese aal;
- Atlantische steur;
- Atlantische zalm;
- Bot;
- Driedoornige stekelbaars;
- Elft;
- Fint;
- Houting;
- Rivierprik;
- Spiering;
- Zeeforel;
- Zeeprik.

Bovenstaande soorten zijn zogenaamde diadrome soorten die op enig moment in hun levenscyclus migreren tussen zoet en zout water en omgekeerd. Soorten als de Atlantische steur, Atlantische zalm, elft, fint, houting, rivierprik, spiering, zeeforel en zeeprik zijn voor hun voortplanting volledig afhankelijk van habitats in het zoete water. Wanneer deze het volwassen stadium hebben bereikt, wordt de migratie naar het zoete water ingezet om tot voortplanting te komen. Deze migratie vindt plaats vanaf zee, door het estuarium in de richting van de rivier. Cruciaal hierbij is de instroom van zoet rivierwater, waarbij de oriëntatie van de vissen onder andere kan plaatsvinden op basis van verschillen in zoutgehalte, de vorm van de kustlijn, verschillen in diepte, de aanwezigheid van feromonen en uitscheidingsproducten (bijvoorbeeld galzuren bij prikken) in het water of de samenstelling van het (rivier)water. De migratie van deze vissoorten is in hoge mate gericht op het estuarium en de daarachter liggende rivier(en).

Zoals eerder aangegeven is het Grevelingenmeer in de huidige situatie een groot zout meer zonder getijverschil en is het Grevelingenmeer in de toekomst te karakteriseren als een groot zout meer met een beperkt getijverschil. De noodzakelijke instroom van zoet water, zoals deze in een estuarium wel aanwezig is, ontbreekt in het Grevelingenmeer. Er is slechts sprake van een beperkte instroom van polderwater. Door het ontbreken van de instroom van zoet water heeft het Grevelingenmeer feitelijk geen aantrekkende werking op bovengenoemde soorten. Hiervoor ontbreekt de noodzakelijke zoet-zout gradiënt. Doordat het Grevelingenmeer geen onderdeel uitmaakt van de route die bovenstaande vissen afleggen binnen hun migratie naar het zoete water berust de aanwezigheid van deze soorten slechts op vissen die toevallig in kleine aantallen via de doorlaatmiddelen in het Grevelingenmeer terecht komen. De resultaten van de uitgevoerde visstandonderzoeken op het Grevelingenmeer ondersteunen dit door de beperkte aanwezigheid of afwezigheid van deze soorten.

Doordat van bovenstaande soorten slechts een minieme fractie van de totale populatie mogelijk in het Grevelingenmeer terecht kan komen zal dit geen effect hebben op de populatie als geheel. Een sterftenorm van 10%, zoals deze ook voor algemeen voorkomende soorten geldt, zal in dit geval afdoende zijn.

Voor de soorten paling (glasaal), bot(larven) en driedoornige stekelbaars geldt dat deze zich middels selectief getijdentransport naar kust verplaatsen. Bij opkomend water bevinden deze vissen zich in de waterkolom en laten zich met de vloedstroom mee stromen in de richting van de kust. Bij afgaand water houden deze vissen zich op tegen de waterbodem om pas bij de volgende vloedstroom verder te trekken. De kans dat deze vissen het Grevelingenmeer intrekken is hierdoor groter dan voor de vissoorten die actief en gericht migreren in de richting van het zoete water. Soorten als bot en driedoornige stekelbaars zijn vrij algemeen voorkomende soorten. Van deze soorten kan, overeenkomstig de overige algemeen voorkomende soorten, gesteld worden dat een generieke norm van 10% ook voor deze soorten afdoende is.

De paling is echter een soort die specifieke bescherming geniet, in het bijzonder de uittrekkende schieraal. Voor de uitwerking van het decentraal aalbeheer dient 40% van de oorspronkelijke biomassa aan schieraal vrij uit te trekken naar zee, conform het Nederlandse Aalbeheerplan. Doordat de instroom van zoet water in het Grevelingenmeer (vrijwel) ontbreekt, is het aannemelijk dat het Grevelingenmeer voornamelijk een functie vervult als opgroeigebied van paling en niet zo zeer als migratieroute. Dit betekent dat de uittrekkende schieraal voornamelijk opgroeit in het Grevelingenmeer en slechts beperkt in aangesloten gebieden. Ter illustratie, in de periode van september tot en met november 2012 werden er tijdens het project "Paling over de Dijk" in totaal slechts 47 schieralen gevangen bij de gemalen Den Osse en Dreischor.

Met betrekking tot de oorspronkelijke biomassa van (schier)aal is het de vraag op welke periode teruggerepen dient te worden. Dit als gevolg van de veranderingen die door ingrijpen van de mens hebben plaatsgevonden en een effect hebben gehad op de ontwikkeling van de visstand. Met betrekking tot het bestand aan paling geldt dat er door de beroepsvisserij tot 1997 grote hoeveelheden glas- en pootaal werden uitgezet op het Grevelingenmeer (Witteveen+Bos, 2014). Sindsdien is er, voor zover bekend, geen glas- en pootaal meer uitgezet als gevolg van de hoge prijzen en de verwachting dat de (jaarrond) openstaande sluizen voor meer intrek van glasaal zouden zorgen. In hoeverre op het moment sprake is van intrek van glasaal is niet bekend. In Nienhuis (1985) wordt aangegeven dat er in het verleden nauwelijks sprake was van intrek van glasaal via de Brouwerssluis.

In Witteveen+Bos (2014) is middels een model met diverse aannames een inschatting gemaakt van de jaarlijkse productie van schieraal in het Grevelingenmeer en de oorspronkelijke biomassa aan schieraal. Hoewel de absolute aantallen op basis van de gekozen parameters (aannames) kunnen variëren en kunnen afwijken van de bestanden zoals in dit rapport weergegeven, is vooral de verhouding tussen de oorspronkelijke biomassa (productie) van schieraal en de uittrek hiervan van belang. In het rapport wordt aangegeven dat, voor de periode 2002-2007, 43% van de oorspronkelijke biomassa aan schieraal vrijelijk weet uit te trekken. Om in die situatie een uittrek van ten minste 40% van de oorspronkelijke situatie te handhaven, dient de optredende sterfte tijdens passage door de turbines van de getijdecentrale kleiner dan 7% ($1 - (40/43)$) te zijn, teneinde te voldoen aan de vereisten in het Nederlands Aalbeheerplan.

Gezien de grote dimensies van de turbines in de getijdecentrale, de geringe afmetingen van de glasaal, de relatief kalme stroming, het lage toerental, het ontbreken van drukverschillen is waarschijnlijk geen sterfte van glasaal te verwachten wanneer deze op het getij de turbines zou passeren. In de literatuur zijn hieromtrent geen bronnen gevonden die ingaan op glasaalsterfte als gevolg van getijdecentrales. Een specifieke norm hiervoor lijkt niet noodzakelijk.

6.3 Sterftenorm KRW

Uit de resultaten in voorgaand hoofdstuk is gebleken dat eventuele sterfte van vis bij passage door de Flakkeese Spuisluis geen (negatief) effect heeft op de eindscore en daarmee beoordeling van de toekomstige visstand in relatie tot de huidige visstand. Indien er geen sterfte is van vissen bij passage door de Flakkeese spuisluis leidt dit tot een licht positief effect op de eindscore, maar heeft dit in de huidige situatie geen effect op het eindoordeel (nihil verschil). Sterfte van vis tijdens passage leidt in het uiterste geval tot een eindscore en beoordeling zoals deze in de huidige situatie van toepassing is.

De inzet van de Flakkeese spuisluis in combinatie met het doorlaatmiddel in de Brouwersdam leidt, ondanks dat er aanzienlijke veranderingen in de visstand kunnen plaatsvinden, slechts tot een minieme toename van de eindscore voor het kwaliteitselement vis. Ondanks dat eventuele sterfte van vis bij passage door de spuisluis of het doorlaatmiddel een effect heeft op de visstand, is er zelfs bij een sterfte van 50% vrijwel geen effect op de eindscore waar te nemen. Er is pas een effect waarneembaar indien de abundantie van kenmerkende soorten dermate laag wordt dat deze tijdens de inventarisatie van de visstand niet meer worden aangetroffen of dat de relatieve abundantie van deze soorten te laag wordt. Aangezien er bij een sterfte van 50% nog geen effect op de beoordeling van de visstand is waar te nemen kan gesteld worden dat een aangepaste sterftenorm in het kader van de beoordeling van de visstand voor de KRW niet noodzakelijk is, waarmee aangesloten kan worden bij de 10% sterftenorm en 7% sterftenorm voor aal, zoals weergegeven in paragraaf 6.2

7 LITERATUUR

Bragt, P.H. van, onbekend. Biodiversiteit en waarom duiken in de Grevelingen ook leuk is. Samenvatting lezing over het onderwaterleven van de Grevelingen.

www.seamasters.be/bio/biodiversiteit.htm (geraadpleegd op 15-9-2015).

Beek, G.C.W. van & Waardenburg, H.W., 1994. Visintrek via Haringvlietspuihuizen bij vloedinlaat (onderdeel bij totale rapportage Haringvlietsluizenexperiment). Rapport nr. 94.19. Bureau Waardenburg bv, Culemborg. In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland.

Didderen, K., Lengkeek, W. & Bouma, S., 2013. De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III. Onderzoek naar effecten van zuurstofloosheid, zomer 2013. Rapport nr 13-147. Bureau Waardenburg bv, Culemborg. I.o.v. Rijkswaterstaat Zeeland.

Doornbos, G., Twisk, F., Bogaards, R.H., 1986. Kwantificering van vissen. ZOWEC III, eindrapport Nota: Z 86 III 5: In: Linden, P.R.A. van der, 2006.

Haas, H., P. van der Linden & H. Holzhauer, 2006. Flakkeese Spuisluis in ere hersteld. Studie naar de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis op het Grevelingenmeer. RIKZ rapport 2006.022. December 2006.

Hop, J., Vriese, F.T., Quak, J. & Breukelaar, A.W., 2011. Visstand Haringvliet en Kier. Rapport 20110243. ATKb, Geldermalsen. I.o.v. Rijkswaterstaat Zuid-Holland.

Jager, Z., 2012. Technical evaluation of the Water Framework Directive Fish Index and Fish Monitoring of Transitional Water. Rapportnr. 4500200516,2012. ZiltWater Advies. I.o.v. RWS Waterdienst.

Kessel, N. van, Dorenbosch, M., Spikmans, F., Kranenburg, J. & Crombaghs, B., 2008. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2007-2008. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.

Maessen, M., 2015. Onderzoek waterkwaliteit Flakkeese Spuisluis. Inzicht in de effecten op de waterkwaliteit na ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis. Projectnummer 338734. Referentienummer GM-0151683. Grontmij, Velp.

Meijer, A.J.M., 1995. Bestandsopname visfauna Grevelingenmeer augustus/september 1994. In: Linden, P.R.A. van der, 2006.

Molen, D.T. van der, Pot, R., Evers, C.H.M. & Nieuwerburgh, L.L.J. van, 2012. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapportnummer 2012-31. Uitgave STOWA, Amersfoort.

Nienhuis, P.H. (samenstelling), 1985. Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek Yerseke. ISBN 90 70157 63 2.

Nolte, A.J. & Spiteri, C., 2011. Effect van herintroductie van getij op waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Scenarioberekeningen ten behoeve van de MIRT-Verkenning. Kenmerk 1201650-000-ZKS-0033. I.o.v. Natuur- en recreatieschap De Grevelingen.

Nolte, A. J., C. J. Sprengers en J. A. G. Van Gils (2013) Samenhang in de Zuidwestelijke Delta: Integrale beschouwing en kwantificering van estuariene dynamiek. Deltares, Rapport nummer: 1208082-000-ZKS-0008. In: Wijsman *et al.*, 2014.

Onbekend, 2013. Evaluatierapport pilotproject "Paling over de Dijk, regio Zeeland". Apesca en Costa, in opdracht van stichting DUPAN.

Projectgroep Grevelingen zout/zoet, 1982. Keuze zout of zoet Grevelingenmeer. I.o.v. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren.

Vaas, K.F., 1978. Veranderingen in de visfauna van de Grevelingen tussen de jaren 1960 en 1976. In: Linden, P.R.A. van der, 2006.

Vries, I., de, Sprengers, C., Nolte, A.J., Stengs, B., Weiler, O., en Jongeling, T.H.G., 2013 Verwachte waterkwaliteit in een verbonden en zout Grevelingen - Volkerak-Zoommeer met getij. Resultaten van 1D en 3D modellering. Deltares, Rapport nummer: 1207783-000-VEB-0011. In: Wijsman *et al.*, 2014.

Vriese, F.T., M.C.M. Bruijs & A. bij de Vaate, 2009. Ecologische effecten van onttrekking van (koel-) water op vis: aanzet tot een handreiking. Nieuwegein. Projectnummer VA2009_38. 58 p. en bijlagen.

Vriese, F.T., 2011. Beoordelingssystematiek koelwateronttrekkingen. Rapport 20100951/002. ATKB, Geldermalsen. I.o.v. DHV, Maastricht.

Vriese, F.T., Hop, J. & Boerkamp, A.H.M., 2014. Ecologische beoordelingsmethodiek koelwateronttrekking. Rapport 20140035/01. ATKB Geldermalsen. I.o.v. Rijkswaterstaat WVL.

Vriese, F.T. & Hop, J., 2015a. Door getijdenturbines toelaatbare vissterfte in het Grevelingenmeer Fase 1. Rapport 20141067/01. ATKB, Geldermalsen. I.o.v. Rijkswaterstaat Zee & Delta.

Vriese, F.T. & Hop, J., 2015b. Door getijdenturbines toelaatbare vissterfte in het Grevelingenmeer Fase 1a – effect van de Flakkeese spuissluis. Rapport 20141067/02. ATKB, Geldermalsen. I.o.v. Rijkswaterstaat Zee & Delta.

Vriese, F.T., Hop, J. & Bruijne, W. de, 2015c. Eindrapport testfase project visvriendelijk sluisbeheer Afsluitdijk en Houtribdijk. ARCADIS NEDERLAND BV & ATKB Geldermalsen. I.o.v. Rijkswaterstaat Midden Nederland.

Wetsteijn, L.P.M.J., 2010. Actualisatie bekkenrapport Grevelingenmeer. Concept, 13 augustus 2010. Uitgave RWS Waterdienst.

Wijsman, J.W.M., Goudswaard, P.C., Kotterman, M.J.J. & Smaal, A.C.S., 2014. Quick scan: effecten zout getij Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer op visserij en aquacultuur. IMARES Wageningen UR. Rapport C013/14. I.o.v. RWS Zee en Delta & Dienst Landelijk Gebied.

Winter, H.W., A.B. Griffioen & O.A. van Keeken, 2014. De Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zout-zout overgangen. Rapport C035/14. IMARES Wageningen UR. IJmuiden.

Witteveen+Bos, 2012. MIRT Verkenning Grevelingen. Milieueffectrapport. Witteveen & Bos. In: Wijsman *et al.*, 2014)

Witteveen+Bos, 2014. Duurzaam aalbeheer op basis van balansberekingingen, deelrapport aalvisserij. Rapport WG85-1/14-008.913. I.o.v. Stichting Dupan.

Wolfshaar, K.E. van de , Tien, N., Griffioen, A.B., Winter, H.V. & Graaf, M. de, 2015. Evaluation of the Dutch Eel Management Plan 2015: status of the eel population in the periods 2005-2007, 2008-2010 and 2011-2013. Rapport C078/15. IMARES Wageningen UR, IJmuiden. I.o.v. Ministerie van Economische Zaken.



ATKB kan u tevens van dienst zijn met:

BODEM

- Verkennend en nader (asbest) bodemonderzoek
- Partijkeuringen grond, bagger en niet vormgegeven bouwstof
- Opstellen saneringsplannen, bestekken conventionele en in-situ landbodemsaneringen
- Begeleiding, evaluatie van conventionele en in-situ landbodemsanering
- Non destructief bodemonderzoek (grondradar)
- Second opinions
- Monitorings- en nazorgplannen
- Juridisch advies bodemzaken
- Beleidsondersteuning
- Civieltechnisch onderzoek naar asfalt, zand en klei
- Coördinatie archeologisch onderzoek
- Coördinatie asbestonderzoek gebouwen

ECOLOGIE

- Soortgericht onderzoek (o.a. vleermuizen, amfibieën, vogels)
- Toetsingen aan natuurwetgeving
- Ecologisch werkprotocol en begeleiding
- Vegetatiekarteringen
- Hydrobiologisch onderzoek
- Waterplantenonderzoek en ecoscans
- Visstandbemonstering
- Vismigratieonderzoek (vistelemetrie, pit-tag)
- Actief Biologisch Beheer
- Visserijmanagement
- Visbeheerplannen
- Beleidsstudies, beheerplannen en adviezen
- BREEAM-NL (gecertificeerd duurzaam bouwen)
- BREEAM-NL PLUS (duurzaamheid en milieuvergunning)

WATER & RUIMTE

- Kwalitatief en kwantitatief waterbodemonderzoek
- Baggerplan en werkplan baggerwerk
- Directievoering, toezicht en begeleiding baggerwerken
- Inrichting en beheer grondwatermeetnetten
- Grondwatermonitoring (grondwaterstand en -kwaliteit)
- Onderzoek en monitoring oppervlaktewaterkwaliteit
- Watervraagstukken
- Coördinatie/opstellen bemalingsplannen
- Watertoetsen en waterparagrafen
- Meldingen en vergunningen
- Coördinatie/opstellen ruimtelijke onderbouwing
- Saneringsplan en bestek waterbodemsanering
- Begeleiding en evaluatie van waterbodemsanering
- BREEAM-NL (gecertificeerd duurzaam bouwen en gebiedsontwikkeling)
- BREEAM-NL PLUS (duurzaamheid en milieuvergunning)

BIJLAGE 1



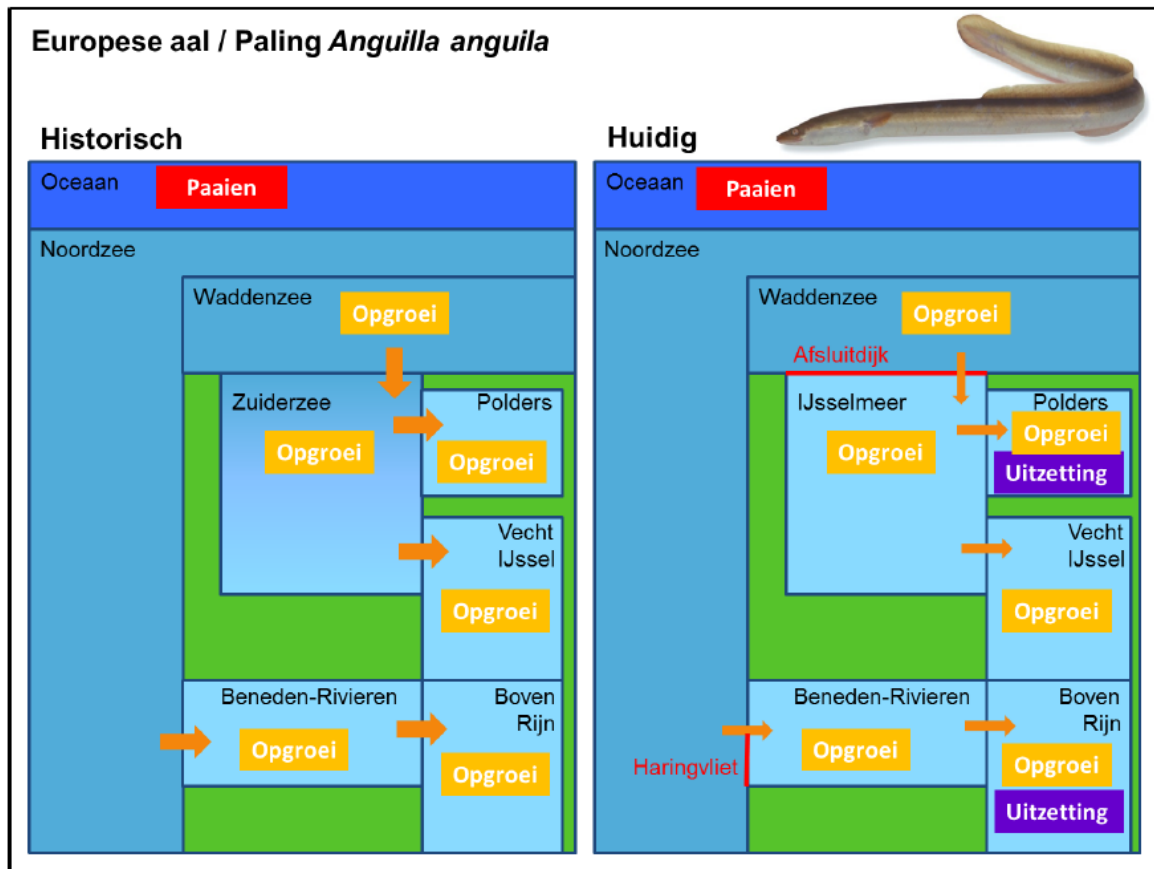
Bijlage 1: Life history relevante vissoorten

Het betreft de volgende vissoorten:

- Europese aal;
- Atlantische steur;
- Atlantische zalm;
- Bot;
- Driedoornige stekelbaars;
- Elft;
- Fint;
- Houting;
- Rivierprik;
- Spiering;
- Zeeforel;
- Zeeprik.

De onderstaande informatie en figuren zijn (deels na bewerking) overgenomen uit Winter *et al.* (2014), met toestemming van de opdrachtgever voor dat onderzoek en toestemming van IMARES.

Europese aal (*Anguilla anguilla*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst			
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Europese aal	<i>Anguilla anguilla</i>	Katadroom	Juveniel												

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	F _y	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
europese aal	<i>Anguilla anguilla</i>	3-5	0.5	16	7	16	15	20	8.8	7	8	8	0.2	0.8	0.4

Figuur 1.1 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

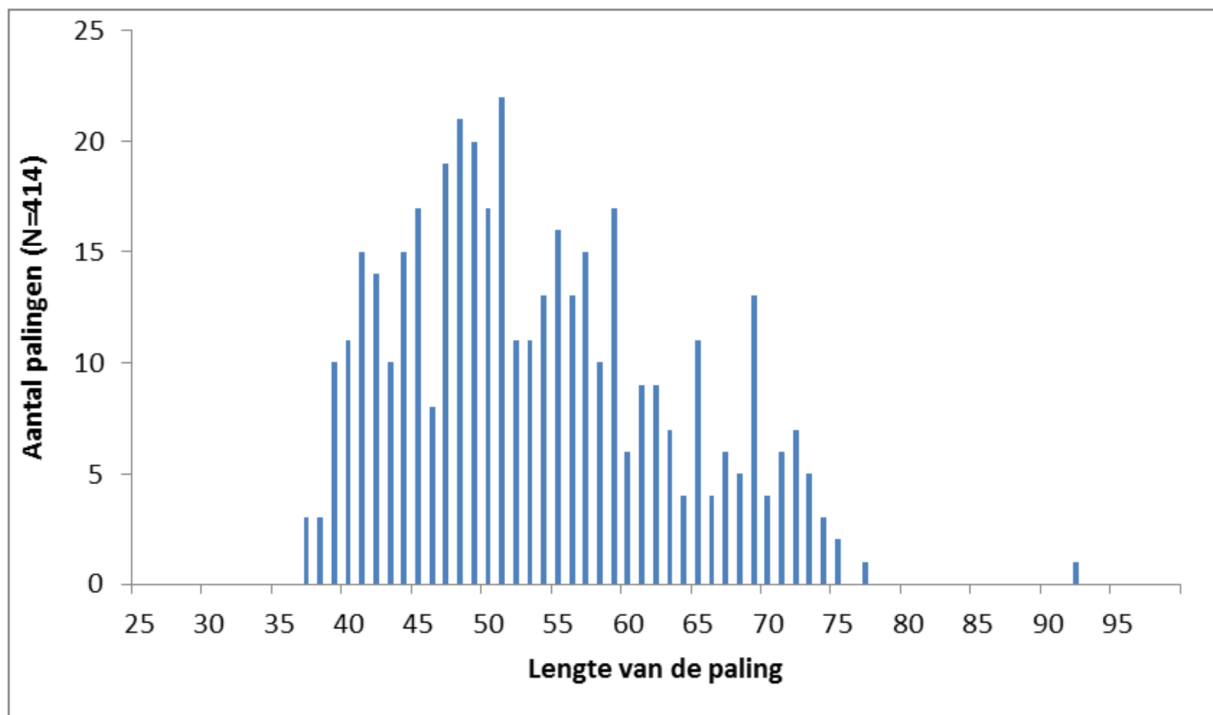
Ecologische schets van de soort

De Europese aal is een katadrome soort die vanuit zee het zoete water opzoekt om op te groeien. Aal plant zich waarschijnlijk voort in de Sargassozee en de Leptocephalus larven driften met de stroming mee naar het Europese continent en Noord-Afrika. De inmiddels tot glasaal uitgegroeide vissen trekken het zoete water binnen om op te groeien. Na het verblijf in het zoete water veranderen morfologische kenmerken van alen wederom (van 'rode aal' naar 'schieraal') en trekken ze naar zee om zich voort te planten. De aalpopulatie kent een sterke afname gedurende de afgelopen decennia (Dekker, 2004). Zo is de huidige intrek van glasaal slechts 1-5% van de intrek in de jaren 60-70 (Bierman & De Graaf, 2012). Verschillende factoren zijn mogelijk verantwoordelijk voor deze sterke afname zoals vervuiling, visserij, klimaatverandering, migratiebarrières en exotische parasieten (Wirth & Bernatchez, 2003; Feunteun, 2002; Dekker, 2004), maar het relatieve aandeel van elk van deze factoren is onbekend. Het aanbrengen van veel onnatuurlijke structuren in watersystemen heeft geleid

tot barrières die de migratie belemmeren of de sterfte tijdens de migratie verhogen, zoals dammen, stuwen, waterkrachtcentrales, gemalen en sluizen.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor aal is groot. Er zijn weliswaar ook opgroeiende alen bekend in zout (brak) water, zogenaamde 'buitenaal'. Dit geeft aan dat voor een deel van de alen de migratie naar zoet water niet noodzakelijk is. De bijdrage van het deel van de populatie dat in het zoute water opgroeit is onbekend, maar er wordt aangenomen dat dit relatief klein is en dat het grootste deel van de populatie afhankelijk is van de intrek in zoete wateren. Op het Grevelingenmeer is er van oudsher een visserij op aal (hokfuike en schietfuike). Momenteel zijn 7 bedrijven actief die tenminste gedeeltelijk vissen op aal. Hiervan hebben 6 bedrijven zich verenigd (Vereniging van beroepsvissers De Grevelingen) en vissen roulerend op de beste locaties. Het andere bedrijf vist op een eigen, vaste locatie. Om de schieraal tijdens hun trek vast te houden in het Grevelingenmeer werd de spuisluis aanvankelijk gesloten in het najaar zodat de beroepsvissers optimaal op de wegtrekkende schieraal konden vissen. Sinds 2006 is deze 30-dagenregeling (daarvoor 60-dagen regeling) opgeheven en staat de spuisluis vrijwel jaarrond open. Alleen tijdens slechte weersomstandigheden wordt de sluis gesloten. De huidige onderzoeken zijn niet geschikt om een beeld te krijgen van de intrek van glasaal in het Grevelingenmeer. Vanuit de beroepsvisserij zijn wel vangsten bekend. Er wordt gevestigd met relatief grote ringen (18 mm i.p.v. de wettelijk verplichte 13 mm) in de fuien waardoor de lengteopbouw van de aalvangst relatief grote dieren laat zien.



Figuur 1.2 De lengtefrequentieverdeling van paling in het Grevelingenmeer bepaald uit vangsten van meer dan 2 beroepsvissers (Wijsman *et al.*, 2014).

De visserij op het Grevelingenmeer richt zich in belangrijke mate op schieraal. In de periode 2002-2007 voldeed de visserij eigenlijk al aan de norm voor duurzame aalvisserij (uittrek van 40% van de aanwezige schieraal). Het is de verwachting dat de huidige visserij, door de nagenoeg permanente openstelling van de Brouwerssluis, in nog grotere mate voldoet aan de eisen voor duurzame visserij (minder schieraalvangst, minder rode aalvangst door beperking van de fuienvisserij als gevolg van kwalenplagen).

Timing van de migratie

In het verleden (tot 1997) werd er volop glasaal en pootaal uitgezet in het Grevelingenmeer. Sindsdien is er geen glas- of pootaal meer uitgezet in verband met de hoge prijzen voor glasaal. Daarnaast is de

verwachting dat de intrek via de openstaande sluizen nu voor meer aanwas zorgt dan de uitzettingen in het verleden. Jonge aal (glasaal) trekt voornamelijk in de maanden maart, april en mei de zoete wateren binnen, maar kunnen ook al in de maand februari worden gevonden afhankelijk van het weer. De intrek van glasaal vindt vooral 's nachts plaats. Glasaal zwemt het binnenwater in als de temperatuur boven 7 °C komt, is langs de kust aanwezig bij temperaturen van 4,5 °C (grootste aantallen bij 6-9 °C). Volwassen schieraal trekt richting zee voornamelijk in de maanden september-november, maar ze kunnen ook gedurende de andere maanden richting zee vertrekken. De laatste jaren lijkt er een tendens te bestaan dat de schieraaluittrek meer in december en januari plaatsvindt (en zelfs nog in de maanden daarna).

Migratiegedrag en oriëntatie

Glasaal die vanuit de paaiplaats in de Atlantische Oceaan naar het Europese continent drift, verspreid zich over met name het Europese continent, maar ook IJsland en Noord-Afrika. Hierbij spelen waterstromingen een grote rol. Daarnaast spelen ook geurstoffen een rol in de oriëntatie richting het zoete water, waarbij zij zich grotendeels verplaatsen door slim gebruik te maken van de getijcyclus. Hierbij lijkt, zeker op iets grotere afstanden, niet zozeer de zoet-zout gradiënt van belang, maar organische verbindingen die met het zoete water worden meegevoerd naar zee. Eén van de eersten die hier onderzoek naar heeft gedaan is (Creutzberg, 1959; 1961). Hij toonde aan dat zoet oppervlaktewater dat sterk verdund was met zeewater glasaal aantrok. Maar wanneer het zoete oppervlaktewater was gefilterd met kool en daarna sterk verdund met zeewater, verloor het z'n aantrekkingskracht op glasaal. Dit resultaat bleef hetzelfde onafhankelijk van verschillende zoutconcentraties. Hij concludeerde dat organische substanties in het oppervlaktewater verantwoordelijk moesten zijn voor de aantrekkingskracht op glasaal.

Omdat in keuze-experimenten rivierwater sterk wordt geprefereerd door glasaal boven estuarien water, wordt verondersteld dat natuurlijk zoet water organische geurstoffen bevat die werken als aantrekkende oriëntatieprikkel bij migrerende glasaal van zowel de Europese als Amerikaanse aal. Geurstoffen zijn hierbij van belang omdat glasaal waarbij het reukvermogen was uitgeschakeld niet in staat was onderscheid te maken tussen rivier- en bronwater. Omdat deze aalsoorten uit één panmictische populatie bestaan en vanuit de Atlantische oceaan en kustwateren langs het gehele Noord-Amerikaanse en Europese kustlijn voorkomen, wordt verondersteld dat herkenning van deze organische geurstoffen is aangeboren en dat deze geurstoffen universeel voorkomen in rivieren. Verschillende studies zijn uitgevoerd om te onderzoeken welke organische componenten of bronnen verantwoordelijk waren voor de aantrekkende werking van natuurlijk. Een combinatie van meerdere geurstoffen, waarbij bacteriële afbraak een belangrijke rol spelen, lijkt de meest waarschijnlijke reden voor de grote aantrekkingskracht van rivierwater. De relatieve concentraties van deze geurstoffen leiden glasaal niet alleen naar rivieren, maar maakt het wellicht ook mogelijk om onderscheid te maken in meer en minder productievere rivieren.

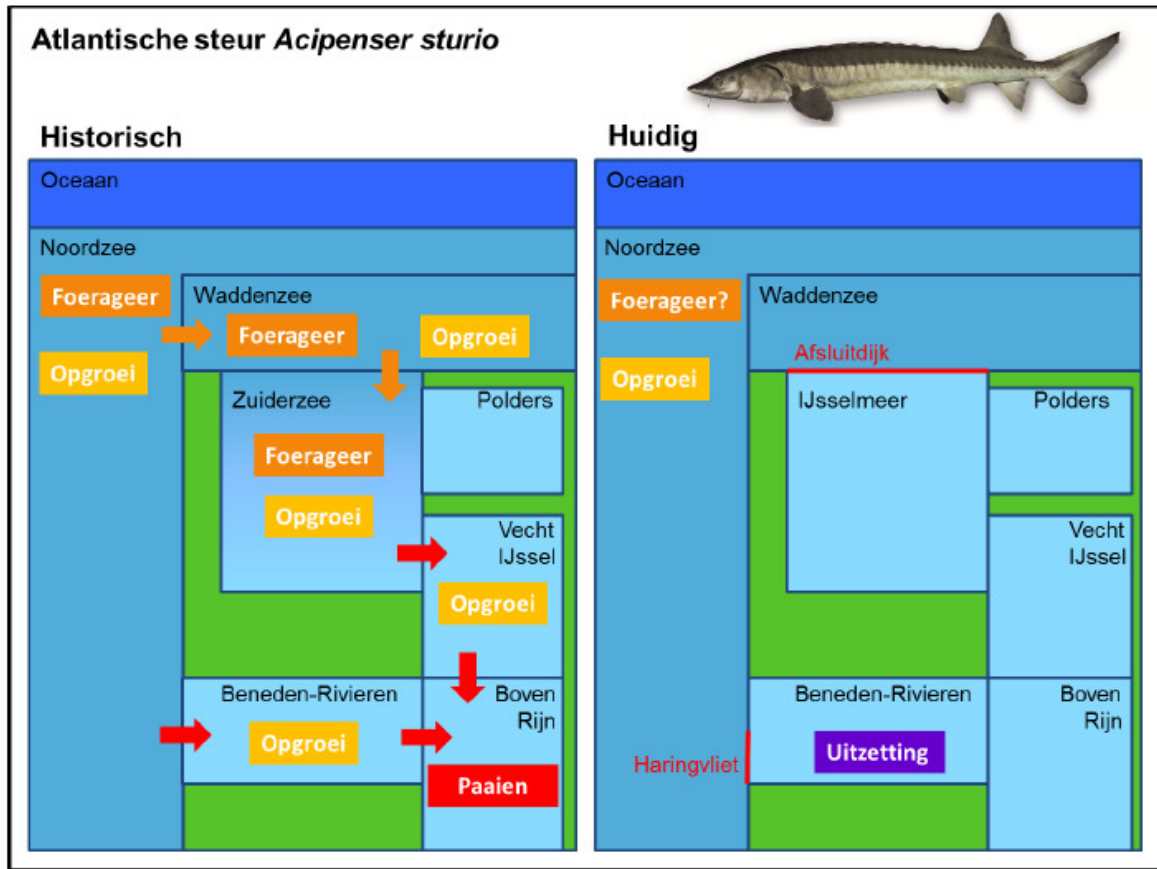
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

McCleave (1980) heeft sprintsnelheden van 0.25-0.50 m/s gemeten voor glasaal van 7 cm (wat redelijk overeenkomt met de gemiddelde sprintsnelheid geschat met Sprintfish van 0.4 m/s), waarbij snelheden tot 0.23 m/s gedurende 3 minuten konden worden volgehouden. Quak *et al.* (2012) schat de maximale kruissnelheid U_{crit} in op 0.2 m/s voor glasaal van 5-6.5 cm.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Glasalen gevangen in een estuarium met een saliniteit van 24‰ hadden een overleving van 100% bij een actuele overplaatsing naar zoet water. Dit duidt erop dat glasalen goed in staat zijn om snelle veranderingen van zout naar zoet aan te kunnen. Ook het voorkomen van palingpopulaties in kleine rivieren die geen estuarium hebben, zijn in lijn met dat zij in staat zouden moeten zijn om een 'harde overgang' tussen zoet-zout te kunnen passeren. Glasaal lijkt zich wel hormonaal te moeten prepareren op een overgang van zout naar zoet, en vroeg in het jaar arriverende glasaal kan wellicht minder goed een abrupte overgang maken dan later in het glasaal trekseizoen. Dat glasaal zich ophoopt in bepaalde gebieden in estuaria of bij zoet-zout barrières hoeft niet met aanpassing te maken te hebben, maar kan bijvoorbeeld ook een gevolg zijn van het lange tijd vertrouwen op selectief getijdetransport alvorens er wordt overgegaan tot actief tegen de stroming zwemmen.

Atlantische steur (*Acipenser sturio*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Atlantische steur	<i>Acipenser sturio</i>	Anadroom	(sub)adult											

Figuur 1.3 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen evenals de timing van de intrekperiode (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

De Atlantische steur is een anadrome vissoort. Volwassen steuren leven op zee en trekken in de zomer grote rivieren op om zich voort te planten. Steuren zijn relatief laat in hun leven geslachtsrijp (12-15 jaar). Subadulten (2-10 jaar) trekken jaarlijks naar en van het estuarium tussen april en september. De jongen leven de eerste twee jaren in de rivier (0-2 jaar) en migreren als subadult (2 – 10 jaar) jaarlijks tussen het estuarium en open zee. De mannetjes zijn geslachtsrijp na circa 12 jaar, de vrouwtjes na circa 15 jaar.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

De steur is sinds het midden van de jaren '50 van de vorige eeuw in Nederland uitgestorven. In het verleden werd de steur vaak aangetroffen in de Zuiderzee. Tegenwoordige vangsten van steur in Nederland betreffen vrijwel zonder uitzondering exotische steursoorten die waarschijnlijk vanuit de vijverhandel afkomstig zijn. In Europa is nog maar één restpopulatie over: de Gironde-populatie. De steur plant zich waarschijnlijk alleen nog voor in het Gironde-Garonne-Dordogne stroomgebied in Frankrijk.

De steur kwam van oorsprong voor op de Rijn. Verschillende anekdotische bronnen melden dat er een steurvisserij voor kwam op de IJssel, de IJsseldelta en de Zuiderzee. De Zuiderzee vormde

mogelijk een foerageergebied dat door de komst van de Afsluitdijk is verdwenen. De migratie via de route IJssel naar de Rijn is met de komst van de Afsluitdijk belemmerd. Optrek naar de eventuele paaigronden bovenstrooms in de Rijn is in het huidige water systeem ook mogelijk via de vrij optrekbare Nieuwe Waterweg en via de spuiscuizen in de Haringvlietdam die een belemmering voor de migratie vormen. Voor jonge steuren die tot twee jaar in het estuarium leven en jaarlijks tussen open zee en het estuarium trekken is een grote zoet-zout gradiënt essentieel in de levenscyclus van de soort. Deze estuariene gebieden zijn door de bouw van de Afsluitdijk verdwenen en beperkt tot het beneden rivierengebied, waar deze toen ook al sterk in areaal achteruit was gegaan. In historisch en recent onderzoek weergegeven in deelrapport 1 (Vriese & Hop, 2015) van dit onderzoek is de steur nooit waargenomen in het Grevelingenmeer. Niet uit te sluiten valt, dat dit in het verleden wel het geval is geweest.

Timing van migratie

De paai op de Rijn van de steur vond plaats tussen mei en augustus en volwassen dieren trokken vrij snel na de paai weer terug richting zee. In de Gironde vindt er een jaarlijkse migratie plaats tussen april en september, dit is een combinatie van subadulten die het estuarium intrekken en volwassen beesten die verder de rivier opzwellen.

Migratiegedrag en oriëntatie

Steuren kunnen enige maanden in een getijdegebied verblijven. Alleen de paarijpe dieren trekken verder de rivieren op naar de paaigronden. Observaties van technische werknemers van een waterkrachtcentrale in Roemenië gaven aan dat grote volwassen steuren van meer dan 10 individuen zich kunnen 'concentreren' voor een barrière op locaties waar de afvoer van bijvoorbeeld turbines is gelokaliseerd. Steuren migreren zowel overdag als in de nacht, waarbij ze overdag in Roemenië op een meter of 6 – 16 diepte zitten waar geen of nauwelijks licht aanwezig is.

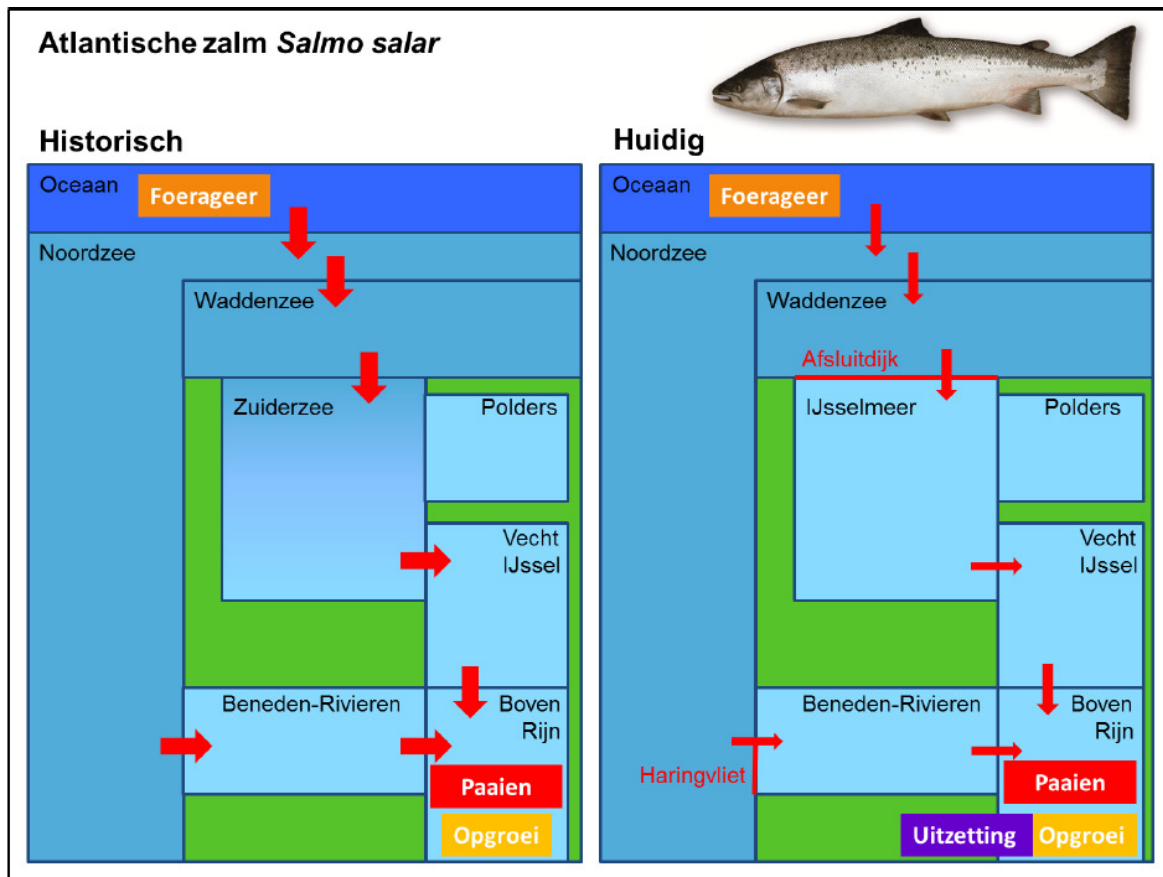
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Sprintfish is niet geschikt om de sprintcapaciteit van grote vissen te bepalen en is daarom ook niet geschikt voor steur. Andere steursoorten in Roemenië halen snelheden van tenminste 2 m/s. Quak *et al.* (2013) komen voor twee steursoorten op Ucrist van 1,2-1,4 lichaamslengtes/s voor *A. sinensis* en 1.6-1.9 lichaamslengtes/s voor *A. baerii*.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Over acclimatisatie tijdens intrek van steur is geen literatuur gevonden. Steuren gebruiken een zoet-zout overgang als opgroei en leefgebied met name in het juveniele en subadulte stadium. Uit de Zwarte Zee zijn 15 steuren voorzien van zenders (*A. gueldenstaedti* en *Huso huso*) en 300 km stroomopwaarts van de zee in de rivier de Donau vrijgelaten. Deze individuen trokken snel en waarschijnlijk zonder vertraging richting de zee. De noodzaak voor een acclimatisatie zone van stroomafwaarts migrerende steur lijkt hierdoor beperkt. Kanttekening hierbij is dat de Zwarte Zee minder zout is dan de Noordzee en dat het andere soorten betreft dan *Acipenser sturio*. Twee Noord-Amerikaanse studies naar *A. medirostris* en *A. oxyrinchus* geven aan dat juveniele steuren uit zoetwater bij geforceerde blootstelling aan scherpe zoutgradiënten, zich beter en sneller aanpasten naarmate ze ouder werden.

Atlantische zalm (*Salmo salar*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Atlantische zalm	<i>Salmo salar</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
atlantische zalm	<i>Salmo salar</i>	6-11	0.7	25	9	15	2	23	14.6	60	100	80	2.1	8.6	5.1

Figuur 1.4 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

De levenscyclus van de anadrome zalm begint bovenstrooms in de bovenlopen van rivieren, waar de eieren in snelstromende grindrivieren en –beken worden afgezet. Na een opgroefase van veelal één tot drie jaar trekken jonge zalm (lengte dan gemiddeld 15-20 cm, zogenaamde 'smolts') naar zee. Ze leven één tot enkele jaren op de Atlantische Oceaan. De volwassen zalm trekken naar hun geboorterivier terug en migreren in de zomer en het najaar om in de winter te kunnen paaien.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

De grote zalmopulatie die voorheen in het Rijnstroomgebied paaide, is in de eerste helft van de twintigste eeuw uitgestorven, vermoedelijk door een combinatie van overbevissing, slechte waterkwaliteit, verlies van paai- en opgroeihabitat door bijvoorbeeld grindwinning of een verhoogd slibgehalte en barrières op de trekroutes. In de jaren negentig is een herintroductieprogramma gestart, waarbij grote aantallen jonge zalm zijn uitgezet in Duitse en Franse zijrivieren. Na een duidelijke

toename in de aantallen volwassen zalmen die de Rijn optrekken zijn de aantallen nu wat gestabiliseerd. Er is momenteel nog geen sprake van een zichzelf in stand houdende populatie. De huidige bovenstroomse Rijn-populatie kent nog een te gering terugkeerpercentage van de wegtrekkende smolts, waardoor de instandhouding van de populatie momenteel nog afhankelijk is van uitzet van jonge zalm in de bovenstroomse delen van de Rijn. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor zalm is groot. Zalm plant zich voor in de bovenstroomse gedeelten van het Rijngebied en het van belang dat zee de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. Om de bovenstroomse Rijn te bereiken kunnen drie intrekroutes worden genomen: via de Afsluitdijk en de IJssel, via het Haringvliet of via de Nieuwe waterweg. De laatstgenoemde is momenteel de enige vrij optrekbare route naar het bovenstroomse deel van de Rijn. In historisch en recent onderzoek weergegeven in deelrapport 1 (Vriese & Hop, 2015) van dit onderzoek is de zalm een enkele keer waargenomen in het Grevelingenmeer.

Timing van migratie

Zalm trekt in het voorjaar, de zomer en het najaar het zoete water op. De telemetrische gegevens met verkregen met het NEDAP trail system® laten zien dat er voornamelijk intrek plaats vindt in de periode voorjaarsmaanden, begin zomer en gedurende het najaar. Gedurende de warmste maanden ligt de migratie op de rivieren en het riviersysteem in, stil. Historische gegevens van de zalmaanvoer bij Kralingse Veer (1870-1930) en de zalmaanvoer volgens de Jaarcijfers van de visserij (1921-1939) laten zien dat de timing van intrek toen verschilde van de huidige: in estuaria en benedenrivieren met name in juni-augustus, in voorjaar een toenemende intrek en lage aantallen in het najaar. Zalmen migreren voornamelijk overdag. Sommige studies geven aan dat zalmen met name in de nacht migreren, behalve ten tijde van grotere vloed periodes. Een studie in Amerika met andere soorten zalmen laat zien dat zalm zowel overdag als 's nachts migreert, maar dat zij voornamelijk bij hydraulisch complexere situaties en waar hogere predatierisico aanwezig zijn, overdag migreren omdat zij dan de omstandigheden met meerderde zintuigen kunnen waarnemen, waarbij oriëntatie op zicht zeker belangrijk lijkt.

Migratiegedrag en oriëntatie

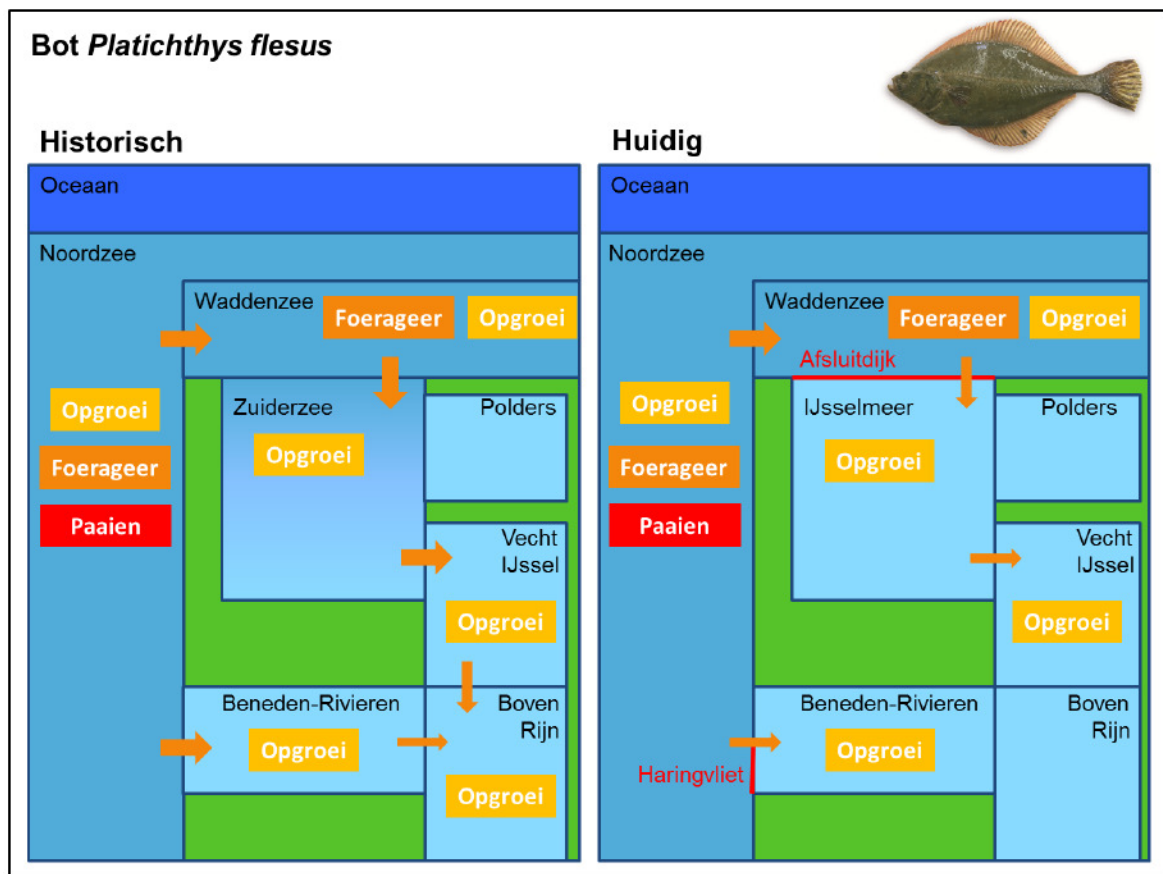
De meningen lopen uiteen hoe zalmen zich op grotere schaal kunnen en het is dan ook zeer waarschijnlijk dat er meerdere prikkels en of oriëntatie mechanismen gebruikt worden om de weg terug te vinden naar de geboorterivier. Deze verschillende oriëntatie prikkels zijn: aardmagnetisme, geurstoffen uitgescheiden door zalm smolts (jonge zalm), gebied specifieke geurstoffen waaronder humuszuren en waterstromingsrichting. Feit is dat zalmen op grotere schaal heel gericht op een estuarium afzwemmen. Eenmaal in een estuarium bewegen zij voor een groot deel met het getij mee, soms over de bodem tegen de stroom in of ze houden hun positie gedurende eb. Maar er is grote individuele variatie in het gedrag van zalm, gestuurd door lokale omstandigheden. Net buiten het estuarium lijken zij juist onafhankelijk van het getij te migreren. Zalmen kunnen grote vertraging oplopen bij structuren als dammen en andere barrières. Sommige zalmen bleven hierbij dicht bij de barrière, wachtend op de juiste omstandigheden om verder te trekken. Ook hier is individueel gedrag sterk afhankelijk van de timing en de afvoer van de rivier. Een deel van deze wachtende zalmen leek zich wel aangetrokken te voelen door een zoete lokstroom uit de vispassage, maar er was uiteindelijk maar een klein percentage dat gebruik maakte van de relatief kleine passage. Dit oponthoud leidt uiteindelijk tot vertraging van de migratie. Zalmen trekken over een langere periode het zoete water op, deze periode loopt voornamelijk van juni tot en met november. De paai vindt plaats in een paaibed van kiezel. Na de paai sterven de meeste volwassen vissen. Historisch keerden van het Rijn bestand ca. 10 % terug naar zee (zogenaamde 'kelts') om, na herstel, vervolgens voor een tweede keer te paaien.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

De migratie tussen zoet en zout water verliep in een telemetrische studie in Zuidwest-Engeland zeer snel en de auteurs wijzen erop dat er geen direct bewijs is dat acclimatisatie in een zoet zou overgang van heel groot belang is. Het voorkomen van zalmpopulaties in kleine rivieren die geen estuarium hebben bevestigd dat zij in staat zouden moeten zijn om een 'harde overgang' tussen zoet-zout te kunnen passeren. In een andere studie worden de bewegingen van zalmen met het getij gekoppeld aan een vorm van acclimatisatie voor zalm. Sommige zalmen remmen hun migratiesnelheid in estuaria af, wat vaak wordt gelinkt aan het wennen aan het zoete water, maar direct bewijs hiervoor

ontbreekt vooralsnog en dit kan ook te maken hebben met oriëntatie of het efficiënt gebruik maken van een getijdencyclus. Het feit dat zalmen snel migreren tussen zoet-zout overgangen duidt erop dat acclimatisatie in deze overgangsgebieden beperkt van belang lijkt te zijn of dat zij zich al eerder hormonaal voorbereiden op een snelle overgang tussen zoet en zout.

Bot (*Platichthys flesus*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	Katadroom	Juveniel											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
bot	<i>Platichthys flesus</i>	4-6	0.5	20	8	15	6	21	12.7	3	4	4	0.2	0.6	0.3

Figuur 1.5 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Bot is een katadrome vissoort waarvan de paaigebieden in open zee liggen. In de winter trekken de volwassen dieren naar diepere delen van de zee. 's Zomers gebruiken volwassen botten estuaria als voedselgebied. In het voorjaar en voorzomer trekken jonge botlarven stroomopwaarts de estuariene gebieden en rivieren op middels selectief getijdetransport en zijn hierbij afhankelijk van waterstromen. Ze kunnen dan in gebieden worden gevonden waar het water een laag zout gehalte heeft. Botten die voorkomen bij harde zoet-zout overgangen lijken erg kwetsbaar voor een slechte waterkwaliteit. Wat

betreft predatie hebben botten een beperkte ontsnappingskans door een lage zwemcapaciteit, maar zijn zij door hun goede schutkleur beschermd tegen predatie.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Omdat opgroei van bot ook in de Waddenzee (en andere zoute milieus) kan plaatsvinden, is het voor het voortbestaan van de soort niet strikt noodzakelijk dat ze naar zoet water kunnen trekken, maar goede migratiemogelijkheden tussen zout en zoetwater vergroten hun opgroeiareaal flink en kan daarmee de totale populatieomvang doen toenemen. De bot die in euryhaline zone van het estuarium gevonden kan worden is de enige platvis van West-Europa die tot diep in het zoet water gevonden kan worden, zolang er maar geen barrières op de route liggen. Historisch zijn botten tot honderden kilometers landinwaarts in de Duitse Rijn waargenomen. De meeste Nederlandse botten komen voor in ondiepe kustwateren en estuaria zoals de Eems Dollard en de Westerschelde. Ook in grotere brakwatermeren en zoetwatermeren zoals het IJsselmeer worden ze gevonden. Een deel van de botten uit het kustwater trekt de rivieren op, de rest van de botten groeit op in kustwateren en estuaria. In het zoete water blijven de botten hooguit enkele jaren om weer naar zee te trekken om te paaien. Daarna gaan deze botten niet meer terug naar het zoete water. De migratie van zoet-zout is vanuit een populatieperspectief minder van belang voor de overleving van de soort in vergelijking met soorten die voor hun voortplanting volledig afhankelijk zijn van een goede migratie tussen zoet en zout. In het Grevelingenmeer, maar ook in de kuststrook daarvoor, is de bot een talrijk voorkomende vissoort (Vriese & Hop, 2015).

Timing van migratie

Een deel van de juveniele botten trekt in de lente en de zomer het zoete water in. In de Rijn werden in het verleden juveniele botten waargenomen tot aan Basel. Als deze botten geslachtsrijp zijn, migreren ze naar het zoute water om aan de paai te kunnen deelnemen. Adulte botten migreren in de winter naar de paaigebieden en planten zich voort tussen februari en mei. Na de paai trekken de vissen terug naar de foerageergebieden. De botlarven migreren middels selectief getijdetransport naar opgroeigebieden in met name de periode april-juni.

Migratiegedrag en oriëntatie

Botlarven worden vanuit de paaigronden op open zee met waterstromen middels selectief getijdetransport verspreid en komen zo onder andere terecht in de kustwateren. Eenmaal in estuaria zoals de Eems Dollard zijn botlarven alsnog grotendeels afhankelijk van waterstromen, echter er kan niet worden uitgesloten dat zij zich actief oriënteren op een zoet-zout gradiënt en dat een zoete lokstroom hier een rol in speelt. Het lijkt er op dat zoutgehalte in het water een cruciale rol speelt in de verspreiding van botlarven. Zo werden er in de Eems Dollard de grootste concentraties botlarven gevonden op de zoetste plekken. En daarnaast migreerde botlarven in tankexperimenten naar het meeste zoete gedeelte in de tanks bij saliniteitgehalten van 20‰ (estuarium), 15‰, 10‰, 5‰ en 0.5‰. De voorkeur voor zoetwater bleek sterker bij botten die de metamorfose al hadden doorstaan. Uit andere experimenten blijkt dat ook watertemperatuur een rol kan spelen bij de verspreiding van botlarven richting het estuarium. Om zich actief te verplaatsen gebruiken zij in een post-larvaal en juveniel stadium selectief getijdetransport, waarbij zij zich bij afgaand tij handhaven op de bodem en zich tijdens vloed hoger in de waterkolom bevinden. Zo maken zij optimaal gebruik van de stroomrichting van het water richting het zoete water. Het lijkt er niet op dat zij zich goed actief kunnen verplaatsen, en volledig afhankelijk zijn van selectief getijdetransport. Actieve dispersie vindt waarschijnlijk pas daarna plaats als de botten iets groter zijn. Er werden beduidend meer jonge botten in het IJsselmeer gevangen ten tijde van het spuiregime in de jaren '91 – '93 waar er tot gelijk water werd gespuid dan met andere spuiregimes, wat aanduidt dat de intrek van bot met het huidige regime sterk wordt belemmerd. Tijdens dit regime waren de stroomsnelheden in de spuirom aanblijvend lager en wellicht soms zelfs richting het IJsselmeer. Hierdoor konden grote aantallen jonge botten zich richting het IJsselmeer verplaatsen, terwijl dit in andere jaren waarschijnlijk minder goed mogelijk was. Dat er kleine botten het IJsselmeer binnenkomen is duidelijk op basis van monitoring, maar welk deel van het aanbod er in slaagt om binnen te trekken en of zij dit doen door 'foutjes' in het spuiregime, lekwater of via de scheepsluizen is onduidelijk. De geringe match tussen abundantie op het IJsselmeer en de Waddenzee, en de hogere aantallen in 1991-1993 suggereren dat de intrek momenteel fors is belemmerd.

Bot migreert én foerageert voornamelijk overdag. Desondanks zijn er ook botten gevangen tijdens monitoring van de intrek bij de spuisluisen bij Kornwerderzand die voornamelijk in de nacht plaatsvond, maar onduidelijk was of dit botten waren die tussen de spuideuren in hebben gezeten nadat zij 'gevangen' hebben gezeten na het spuien, of dat zij actief in de nachtelijke uren vanuit de Waddenzee naar binnen trokken. De aantallen botten in deze studie waren aanzienlijk minder dan driedoornige stekelbaars en spiering.

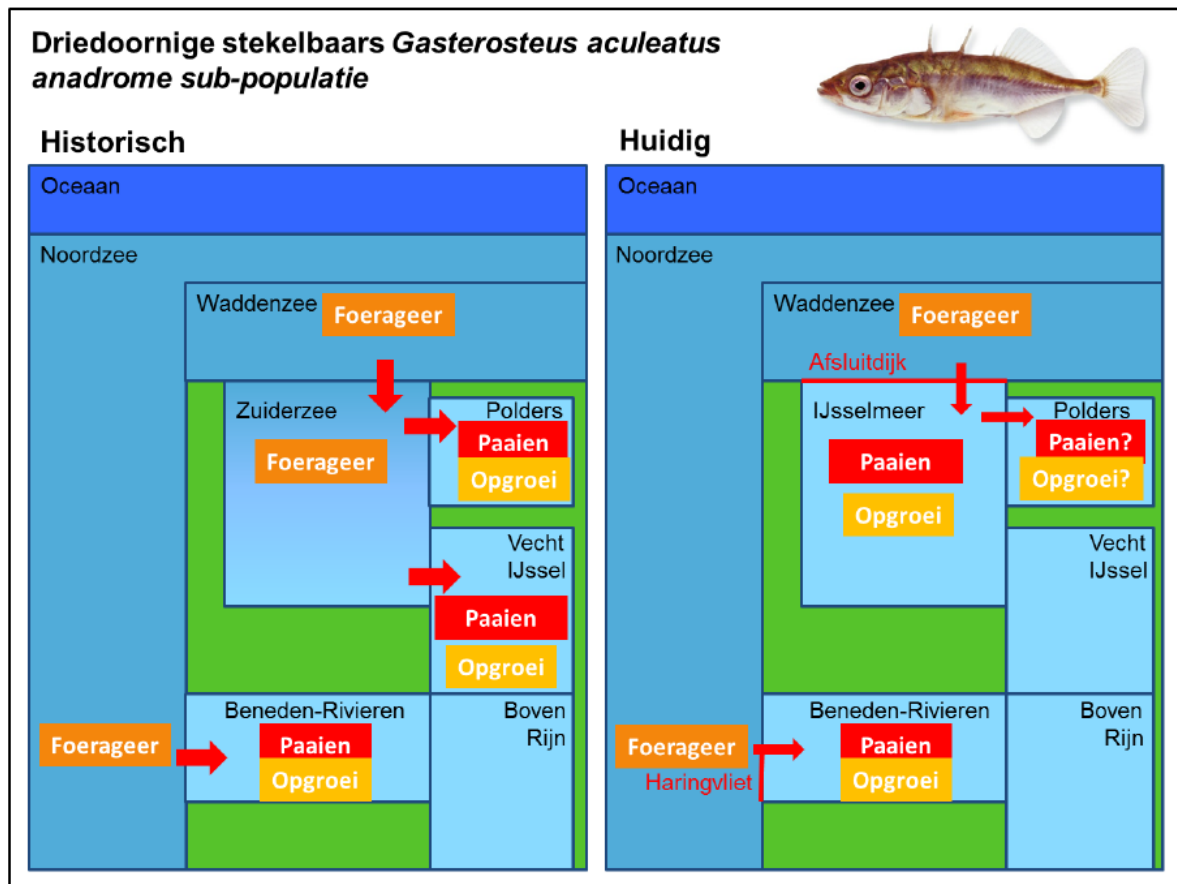
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Juvenile bot die het zoete water optrekken zijn grotendeels afhankelijk van waterstromen en tactieken als selectief getijde-transport en zijn zwakke zwemmers. De maximale kruissnelheid U_{crit} wordt ingeschat op 0.3 m/s voor botten tot 5 cm groot.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Botten worden binnen de Kader Richtlijn Water onder de estuariene soorten gerekend. Botten kunnen hun levenscyclus voltooien met gebruik making van estuaria of rivierhabitats maar ook volledig op zee met gebruikmaking van kustzones. Botten in het larvale stadium en in grotere mate in het post-larvale en juveniele stadium hebben een grote voorkeur voor zoet water. In 1988 waren veel (volwassen) botten (~40%) nabij de spuisluisen in de Afsluitdijk geïnfected. De invloed van het gespuid water vanuit het IJsselmeer bleek in de jaren 1988 – 1996 een sterke relatie te hebben met infectieziekten. Stressfactoren als grote fluctuerende saliniteit gehalten als gevolg van het spuien, naast een slechte waterkwaliteit en beperkte foerageermogelijkheden lijken de oorzaak van de ziekteverschijnselen bij bot. De ziekteverschijnselen zijn na 1996 sterk verminderd en niet anders dan in andere gebieden buiten de Waddenzee.

Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	3-4	0.5	25	9	16	15	11.5	6.8	4	9	7	0.2	0.9	0.5

Figuur 1.6 Schematisch overzicht met historisch en huidige voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Driedoornige stekelbaars is een zeer flexibele soort die zich zowel in zout, brak, als zoet water kan voortplanten en zowel resident (morphotype: leiurus) als anadroom (morphotype: trachurus) kan zijn. Hoe de huidige aantalsverdeling van de populaties met de verschillende strategieën is, is onbekend, al is het zeker dat de anadrome variant veel minder talrijk is geworden door barrières tussen het zoete en het zoute water. Driedoornige stekelbaars is door zijn kleine lichaamslengte een goede prooi voor visetende vogels zoals lepelaars, sterns, meeuwen, reigers, zaagbek etc. Maar ook piscivore vissen prederen op de stekelbaars zoals snoek, baars en wellicht ook zoutwater vissen zoals zeebaars.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Stekelbaars heeft migrerende en niet migrerende sub-populaties. Voor de migrerende sub-populaties is migratie tussen zoet en zout van belang, voor de niet migrerende sub-populaties zijn zoet-zout

overgangen niet van belang. Driedoornige stekelbaars komt slechts in zeer klein aantal voor langs de oevers van het IJsselmeer, waarbij het hier ook om de niet-trekkende populatie kan gaan. In vergelijking met de historische situatie is de trekkende driedoornige stekelbaars in het achterland van de Afsluitdijk enorm afgenomen. Driedoornige stekelbaarzen zijn in recente bemonsteringen van het Grevelingenmeer niet of nauwelijks aangetroffen (Vriese & Hop, 2015). Dit lijkt echter meer veroorzaakt door de gebruikte bemonsteringstechniek (kor). In het verleden werd de soort incidenteel in aanzienlijke aantallen aangetroffen.

Timing van migratie

De anadrome driedoornige stekelbaars trekken in het voorjaar (februari-mei) binnen om in de zoete wateren te paaien. In het najaar trekken ze in september en oktober, wanneer de temperaturen dalen en de daglengte korter worden, weer naar zee. Volgens beroepsvissers bij Kornwerderzand vindt de migratie in het voorjaar plaats vlak na de spiering die normaal gesproken rond eind maart passeert (pers. comm. gebr. Van Malsen). Dit komt overeen met studies waar de intrek van stekelbaars ook is waargenomen in maart - mei bij Nieuw Statenzijl en Kornwerderzand. Het 'langer doorlopen' van hogere vangstaantallen bij Kornwerderzand is mogelijk een resultante van een langere verblijftijd in de spuikom, waar er in een open systeem de aantallen in aanbod pieken tijdens een kortere periode.

Migratiegedrag en oriëntatie

Net als glasaal en bot is stekelbaars voor een deel afhankelijk van selectief getijdentransport. Zo werden er in een studie bij Nieuw Statenzijl veel stekelbaars gevangen in een passage die aansluit bij selectief getijdetransport. Ook bij het onderzoek van Witteveen+Bos (2009) bleek dat middels schutten van de spuideuren veel driedoornige stekelbaars aan de IJsselmeerszijde werd gevangen. Hoeveel stekelbaars er tijdens een reguliere spui binnentrekken en hoe dit in verhouding staat tot het schutten zoals hier werd onderzocht is vooralsnog onbekend, maar er wordt aangenomen dat dit zeer beperkt is. Dit wordt bevestigd door het geringe voorkomen langs de oevers van het IJsselmeer. Stekelbaars wordt ook waargenomen tegen de stroom in zwemmend bij hevelpassages. In de Eems zijn stekelbaarzen waargenomen voor een stuw (Emssperwerrwerk bij Ditzum), waar zij zich ophopen. In het migratievenster waarbinnen zij kunnen migreren (15-20 min) passeren zij met honderden tegelijk de stuw. Over de passage efficiëntie, de verhouding tussen aanbod en succesvolle passage is echter geen informatie. De saliniteit bij deze overgang is van licht brak naar zoet, maar er is over het hele traject variatie in de saliniteit.

Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

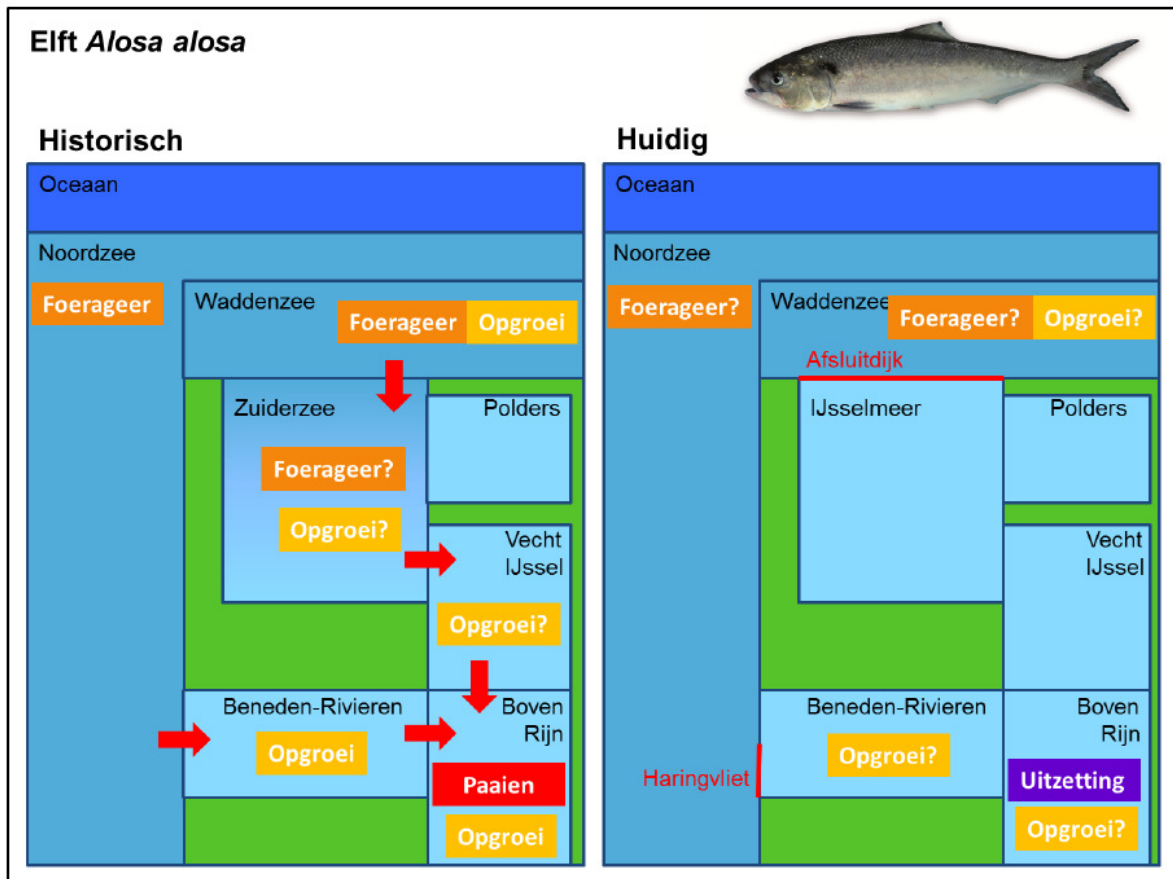
De twee typen stekelbaars vertonen verschillende eigenschappen wat betreft zwemcapaciteit, wat waarschijnlijk te wijten is aan een verschillend hormonaal systeem. Hierbij heeft de migrerende vorm een grotere zwemcapaciteit met mogelijk een lager energie verbruik. Er wordt verschillend gedacht over de zwemcapaciteit van stekelbaars, waarbij de theorie eerst was dat de migrerende vorm aangepast was op lange afstand zwemmen en hierdoor mogelijk minder goed was aan het ontwijken van predatoren en daarom meer borstplaten heeft dan de residente vorm. Anderen wijzen er juist op dat de migrerende vorm genoeg zwemcapaciteit heeft om predatoren te ontwijken maar meer vertrouwd op de borstplaten. Een andere studie geeft aan dat de sprintcapaciteit van de anadrome vorm (~66cm/s) lager ligt dan de residente vorm (~90cm/s) over een afstand van 2 (anadroom) – 2.7 meter (resident) bij een temperatuur van rond de 9.5 graden, maar dat de anadrome soort minder snel moe is bij langdurig zwemmen. Quak *et al.* (2012) schat de maximale kruissnelheid U_{crit} in op 0.2 m/s voor driedoornige stekelbaars.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Ook bij stekelbaars is er veel onderzoek gedaan naar de fysische veranderingen tijdens het verplaatsen van zout naar zoet water. Het is echter onbekend in hoeverre zij een specifiek acclimatisatiezone en -periode nodig hebben. Feit is dat stekelbaars van het migrerende type (trachurus) gedurende het paaiseizoen beter is staat is om in een omgeving te leven met lage zout gehalten. Andersom verliezen zij deze eigenschappen in de herfst wanneer zij richting zee migreren. Een review artikel laat zien dat speciale eigenschappen om een zoet-zout gradiënt te kunnen weerstaan hormonaal gedreven zijn. Dit betekent onder andere dat de migrerende vorm van de stekelbaars hogere thyroxine niveaus heeft. Hierdoor verschillen het metabolisme, de zwemcapaciteit en de osmoregulatie tussen de residente en de anadrome vorm van de stekelbaars. Er zijn geen

meldingen van massale sterfte bekend bij het passeren van hevelpassages waarbij de overgang tussen zoet en zout abrupt is. Persoonlijke observaties van Peter Paul Schollema en George Wintermans waarbij driedoornige stekeelbaarzen probleemloos snel werden overgeplaatst van zout naar zoet water suggereren ook dat er weinig tijd/aanpassing nodig is voor de overgang van zoet naar zout.

Elft (*Alosa alosa*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Elft	<i>Alosa alosa</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
elft	<i>Alosa alosa</i>	5	0.7	20	8	16	9	20	12.8	50	70	60	2.6	5.8	3.5

Figuur 1.7 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

De elft is een anadrome trekvis die in scholen leeft in het open water. Elft is een haringachtige die een lengte tot 70 cm kan bereiken. De paai vindt plaats op grindbanken in de middenloop van rivieren bij 16 tot 18 graden Celsius, waarna de volwassen dieren die de paai hebben overleefd het zoete water weer verlaten. In de Rijnmond lag de paaiplaatsen zelfs tot voorbij Basel. De larven en

juvenielen van elft groeien op in de rivier. Na het eerste en soms tweede jaar trekken de juveniele elften naar zee, waarbij een deel gebruik maakt van estuaria om op te groeien.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Elft is in het midden van de jaren '30 van de vorige eeuw verdwenen in de Nederlandse zoete wateren door overbevisning, migratiebarrières, verslechtering van waterkwaliteit en rivierwerken. Incidenteel zijn sindsdien enkele exemplaren gevangen, maar deze 'strayers' van buitenlandse populaties waren onvoldoende om de soort te doen terugkeren. Omdat de enige grotere populaties van elft zich ver van het Rijn en Maas stroomgebied bevinden (bijvoorbeeld Dordogne in Frankrijk) is in Duitsland besloten om een herintroductieprogramma voor elft op te starten. Gedurende 2011-2015 worden elftlarven uitgezet in het Rijnstroomgebied in het kader van dit LIFE herintroductieproject. Of de huidige omstandigheden voor een herstel van een elft populatie inmiddels voldoende zijn, zal in de komende jaren moeten blijken, wanneer de uitgezette elften volwassen zijn geworden. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor elft is groot. Elft kan het bovenstroomse deel van de Rijn via drie routes bereiken: De Afsluitdijk, het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg, waarbij momenteel alleen de laatste vrij optrekbaar is. Elft plant zich voor in de middenstroomse gedeeltes van het Rijngebied en voor de soort is het van belang dat ze op kunnen trekken tot de paaigronden. In de historische en recente data verzameld in Vriese & Hop (2015) omtrent de visstand in de Grevelingen zijn er geen waarnemingen van elft aanwezig. Het is waarschijnlijk dat de soort in een wat verder verleden hier wel voorkwam.

Timing van migratie

De optrek vindt met name plaats in de maand mei, vandaar de Duitse naam 'Maifisch'. De paai van elft in de Rijn vond plaats in mei en juni, waarbij elft paaide in bochten en zijarmen van de rivier op grindbodems. Het paaien vindt vlak onder de oppervlakte van het water plaats. Jonge elften groeien op in het rivierensysteem en bereiken meestal tegen het einde van de zomer en begin van de herfst het estuarium. Het grootste deel trekt naar zee in de periode oktober tot februari, terwijl een klein deel achterblijft en een jaar later naar zee vertrekt.

Migratiegedrag en oriëntatie

Er zijn geen directe migratie gedragsstudies bekend van de elft in Nederland. Ook het oriëntatie vermogen om de paaigronden te vinden moet worden afgeleid uit soortgelijke vissen van hetzelfde geslacht *Alosa*. Een studie naar het gedrag van zeven *Alosa sapidissima*, een Noord-Amerikaanse fintachtige, wijst uit dat vijf dieren zich met het getij mee bewogen, één ging direct stroomopwaarts en één bewoog zich stroomafwaarts. De auteurs relateren dit gedrag van de vijf dieren aan de acclimatisatie fase van de vis om te wennen en aan te passen aan het zoete water. Bij een vervolgstudie werden 43 vissen voorzien van een zender. Nu werden er duidelijke twee gedragspatronen waargenomen: één tegenstrooms gedurende de nacht en overdag en één met het getij mee met name overdag. Fintachtigen (*Alosa spp.*) lijken zich zowel overdag als in de nacht actief te bewegen. Ook laat een andere studie naar dezelfde fintachtige zien dat ook hier de vissen zowel overdag als in de nacht actief zijn, maar dat wanneer er hydraulisch complexere situaties ontstaan de activiteit met name overdag plaatsvindt. Er wordt vanuit gegaan dat de bewegingen van de fintachtigen niet random zijn, maar gericht richting de geboorterivier (homing). Hierbij geven ze aan dat chemische substanties uit de geboorterivier leidend kunnen zijn maar sluiten oriëntatie op andere factoren als een zoet-zout gradiënt niet uit.

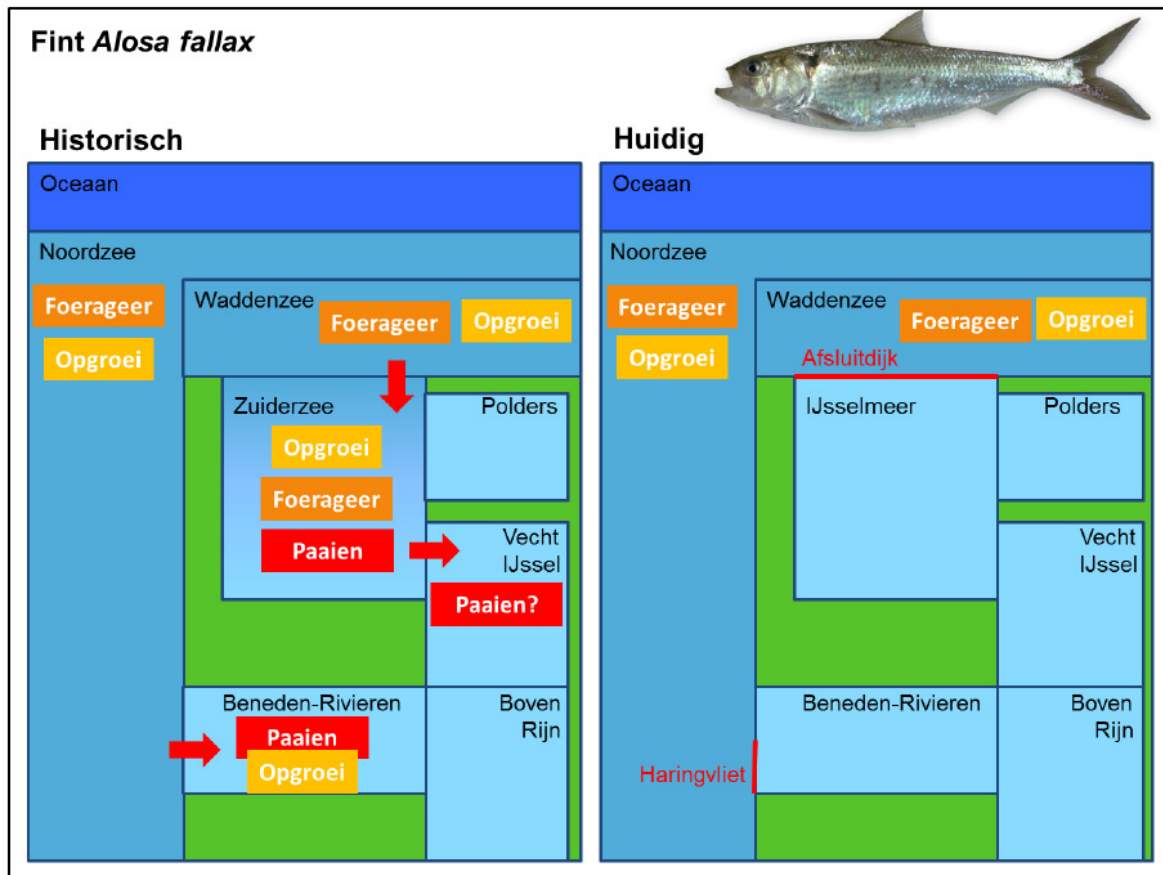
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Een studie naar *A. sapidissima* wijst uit dat de duurzweemcapaciteit neerkwam op 1 lichaamslengte per seconde en de sprintcapaciteit op 3 lichaamslengte per seconde. Op basis van Sprintfish wordt een sprintsnelheid van 2.6-5.8 m/s ingeschat.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

In de literatuur wordt het gedrag bij zoet-zout overgangen waarbij fintachtigen met het getij mee bewegen gerelateerd aan het acclimatiseren aan zoet water tijdens de migratie. Een studie naar *A. sapidissima*, waarbij 35 dieren snel van zout naar zoet water zijn gebracht, gaf aan dat bijna alle dieren dood gingen als gevolg van de directe overplaatsing naar zoet water.

Fint (*Alosa fallax*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Fint	<i>Alosa fallax</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
fint	<i>Alosa fallax</i>	4-5	0.7	20	8	15	6	20	10.7	40	55	48	1.9	5.7	2.8

Figuur 1.8 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Fint is een anadrome soort die vanuit zee het zoete water opzoekt om te paaien. Als paaihabitat prefereren finten grindbanken. De eieren worden pelagisch afgezet in het zoetwatergetijdengebied van estuaria, zijn niet-kleverig en bewegen zich vrijelijk in de lagere gedeelten van de waterkolom met het getij in estuaria mee. Na het paaien trekken de adulten terug naar zee. De eieren bevinden zich in het zoete water. Als de larven uit het ei komen, drijven ze stroomafwaarts, daarna leven ze pelagisch in open zee.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor fint is groot. In het verleden paaide de fint in de Merwede en de Bergse Maas, maar de werkelijke paaigebieden zijn nooit gevonden. In de Eems werden in augustus 1999 in het midden van de rivier jonge finten van circa 10 cm aangetroffen. In het

voorjaar van 2005 werden paaiende finten waargenomen in de Beneden-Merwede (waarnemingen vissers van Fa. Klop). Of daadwerkelijk in Nederland gepaaid wordt is nog steeds de vraag. Wat wel duidelijk is, is dat geschikt habitat (getijdegebied met zand of grind) daarvoor veelal ontbreekt. Voor de soort is het van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. In ons land was de Brabantse Biesbosch in het verleden een belangrijk paaigebied voor de fint. Zeer waarschijnlijk vervulden ook de Oude Maas, Lek, Eems en Schelde in het verleden een dergelijke functie. Tegenwoordig komt de soort in kleine aantallen voor langs de kust en in de benedenrivieren (ook in de Eems en Schelde). In 1999 is in het Duitse deel van de Eems weer succesvol gepaaid en in 2005 hebben beroepsvissers voor het eerst sinds lange tijd weer paaigedrag van finten waargenomen in de Nieuwe Merwede. Of dit betekent dat er zich een duurzame paaipopulatie begint te vormen is onbekend. Gezien de slechte kwaliteit van het leefgebied lijkt het nog een brug te ver voor succesvolle paai en opgroei van finten in het IJsselmeer- en benedenrivierengebied. Er zijn momenteel geen voor de voortplanting van de fint geschikte en toegankelijke estuaria en zoetwatergetijdengebieden. De status van de fint in de Westerschelde is onbekend. Er worden daar wel exemplaren gevangen, maar ook hier lijken de leef- en ook de waterkwaliteit in de zoete Schelde ontoereikend voor herstel van een zich voortplantende populatie. Finten worden in een groot deel van de Noordzee - met uitzondering van de Centrale Noordzee - waargenomen, maar hoofdzakelijk in de Duitse Bocht en de Zuidelijke Bocht. De meeste exemplaren zijn juveniel en behoren tot de 0- of 1-groep. In de Nederlandse Noordzee, langs de Nederlandse kust en bij zoet-zoutovergangen in riviermondingen worden relatief veel finten waargenomen, die zullen allemaal of bijna allemaal afkomstig zijn van populaties uit omliggende landen. Fint wordt in beperkte mate aangetroffen in de Grevelingen en de omliggende wateren (Vriese & Hop, 2015).

Timing van migratie

In april en mei trekt de fint naar het zoetwater-getijdengebied. De paaimigratie kan drie maanden duren, waarbij de voornaamste trek overdag is. Na de paai trekken de volwassen vissen direct terug naar zee. Juveniele fint bereikt in de zomer of begin herfst het estuarium vanaf de rivier en in de periode juli tot november trekken de vissen naar zee. De vissen trekken naar zee als de watertemperatuur lager dan 19 graden is en bij 9 graden zijn alle vissen vertrokken naar zee. In de rivier de Elbe en Severn verschijnen in de maanden april en mei de juvenielen weer in het estuarium en blijven daar tot oktober.

Migratiegedrag en oriëntatie

Voor zover bekend zijn er geen directe migratie gedragsstudies bekend van de fint in Nederland. Ook het oriëntatie vermogen om de paaigronden moet worden afgeleid uit soortgelijke vissen van hetzelfde geslacht *Alosa*. Zie verder de beschouwing van elft over studies naar het gedrag van *A. sapidissima*, een Amerikaanse fintachtige.

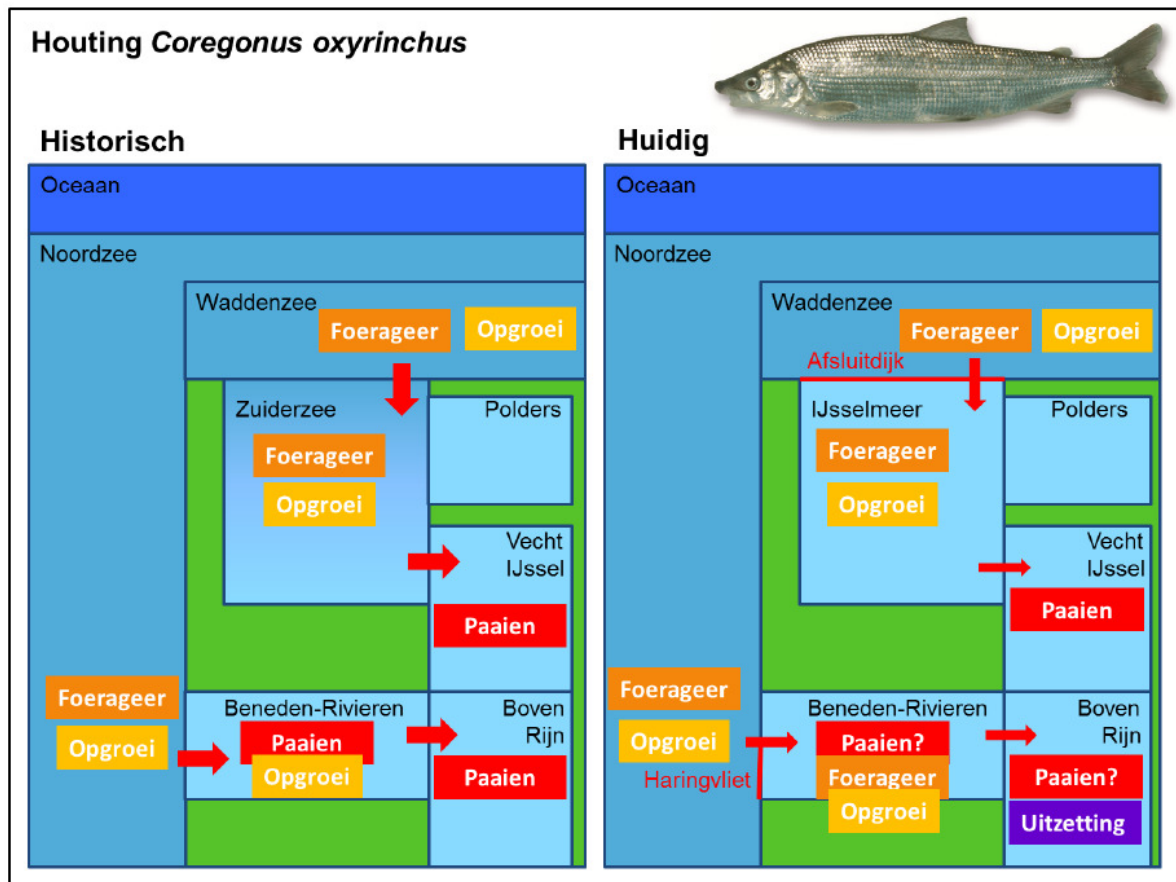
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Een studie naar *A. sapidissima* wijst uit dat de duurzweemcapaciteit neerkwam op één lichaamslengte per seconde en de sprintcapaciteit op drie lichaamslengte per seconde. In Quak *et al.* (2012) worden de maximale kruissnelheid U_{crit} ingeschat op 0.43-0.53 m/s voor fint van 5-15 cm. Voor volwassen fint wordt de sprintsnelheid met Sprintfish geschat op ca. 1.9-5.7 m/s.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Studies naar *A. sapidissima*, geven voor *Alosa* soorten aanknopingspunten over noodzaak tot acclimatisatie (zie de beschouwing bij elft).

Houting (*Coregonus oxyrinchus*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Houting	<i>Coregonus oxyrinchus</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
houting	<i>Coregonus oxyrinchus</i>	11	0.7	20	8	15	2	10	6.9	40	61	51	1.5	2.9	2.2

Figuur 1.9 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Houting is een anadrome vis die in de loop van de twintigste eeuw uitgestorven is als paaipopulatie in de Nederlandse rivieren. De houting is een endemische soort en trekt de rivieren op om te paaien. De eieren van de houting worden vrij in het water losgelaten en ze plakken vast aan grind en vegetatie. Wanneer houting niet de bovenstroomse delen de rivier kunnen bereiken door bijvoorbeeld obstructies, zijn zij genooddaakt om beneden in de rivier te paaien. De larven komen in februari tot maart uit het ei en zijn dan 10 mm groot. De jonge houtingen kunnen langere of kortere tijd in zoet water verblijven, waarna ze naar zee trekken.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

In het verleden is de houting uitgestorven door het afsluiten van de Zuiderzee, vervuiling, visserij en het verdwijnen van paaiplekken. Welke habitats in de benedenlopen, estuaria en kustgebieden

belangrijk zijn (geweest) voor de opgroei van jonge houting tot volwassen stadia is niet goed bekend. Van Bemmelen (1866) noemt dat de houting in het najaar en het begin van de winter zeer algemeen voorkwam in de Zeeuwse stromen, de meeste Nederlandse rivieren en de Zuiderzee. In de overige tijd van het jaar werd de houting in 'meer of minder' groot aantal langs de Nederlandse kusten aangetroffen.

Van 1987 tot 1992 zijn houtingen uitgezet in het Deense Waddengebied en sinds begin jaren negentig worden houtingen massaal uitgezet in de Rijn en bij het zijriviertje de Lippe. Het IJsselmeer blijkt nu een belangrijk leefgebied voor de succesvol uitgezette houting. Het hele jaar door worden hier houtingen van verschillende leeftijdsklassen aangetroffen. Uit recente visstandbemonsteringen blijkt dat de soort ook het benedenrivierengebied succesvol aan het herkoloniseren is. Juveniele houtingen worden aangetroffen in het zeegebied voor de Haringvlietdam. In de historische en recente data verzameld in Vriese & Hop (2015) omtrent de visstand in de Grevelingen zijn er geen waarnemingen van houting aanwezig. Het is waarschijnlijk dat de soort in een wat verder verleden hier wel voorkwam en momenteel aan een opmars bezig is.

Timing van migratie

Volwassen houting trekt vanuit estuaria en de kustzone rivieren in om op zoet stromend water te paaien. De paaiplaatsen in Denemarken zijn gelegen in de beneden- en middenlopen met kiezel en groenblijvende watervegetatie waaraan de klevende eieren zich hechten. De paai in Denemarken vindt plaats gedurende november-december. Historische bronnen in Nederland noemen het najaar en midden oktober tot midden december als paaiperiode. De optrek kon soms al geruime tijd daarvoor beginnen en houting trok niet ver de rivieren op. Zoals bij veel soorten blijven de mannetjes langer op de paaiplaatsen aanwezig. De stroomafwaartse migratie van volwassen houting in Denemarken naar de habitats in de Waddenzee vindt in het vroege voorjaar tot mei plaats. Houtingen kunnen meerdere jaren achtereenvolgens paaien. In een recente telemetrische studie trekken gezenderde houtingen met name rond november vanuit het IJsselmeer de IJssel op om rond december te paaien in het stroomgebied van de IJssel, slechts een zeer klein aantal trok verder stroomopwaarts, en vervolgens in december en januari weer naar het IJsselmeer terug te keren.

Migratiegedrag en oriëntatie

Houting in enkele kleine Deense riviertjes, waaronder de Vida, trekken vanuit de Waddenzee op om te paaien en daarna weer naar de Waddenzee terug te keren. Er zijn verder nauwelijks studies gedaan naar de houting en andere Coregonus soorten (grote en kleine marene) over het gedrag van de dieren. Een studie uit 1981 naar *C. artedii* en *C. clupeaformis* laat zien dat zowel de larven en de juvenielen zich vanaf het voorjaar richting het estuarium en de zee begeven. De subadulten zwemmen het estuarium weer op in de herfst, maar dalen weer af in de lente en groeien verder weer op zee op. Uiteindelijk paaien ze de volgende herfst op de rivieren als adulten en dalen de rivier weer af in de winter en de lente. Er zijn geen bewijzen dat houting sterke homing vertoont. Wel wordt in recentere studie aangetoond dat grote marene naar dezelfde plek terugkeren om te paaien wat ook werd gezien in Canada. Gezien het langdurig beperkt voorkomen van de houting in de noordelijke Waddenzee rond de rivier Vida, en het ontbreken van waarnemingen in andere rivieren in het Waddenzee gebied waar de houting in de eerste helft van de twintigste eeuw is verdwenen, laat zien dat houting weinig dispersie op zee laat zien. De kans op herkolonisatie van andere rivieren werd daarom als klein ingeschat, waardoor besloten is om in de Duitse Rijn een herintroductieprogramma te starten.

Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

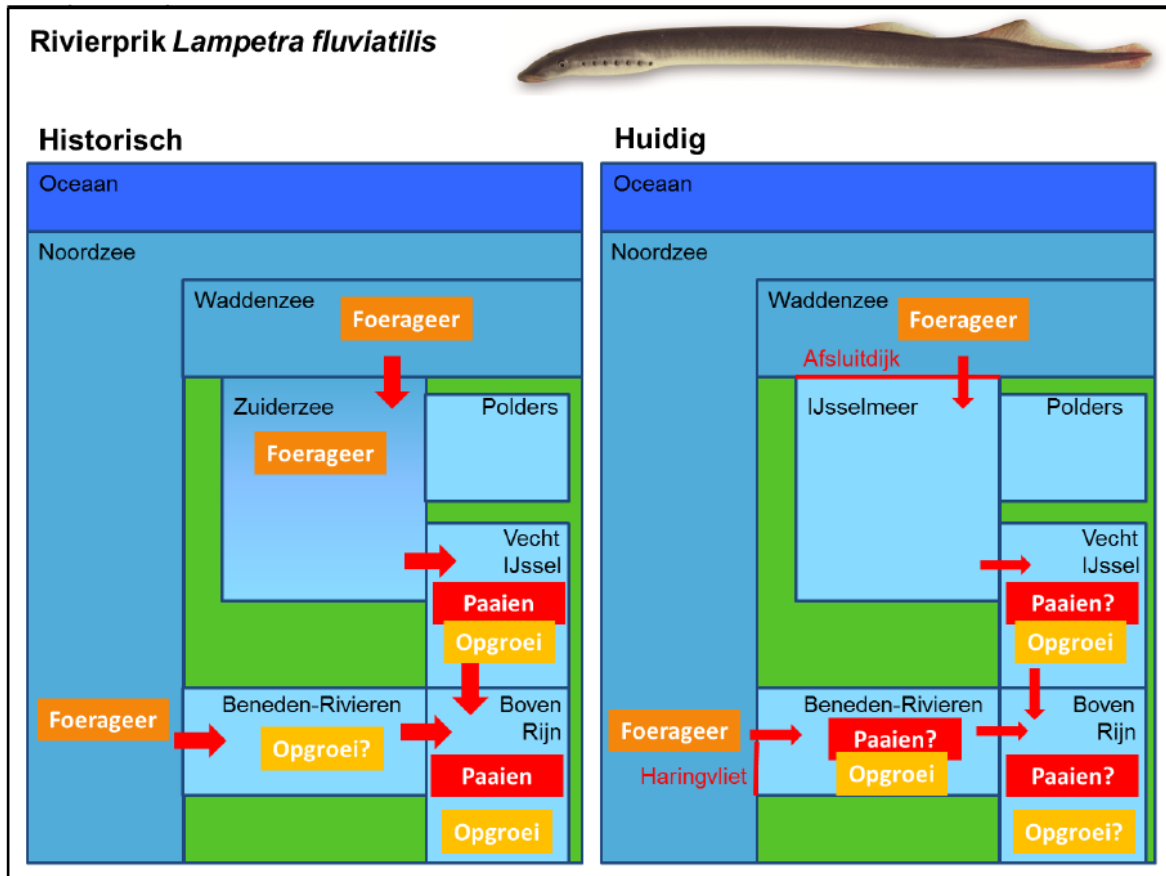
Met behulp van Sprintfish wordt een sprintsnelheid van 1.5-2.9 m/s ingeschat voor volwassen houting. Quak *et al.* (2012) schat de maximale kruissnelheid U_{crit} in op 0.34-0.71 m/s voor houting van 6-48 cm.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Evenals over het migratiegedrag en oriëntatie vermogen is er geen literatuur gevonden over het acclimatisatievermogen of het belang van een specifiek habitat daarvoor. Wel tonen houting een hoge vorm van plasticiteit en tonen de 12 Coregonus soorten aan dat ze over een breed habitat spectrum kunnen voorkomen en daarnaast zich aanpassen aan nieuwe situaties door niet trekkende en anadrome vormen aan te nemen. Ook is bekend dat jonge houting maanden voor de stroomafwaartse

migratie zichzelf aanpassen aan een zoute omgeving. Een bijzondere eigenschap van deze vis is dat deze de kop boven water uitsteekt om aldaar te kunnen rondkijken.

Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	12	0.5	15	7	15	16	6	3.8	33	42	38	0.7	1.0	0.8

Figuur 1.10 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Rivierprik is taxonomisch gezien geen vissoort, maar behoort tot de orde der rondbekken. Rivierprik wordt vaak meegenomen in beschouwingen over vis, mede vanwege hun anadrome levenscyclus en visachtige voorkomen. Volwassen rivierprikken trekken na enkele jaren op zee de rivieren op, naar hoger stroomopwaarts gelegen paaigebieden. In tegenstelling tot veel anadrome soorten vertonen prikken geen homing naar de geboorterivier. De prikken sterven na de paai. De jonge prikken (zogenoemde *ammocoeten*) verblijven enige jaren als *filterfeeder* in de waterbodem van rivieren en trekken bij een lengte van ongeveer 12-14 cm naar zee om als parasiet op andere vissen te leven, hoewel ook op kleinere vis als haring en sprout wordt gepredeerd, totdat ze volgroeid zijn (ongeveer 30-40 cm). Over de leefwijze en verspreiding tijdens de zeefase is zeer weinig bekend.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor rivierprik is groot. Voor de soort is het van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. Rivierprikken worden slechts incidenteel op de Noordzee aangetroffen in monitoringen. In de Noordzee-kustzone, de Waddenzee en op de overgang van zout naar zoet water, zoals het Schelde-estuarium, zijn de aantallen groter. Dit verschil is zeer waarschijnlijk beïnvloed door het trekgedrag in relatie tot de voortplanting en de grotere monsterinspanning in de kustzone. In de Nederlandse Waddenzee komen rivierprikken meer voor dan langs de kustzone. In het stroomgebied van de Eems trekken 10.000-en volwassen rivierprikken op.

Op dit moment zijn enkele plaatsen in Nederland bekend waar de rivierprik met zekerheid paait: waaronder de Roer in Limburg, de Keersop in Noord-Brabant en het Gasterensche Diep in Drenthe. Waarschijnlijk zijn er veel meer paaiplaatsen in ons land, bijvoorbeeld in de hoofdstroom van de Waal en de Maas. Het lijkt er op dat in beken de larven (*ammocoeten*) binnen enkele honderden meters stroomafwaarts van de paaiplaatsen opgroeien. Rivierprikken worden in het benedenrivierengebied in zeer grote aantallen gevangen. Vangsten van honderden kg worden gedaan door beroepsvisser in het kustgebied voor het Haringvliet. In de vroegere zeearm Grevelingen zal de rivierprik in het verleden ook talrijk zijn geweest. In de historische vangstgegevens weergegeven in Vriese & Hop (2015) is de rivierprik ook aanwezig, echter niet talrijk.

Timing van migratie

Volwassen rivierprikken trekken na enkele jaren op zee gedurende het najaar tot het vroege voorjaar de rivieren op, naar hoger stroomopwaarts gelegen paaigebieden. Veelal vindt de piek van de intrek plaats in december en of januari. Omdat rivierprikken in een periode migreren dat er vrijwel geen monitoringen, onderzoeken of commerciële fuikenvisserij plaats vindt, is de exacte timing gedurende het winterhalfjaar slecht bekend. Prikken migreren voornamelijk in de nacht.

Migratiegedrag en oriëntatie

Prikken oriënteren zich aan de hand van geurstoffen (feromonen) van larven die zich in een geschikt opgroei-habitat hebben gesetteld. De larven, *ammocoeten*, scheiden een feromoon dat voor de intrekende volwassen prikken een teken is dat er verderop geschikt paai- en opgroei-gebied is. Hoe detecteerbaar deze feromonen zijn op grotere schaal en hoelang deze feromonen detecteerbaar blijven voor vis in de Waddenzee is onbekend. Telemetrische experimenten met rivierprikken in het Drentsche Aa gebied vanuit de Eems Dollard suggereren dat prikken gericht op hun doel, de paaigronden, afgaan en daarbij zijstromen waar geen larven in leven negeren. Wel vertonen de dieren grote individuele variatie en het lijkt er op dat veel rivierprikken weer terugkeren naar zee, mogelijk door de onnatuurlijke situatie in de kanalen waarin het water zowel stagnerend als stromend kan zijn en waar de feromonen mogelijk minder goed detecteerbaar zijn.

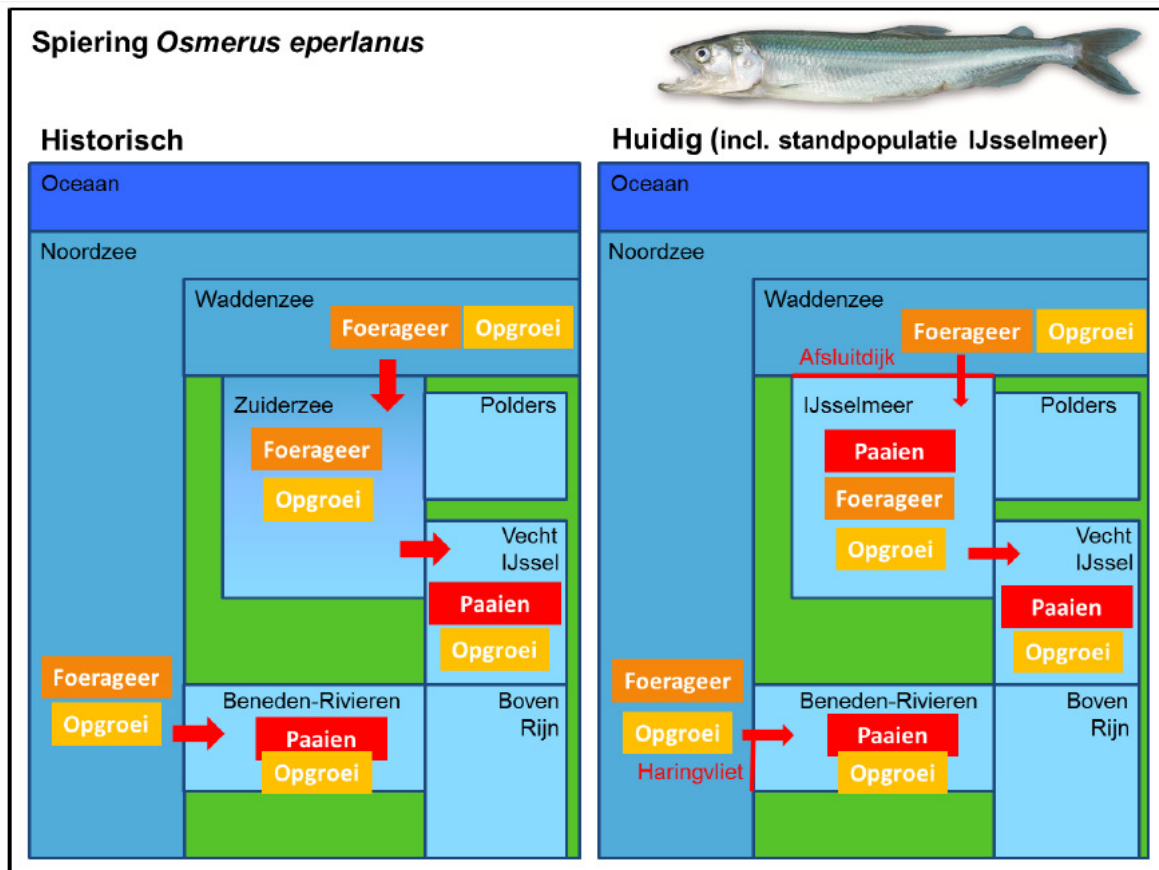
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Omdat prikken geen borstvinnen hebben zoals paling dat bijvoorbeeld wel heeft, zijn zij minder stabiel in hydraulisch complexere situaties. Experimenten met rivierprikken bij stuwen lieten zien dat rivierprikken hun bek kunnen gebruiken om tijdelijk te rusten tijdens het passeren van de barrières. Het gebruik van de bek om positie te houden werd groter naarmate het debiet groter werd, hiermee werd het aantal pogingen om een passage te passeren ook gereduceerd. Echter de verhouding tussen het aantal pogingen en het succes van passeren wordt hierdoor beïnvloed bij prikken. Waar andere vissen bij suboptimale omstandigheden meerdere pogingen kunnen doen om een passage te passeren kunnen prikken de efficiëntie van de passage sterk vergroten door bij suboptimale omstandigheden minder pogingen te doen maar tussendoor te rusten met behulp van hun zuigbek. Hierdoor zijn prikken met minder pogingen in staat efficiënt te passeren bij grotere stroomsnelheden. Prikken hebben de neiging om langs de muren en de bodem te migreren, hier zijn de stroomsnelheden mogelijk lager en hebben ze de mogelijkheid om zich vast te zuigen. Prikken lijken minder succesvol te passeren bij barrières bij stroomsnelheden van 1,5 m/s, hoewel sommige kunnen passeren bij 1,7 m/s. Andere studies laten passage met stroomsnelheden van 1,1 – 1,3 m/s en zelfs 1,75 – 2,12 m/s zien.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Het belang van een specifiek habitat voor een acclimatisatie waarvan rivierprik gebruik van zou kunnen maken is onbekend. Wel trekken prikken tot diep in het zoetwatersysteem en kunnen hier bijvoorbeeld in de Drentsche Aa al in enkele dagen arriveren vanuit het zoute water. Over dit onderwerp is met betrekking tot deze soort geen informatie voorhanden.

Spiering (*Osmerus eperlanus*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	3-4	0.7	20	8	6	15	115	6.8	6	25	20	0.7	2.2	1.3

Figuur 1.11 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Spiering kan verschillende 'life-history' strategieën vertonen. De trekkende variant (anadroom) die tot 25 cm groot wordt, was in de Zuiderzee voor de afdamming met de Afsluitdijk zeer talrijk. Daarnaast komt de soort ook voor als zoetwaterstandvis die kleiner blijft en al na een jaar paairijp is. Deze variant komt sinds de afsluiting op het IJsselmeer voor als standpopulatie. Uit analyses blijkt dat er waarschijnlijk geen of een beperkte bijdrage is van anadrome spiering aan de spiering populatie in het IJsselmeer. Het blijft echter onduidelijk of een klein aantal grotere diadrome individuen een

disproportionele bijdrage hebben aan de paai in het IJsselmeer. Dat spiering wel naar binnen trekt blijkt uit visintrek onderzoeken door Witteveen en Bos en informatie van beroepsvissers. Maar in hoeverre dit grotendeels spiering is die na uitspoeling terug wil of dat dit een diadrome vorm is, is minder goed bekend. Een deel van de spiering aan de buitenzijde hebben formaten > 20 cm die niet passen bij 'binnenspieling' en betrekking zullen hebben op anadrome spiering. Spiering is een prooidier voor zowel visetende vogels als piscivore vis.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Voor de trekkende variant is de migratie tussen zoet en zout water van groot belang, voor de zoetwaterstandvis van geen belang. Echter is er tot op heden nog geen bewijs dat de anadrome variant een bijdrage levert aan de spieringpopulatie op het IJsselmeer. In het benedenrivierengebied was in het verleden de anadrome spiering talrijker dan nu. Desalniettemin is deze soort nog steeds aanwezig, zij het in relatief geringe aantallen (Vriese & Hop, 2015), hetgeen ook geldt voor het Grevelingenmeer.

Timing van migratie

De anadrome variant paait, evenals de standpopulatie spiering, in het vroege voorjaar (maart-april) in zoetwater, bij voorkeur in stromende gedeelten op stevige ondergrond dichtbij riviermondingen en op oevers met hard substraat (zoals stortsteen). De paai-intrek gebeurt in een relatief korte periode bij een watertemperatuur van 9 á 10 graden meestal eind maart. De timing van de migratie is echter wel afhankelijk van de winter, bij een zachte winter kunnen ze al begin maart en soms al eind februari komen.

Migratiegedrag en oriëntatie

Tijdens visintrek monitoring door Witteveen + Bos (2009a) zijn grote hoeveelheden spiering gevangen in de netten in het IJsselmeer. Deze spiering kwam binnen doordat er geschut werd met de spuideuren. De auteurs vragen zich echter af in hoeverre de binnengekomen spiering er met een volgende spui weer wordt uitgespoeld richting de Waddenzee. Volgens diverse beroepsvissers liggen er veel spiering 'te wachten' in de spuikom op grotere diepte in de spuikom aan de Waddenzeezijde en voor de scheepvaartsluis. Ze zouden zich met afgaand tij richting de deuren begeven om zich richting het IJsselmeer te verplaatsen. Deze bewegingen waren zo voorspelbaar dat de beroepsvissers hun visserijactiviteiten hier precies op konden afstemmen. Ook trekken de meeste spiering in de nacht richting het IJsselmeer en worden ze gezien aan de oppervlakte (pers. comm. gebr. van Malsen). Met sonar experimenten werd veel vis, waaronder waarschijnlijk spiering, aan het begin van de spuiperiode waargenomen die richting het IJsselmeer migreerde (Witteveen+Bos 2009a). In de netten werden met name driedoornige stekelbaars en spiering gevangen. De auteurs geven aan dat op deze momenten aan het begin van een spuiperiode de vissen nog actief tegen de stroming inzwemmen.

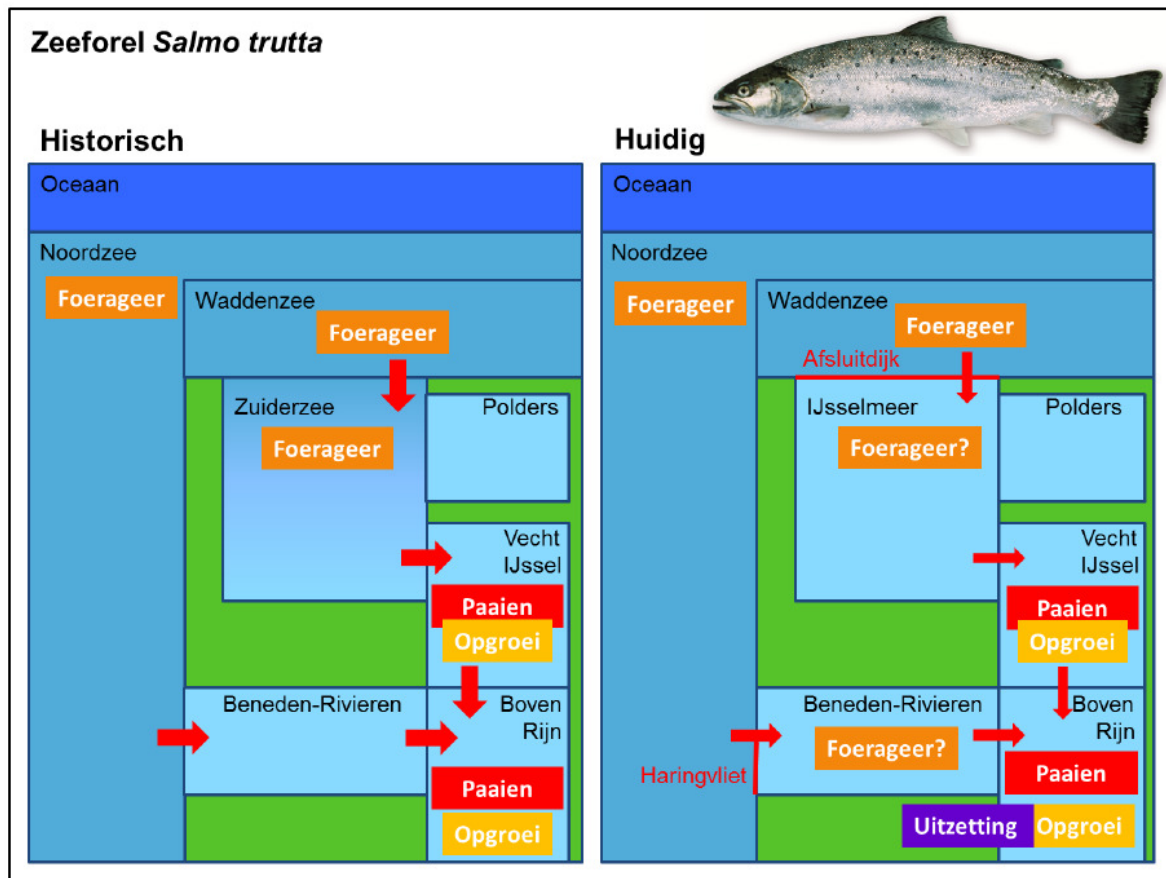
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Met behulp van Sprintfish wordt een sprintsnelheid van 0.7-2.2 m/s ingeschat voor volwassen spiering van 15-25 cm. Quak *et al.* (2012) schat de maximale kruissnelheid U_{crit} in op 0.30-0.46 m/s voor spiering van 7-16 cm.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Of de anadrome vorm een acclimatisatie zone nodig heeft in de vorm van een langzame zoet-zout gradiënt is onbekend. Wel worden er in de literatuur indicaties gegeven dat spiering die het IJsselmeer is binnengekomen er met een volgende spui wordt uitgespoeld. Dit zou veroorzaakt worden omdat zij zouden moeten wennen aan het zoete water en daarom dichtbij de spuideuren verblijven na de intrek. Echter geven de auteurs zelf aan dat dit een suggestie is en niet is onderzocht.

Zeeforel (*Salmo trutta*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Zeeforel	<i>Salmo trutta</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
zeeforel	<i>Salmo trutta trutta</i>	6-11	0.7	25	9	15	2	23	14.6	50	100	75	2.0	8.6	5.1

Figuur 1.12 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter *et al.*, 2014).

Ecologische schets van de soort

Forel kent verschillende 'life-history' strategieën binnen dezelfde populatie, waarvan de één permanent op de rivieren verblijft (residente strategie, verschijningsvorm 'beekforel') en de ander naar zee trekt (migrerende strategie, verschijningsvorm 'zeeforel'). Elk individu kan zich afhankelijk van de opgroeiomstandigheden ontwikkelen tot één van beide verschijningsvormen. Er is dus geen sprake van twee verschillende ondersoorten of subpopulaties per rivier zoals nog vaak wordt aangegeven. Jonge zeeforel trekt, evenals zalm, na één tot drie jaar in de rivieren te hebben geleefd in het voorjaar naar zee, om vervolgens na enkele jaren als volwassen vis weer terug te keren naar de rivieren. In tegenstelling tot zalm verblijft zeeforel in zeeën en kustwateren in de buurt van hun geboorterivier en kan ook tussentijds wel in enige mate het zoete water intrekken. De paaigebieden van zeeforel en zalm kunnen overlappen, waarbij zalm paait op ondiepere en sneller stromende gedeeltes. De presmolts verlaten na 1 tot 6 jaar het zoete water in het voorjaar en groeien op in het estuarium of de

zee. Na 1 tot 3 jaar op zee te zijn geweest trekken de zeeforellen de rivier weer op in de vroege winter. Na de paai sterft een deel van de ouderdieren, terwijl een deel weer teruggaat naar zee om op een later moment nogmaals aan de paai mee te doen.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor zeeforel is groot. Zeeforel plant zich voor in de bovenstroomse gedeeltes van het Rijn- en Maasgebied en in de bovenstroomse delen van de Vecht (dit lijkt momenteel slechts een kleine populatie). Voor de soort is het van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. Doordat sommige individuen op de rivier blijven als beekforel en dat deze eigenschap zich kan ontwikkelen bij het opgroeien, doet de soort aan een vorm van risicospreiding die de populatie in stand kan houden. Ook in de jaren dat de waterkwaliteit in de Rijn en de Maas slecht was, werd zeeforel nog aangetroffen op de grote rivieren. Deze dieren waren afkomstig van andere rivieren in Europa, waar de waterkwaliteit nog wel in orde was. Zeeforel is dan ook meer dan zalm geneigd zoete wateren binnen te trekken die niet noodzakelijkerwijs hun geboorterivier betreffen. In het Grevelingenmeer is zeeforel bij diverse onderzoeken aangetroffen, zij het in geringe aantallen (Vriese & Hop, 2015).

Timing van migratie

De migratie van zeeforel is vergelijkbaar met de migratie van zalm, behalve dat zeeforel een minder sterk homing gedrag heeft, waardoor zeeforel minder ver van zee trekt. Beide soorten migreren met name overdag tussen 9:00 en 5:00 en het minst tussen 21:00 en 4:00, maar salmoniden in Amerika laten zien dat andere salmoniden zowel overdag als in de nacht migreren. Hetzelfde geldt voor Denemarken. Bij hydraulisch complexere situaties migreren zij echter voornamelijk overdag.

Migratiegedrag en oriëntatie

Grote individuele variatie in migratiegedrag wat voorkomt bij veel vissoorten en is ook waargenomen bij zeeforel. Het trekgedrag van zeeforel lijkt op dat van zalm, maar verschilt op diverse punten waaronder het feit dat zalmen minder zoekgedrag vertonen nabij de paaiplaatsen. Bij de Vaate *et al.* (2003) gaven aan dat homing gedrag bepalend kan zijn voor de routekeuze met name in het bovenstroomse gebied van de rivier. Het feit dat zeeforellen succesvol via diverse ingangen van Nederland zich richting de paaigronden begeven waarbij ze in het IJsselmeer met stagnant water worden geconfronteerd, kan erop wijzen dat zij net als Atlantische zalm meerdere oriëntatie zintuigen inzetten, zoals oriënteren op afvoer van zoet water en geurstoffen. Deze laatste lijkt naarmate te paaigronden in de buurt komen steeds belangrijker te worden. In de bovenlopen van de Rijn is waargenomen dat zeeforellen alternatieve routes zoeken en mogelijk in andere zijstromen paaien wanneer de route versperd is. Dit wordt ook gezien in Denemarken. Zij stellen dat zeeforellen op geurstoffen afkomen en net zolang doorzwemmen totdat zij deze niet meer ruiken, waarop zij vervolgens weer stroomafwaarts zwemmen tot ze de juiste zijstroom gevonden hebben ('overshooting and backtracking').

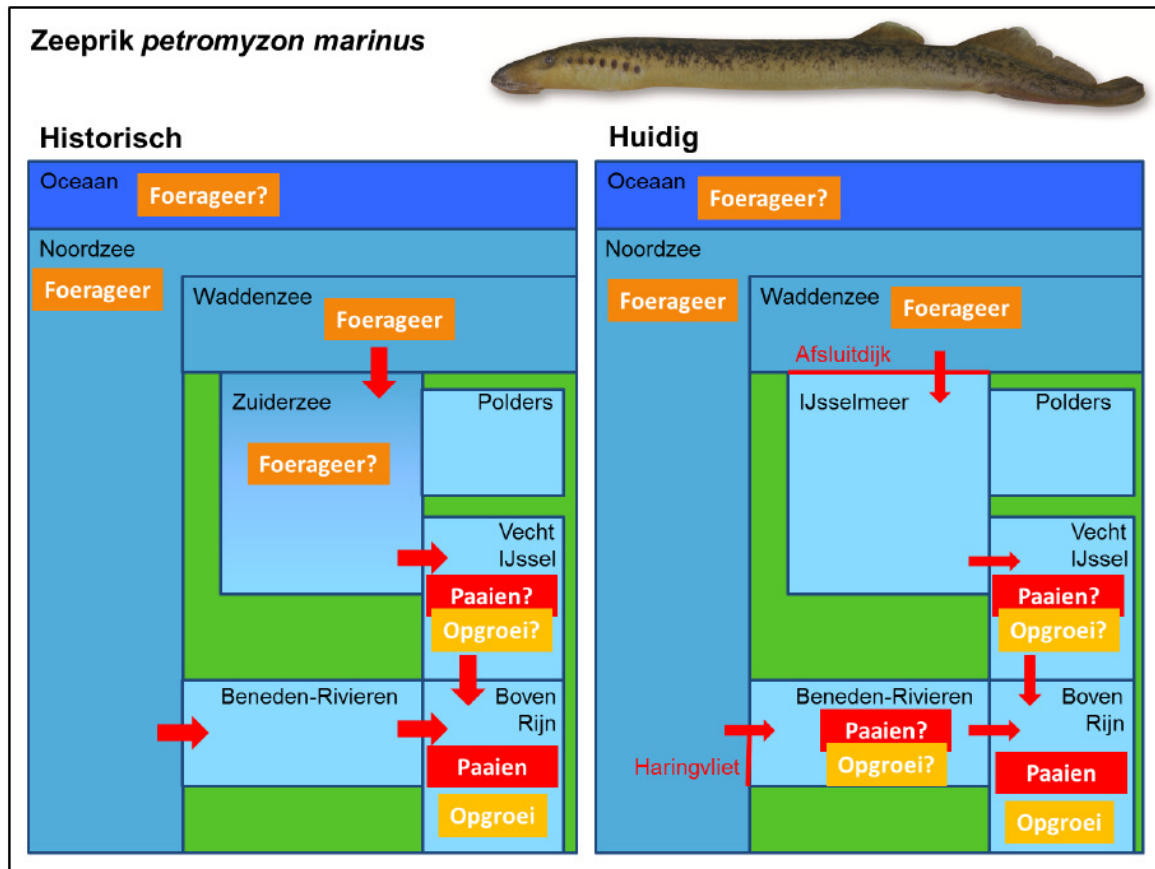
Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

De zeeforellen in Nederland bereiken een migratiesnelheid van 11 – 22 km per dag. Andere studies geven vergelijkbare snelheden aan van 3 – 22 km/dag. De kruissnelheid en sprintsnelheden zullen veel hoger liggen. Quak *et al.* (2012) schat de maximale kruissnelheid U_{crit} in op 0.4-1.5 m/s voor zeeforel van 5-35 cm. Met behulp van Sprintfish wordt een sprintsnelheid van 2.0-8.6 m/s ingeschat voor volwassen zeeforel van 50-100 cm. Recente studies wijzen op hoge sprintcapaciteiten tot 10 m/s voor volwassen salmoniden.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

De osmoregulatie van forellen is net als bij veel andere diadrome vissen hormonaal geregeld. Echter wanneer een zeeforel zich aanpast aan zoet wateren hoe een zoet-zout overgang hier een rol speelt is onbekend. Wel is er voor zalmen gesuggereerd dat ze met het getij mee bewegen om zo de overschakeling naar zoet water aan te kunnen. Bewijzen hiervoor zijn er echter niet. Ook is er een sterke individuele variatie in migratiepatronen voor salmoniden, waardoor sommige vissen sneller een zoet-zout overgang passeren dan andere.

Zeeprik (*Petromyzon marinus*)



Timing van intrek

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	winter		lente			zomer			herfst		
				jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	Anadroom	Adult											

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	4-5	0.5	16	7	16	6	20	10.7	80	100	90	1.2	2.9	1.6

Figuur 1.13 Schematisch overzicht met historisch en huidig voorkomen en functie van deelwatersystemen, waarbij stroomopwaartse migratie tussen de deelsystemen is weergegeven met pijlen, de timing van de intrekperiode en de sprintcapaciteit (bron: Winter et al., 2014).

Ecologische schets van de soort

Zeeprik behoort evenals de rivierprik tot de orde der rondbekken. De zeeprik leeft het grootste deel van zijn leven (6-8 jaar) als ammocoete in zoet water voordat deze uiteindelijk in het najaar naar zee trekt. Daar vindt een snelle groei als parasiet op andere vis plaats en na enkele jaren keert de zeeprik in het voorjaar terug naar de rivieren om hoog stroomopwaarts te paaien. Van zeeprik is nog grotendeels onbekend in hoeverre er een paaiipopulatie voorkomt in het stroomgebied van de Nederlandse rivieren. De in het IJsselmeergebied gemelde zeeprikken kunnen afkomstig zijn uit ons omringende landen, omdat ze niet noodzakelijkerwijs terug gaan naar hun geboorterivier. Ze selecteren rivieren op de aanwezigheid van feromonen die door de ammocoeten worden uitgescheiden.

Populatiestatus en voorkomen Grevelingenmeer

Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor rivierprik is groot. Voor de soort is het van belang dat deze de rivier op kunnen trekken tot de paaigronden. Omdat zeeprikken geen homing vertonen, maar afgaan op feromonen van de larven zal er ook vermenging tussen verschillende rivierpopulaties optreden. Op de Noordzee worden zeeprikken slechts incidenteel aangetroffen. In de kustzone zijn de waarnemingen talrijker. Dit verschil is zeer waarschijnlijk beïnvloed door het trekgedrag in relatie tot de voortplanting en de grotere monsterinspanning in de kustzone. De zeeprik trok vroeger vanuit de Noordzee in de rivieren stroomopwaarts, in de Rijn tot Basel en in de Maas tot diep in België. Ook in de Schelde en de Eems is de zeeprik van nature aanwezig. Het aantal waarnemingen van de soort in de grote rivieren is vanaf 1960 sterk afgenomen en vertoont een dieptepunt in de jaren '70 en '80. Toch is de soort nooit geheel verdwenen uit de Maas en Rijn. De zeeprik gebruikt ons land vooral als opgroeigebied voor de larven (ammocoeten) en als doortrekgebied voor volwassen dieren (adulten) die op weg zijn naar geschikte paaiplaatsen in Duitsland en België. Mogelijk bevinden zich echter ook in ons land paaiplaatsen: zo zijn bijvoorbeeld in de Roer sinds 2004 ammocoeten gevonden en zijn in 2009 en 2010 ook enkele volwassen paarijpe zeeprikken waargenomen. Recente waarnemingen van een net gemetamorfoseerde zeeprik in de Niers versterkt het vermoeden dat de soort zich ook in het Maasdal voortplant. Zeeprikken voorzien van een zender bij Lith trekken relatief snel door richting bovenstroomse gebieden, waarbij in enkele dagen 120 km afgelegd is met een gemiddelde snelheid van 0.7 m/s. Ook bestaat de indruk dat zeeprik meer stroomafwaarts in de Maas paaien, aangezien er dode zeeprikken gevonden zijn in juni/juli bij Lith. In het verleden is de aanwezigheid van zeeprik in het Grevelingenmeer aangetoond, echter niet talrijk (Vriese & Hop, 2015).

Timing van migratie

Volwassen zeeprikken trekken in het voorjaar of de vroege zomer vanuit zee de rivieren op. De migratieperiode van zeeprik is korter dan die van rivierprik. Prikken migreren voornamelijk in de nacht. Een onderzoek naar prikken in Amerika wees uit dat prikken zowel overdag als in de nacht migreerden, maar dat ze bij hydraulisch complexere situaties meer in de nacht trekken. De paaiplaatsen liggen vaak aan de stroomafwaartse kant van barrières. De larven zakken stroomafwaarts op zoek naar een plaats om zich in te graven. De larven blijven waarschijnlijk 3 tot 8 jaar in de bodem. Als ze 15-20 cm lang zijn treedt een gedaantewisseling op en zwemmen de rivierprikken langzaam naar zee. Dit proces duurt enkele maanden.

Migratiegedrag en oriëntatie

Zeeprikken paaien niet altijd in de geboorterivier, maar worden wel aangetrokken door lokstoffen die in de rivier aanwezige zeepriklarven afscheiden.

Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

Net als rivierprikken kunnen zeeprikken hun zuigbek gebruiken bij het passeren van obstakels. Een studie in Portugal naar zeeprikken liet zien dat in gebieden met snel stromend water ze snelle zwemactiviteiten afwisselden met rustperiodes. Tijdens elke zwemperiode passeerden ze enkele meters. Hoe moeilijker de situatie werd hoe meer sprintactiviteiten werden waargenomen. Gericht onderzoek naar sprint snelheid in relatie tot gewicht en temperatuur is uitgevoerd door Beamish (1974). Quak *et al.* (2012) schat de maximale kruissnelheid U_{crit} in op 0,8 m/s voor volwassen zeeprik. Met behulp van Sprintfish wordt een sprintsnelheid van 1,2-2,9 m/s ingeschat voor volwassen zeeprik van 80-100 cm.

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Het belang van een zoet-zout overgang en een mogelijke acclimatisatiezone voor zeeprik is onbekend. Voor larven van de rivierprik en mogelijk dus ook voor de zeeprik is de aanpassing naar zout water niet anders dan vele andere vissen, namelijk door zeewater op te drinken en door ionen in het bloed op te nemen om te voorkomen dat er teveel vocht wordt verloren. De Noord-Amerikaanse prik-expert Mary Moser bevestigde dat er over duur en noodzaak van acclimatisatie van prikken bij het passeren van zout-zoet overgangen niets bekend is.

BIJLAGE 2



Tabel 1. Afgeleide visstand Grevelingenmeer (aantallen/ha)

Vissoort / sterftepercentage	Flakkeese spuisluis					FS + doorlaatmiddel (1*)					FS + doorlaatmiddel (2*)				
	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%
Adderzeenaald	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Ansjovis	5,3	5,3	5,0	2,6	0,0	5,3	5,3	4,8	1,3	0,0	5,3	5,3	4,8	1,3	0,0
Baars	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Bittervoorn	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Blankvoorn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Blauwband	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Bot	11,7	11,7	11,2	6,6	1,6	12,2	12,2	11,1	3,6	0,0	12,7	12,7	11,6	3,8	0,0
Botervis	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
Brasem	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Dikkopje/brakwatergrondel	2359,7	2359,1	2350,1	2266,7	2180,4	3059,9	3059,4	3050,2	2965,9	2879,3	3058,1	3057,5	3048,3	2964,1	2877,4
Driedoornige stekelbaars	2,8	2,8	2,7	2,0	1,3	3,2	3,2	3,1	2,4	1,7	3,2	3,2	3,1	2,4	1,7
Dwergbolk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dwergtong	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fint	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Geep	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Gewone Pitvis	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
Gewone slijmvis	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Gewone Zeedonderpad	4,2	4,2	4,1	3,0	1,9	4,8	4,8	4,7	3,6	2,5	4,8	4,8	4,7	3,6	2,5
Giebel	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
Glasgrondel	25,2	25,2	25,2	25,1	25,1	33,3	33,3	33,3	33,2	33,1	33,3	33,3	33,2	33,1	33,1
Goudharder	0,4	0,4	0,4	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,1	0,0	0,4	0,4	0,4	0,1	0,0
Grauwe poon	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Griet	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	2,2	2,2	2,1	1,1	0,0	2,7	2,7	2,6	1,3	0,0
Groene zeedonderpad	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Grote Zeenaald	24,1	24,1	24,1	23,9	23,8	31,8	31,8	31,8	31,6	31,5	31,8	31,8	31,7	31,6	31,4
Harder	0,5	0,5	0,4	0,2	0,0	0,5	0,5	0,4	0,1	0,0	0,5	0,5	0,4	0,1	0,0
Haring/sprot	2328,6	2327,6	2311,9	2164,7	2007,2	2973,2	2963,2	2808,5	1404,2	0,0	3614,3	3602,5	3417,5	1724,3	0,0
Harnasmantje	10,2	10,2	9,7	5,1	0,0	10,2	10,2	9,7	5,1	0,0	10,2	10,2	9,7	5,1	0,0
Horsmakreel	0,4	0,4	0,3	0,2	0,0	0,4	0,4	0,3	0,1	0,0	0,4	0,4	0,3	0,1	0,0
Kabeljauw	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	1,0	1,0	0,9	0,5	0,0	1,2	1,2	1,1	0,6	0,0
Kleine Koornaarvis	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Kleine pieterman	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Kleine zandspiering	0,5	0,5	0,5	0,3	0,0	0,5	0,5	0,5	0,1	0,0	0,5	0,5	0,5	0,1	0,0
Kleine Zeenaald	17,6	17,5	16,7	8,8	0,0	17,6	17,5	16,7	8,8	0,0	17,6	17,5	16,7	8,8	0,0
Kolblei	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Koornaarvis	298,2	298,2	298,0	296,5	295,8	393,2	393,2	392,9	391,4	390,6	392,9	392,9	392,7	391,1	390,3
Kortsnuitzeepaardje	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Makreel	4,2	4,2	4,0	2,1	0,0	4,2	4,1	3,8	1,0	0,0	4,2	4,1	3,8	1,0	0,0
Mul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paling	346,6	346,6	346,4	345,0	344,4	457,2	455,9	434,2	227,7	0,0	567,3	565,6	538,7	282,7	0,0
Pijlstaartrog	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poon sp.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0
Puitaal	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0
Rasterpitvis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rivierprik	0,4	0,4	0,4	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,1	0,0	0,4	0,4	0,4	0,1	0,0
Rode poon	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Sardine	1,8	1,8	1,7	1,2	0,6	2,0	2,0	1,8	0,7	0,0	2,2	2,2	2,0	0,8	0,0
Schar	194,6	194,6	194,3	192,0	190,1	255,6	254,8	242,6	126,5	0,0	316,3	315,4	300,2	156,8	0,0
Schol	142,7	142,6	140,8	123,5	104,6	176,3	175,7	165,7	78,5	0,0	209,8	209,0	197,4	95,2	0,0
Slakdolf	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	1,1	1,1	1,1	1,0	0,8	1,1	1,1	1,1	1,0	0,8
Smelt	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
Snoek	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Snoekbaars	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Spiering	8,0	8,0	8,0	7,5	6,9	10,3	10,2	9,7	4,8	0,0	12,5	12,4	11,8	5,9	0,0
Steenbolk	7,9	7,9	7,8	6,8	5,6	9,7	9,7	9,1	4,3	0,0	11,5	11,5	10,8	5,2	0,0
Tarbot	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1	1,0	0,5	0,0	1,3	1,3	1,3	0,7	0,0
Tienddoornige stekelbaars	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
Tong	46,6	46,6	46,1	40,8	35,1	57,9	57,7	54,5	26,0	0,0	69,2	68,9	65,1	31,7	0,0
Tongschar	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
Vierdradige meun	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Vijfdradige meun	5,5	5,5	5,5	5,3	5,0	7,1	7,1	6,7	3,4	0,0	8,7	8,7	8,3	4,2	0,0
Vorskwab	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
Wijting	28,7	28,7	28,6	27,8	27,0	37,4	37,3	35,4	18,2	0,0	46,0	45,8	43,6	22,5	0,0
Winde	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Zalm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Zandspiering sp.	8,0	8,0	7,6	4,0	0,0	8,0	8,0	7,2	2,0	0,0	8,0	8,0	7,2	2,0	0,0
Zeebaars	8,4	8,4	8,2	6,7	5,0	10,0	9,9	9,3	4,1	0,0	11,6	11,5	10,8	4,9	0,0
Zeeforel	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Zeenaald sp.	2,6	2,6	2,5	1,3	0,0	2,6	2,6	2,5	1,3	0,0	2,6	2,6	2,5	1,3	0,0
Zeeprik	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Zwarte grondel	205,4	205,4	205,3	204,5	204,2	271,0	271,0	270,9	270,0	269,7	270,8	270,8	270,7	269,8	269,5
Totaal	6117	6115	6084	5788	5476	7876	7862	7641	5634	3617	8748	8731	8469	6068	3615

* 1 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is gelijk voor alle soorten (+30%); 2 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is +30% voor standvissen en +60% voor migrerende soorten.

Tabel 2. Afgeleide visstand Grevelingenmeer (kg/ha).

Vissoort / sterftepercentage	Flakkeese spuisluis					FS + doorlaatmiddel (1*)					FS + doorlaatmiddel (2*)				
	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%	0%	0,3%	5%	50%	100%
Adderzeenaald	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ansjovis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Baars	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bittervoorn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blankvoorn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blauwband	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bot	1,0	1,0	1,0	0,6	0,1	1,1	1,1	1,0	0,3	0,0	1,1	1,1	1,0	0,3	0,0
Botervis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brasem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dikkopje/brakwatergrondel	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1
Driedoornige stekelbaars	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dwergbol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dwergtong	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fint	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Geep	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gewone Pitvis	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gewone slijmvis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gewone Zeedonderpad	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
Giebel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Glasgrondel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Goudharder	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Grauwe poot	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Griet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Groene zeedonderpad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grote Zeenaald	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Harder	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Haring/sprot	13,2	13,2	13,1	12,2	11,4	16,8	16,8	15,9	7,9	0,0	20,4	20,4	19,3	9,8	0,0
Harnasmannetje	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Horsmakreel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kabeljauw	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0
Kleine Koornaarvis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kleine pieterman	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kleine zandspiering	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kleine Zeenaald	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kolblei	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Koornaarvis	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Kortsnuitzeepaardje	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Makreel	0,8	0,8	0,8	0,4	0,0	0,8	0,8	0,7	0,2	0,0	0,8	0,8	0,7	0,2	0,0
Mul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paling	27,4	27,4	27,4	27,3	27,3	36,2	36,1	34,4	18,0	0,0	44,9	44,8	42,6	22,4	0,0
Pijlstaartrog	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poot sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Puitaal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rasterpitvis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rivierprik	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rode poot	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sardine	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Schar	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	5,8	5,8	5,5	2,9	0,0	7,2	7,2	6,9	3,6	0,0
Schol	3,3	3,3	3,2	2,8	2,4	4,0	4,0	3,8	1,8	0,0	4,8	4,8	4,5	2,2	0,0
Slakdolf	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Smelt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Snoek	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Snoekbaars	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Spiering	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Steenbol	4,0	4,0	3,9	3,4	2,8	4,9	4,9	4,6	2,2	0,0	5,8	5,8	5,5	2,6	0,0
Tarbot	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Tienddoornige stekelbaars	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tong	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	1,3	1,3	1,2	0,6	0,0	1,6	1,6	1,5	0,7	0,0
Tongschar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vierdradige meun	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vijfdradige meun	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Vorskwab	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wijting	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,9	2,9	2,8	1,4	0,0	3,6	3,6	3,4	1,8	0,0
Winde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zalm	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0
Zandspiering sp.	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Zeebaars	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,4	0,4	0,4	0,2	0,0
Zeeforel	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
Zeenaald sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zeeprik	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
Zwarte grondel	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Totaal	63,2	63,2	62,8	58,9	54,8	80,8	80,6	76,6	40,3	3,9	97,4	97,1	92,3	48,6	3,9

* 1 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is gelijk voor alle soorten (+30%); 2 = toename visbestand a.g.v. vergroten doorlaatmiddel is +30% voor standvissen en +60% voor migrerende soorten.