

Inventarisatie van de belangrijkste knelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland

H.V. Winter, A.B. Griffioen, K.E. van de Wolfshaar
Rapport C107/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van Economische Zaken
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-20-010-015

Publicatiedatum:

12 juli 2013

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68
1970 AB IJmuiden
Phone: +31 (0)317 48 09
00
Fax: +31 (0)317 48 73 26
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 77
4400 AB Yerseke
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 59
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 57
1780 AB Den Helder
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)223 63 06 87
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

P.O. Box 167
1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

© 2013 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V13.1

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1 Inleiding.....	5
2 Kennisvraag.....	5
3 Methoden.....	6
3.1 Aanpak en opbouw van de inventarisatie-studie.....	6
3.2 Rode Aal Model.....	8
3.3 Sterftekans en barrièrewerking per type kunstwerk.....	11
3.4 Berekening schieraal verliezen voor de migratieknooppunten.....	13
3.5 Migratieknooppunten per beheersgebied.....	15
3.6 Ranking van migratieknooppunten naar een 'knelpunten-overzicht'.....	15
4 Resultaten.....	16
4.1 Bespreking van migratieknooppunten per waterschap.....	16
4.2 Bespreking van migratieknooppunten in de Rijkswateren.....	28
4.3 De belangrijkste migratieknooppunten en knelpunten voor schieraal.....	30
5 Conclusies en discussie.....	34
6 Kwaliteitsborging.....	37
Referenties.....	38
Verantwoording.....	41
Bijlage A. Overzicht kunstwerken per knelpunt per waterschap.....	42
Bijlage B. Overzicht van kunstwerken per migratieknooppunt in rijkswateren.....	48
Bijlage C. Overzicht van achterland per migratieknooppunt in rijkswateren.....	50

Samenvatting

Bij de afname van de palingstand spelen migratiebelemmeringen zeker een rol. In de Nederlandse watersystemen zijn veel kunstwerken aanwezig, zoals gemalen, waterkrachtcentrales, stuwen en sluizen. Deze beïnvloeden zowel de intrekmogelijkheden voor de glasaal vanuit zee als ook de uittrekmogelijkheden van schieraal, vanuit het zoete water naar zee.

In 2009 is er een overzicht van de belangrijkste migratieknooppunten voor paling in Nederland opgesteld, waarbij geen onderscheid is gemaakt tussen intrekproblemen voor glasaal en uittrekproblemen voor schieraal. Voor de beoordeling van aanvragen voor ontheffing van het gebruik van aalvistuigen voor schieraaloverzet in de gesloten tijd, is er vanuit het Ministerie van EZ behoefte aan een vernieuwde lijst met prioritaire migratieknooppunten voor schieraal. In opdracht van het Ministerie van EZ is in deze rapportage een onderbouwde inventarisatielijst opgesteld waarin de belangrijkste migratieknooppunten voor schieraal zijn opgenomen.

Bij het opstellen van de inventarisatielijst is gebruik gemaakt van het 'rode aal model' dat IMARES ten behoeve van de EU-evaluatie van het Aalbeheerplan in 2012 heeft opgesteld. Voor deze studie zijn extra gegevens over slotenarealen aan het model toegevoegd om het potentieel aan vertrekkende schieraal per beheersgebied en Rijkswateren in te schatten. Vervolgens is op basis van watersysteemkennis en informatie van waterbeheerders een lijst met potentiële knooppunten met kunstwerken ('migratieknooppunten') opgesteld die een relatief groter achterland voor paling ontsluiten. Voor elk van deze knooppunten, vaak een complex van kunstwerken (bijvoorbeeld een waterkrachtcentrale met stuw, vistrap en scheepsluizen, of een gemaal met scheepsluis) is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid schieraal die potentieel bij het knooppunt aankomt. Daarna is een inschatting gemaakt van de sterftekans tijdens passage van gemalen en waterkrachtcentrales, de uittrek mogelijkheden via alternatieve routes in het complex en de mate van barrièrewerking bij een kunstwerk. Op deze wijze is een geschatte verliespost aan schieraal (in ton) per migratieknooppunt bepaald. De betrouwbaarheid van deze schattingen zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid aan de onderliggende gegevens in het rode aal model en de kennis die er is van het gedrag van schieraal bij complexen met kunstwerken. Bij ontbrekende gegevens is uitgegaan van gemiddelde waarden voor andere vergelijkbare type gebieden of type knooppunten. Met name over het gedrag bij kunstwerk-complexen is vaak weinig bekend, noch over de passeerbaarheid van scheepsluizen. Dit betekent dat de geschatte verliesposten aan schieraal bij veel knooppunten als niet meer dan een indicatie voor mogelijke verliezen moet worden opgevat.

Op basis van de geschatte verliesposten schieraal is een top 58 lijst van knooppunten in Nederland opgesteld. De lijst wordt aangevoerd door beide stuwcomplexen met waterkrachtcentrales in de Maas, bij Lith en Linne. Ook het stuwcomplex met waterkrachtcentrale Amerongen staat in de top 12. Daarnaast bestaat een groot deel van de lijst uit knooppunten met een gemaal, voornamelijk boezemgemalen, die ofwel direct op zee uitkomen of op een rijkswater afwateren. Er zijn ook enkele scheepvaartsluizen-complexen opgenomen in de lijst. De grote spuisluis-complexen zoals Den Oever, Kornwerderzand en Haringvliet zijn voor schieraal niet als knooppunt aangemerkt.

1 Inleiding

De palingstand neemt al decennia af. Beperkingen in migratiemogelijkheden hebben hier zeker een rol bij gespeeld. In de watersystemen in Nederland zijn vele kunstwerken, zoals gemalen, waterkrachtcentrales, stuwen en sluizen, aangelegd. Deze beïnvloeden zowel de intrekmogelijkheden voor de glasaal die van zee komt als ook de uittrekmogelijkheden van volwassen paling, schieraal, vanuit het zoete water naar zee.

Een eerste overzicht van de belangrijkste migratieknelpunten voor paling in Nederland is opgesteld in 2009 (Buijse et al. 2009). Hierbij is niet gedifferentieerd naar intrekproblemen voor glasaal en uittrekproblemen voor schieraal. Voor de beoordeling van aanvragen voor ontheffing van het gebruik van aalvistuigen voor schieraaloverzet in de gesloten tijd, is er vanuit het Ministerie van EZ behoefte aan een vernieuwde lijst met prioritaire migratieknelpunten voor schieraal. In deze rapportage wordt een lijst opgesteld waarin de meest prioritaire migratieknelpunten voor schieraal zijn opgenomen inclusief een onderbouwing.

Om een inschatting te maken van het relatieve belang van een achterland van een potentieel knelpunt, van waaruit schieraal met hun migratie starten hebben we gebruik gemaakt van het 'rode aal model' (Bierman et al. 2012). Locaties met één of meerdere kunstwerken (bijvoorbeeld complexen met een waterkrachtcentrale met stuw, vistrap en scheepsluizen, of complexen met een gemaal met scheepsluis) die dus potentieel een knelpunt voor schieraal kunnen vormen, worden verder aangeduid als '*migratieknooppunt*'. Voor deze studie zijn extra gegevens over slotenarealen aan het model toegevoegd. Met het rode aal model en de onderliggende gegevens is het potentieel aan vertrekkende schieraal per beheersgebied en Rijkswateren ingeschat. Daarnaast is op basis van watersysteemkennis en informatie van de waterbeheerders (waterschappen en Rijkswaterstaat) een lijst met migratie-knooppunten opgesteld die een relatief groot achterland voor paling ontsluiten. Voor elk van deze migratieknooppunten is een inschatting gemaakt van het potentieel aan schieraal wat bij het knooppunt aan kan komen. Vervolgens is een inschatting gemaakt van de sterftekans tijdens passage van gemalen en waterkrachtcentrales, de uittrek-mogelijkheden via alternatieve routes in het knooppunt en de mate van barrièrewerking de kunstwerken. Op deze wijze is een geschatte verliespost aan schieraal (in ton) per knooppunt opgesteld. De knooppunten zijn gerangschikt op volgorde van geschat potentieel schieraalverlies (als indicator voor het relatieve belang van een knooppunt ten opzichte vanuit Nederland migrerende schieraal populatie). Dit resulteert in een lijst met de belangrijkste migratieknelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland.

De betrouwbaarheid van de schattingen van verliesposten aan schieraal zijn zo goed als de onderliggende gegevens in het rode aal model toestaan en de kennis die er is van het gedrag van schieraal bij knooppunten. Bij ontbrekende gegevens is uitgegaan van gemiddelde waarden voor andere, vergelijkbare gebieden of knooppunten. Voor de inschatting van het gedrag van schieraal zijn op basis van de weinige beschikbare onderzoeken keuzes gemaakt of aannames gedaan.

2 Kennisvraag

Wat zijn de belangrijkste knelpunten (locaties met kunstwerken) voor uittrekkende schieraal in Nederland?

3 Methoden

3.1 Aanpak en opbouw van de inventarisatie-studie

Nederland kent een zeer complexe waterhuishouding die gereguleerd wordt met vele duizenden kunstwerken zoals stuwen, gemalen, waterkrachtcentrales, scheeps-, spui-, en keersluizen (Wanningen et al. 2012). Iedere locatie met een kunstwerk, of meerdere kunstwerken naast elkaar, zoals veel voorkomt, wordt aangeduid als migratieknooppunt en vormt potentieel een knelpunt voor migrerende schieraal. Vanuit de populatie schieraal die uit Nederland wegtrekt beschouwd, zal de mate waarin een knooppunt fungeert als knelpunt voor deze populatie flink verschillen van locatie tot locatie, mede afhankelijk van de aanwezige kunstwerken.

Wanneer vormt een migratieknooppunt een belangrijk knelpunt voor de uittrek van schieraal?

Hoe meer schieraal via een knooppunt poogt te migreren, hoe groter het relatieve belang van een dergelijk migratieknooppunt is voor de populatie schieraal. Een belangrijke factor hierbij is de omvang van het areaal oppervlaktewater (*'achterland aan palinghabitat'*) dat via een knooppunt afwatert. Op basis van beschikbare informatie (rapportages, internet, databases), aangevuld met kennis van waterbeheerders (waterschappen en Rijkswaterstaat), hebben we een lijst van knooppunten met een relatief groot achterland vastgesteld in zowel de beheersgebieden van de waterschappen (zie Bijlage A) als de Rijkswateren (Bijlage B).

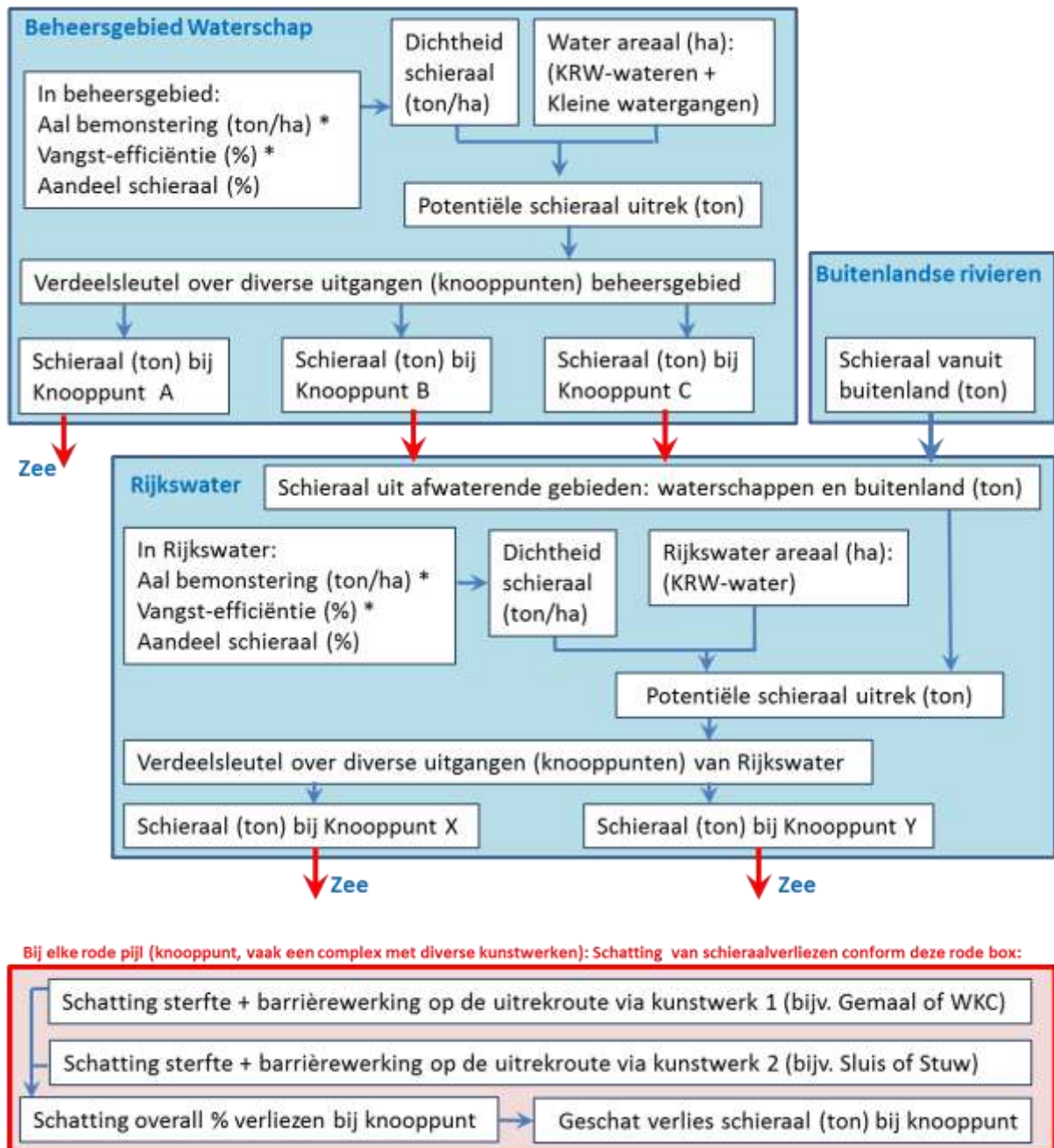
Naast het feit dat een migratieknooppunt een relatief groot belang moet hebben voor de vanuit Nederland migrerende schieraalpopulatie, is ook de *'mate van migratiebelemmering'* relevant. Deze migratiebelemmering kan bestaan uit *'directe sterfte'* van schieraal bij passage van een kunstwerk, zoals bij gemalen of waterkrachtcentrales. Daarnaast kan er *'barrièrewerking'* optreden die kan variëren van lichte vertraging tot totale blokkering van de migratieroute. In geval van totale blokkering kunnen de schieralen die aankomen bij een kunstwerk ook als verloren voor de populatie worden beschouwd. Voor elk van de knooppunten op de lijst hebben we geïnventariseerd welke kunstwerken ter plekke aanwezig zijn en een inschatting gemaakt van zowel de *'directe sterfte'* als *'barrièrewerking'* in percentages op basis van onderzoeken of gegevens van vergelijkbare locaties. Wanneer deze gegevens niet voor handen waren is een inschatting gemaakt op basis van aannames (zie Bijlage A en B).

De combinatie van *'hoeveelheid schieraal die via het knooppunt migreert'*, in deze rapportage uitgedrukt in aantal ton schieraal dat vanuit het achterland van een knooppunt met de migratie start, en *'mate van migratiebelemmering'*, in deze rapportage geschat als percentage aan schieraalverliezen bij een knooppunt door hetzij directe sterfte of blokkering of beide, levert een schatting van de hoeveelheid schieraal die bij een knooppunt potentieel verloren gaat voor de populatie uit Nederland wegtrekkende schieraal. De lijst met knooppunten is gerangschikt op volgorde van de *'geschatte verliespost aan schieraal'* bij een migratieknooppunt, als indicatie voor de mate waarin een knooppunt een knelpunt vormt voor schieraal populatie.

Aanpak voor de opwerking van gegevens en het maken van schattingen

Bij deze studie is gebruik gemaakt van het *'rode aal model'* (Bierman et al. 2012) dat is ontwikkeld ten behoeve van de evaluatie van het Aalbeheerplan (LNV 2008). Voor de huidige studie zijn extra gegevens over slotenarealen aan het model toegevoegd. Met het rode aal model en de onderliggende gegevens (bemonsteringen, arealen oppervlaktewater) is het potentieel aan vertrekkende schieraal per beheersgebied en Rijkswateren ingeschat. Voor elk van de knooppunten is een inschatting gemaakt van het potentieel aan schieraal wat bij het knooppunt aan kan komen. Vervolgens is een inschatting gemaakt van de sterftetekans tijdens passage van gemalen en waterkrachtcentrales, de uittrek-mogelijkheden via alternatieve routes in het knooppunt en de mate van barrièrewerking de kunstwerken. Op deze wijze is een geschatte verliespost aan schieraal (in ton) per knooppunt opgesteld.

De knooppunten zijn gerangschikt op volgorde van geschat potentieel schieraalverlies (als indicator voor het relatieve belang van een knooppunt als knelpunt ten opzichte van uit Nederland migrerende schieraal populatie). Dit resulteert in een lijst met de belangrijkste migratieknelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland. Een schematisch overzicht van de gevolgde aanpak is weergegeven in Figuur 1. De verschillende onderdelen worden in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.



Figuur 1. Schematisch overzicht van de aanpak en wijze van opwerken van gegevens om voor elk van de geselecteerde migratieknelpunten een inschatting te maken van het 'geschat verlies aan schieraal'.

3.2 Rode Aal Model

Voor de rapportage van Nederland aan de Europese Unie is in 2012 een bestandschatting gedaan voor aal in Nederland (Bierman et al. 2012). Voor deze bestandsschatting is gebruik gemaakt van Kader Richtlijn Water (KRW) bemonsteringsgegevens en KRW GIS-kaarten met wateren en hun typering. De bemonsteringsgegevens van wateren in beheer bij waterschappen zijn opgewerkt met behulp van KRW-typering en waterschap. De bemonsteringsgegevens van wateren in beheer van het rijk zijn opgewerkt per deelgebied en in achtneming van aal habitat zoals kribben. Alle bemonstering is opgewerkt met lengte-gewicht en maturatie-lengte relaties voor mannetjes en vrouwtjes apart, gebaseerd op data uit Nederland (van Keeken 2010). De bestandsschatting van de grote meren IJsselmeer, Markermeer, Grevelingen en Veluwerandmeren, zijn gebaseerd op vangstgegevens.

Sloten toevoegen aan waterareaal

Omdat in de KRW wateren, sloten zeer beperkt zijn opgenomen (slechts 0,5%, CBS, PBL, Wageningen UR (2012)) doch een groot aandeel van het water in Nederland zijn, zijn de sloten binnen deze studie aan de huidige analyse toegevoegd. Dit is gedaan met behulp van de TOP10 kaart van Nederland (Kadaster 2007). De TOP10 Waterdeel-lijn kaart met daarop waterlopen, vooral kavelsloten (pers. Comm. P. van Puijenbroek, PBL), tot 6 meter breed, is vergeleken met de OWAGL kaart, de lijnen kaart van de KRW. Wateren die alleen op de TOP10 kaart voor komen zijn in de analyse meegenomen.

Tevens is de TOP10 Waterdeel-vlak kaart vergeleken met OWAGL en OWAGV, de lijnen en vlakken kaart met KRW waterlichamen. Van deze laatste Waterdeel-vlak kaart zijn alleen die waterlichamen met watertype 'waterloop' meegenomen om de sloten te identificeren. Watertypen als 'meer, plas, ven, vijver', 'droogvallend' en 'zee' worden niet meegenomen. Van het type 'waterloop', welke onder andere ook kanalen en grote rivieren bevat, zijn alleen die wateren die in een waterschap liggen meegenomen; dit sluit de Rijkswateren uit (Waterschapsgrenzen-2008). In de volgende selectie zijn de wateren die reeds in de KRW kaart OWAGV of OWAGL present zijn er uitgehaald (Tabel 1). Wat na deze selectie overblijft is hier als sloot breder dan 6 meter gedefinieerd. In totaal komt met deze methode de lengte aan 'sloot' op 310.000 km, welke niet in de KRW is opgenomen.

Tabel 1 Lengte (km) van sloten per klasse uit de TOP10 kaarten, gecombineerd met de KRW kaarten (OWAGL en OWAGV). NB De totale lengte van waterlopen van >6 meter bestaat ook uit grote rivieren en kanalen en daarom is alleen het deel na selectie weergegeven. De categorie 'greppel, droge sloot' wordt niet meegenomen in de berekening voor het schieraal bestand.

Waterloop type (bronbestand)	TOP10	Niet KRW
Greppel, droge sloot (TOP10lijn)	98.400	98.400
0,5 – 3 meter(TOP10lijn)	150.157	148.116
3 – 6 meter (TOP10lijn)	25.058	24.090
> 6 (TOP10vlak)		39.627

Voor verdere berekening naar biomassa schieraal wordt het gemiddelde van breedteklassen van de Waterdeel-lijn kaart overgenomen, omdat van deze kaart alleen de lengte van het waterlichaam bekend is. Van de kaart Waterdeel-vlak is lengte en oppervlak bekend en daarom zal dat oppervlak gebruikt worden.

Het oppervlak sloot per waterschap is daarna vermenigvuldigd met de dichtheidsschatting voor aal uit Bierman et al. (2012) voor sloten, 2,0 kg/ha. Daarna is deze vermenigvuldigd met 5, ter correctie van de vangst-efficiëntie van 0.2 (STOWA 2003), en is 15% genomen als het aandeel schieraal van het totale aalbestand (Bierman et al. 2012). Zo zijn de tonnages schieraal per waterschap voor de sloten bepaald. Het totale tonnage schieraal, gebaseerd op KRW-monitoring uit Bierman et al. (2012) en de nieuwe schatting van schieraal in sloten, per waterschap, is gebruikt voor de migratieknooppunten.

Voor elk beheersgebied van de waterschappen (zie Figuur 2) en voor elk Rijkswater is door middel van een verdeelsleutel het met het rode aal model berekende totale potentieel aan schieraal per beheersgebied of Rijkswater onderverdeeld over de verschillende migratieknooppunten die hierbinnen gelegen zijn (zie ook Figuur 1). Deze verdeelsleutel is afhankelijk van de beschikbare kennis toegepast. In volgorde van voorkeur en op basis van beschikbaarheid van informatie is de toegepaste verdeelsleutel gebaseerd op basis van:

- 1) gericht onderzoek naar verdeling van schieraal over knooppunten
- 2) aanwezig habitat (ha waterareaal) dat afwatert op knooppunt
- 3) gemiddeld debiet per knooppunt
- 4) oppervlakte van het afwateringsgebied (ha land+water)
- 5) verhouding pompcapaciteiten

Potentiële schieraal uittrek versus werkelijke schieraaluittrek

Er is per beschouwd knooppunt geschat hoeveel schieraal (ton) in potentieel aankomt ('potentieel aanbod'). Hierbij is geen rekening gehouden met sterfte die in het beheersgebied of Rijkswater zelf optreedt, bijvoorbeeld door beroepsvisserij, sportvisserij, predatie, scheepschroeven, ziekte of kleinere knooppunten eerder op de route (niet beschouwde gemalen of waterkrachtcentrales). Het werkelijke aanbod van schieraal bij een knooppunt zal hierdoor waarschijnlijk lager liggen dan het potentiële aanbod. Goede gebied-specifieke gegevens over deze sterfte ontbreken veelal. Echter voor de doelstelling van deze studie, namelijk een ranking van belangrijke migratieknooppunten voor schieraal, is het potentiële aanbod vanuit het achterland wel een goede indicator voor de mate van belangrijkheid van het migratieknooppunt voor de uittrek van schieraal.

Een tweede onzekerheid in de schattingen van het potentiële schieraal aanbod is gerelateerd aan de beschikbaarheid van onderliggende gegevens. Voor het rode aal model zijn KRW bemonsteringen, aannames voor vangstefficiëntie en aandeel schieraal van palingvangst meegenomen om dichtheden schieraal per beheersgebied of Rijkswater te bepalen. De dekking en kwaliteit van deze gegevens verschillen sterk van gebied tot gebied (Bierman et al. 2012). Bij ontbrekende data zijn gemiddelden voor gelijke typen KRW water gebruikt. Voor sloten zijn vrijwel geen bemonsteringen beschikbaar.

Een derde onzekerheid in de schattingen wordt gevormd omdat de binnen het rode aal model gebruikte GIS-bestanden aan waterarealen is een benadering zijn voor het werkelijke aanwezige palinghabitat. Binnen deze studie zijn wel de kleine watergangen en sloten toegevoegd zodat er per beheersgebied nauwkeurigere schattingen van het waterareaal per beheersgebied konden worden gemaakt dan in Bierman et al. (2012), waar is gerekend met gemiddelde arealen sloten per beheersgebied.

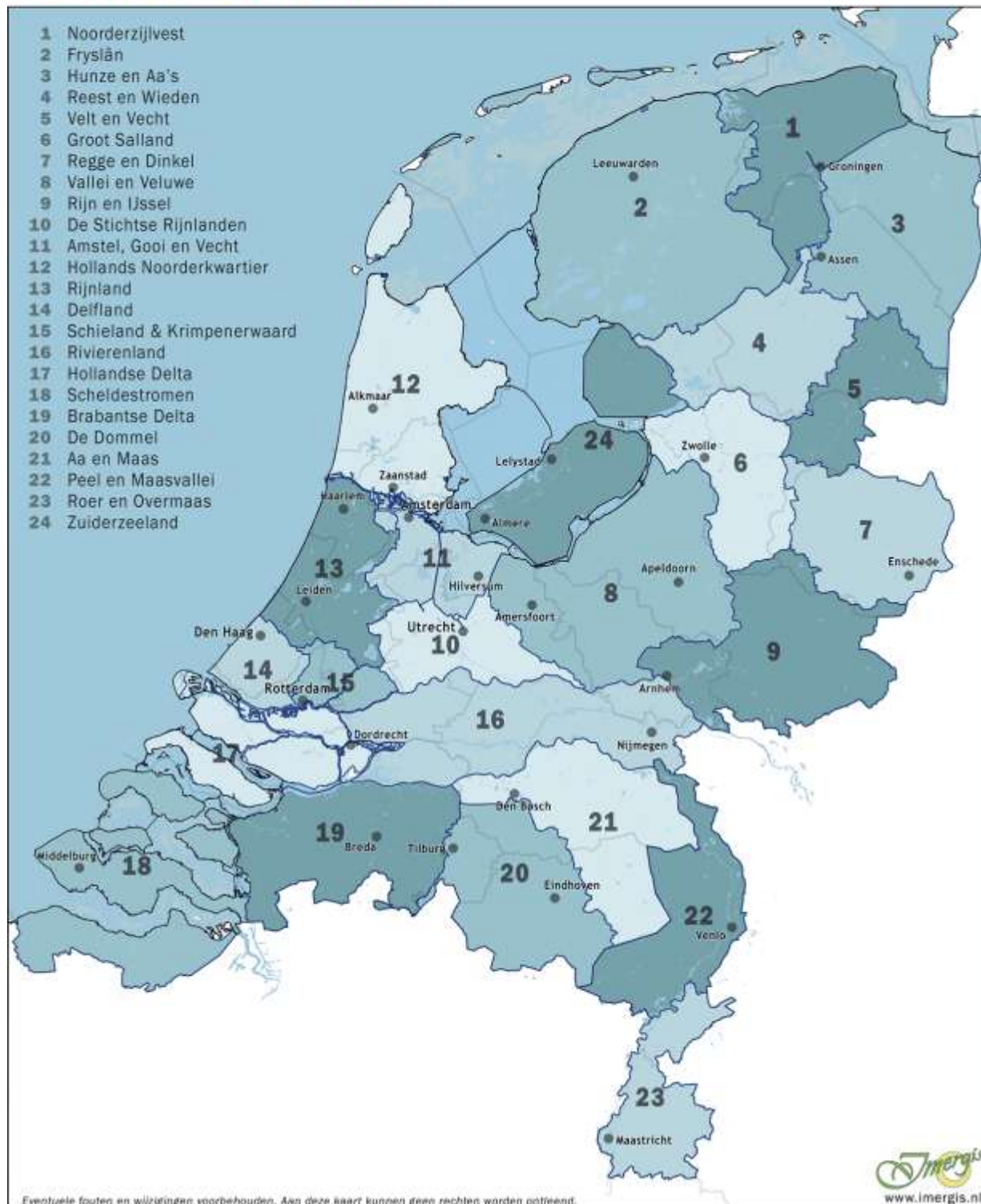
Een laatste grote onzekerheid is de onderverdeling van schieraal over verschillende knooppunten in een beheersgebied of Rijkswater. Vaak is hiervoor de waterverdeling over de verschillende knooppunten of de oppervlakte van het waterareaal of land+water areaal gebruikt als benadering, onder aanname dat schieraal zich stroomafwaarts conform de verschillende waterstromen verdeeld (Jansen et al. 2007). Maar of de schieraal zich ook conform een dergelijke verdeelsleutel gedraagt is veelal onbekend. De werkelijke verdeling kan hierdoor afwijken van de geschatte verdeling zoals in dit rapport toegepast.

Dit alles maakt dat de in dit rapport gepresenteerde schattingen vaak als niet meer dan een 'ruwe schatting met een grote onzekerheidsmarge' moeten worden beschouwd.

WATERBEHEER

24 Waterschappen

2013



Figuur 2. Overzichtskaart van alle beheersgebieden van de waterschappen van Nederland. De nummering van de beheersgebieden in deze figuur is ook in het rapport aangehouden (bron: www.imergis.nl).

3.3 Sterftekans en barrièrewerking per type kunstwerk

De sterfte en het gebruik van aal voor elke type kunstwerk is afhankelijk van diverse factoren als type pomp, afschrikwekkende werking (geluid, vibraties, scheepvaart, etc.), migratiemogelijkheden in de tijd, diverse routes per migratieknooppunt en mogelijk nog meer factoren. Het netto verlies van de schieralen per knooppunt is berekend door het aanbod schieraal te vermenigvuldigen met het percentage wat na passage sterft of geblokkeerd is in hun migratie.

Hieronder bespreken we op welke wijze we de sterftekans en barrièrewerking voor de belangrijkste typen kunstwerken hebben geschat (deze schattingen zijn per knooppunt opgenomen in Bijlage A en B):

Gemalen

Voor het bepalen van sterfte percentages voor gemalen is in opdracht van de STOWA (van der Wal et al. 2012) onderzoek uitgevoerd bij diverse gemalen met verschillende pomptypen en capaciteiten (>0 tot 500 m³/min). De totale vangst voor aal (<1100 stuks) was laag waardoor de betrouwbaarheid van de sterfte percentages per type gemaal niet één op één over te nemen is ten behoeve van deze studie. In deze studie is daarom gebruik gemaakt van sterfte percentage aannames (Tabel 2). Hierbij is aangenomen dat de open en gesloten schroefpompen hoge sterfte veroorzaken en dat vijzels de laagste sterfte veroorzaken na passage. In de analyses voor schieraal verliezen bij de passage van een gemaal is de 'best guess' sterfte percentage uit Tabel 2 gebruikt, tenzij onderzoek aan het gemaal anders heeft uitgewezen. Deze 'best guess' sterfte is een grove schatting op basis van sterfte van aal of bij gebrek aan aal een mate van schade aan andere vissoorten uit de onderzoeken van van de Wal et al. (2012). Over de barrière werking van een gemaal in relatie tot het type gemaal is niets bekend en de range tussen geschatte minimum en maximum barrièrewerking is dan ook groot: 10 – 90 %.

Tabel 2 Waarden voor sterfte en blokkerende werking van gemalen met diverse pomptypen waarmee in de berekeningen is gewerkt. De tabel geeft een schatting voor minimale, maximale en 'best guess' schatting voor elke type pomp in percentages.

type pomp in gemaal	sterfte percentage (%)			barrière werking (%)		
	min	max	best guess	min	max	best guess
vijzel	0	10	4	10	90	?
centrifugaal	0	50	25	10	90	?
schroefcentrifugaal	0	50	30	10	90	?
gesloten schroefpomp	10	90	50	10	90	?
open schroefpomp	10	90	50	10	90	?
scheprad	0	5	1	10	90	?
Type pomp onbekend	0	90	30	10	90	?

Waterkrachtcentrales

Er zijn maar een beperkt aantal grotere waterkrachtcentrales in de Nederlandse watersystemen aanwezig. In de grote rivieren zijn deze gelegen bij Lith en Linne in de Maas, en Hagestein (laatste acht jaar buiten gebruik) en Amerongen in de Nederrijn-Lek tak van de Rijn. Met name de sterftekans van schieraal in de waterkrachtcentrales in de Maas en hun barrièrewerking zijn goed onderzocht (Bruijs et al. 2003, Winter et al. 2006, Jansen et al. 2007, Winter et al. 2007, Griffioen et al. 2013a). De gemiddelde sterftepercentages bij passage van de onderzochte waterkrachtcentrales en de mate van barrièrewerking zijn ook aangenomen voor de niet onderzochte waterkrachtcentrales.

Stuwen

Stuwen wateren onder vrij verval af indien de waterhoogtes bovenstrooms van de stuw te hoog worden. Sterfte van schieraal tijdens passage van stuwen lijkt zeer onwaarschijnlijk. Alleen in geval van een groot verval en het landen van het overstortende water op een droogliggend stortsteenbed of betonnen bodem zouden theoretisch schade aan schieraal kunnen toebrengen. In geval van hogere afvoer, en dit zijn vaak de perioden dat de schieraal stroomafwaarts migreert (Jansen et al. 2007), zal passage probleemloos kunnen plaatsvinden. Bij stuwen met een zeer laag frequent voorkomen van stromend water kan er vertraging in de tijd optreden voor migrerende schieraal, maar blokkering zal nooit aan de orde zijn. In deze rapportage is daarom aangenomen dat stuwen voor de stroomafwaarts trekkende schieraal een sterfte en barrièrewerking van 0% veroorzaken.

Scheepssluisen

Scheepssluisen vormen geen directe bedreiging voor verliezen middels sterfte (alhoewel sterfte door scheepsschroeven niet uitgesloten kan worden, maar hierover is zeer weinig bekend), echter de indirecte verliezen door middel van een blokkerende werking kunnen groot zijn. Er is niet veel bekend in welke mate en met welke efficiëntie schieralen gebruik maken van scheepssluisen tijdens hun migratie. Wel zijn er, veelal slechts anekdotische, gegevens dat schieraal scheepssluisen kan passeren zoals aangetoond voor bijvoorbeeld diverse scheepssluisen rond het Noordzeekanaal (van Wijk 2011), scheepssluisen in kanalen ten westen van Groningen (Winter et al. 2013), scheepssluisen in het lateraalkanaal van de Maas bij Roermond (Griffioen et al. 2013a) en scheepssluisen in het Amsterdam Rijnkanaal (Griffioen et al. 2013b). In deze rapportage wordt aangenomen dat een succesvolle migratie via scheepssluisen afhankelijk is van debiet, het aantal schuttingen per dag (vooral tijdens de nacht), de dimensies van de sluis en of het een sluis is die zoet water met zoet of zout water verbindt (Tabel 3). Wanneer er sprake is van een verschil in zoutgehalte aan weerszijden van de sluisdeuren zal er bij opening van de deuren een tegenstroom ontstaan met een zoetere bovenlaag stromend richting de 'zoutere' kant en een zoutere onderlaag richting de 'zoetere' kant (Winter 2011). Er is aangenomen dat een verschil in zoutgehalte een gunstige invloed heeft op de passeerbaarheid van scheepssluisen omdat er meer voor de schieraal merkbare stromingen optreden wanneer de sluisdeuren open gaan en schieraal zich naast stroming ook oriënteert op zoet-zout gradiënten. Daarnaast wordt er vanuit gegaan dat de migratiekansen beperkt zijn wanneer er weinig debiet is, weinig schuttingen plaatsvinden en de dimensies van de sluis klein zijn. Andersom vormt een hoog debiet, met veel schuttingen per dag bij een sluis van grote omvang die zoet met zout water verbindt de naar schatting beste kans op succesvolle migratie via de scheepssluis. Maar de beschikbare kennis hierover is zeer beperkt.

Tabel 3 Waarden voor blokkerende werking bij scheepssluisen waarmee in de berekeningen is gewerkt. De tabel geeft een schatting voor minimale, maximale en 'best guess' schatting voor diverse scenario's.

Migratie mogelijkheid	debiet	zoet/ zout	schuttingen	dimensies	barrière werking (%)		
					min	max	best guess
slecht	laag	zoet -zoet*	weinig	klein	10	90	80
matig	matig		matig	matig	10	90	50
goed	hoog	zoet - zout	veel	groot	10	90	20

*geen beperking of bevordering voor migratie

Spui- en keersluizen

Spuisluizen en of keersluizen zijn knelpunten waarbij water via vrij verval wordt geloosd. Beide sluisen vormen geen directe bedreiging voor verliezen middels sterfte, echter de indirecte verliezen door middel van een blokkerende werking zullen afhangen van het lokale beheer van de sluisen. Wanneer de kans bestaat dat er bijvoorbeeld zout water binnendringt of wanneer er door peilverschil (bijvoorbeeld door opwaaiing of tij van water) het onmogelijk wordt om spui en of keersluizen te gebruiken zal de barrière werking hoog zijn. Hoewel wordt aangenomen dat schieralen via vrij verval geen beperkingen zullen

ondervinden om via spui en of keersluizen te migreren is de blokkerende werking, met name in het najaar (het migratie seizoen) onzeker. Door hogere waterstanden in het najaar of weersomstandigheden waardoor het onmogelijk wordt door peilverschillen om te spuien zal er op diverse plaatsen worden bemaald in plaats van gespuid. De netto sterfte van passerende vis zal hierdoor hoger uit vallen ten opzichte van andere seizoenen in het jaar. Aangenomen wordt dat de barrière werking uiteen zal lopen van 0 – 90% (Tabel 4).

Tabel 4 Waarden voor de blokkerende werking bij spuisluizen, keersluizen en sluizen in combinatie bij een gemaal. De tabel geeft een schatting voor minimale, maximale en 'best guess' schatting.

Type sluis	barrière werking (%)		
	min	max	best guess
spuisluis	0	90	?
Spui / keer sluis (bij gemaal)*	10	50	?

*spuisluizen (en keersluizen) bij gemalen worden afhankelijk weersomstandigheden gebruikt om water te spuien. Echter er zijn gevallen bekend waarbij er bemalen wordt tijdens hoog water 'aan de buitenkant'. In deze gevallen zijn de spui of keersluizen gesloten en niet passeerbaar voor schieralen.

3.4 Berekening schieraal verliezen voor de migratieknooppunten

Wanneer een migratieknooppunt uit een complex van diverse kunstwerken bestaat is de kans aanwezig dat schieralen zich verdelen over de diverse optionele routes en zal het netto sterfte percentage lager uitvallen dan het sterftepercentage in het kunstwerk dat schade toebrengt (bijvoorbeeld gemaal of waterkrachtcentrale). Dit kan bijvoorbeeld een scheepsluis naast een gemaal zijn of een stuw naast een waterkrachtcentrale, een vispassage langs een gemaal etc. De kans dat een schieraal gebruik maakt van een veiligere route binnen een migratieknooppunt wordt groter wanneer er een barrièrewerking uitgaat van de potentieel schadelijke routes via een gemaal of een waterkrachtcentrale. Deze barrièrewerking, of 'afschrikwekkende' dan wel 'viswerende' werking, kan gerelateerd zijn aan het type kunstwerk en locatie-specifieke factoren. Daarnaast kan er ook voor de ingang van een gemaal of waterkrachtcentrale gericht worden ingezet op viswerings- of visgeleidingssystemen, al is de werking hiervan vaak sterk afhankelijk van omgevingsfactoren en zelden 'volledig waterdicht' (Kroes et al. 2013). De werking van vispassages in stroomafwaartse richting is vaak sterk afhankelijk van de mate van barrièrewerking op potentieel schadelijke routes (gemalen, waterkrachtcentrales) aangezien het grootste deel van de waterstroming via deze potentieel schadelijke routes gaat en maar een zeer beperkt deel via vispassages of alternatieve routes via bijvoorbeeld scheepsluizen. Over de stroomafwaartse verdeling van schieraal over de diverse routes binnen een knooppunt met meerdere kunstwerken is vaak weinig bekend, met uitzondering van goed onderzochte locaties als het sluizen-gemaal complex bij IJmuiden (vele onderzoeken door vele partijen geïntegreerd in Winter 2011) en de stuw-waterkracht complexen in de Maas (Winter et al. 2006, Jansen et al. 2007, Winter et al. 2007, Griffioen et al. 2013a). Wanneer er onderzoeksgegevens beschikbaar zijn, worden deze gebruikt voor de overall verliespercentage schatting bij een knooppunt.

In het geval een beheersgebied door meerdere migratieknooppunten wordt ontsloten, zoals in veel van de grote boezemsystemen in Laag-Nederland het geval is, kan schieraal in het uiterste geval ervoor kiezen om na aankomst bij een knooppunt om te keren en uiteindelijk via een ander knooppunt naar zee te migreren. Dit scenario is zeker niet ondenkbaar, maar omdat hierover niets bekend is, is deze mogelijkheid bij de berekeningen van de schattingen buiten beschouwing gelaten.

Wanneer er over gedrag en verdeling van schieraal bij een knooppunt geen onderzoeksgegevens beschikbaar zijn, wordt hieronder voor verschillende type knooppunten (op basis van samenstelling van kunstwerken in een complex) besproken hoe dit samenspel van sterfte en barrièrewerking middels formules is opgewerkt tot een schatting van overall verliespercentage aan schieraal bij een knooppunt en

welke aannames of keuzes hierbij zijn gemaakt (zie ook bespreking per type kunstwerk in paragraaf 3.2).

Gemaal

Wanneer er bij een knooppunt buiten het gemaal geen directe alternatieve route bekend is wordt er vanuit gegaan dat alle schieralen uiteindelijk door het gemaal zullen migreren al dan niet met vertraging (van Keeken et al. 2013). Deze telemetrie studie geeft aan dat op locaties waar alleen een gemaal aanwezig was meer dan 87% van de schieraal die bij een gemaal aankomt binnen enkele maanden het gemaal uiteindelijk passeert. Omdat in onderzoek op de Maas meer dan 10% van de schieraal de migratie met een jaar uitstelt (Winter et al. 2006, 2007), hebben we voor de huidige inventarisatiestudie aangenomen dat uiteindelijk alle schieraal een gemaal toch gaat passeren en er geen blokkerende werking is, alleen eventuele vertraging. Wanneer er wel alternatieve routes zijn naast het gemaal zal de mate van barrièrewerking die leidt tot terugkeer- en zoekgedrag wel degelijk het sterftepercentage beïnvloeden omdat dit de kans dat ze in het gemaal terecht komen vermindert en via alternatieve routes passeren vergroot (zie bespreking van complexen met gemalen verderop in deze paragraaf).

Formule schatting verliezen na passage

$S_{\text{gema}} \times \text{ton aanbod}$

Scheepsluis / Scheepssluis + vistrap

Wanneer en onder welke omstandigheden schieralen migreren door scheepssluisen is onbekend. De barrièrewerking van scheepssluisen is onbekend en er wordt derhalve rekening gehouden met een voorzichtige en ruime marge in potentiële verliezen schieraal die zich aandienen bij een scheepssluis. Er wordt gerekend met de best guess schatting en de maximum barrière werking.

Formule best guess schatting voor verliezen door barrière werking

$B_{\text{Sche best guess}} \times \text{ton aanbod}$

Formule maximum schatting voor verliezen door barrière werking

$B_{\text{Sche max}} \times \text{ton aanbod}$

Spuisluizen en Spuisluizen + Scheepssluisen

Er wordt vanuit gegaan dat spuisluizen voldoende migratiemogelijkheden bieden om succesvolle migratie van de schieraal mogelijk te maken. Er zal hooguit enige vertraging optreden.

Complex: Gemaal + Scheepssluis

Wanneer een deel van het aanbod schieraal wordt afgeschrikt door lawaai of andere factoren veroorzaakt door het gemaal, is de kans groter dat de afgeschrikte schieralen zich aanbieden bij de scheepssluis. De scheepssluis heeft op zichzelf ook een barrièrewerking (bijvoorbeeld door beperkte schuttingen) die ervoor zorgt dat schieralen alsnog via het gemaal zouden kunnen migreren. Voor de berekening van het verlies van de schieralen die een gemaal + scheepssluis complex passeren wordt rekening gehouden met de minimale (10%) en maximale barrière werking (90%) van het gemaal en de 'best guess' barrièrewerking van de scheepssluis (20, 50 of 80%). Voor de verliezen door sterfte wordt de best guess schatting voor het sterftepercentage van het gemaal gebruikt.

Complex: Gemaal + Spuisluis / Gemaal + Scheepssluis + Spuisluis / Gemaal + Keersluis / Gemaal + Keersluis + Scheepssluis

Wanneer er bij een gemaal een spuisluis aanwezig is of een scheepssluis en een spuisluis, komen er meerdere factoren bij kijken. Een maximaal verlies zal worden bereikt als de barrièrewerking van het gemaal minimaal is in combinatie met een hoge barrière werking van de alternatieve route. Een minimaal verlies wordt bereikt als het gemaal een hoge barrière werking heeft in combinatie met een

lage barrière werking van het alternatief. Voor de verliezen door sterfte wordt de best guess schatting voor het sterftepercentage van het gemaal gebruikt.

Complex: Waterkrachtcentrale + stuw + vistrap (+ scheepssluis).

Netto sterfte berekeningen voor complexen met een waterkrachtcentrale, stuw, vistrap en scheepssluisen zijn uitvoerig berekend voor de Maas in Winter et al. (2004), Winter et al. (2006) en Bierman et al. (2012). Fracties voor verliezen zijn direct overgenomen voor de complexen in de Maas en overgenomen voor Amerongen, Hagestein en Haandrik. Bij de schieraal verliezen berekeningen van de complexen Hagestein en Haandrik is rekening gehouden met de bedrijfsvoering en debieten.

3.5 Migratieknooppunten per beheersgebied

Voor zover bekend zijn naar aanleiding van gesprekken met waterschappen, eigen inschatting, beschikbare GIS kaarten of op basis van pompcapaciteiten de grootste potentiële uittrekpunten van het beheersgebied meegenomen in de berekening van de potentiële verliezen (zie Bijlage A en B). Dit betekent dat er veelal migratieknooppunten zijn gekozen die op de grenzen liggen van het beheersgebied en die direct (boezem)water afwateren op rijkswater, dan wel in rijkswateren liggen. In een enkel geval kunnen het migratieknooppunten betreffen die weliswaar in het beheersgebied op de boezem uitwateren maar desondanks een relatief groot 'achterland' / polder hebben (bijvoorbeeld Gemaal Leeghwater van de Haarlemmermeerpolder).

3.6 Ranking van migratieknooppunten naar een 'knelpunten-overzicht'

Als indicator voor de mate waarin een migratieknooppunt als knelpunt voor de uittrek van schieraal geldt is gekozen voor het geschatte tonnage aan schieraalverliezen dat bij een migratieknooppunt optreedt door een combinatie van sterfte door kunstwerken en barrièrewerking. Deze keuze is gebaseerd op het principe dat de absolute hoeveelheid schieraal die een migratieknooppunt 'onttrekt' aan de schieraalpopulatie de meest directe maat is voor 'knelpunt-werking'. Deze benadering vergemakkelijkt ook het prioriteren van maatregelen bij knelpunten ten behoeve van een herstel van de palingpopulatie.

Per migratieknooppunt is er een potentieel aanbod van schieraal berekend middels het rode aal model. Dit aanbod is zeer waarschijnlijk een overschatting van het werkelijke aanbod van schieraal, omdat er geen rekening wordt gehouden met eventuele sterfte of verliezen voorafgaand aan het bereiken van het migratieknooppunt. Van het aanbod passeert maar een deel door het migratieknooppunt en de verliezen zijn bepaald aan de hand van de percentages sterfte en barrièrewerking die zijn aangenomen voor het migratieknooppunt.

Per migratieknooppunt is een minimum en een maximum verlies berekend. Het verschil tussen de minimum en de maximum schatting verschilt per migratieknooppunt. Om tot een ranking te komen werd eerst het minimum potentieel verlies gerangschikt en genummerd. Vervolgens werd een zelfde exercitie uitgevoerd voor het maximum potentieel verlies, waarna voor elk migratieknooppunt de gemiddelde ranking werd bepaald. Dit gemiddelde bepaald uiteindelijk de volgorde in de rangschikking.

4 Resultaten

4.1 Bespreking van migratieknooppunten per waterschap

In onderstaande paragrafen wordt per beheersgebied van de waterschappen in Nederland de uitkomsten van de schattingen met het 'rode aal model' gegeven (areaal KRW-water, kleinere watergangen c.q. 'sloten' en hoeveelheden geschatte potentieel aan vertrekkende schieraal), en een selectie en bespreking van de migratieknooppunten die een relatief groot landelijk belang voor de uittrek van schieraal vormen. Deze bespreking behelst type kunstwerk, geschatte verliespercentages en doorrekening hiervan op het potentiële aanbod van schieraal bij een migratieknooppunt. De gegevens en schattingen die hiervoor zijn gebruikt zijn weergegeven per kunstwerk in een migratieknooppunt in Bijlage A. De uitkomsten van de berekeningen en schattingen zijn voor doorrekendoeleinden exact weergegeven, maar hierbij moet worden bedacht dat de onzekerheidsmarge bij deze getallen vaak groot is.

Waterschap Noorderzijlvest (1)

Het belangrijkste uittrekpunt voor het beheersgebied van Noorderzijlvest zijn de Lauwerssluizen. Daarnaast zijn er een viertal gemalen aangemerkt als belangrijkste migratieknooppunten, waarvan Waterwolf te Electra, die uitwatert op het Lauwermeer, en De Drie Delfzijen die een polder afwatert rechtstreeks naar de Waddenzee.

Tabel 5. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Noorderzijlvest

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	1572,5	878,93	144399*
Schatting schieraal (ton)	11,77	3,47	15,24

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 6. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Waterschap Noorderzijlvest. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiele schieraal uittrek (ton)**	Potentiele schieraal verliezen (ton)
Lauwerssluizen	Spui+Sche	0	45,76	0
De Drie Delfzijen	Gema+Spui	14-71 %	2,29	0,33-1,63
Waterwolf Electra	Gema+Keer	17-30 %	7,62	1,26-2,26
Spijksterpompen	Gema	30 %	0,91	0,27
Noordpolderzijl	Gema	30 %	0,61	0,18

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Wetterskip Fryslân (2)

Het waterafvoer in het beheersgebied van Wetterskip Fryslân verschilt sterk van jaar tot jaar. Grofweg zijn er drie grote uittrekpunten voor schieraal. Dit zijn de spuisluizen bij Dokkummer Nieuwe Zijlen, die via het Lauwersmeer afwateren, bij Harlingen en gemaal Stavoren. Beide spuisluizen leveren geen extra mortaliteitsrisico op doordat het waterbeheer uitsluitend via sluizen is geregeld. De barrièrewerking bij knooppunten die slechts sporadisch bij zeer hoge afvoer in werking worden gesteld kan daardoor potentieel groot zijn, wat de uittrek van schieralen kan belemmeren. Dit laatste is het geval bij gemaal Wouda te Lemmer, wat gemiddeld maar een aantal dagen per jaar wordt gebruikt om het water richting het IJsselmeer af te voeren. Omdat de boezem van Friesland meerdere uitgangen heeft en er zo veel mogelijk via de spuisluizen wordt afgewaterd kan de waterverdeling in droge najaren sterk verschillen

van natte najaren. In het laatste geval zullen de gemalen bij Stavoren en Lemmer vermoedelijk een grotere invloed hebben op de schieraaluittrek. Langs de kuststrook van Friesland liggen een aantal polders met gemalen die direct op de Waddenzee lozen zoals Roptazijl en Zwarte Haan. Bij deze gemalen zijn geen alternatieve routes en kunnen schieraal alleen via het gemaal naar zee.

Tabel 7. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Wetterskip Fryslân

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	8338,1	4120,34	345793*
Schatting schieraal (ton)	75,63	10,20	85,83

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 8. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Wetterskip Fryslân. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Lemmer (Wouda)	Gema+Sche	14-24 %	0,86	0,12-0,20
Stavoren	Gema+Sche	3-6 %	17,17	0,57-0,98
Roptazijl	Gema	50 %	2,57	1,29
Zwarte Haan	Gema	50 %	2,57	1,29
Ezumazijl (Dongerdielen)	Gema+Sche	41-49%	2,57	1,05-1,26
Harlingen	Spui+Sche	0	25,75	0
Dokkummer Nieuwe Zijlen	Spui+Sche	0	34,33	0

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Waterschap Hunze en Aa's (3)

Het waterschap Hunze en Aa's kent grofweg acht deelgebieden die via vijf punten hun water afvoeren. Sommige deelgebieden voeren hun water af via één knooppunt. Het achterland van twee van de vijf punten afvoerpunten vormen samen ongeveer 79 % van het oppervlak van het beheersgebied en zijn daarmee waarschijnlijk de twee belangrijkste uittrekpunten voor schieraal. Het betreft hier de spui- en scheepssluisen in Delfzijl en de spui- en scheepssluisen bij Nieuw Statenzijl. Dan zijn er nog twee uittrekpunten die samen 19% van het oppervlak van het beheersgebied afwateren: Termunterzijl (gemaal Rozema) en Duurswold (Gemaal Duurswold). Hierbij wordt bij Duurswold veel gespuid tijdens natte perioden, terwijl gemaal Rozema juist veel bemaalt tijdens hoog water.

Tabel 9. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Hunze en Aa's

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	1240,3	2545,54	207482*
Schatting schieraal (ton)	3,3	3,82	7,12

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 10. *Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Waterschap Hunze en Aa's. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.*

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Nieuw Statenzijl	Spui+Sche	0	3,06	0
Delfzijl	Spui+Sche	0	2,70	0
Termunterzijl	Gema+Spui+Sche	27-30 %	0,64	0,17-0,19
Duurswolde	Gema+Spui	10-48 %	0,71	0,07-0,34

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Waterschap Reest en Wieden (4)

Het beheersgebied van Waterschap Reest en Wieden is verdeeld over de provincies Overijssel en Drenthe. Grofweg is het gebied te verdelen in drie delen die van het noord-oosten richting het zuid-westen wordt gescheiden door de Drentsche Hoofdvaart. Al het water wordt afgevoerd richting het Zwarte Meer en uiteindelijk via het Ketelmeer naar het IJsselmeer. Dit gaat ofwel via gemaal A.F. Stroink ofwel via het sluis-gemaal-complex in Zwartsluis met gemaal Zenemuden aan het eind van de Drentsche Hoofdvaart richting het Zwarte Water. Dit sluis-complex, wat buiten het beheersgebied van Reest en Wieden valt en in beheer is van Rijkswaterstaat, is in principe vrij passeerbaar voor schieraal via de meestal geopende keersluis, behalve ten tijde van hoogwater wanneer als gevolg van 'opwaaierend' water vanuit het IJsselmeer de keersluis gesloten wordt tegen indringing van het water. Onder deze omstandigheden wordt er via het gemaal Zenemuden het water op peil gehouden. In deze gevallen is dit complex niet of nauwelijks te passeren voor migrerende schieraal behalve via het gemaal. Bij gemaal Stroink zijn geen directe alternatieve routes in de buurt, behalve een scheepssluis ten zuiden van het meer (Breukerssluis). Het is onbekend in hoeverre deze sluis een alternatieve route biedt voor schieraal.

In het boezemgebied van gemaal A.F. Stroink zijn zes beroepsvissers aanwezig (vijf bedrijven). Deze zetten gemiddeld 15 – 20 kilo glasaal uit in het gebied per jaar (pers. comm. Matthijs Jansen, Reest en Wieden). Uit KRW bemonsteringen (ATKB, 2007) is naar voren gekomen dat 3 grotere wateren die 3.3, 4.3 en 10.1 kg aal / hectare bevatten, Venematen bevat 1.2 kg/ha en de drie petgaten bevatten 1.7, 2.6 en 0.9 kg/ha. Hiermee komt het gewogen gemiddelde uit op 4.3 kg/ha over het gehele boezem water voor gemaal Stroink. Opvallend is dat de Wold Aa 11.8 kg/ha aal bevat, deze watert uiteindelijk af via vrij verval (stuwen) in de Drentsche Hoofdvaart richting het gemaal Zenemuden + sluisen.

Tabel 11. *Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Reest en Wieden*

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	5744,8	1582,51	137367*
Schatting schieraal (ton)	14,27	2,37	16,64

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 12. *Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Waterschap Reest en Wieden. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.*

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Stroink	Gema	50 %	12,48	6,24
Zenemuden***	Gema+Keer+Sche	3-14 %	4,16	0,10-0,58

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

*** valt buiten het beheersgebied van Reest en Wieden en is in beheer van Rijkswaterstaat

Waterschap Velt en Vecht (5)

Door het beheersgebied van waterschap Velt en Vecht loopt de rivier de Overijsselse Vecht. Schieraal die vanuit Duitsland Nederland inzwemt via de Vecht wordt geconfronteerd met de kleine waterkrachtcentrale Haandrik (0.1 MW). Er zijn geen schattingen bekend van uittrek vanuit het Duitse deel van de vecht, voor deze studie is deze op 0.5 ton geschat op basis van gemiddelde dichtheden in bovenstroomse delen van stroomgebieden en een ruwe inschatting van waterareaal in het Duitse deel van de Vecht. De gekozen waarden voor Haandrik zijn indicatief aangezien hierover geen gegevens voorhanden waren. Na dit knelpunt zijn er geen andere knelpunten in de gebied voordat het water via de IJssel het IJsselmeer instroomt.

Tabel 13. *Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Velt en Vecht*

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied*
Oppervlakte (ha)	1318,4	596,59	91412
Schatting schieraal (ton)	1,69	0,89	2,58

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 14. *Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Waterschap Velt en Vecht. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.*

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Haandrik	WKC+Stuw+Vist	17 %	0.5	0,09

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Waterschap Groot-Salland (6)

Het waterschap Groot-Salland kent zowel een groot gebied dat onder vrij verval via veel stuwen afwatert als een gebied met vele kleine polders die via gemalen afwateren. Er zijn geen grote deelgebieden die door grote gemalen worden bemalen. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Groot-Salland geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst knooppunten. In totaliteit herbergt het beheersgebied met een inschatting van 50 ton vertrekkende schieraal nog wel een substantiële bijdrage aan de uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 15. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Groot-Salland

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied*
Oppervlakte (ha)	1277,3	2375,80	117878
Schatting schieraal (ton)	43,83	6,18	50,01

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Regge en Dinkel (7)

Waterschap Regge en Dinkel heeft een beheersgebied van waaruit water via vrij verval kan wegstromen. Het gebied bevat vele stuwen, maar deze veroorzaken in stroomafwaartse richting geen sterfte of blokkering van de uittrek van schieraal. Het beheersgebied herbergt ook relatief weinig schieraal (geschat op 1.9 ton).

Tabel 16. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	189,6	796,28	134633*
Schatting schieraal (ton)	0,71	1,19	1,90

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Vallei en Veluwe (8)

Het Waterschap Vallei en Veluwe kent zowel een groot gebied dat onder vrij verval via stuwen of kleine spuisluisen afwatert als gebieden met relatief kleine polders die via gemalen afwateren in Randmeren of IJssel. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Vallei en Veluwe geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst knooppunten. In totaliteit herbergt het beheersgebied met een inschatting van ca. 6 ton vertrekkende schieraal ook een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 17. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Vallei en Veluwe

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	263,3	3339,09	206002*
Schatting schieraal (ton)	1,65	5,58	5,63

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Rijn en IJssel (9)

Het Waterschap Rijn en IJssel watert grotendeels af onder vrij verval via stuwen of spuisluisjes. Daarnaast worden een aantal relatief kleine polders bemalen met gemalen die uitkomen in de IJssel, Rijn of Pannerdens Kanaal. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 6 ton vertrekkende schieraal ook een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 18. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	341	3130,13	194628*
Schatting schieraal (ton)	0,93	4,70	5,63

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (10)

Het beheersgebied van Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden is opgedeeld in veel kleine gebieden. Een deel watert via vrij verval af (Utrechtse Heuvelrug) en een deel is onderverdeeld in relatief kleine bemalen polders. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst. Het

beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 4 ton vertrekkende schieraal ook een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 19. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	141,5	2065,02	83003*
Schatting schieraal (ton)	0,47	3,10	3,57

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (11)

Het waterschap Amstel, Gooi en Vecht voert zijn water af richting het Noordzeekanaal (NZK) via het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) en de Vecht. De Vecht voert vanuit het zuiden water aan het is verbonden met het Amsterdam-Rijnkanaal. Bij de eerste verbinding in het beheersgebied komt ca. 70% in het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) terecht (pers. comm. Jacques van Alphen, waternet). Bij Nigtevecht komt praktisch al het water in het ARK terecht. Hier is een open verbinding. Het stuk tussen de sluizen bij het IJmeer en Nigtevecht heeft een stagnant karakter in de winter. Het is onduidelijk, maar niet waarschijnlijk, of er schieraal via deze sluis in het Markermeer terecht komt. Deze sluis wordt veelal gebruikt als inlaat in de zomer, maar is in de winter veelal gesloten. Praktisch al het water uit de Vecht komt in het ARK terecht en wordt via het NZK en IJmuiden in de Noordzee geloosd.

De sluizen naast de gemalen in de plassen ten oosten van de Vecht (Spiegelplas en de Loosdrechtse plassen) hebben waarschijnlijk een hoge barrièrewerking (Kroes et al. 2013), doordat er met schutting niet direct water via rinketten, maar via pompen de sluizen in komt. Dit ten behoeve van de waterkwaliteit van de plassen. Met een inschatting van 49 ton startende schieraal herbergt dit beheersgebied een redelijke bijdrage aan de Nederlandse schieraal uittrek.

Tabel 20. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	4255,9	2955,83	69953*
Schatting schieraal (ton)	44,45	4,43	48,88

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 21. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
De Ruiter	Gema+Sche	21-25 %	7,82	1,60-1,92
Mijndense Sluis	Gema+Sche	8-10 %	6,35	0,52-0,62
Spiegelpolder	Gema+Sche	21-25 %	2,93	0,6-0,72

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (12)

Het beheersgebied van het Hollands Noorderkwartier is verdeeld over vier boezemgebieden, waarvan de Schermerboezem het grootste boezemgebied is. De Schermerboezem watert in het noorden via gemaal Helsdeur af en in het zuiden via het Zaangemaal. Bij het gemaal Helsdeur zijn spuikokers en scheepssluisen aanwezig die een alternatief bieden naast het gemaal voor migrerende schieraal. Over het algemeen wordt er bij Helsdeur meer gespuid dan bemalen, echter bij veel waterafvoer wordt er meer bemalen en wellicht zijn dit juist de perioden dat schieraal trekt. In het oosten van Noord Holland zijn er veel polders die direct op het IJsselmeer / Markermeer lozen of water inlaten. Dit water wordt veelal via de VRNK boezem in het noorden afgevoerd. De kans bestaat dat er met het inlaten van water veel glasaal de polder binnen kan komen. Het is onbekend of de schieralen ook de polder uit kunnen komen. In het zuiden zijn er polders die via gemalen direct op het Noordzeekanaal lozen. Voor de gemalen en scheepssluisen die op het Noordzeekanaal afwateren is door Visserijservice onderzoek gedaan naar uittrek van en schade aan schieraal (van Wijk 2011). Deze gegevens zijn gebruikt bij de inschattingen per kunstwerk en per migratieknooppunt.

Tabel 22. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	2227,4	4408,91	196412*
Schatting schieraal (ton)	15,89	6,61	22,50

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 23. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Helsdeur	Gema+Spui+Sche	6-28 %	7,20	0,41-1,99
Kadoelen	Gema	8 %	0,68	0,05
Schermersluis	Sche	20-90 %	0,23	0,05-0,21
Zaangemaal	Gema+Sche	0-1 %	2,70	0,01-0,02
Overtoom	Gema+Sche	1-4 %	0,00	0,00
Oostoever	Spui	0 %	2,70	0,00
De Waker	Gema	2 %	0,23	0,00
Leemans	Gema	25 %	1,80	0,45
Lely	Gema	25 %	0,68	0,17
Vier Koggen	Gema	25 %	1,58	0,40
Grootslag	Gema	25 %	1,13	0,28

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Hoogheemraadschap van Rijnland (13)

Het beheersgebied van Rijnland heeft drie belangrijkste uittrekroutes vanuit de boezem: Katwijk, Spaarndam en Halfweg. Deze locaties zijn onderzocht op schade voor uittrekkende schieraal (Kruitwagen & Klinge 2007, 2008). Daarnaast wordt er via Gouda water ingelaten, maar in perioden met veel overtollig water ook uitgelaten. Naast de belangrijkste uitgangen, Spaarndam, Katwijk en Halfweg, hebben we uit de tweede linie migratieknooppunten ook gemaal Leeghwater als potentieel knelpunt meegenomen omdat deze een zeer grote polder (Haarlemmermeer) afwatert. Het is onbekend of en waar er glasaal wordt uitgezet binnen het beheersgebied, wel zijn er zeven of acht beroepsvissers actief binnen de boezemwateren.

Tabel 24. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Rijnland

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	2279	3040,41	111311*
Schatting schieraal (ton)	23	4,56	27,56

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 25. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Hoogheemraadschap van Rijnland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Katwijk	Gema	1 %	14,61	0,15
Spaarndam	Gema+Sche	0-1 %	4,96	0,01-0,05
Halfweg	Gema	4 %	5,24	0,21
Gouda***	Gema	25 %	2,76	0,69
Leeghwater	Gema	30 %	4,41	1,32

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

*** over het algemeen een inlaat gemaal

Hoogheemraadschap van Delfland (14)

Het beheersgebied van Delfland kent via de boezemwateren vier belangrijke uitgangen voor schieraal: Scheveningen (Schouten), Maassluis (Zaayer), het Westland en het Schiegemaal. Voor deze gemalen zijn geen onderzoeken naar schade in de gemalen bekend. Het waterareaal in dit zeer stedelijke beheersgebied is relatief gering en daarmee ook het totale bestand aan vertrekkende schieraal (2 ton).

Tabel 26. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Delfland

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	183	702,13	40770*
Schatting schieraal (ton)	0,95	1,05	2,00

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 27. *Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Hoogheemraadschap van Delfland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A*

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Schouten	Gema	30 %	0,40	0,12
Zaayer	Gema	30 %	0,86	0,26
Westland	Gema	30 %	0,56	0,17
Schiegemaal	Gema+Sche	17-29 %	0,18	0,03-0,05

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (15)

Dit beheersgebied omvat een aantal polders die op de benedenrivieren afwateren. De vijf grootste gemalen zijn meegenomen in deze inventarisatie. Van deze gemalen zijn geen onderzoeksgegevens van schade bekend. Het beheersgebied herbergt vanuit landelijk perspectief relatief weinig startende schieraal (ca. 7 ton).

Tabel 28. *Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard*

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	620,2	2385,45	35121*
Schatting schieraal (ton)	3,34	3,58	6,92

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 29. *Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A*

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Abraham Kroes	Gema+Sche	8-28 %	2,14	0,18-0,59
Schilthuis	Gema	30 %	2,01	0,60
Verdoold	Gema	25 %	1,45	0,36
Johan Veurink	Gema	50 %	0,69	0,35
Krimpenerwaard	Gema	30 %	0,55	0,17

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Waterschap Rivierenland (16)

Rivierenland kent vele potentiële uitgangen met vaak een gering achterland. In deze inventarisatie hebben we ons beperkt tot de drie grootste gemalen die tezamen slechts een deel van Rivierenland ontwateren. Van deze gemalen zijn geen onderzoeksgegevens van schade bekend.

Tabel 30. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Rivierenland

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	501,7	3718,79	200079*
Schatting schieraal (ton)	2,59	5,58	8,17

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 31. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Waterschap Rivierenland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
J.U. Smit	Gema	4 %	0,82	0,03
Altena	Gema	50 %	0,57	0,29
Hollands-Duits	Gema	25 %	0,57	0,14

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

Waterschap Hollandse Delta (17)

Dit beheersgebied kenmerkt zich door veel relatief kleine polders met eigen afwateringen. Hierbij lijken geen kandidaten voor een landelijke lijst knooppunten voor schieraal te zitten. Met een geschatte hoeveelheid van ca. 4 ton vanuit het beheersgebied startende schieraal levert dit beheersgebied een relatief gering deel van de uit Nederland trekkende schieraal.

Tabel 32. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Hollandse Delta

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	424,7	2375,80	100265*
Schatting schieraal (ton)	0,6	3,56	4,16

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Scheldestromen (18)

Dit beheersgebied kenmerkt zich door veel relatief kleine polders met eigen afwateringen en gemalen. Hierbij lijken geen kandidaten voor een landelijke lijst knooppunten voor schieraal te zitten. Met een geschatte hoeveelheid van ca. 5 ton vanuit het beheersgebied van Scheldestromen startende schieraal levert dit beheersgebied een relatief gering deel van de uit Nederland trekkende schieraal.

Tabel 33. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Scheldestromen

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	1758,01	317165	91412*
Schatting schieraal (ton)	0,05	1,58	4,78

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Brabantse Delta (19)

Het Waterschap Brabantse Delta kent een groot gebied dat onder vrij verval via voornamelijk stuwen afwatert. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Brabantse Delta geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst voor de stroomafwaartse uittrek van schieraal. In totaliteit herbergt het beheersgebied met een inschatting van ca. 10 ton vertrekkende schieraal een relatief bescheiden deel van de vanuit Nederland uittrekkende populatie.

Tabel 34. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Brabantse Delta

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	215,7	2161,06	170743*
Schatting schieraal (ton)	6,58	3,24	9,82

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap de Dommel (20)

Het Waterschap de Dommel heeft een beheersgebied dat onder vrij verval en met name via stuwen afwatert. Binnen deze inventarisatie is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap de Dommel geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst voor de stroomafwaartse uittrek van schieraal. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 5 ton vertrekkende schieraal een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 35. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap de Dommel

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	252,3	3223,08	150993*
Schatting schieraal (ton)	0,61	4,83	5,44

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Aa en Maas (21)

Het Waterschap Aa en Maas kent een groot gebied dat onder vrij verval via voornamelijk stuwen afwatert. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst voor de stroomafwaartse uittrek van schieraal. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 2 ton vertrekkende schieraal slechts een klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 36. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	325,3	1113,20	161007*
Schatting schieraal (ton)	0,6	1,67	2,27

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Peel en Maasvallei (22)

Het Waterschap Peel en Maasvallei heeft een beheersgebied dat onder vrij verval en met name via stuwen afwatert. Binnen deze inventarisatie is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Peel en Maasvallei geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst voor de stroomafwaartse uittrek van schieraal. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 2 ton vertrekkende schieraal slechts een klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 37. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Peel en Maasvallei

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	124,2	878,93	129689*
Schatting schieraal (ton)	0,43	1,32	1,75

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Roer en Overmaas (23)

Het Waterschap Roer en Overmaas heeft een beheersgebied dat onder vrij verval via voornamelijk stuwen afwatert. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Roer en Overmaas geen migratieknooppunten voorkomen die kandidaat zijn voor een landelijke lijst voor de stroomafwaartse uittrek van schieraal. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 3 ton vertrekkende schieraal slechts een klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

Tabel 38. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Roer en Overmaas

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	82,4	1286,07	92260*
Schatting schieraal (ton)	0,77	1,93	2,70

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Waterschap Zuiderzeeland (24)

Het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland bestaat uitsluitend uit bemalen polders. De polders liggen in de Noordoostpolder en de Flevopolder. Er zijn in elk van deze polders verschillende deelgebieden die door in totaal zeven gemalen worden bemaald. Voor deze gemalen zijn voor zover ons bekend geen onderzoeken naar schade plaatsgevonden. Wel is er in 2007 een quick scan uitgevoerd naar migratieknelpunten in het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland (Kruitwagen & Klinge, 2007). Het gebied herbergt met een inschatting van ca. 70 ton vertrekkende schieraal een substantieel deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie. Deels zullen deze via het Markermeer en Noordzeekanaal naar zee wegtrekken en deels via het IJsselmeer en de Afsluitdijk.

Tabel 39. Resultaten van het rode aal model voor het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland

	KRW-water	Sloten	Beheersgebied
Oppervlakte (ha)	4222,5	778,53	241845*
Schatting schieraal (ton)	66,6	1,17	67,77

*Dit is de oppervlakte van het gehele beheersgebied, land plus water

Tabel 40. Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage A.

Knooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
De Blocq van Kuffeler	Gema + Sche	14-24 %	16.94	2,33-4,02
Smeenge	Gema + Sche	28-48 %	6.10	1,68-2,90
Vissering	Gema + Sche	14-24 %	11.52	1,58-2,74
Wortman	Gema + Sche	14-24 %	10.17	1,40-2,41
Buma	Gema + Sche	14-24 %	8.81	1,21-2,09
Colijn	Gema + Sche	14-24 %	8.13	1,12-1,93
Lovink	Gema + Sche	14-24 %	6.10	0,84-1,45

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

4.2 Bespreking van migratieknooppunten in de Rijkswateren

Aangezien de integratie van slootgegevens geen invloed heeft op de inschattingen van het areaal rijkswateren zijn de schattingen die in deze inventarisatie zijn gebruikt identiek aan de overzichten zoals in Bierman et al. (2012) zijn verschenen. De rijkswateren zijn onderverdeeld in KRW-waterlichamen (Tabel 41).

Tabel 41. *Overzicht startende schieraal vanuit Rijkswateren (onderverdeeld in deelgebieden) en vanuit België en Duitsland (uit Bierman et al. 2012).*

Rijkswater deelgebied	Schieraal (ton)
Benedenloop Gelderse IJssel	0,65
Benedenrivieren	31,92
Gelderse Poort	0,37
Getijdenlek	0,26
Getijdenmaas	4,23
Grensmaas	26,84
Noordzeekanaal	6,80
Twentekanaal	0,00
Zandmaas	30,81
Volkerak-Zoom	37,15
Grevelingen	5,00
IJsselmeer	57,00
Markermeer	42,00
Veluwerandmeren	6,00
Amsterdam-Rijn kanaal	3,21
Wilhelmina kanaal en Zuid Willemsvaart	1,15
Juliana kanaal en Maas-Waal kanaal	0,35
Maas vanuit Duitsland	0,50
Maas vanuit België	16,00
Rijn vanuit Duitsland	149,00

Vervolgens is een lijst met migratieknooppunten met één of meerdere kunstwerken voor de Rijkswateren opgesteld (Tabel 42). Voor de volledigheid van het overzicht aan uittrekkende schieraal is ook de Nieuwe Waterweg als migratieknooppunt meegenomen, hoewel hier geen kunstwerk is gelegen. Wel kent deze locatie veel scheepvaart die een mogelijk onbekende verliespost voor schieraal vormen. Voor elk van deze migratieknooppunten is het type kunstwerk(en), geschatte verliespercentages en doorrekening hiervan op het potentiële aanbod van schieraal uitgevoerd conform figuur 1. De gegevens en schattingen die hiervoor zijn gebruikt zijn weergegeven per kunstwerk in een migratieknooppunt in Bijlage B. Voor de toedeling van de geschatte potentiële schieraal tonnages uit het achterland van elk migratieknooppunt in de rijkswateren zie Bijlage C. De uitkomsten van de berekeningen en schattingen zijn voor doorreken-doeleinden exact weergegeven, maar hierbij moet worden bedacht dat de onzekerheidsmarge bij deze getallen vaak groot is.

Sommige migratieknooppunten zijn goed onderzocht op gedrag en verdeling van schieraal over verschillende deelroutes via de verschillende kunstwerken binnen een migratieknooppunt, bijvoorbeeld de stuw-waterkrachtcentrale complexen in de Maas bij Lith en Linne (Bruijs et al. 2003, Winter et al. 2006, Jansen et al. 2007, Winter et al. 2007, Griffioen et al. 2013a) of het sluizencomplex bij IJmuiden (vele publicaties en deelonderzoeken samengebracht in Vriese 2010 en Winter 2011) en bij het

spuisluizencomplex in de Haringvlietdam (Winter & Bierman 2010). Bij andere locaties loopt momenteel onderzoek, zoals bij de oranjesluizen.

Voor een aantal locaties is vrijwel niets bekend over de mate van barrièrewerking en uittrekgedrag van schieraal, zoals de scheepsluis-complexen bij Krammer, Volkerak en Bergse Diep Sluis. Hier zijn arbitraire keuzes gemaakt in de mate van blokkering. Over het scheepsluizencomplex bij Terneuzen is daarnaast ook niets bekend over het achterland en dit migratieknooppunt zijn alle schattingen op 'onbekend' gesteld. Voor het WKC-stuw complex bij Amerongen is het gemiddelde voor de WKC-stuw complexen in de Maas aangenomen. Hagestein waar een kleinere WKC aanwezig is, is op basis van expert judgement lager ingeschat, maar in feite vormt dit migratieknooppunt al sinds acht jaar geen knelpunt meer omdat deze WKC sindsdien buiten bedrijf is.

Voor de spui- en scheepsluizen in de Houtribdijk, Houtrib-sluizen en Krabbersgat-sluizen, is voor deze inventarisatie aangenomen dat alle schieraal van het Markermeer via de Oranjesluizen en Noordzeekanaal naar zee trekt, maar hierover is weinig bekend. Een eerste studie naar vismigratie bij deze sluiscomplexen liet zien dat er wel paling passeert, maar in welk mate deze de minder frequente voorkomende migratievensters in het Houtribdijk benutten is niet bekend (Griffioen et al. 2013c). Ook als er wel substantiële migratie van schieraal via beide sluiscomplexen in de Houtribdijk plaatsvindt zullen er geen verliezen optreden en zullen deze niet als knelpunt worden aangemerkt.

Tabel 42. *Inschattingen aan schieraalverliezen per migratieknooppunt voor de Rijkswateren. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de migratieknooppunten zie Bijlage B.*

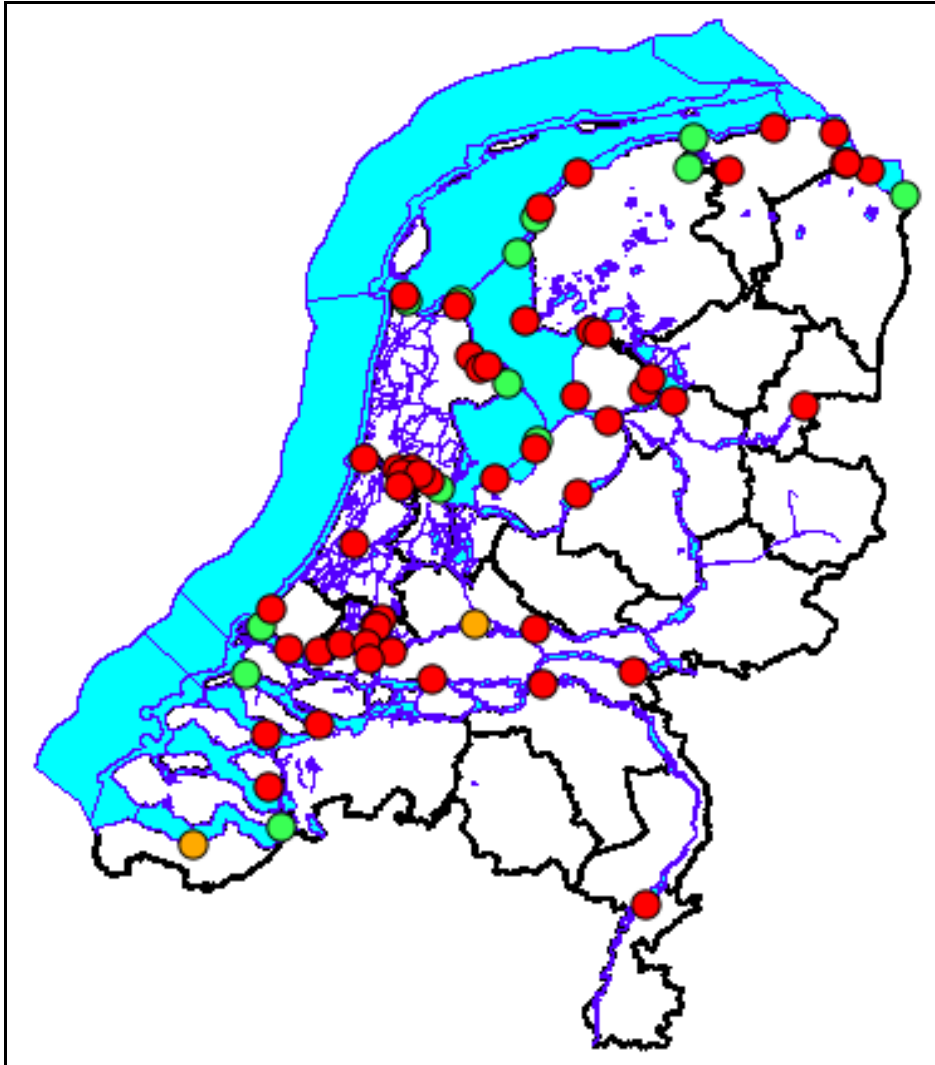
Migratieknooppunt	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton)**	Potentiële schieraal verliezen (ton)
Afsluitdijk Den Oever	Spui+Schee	0 %	103,40	0
Afsluitdijk Kornwerderzand	Spui+Schee	0 %	103,40	0
Sluizen-complex IJmuiden	Gema+Spui+Sche	1.5-2.9 %	158,49	2,37-4,59
Krabbersgat-sluizen	Spui+Sche	0	0?	0
Houtrib-sluizen	Spui+Sche	0	0?	0
Oranjesluizen	Spui+Sche+Vist	0	85,70	0
Haringvliet-sluizen	Spui+Sche	0	149,09	0
Nieuwe Waterweg	geen	0	142,24	0
Krammersluizen	Sche	50-90 %	1,17	0,59-1,05
Bergse Diep Sluis	Sche	50-90 %	0,39	0,19-0,35
Terneuzen	Sche	?	?	?
Volkeraksluizen	Sche	50-90%	2,35	1,17-2,11
Bathse spuisluis	Spui	0 %	35,20	0
Amerongen (Nederrijn)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	16 %	8,98	1,44
Hagestein (Lek)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	0-10 %	9,07	0-0.90
Alphen/Lith (Maas)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	15 %	79,73	11,96
Linne (Maas)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	17 %	43,34	7,37

* Gema: gemaal, Spui: spuisluis, Sche: scheepsluis/schutsluis, Wkc: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** uitgaande van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen

4.3 De belangrijkste migratieknooppunten en knelpunten voor schieraal

De belangrijkste migratieknooppunten voor schieraal zoals die in deze rapportage op basis van achterland en geschat tonnage zijn ingeschat, zijn weergegeven in figuur 3, waarin ook is aangegeven of deze als knelpunt zijn aangemerkt in deze inventarisatie.



Figuur 3. Overzichtskaart met de ligging van de 73 als landelijk meest belangrijk ingeschatte migratieknooppunten voor schieraal die vanuit Nederland naar zee migreert. De migratieknooppunten die als knelpunt zijn aangemerkt zijn met rood weergegeven. De voor schieraal landelijk belangrijke migratieknooppunten die in deze studie niet als knelpunt zijn ingeschat zijn met groen aangegeven. Een tweetal migratieknooppunten is met oranje aangegeven: stuwcomplex Hagestein waar een WKC is gelegen die sinds acht jaar niet meer in bedrijf is en daardoor momenteel geen knelpunt is, en het sluiscomplex bij Terneuzen waarvoor geen gegevens over het achterland beschikbaar waren.

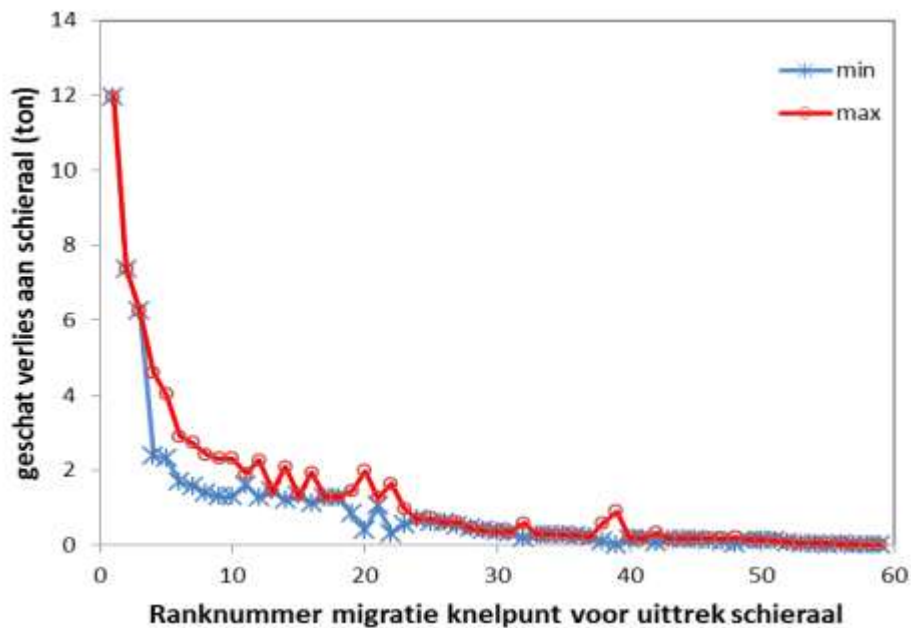
Op basis van de minimale en maximale inschatting van de verliezen aan schieraal bij een migratieknooppunt en de gevolgde ranking-methode zoals weergegeven in paragraaf 3.6 is een lijst opgesteld met de belangrijkste knelpunten in Nederland voor de uittrek van schieraal (tabel 43). In totaal zijn 58 van de beschouwde migratieknooppunten als knelpunt aangemerkt, twee (Hagestein en Terneuzen) als potentieel knelpunt en 14 voor de schieraal belangrijk migratieknooppunten zijn aangemerkt als zijnde 'geen knelpunt'. In het laatste geval kan wel sprake zijn van enige vertraging maar is ingeschat dat er geen directe sterfte of blokkering plaatsvindt.

Tabel 43. *Overzicht van de belangrijkste migratieknooppunten voor schieraal, gerangschikt op volgorde van 'verliezen aan schieraal'. De grootste knelpunten staan derhalve bovenaan, en het belang van een knelpunt wordt steeds lager tot ranking 58. Daarnaast zijn er twee potentiële knelpunten aangegeven (Hagestein en Terneuzenonder de stippellijn) en 14 belangrijke migratieknooppunten zijn ingeschat als zijnde 'geen knelpunt' zoals weergegeven onder aan de lijst onder de getrokken lijn. In de laatste kolom is aangegeven welke vervolg migratieknooppunten schieraal nog moet passeren voordat deze de zee bereikt of dat direct de zee wordt bereikt. .*

Beheers gebied	Knooppunt	Type kunstwerken	'aanbod'	min	max	min	max	RANK	Vervolg route
			schieraal (ton)	verlies (ton)	verlies (ton)	verlies (%)	verlies (%)		
Rijksw	Alphen/Lith (Maas)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	79.73	11.96	11.96	15	15	1	zee
Rijksw	Linne (Maas)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	43.34	7.37	7.37	17	17	2	WKC Alphen
4 Reest	Stroink	Gema	12.48	6.24	6.24	50	50	3	Afsluitdijk
Rijksw	Sluizen-complex IJmuiden	Gema+Spui+Sche	158.49	2.38	4.60	2	3	4	zee
24 Zuide	De Blocq van Kuffeler	Gema + Sche	16.94	2.33	4.02	14	24	5	Oranjesluizen → IJmuiden
24 Zuide	Smeenge	Gema + Sche	6.10	1.68	2.90	28	48	6	Afsluitdijk
24 Zuide	Vissering	Gema + Sche	11.52	1.58	2.74	14	24	7	Afsluitdijk
24 Zuide	Wortman	Gema + Sche	10.17	1.40	2.41	14	24	8	Oranjesluizen → IJmuiden
Rijksw	Krammersluizen	Sche	2.58	1.29	2.32	50	90	9	zee
Rijksw	Volkeraksluizen	Sche	2.58	1.29	2.32	50	90	9	Haringvliet
11 Amst	De Ruiter	Gema+Sche	7.82	1.60	1.92	21	25	11	Oranjesluizen → IJmuiden
1 Noord	Waterwolf Electra	Gema+Keer	7.62	1.26	2.26	17	30	12	Lauwersluizen
Rijksw	Amerongen (Nederrijn)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	8.98	1.44	1.44	16	16	12	Hagestein
24 Zuide	Buma	Gema + Sche	8.81	1.21	2.09	14	24	14	Afsluitdijk
13 Rijnl	Leeghwater	Gema	4.41	1.32	1.32	30	30	15	Katwijk/Halfweg → IJmuiden
24 Zuide	Colijn	Gema + Sche	8.13	1.12	1.93	14	24	16	Afsluitdijk
2 Fryslan	Roptazijl	Gema	2.57	1.29	1.29	50	50	16	zee
2 Fryslan	Zwarte Haan	Gema	2.57	1.29	1.29	50	50	16	zee
24 Zuide	Lovink	Gema + Sche	6.10	0.84	1.45	14	24	19	Afsluitdijk
12 HHNK	Helsdeur	Gema+Spui+Sche	7.20	0.41	1.99	6	28	20	zee
2 Fryslan	Ezumazijl	Gema+Sche	2.57	1.05	1.26	41	49	21	Lauwerssluizen
1 Noord	De Drie Delfzijlen	Gema+Spui	2.29	0.33	1.63	14	71	22	zee
2 Fryslan	Stavoren	Gema+Sche	17.17	0.57	0.98	3	6	22	Afsluitdijk
13 Rijnl	Gouda	Gema	2.76	0.69	0.69	25	25	22	N. Waterweg
11 Amst	Spiegelpolder	Gema+Sche	2.93	0.60	0.72	21	25	25	Oranjesluizen → IJmuiden
15 HHSK	Schilthuis	Gema	2.01	0.60	0.60	30	30	26	N. Waterweg
11 Amst	Mijndense Sluis	Gema+Sche	6.35	0.52	0.62	8	10	27	Oranjesluizen → IJmuiden
12 HHNK	Leemans	Gema	1.80	0.45	0.45	25	25	28	zee
12 HHNK	Vier Koggen	Gema	1.58	0.40	0.40	25	25	29	Afsluitdijk
15 HHSK	Verdoold	Gema	1.45	0.36	0.36	25	25	30	N. Waterweg
15 HHSK	Johan Veurink	Gema	0.69	0.35	0.35	50	50	31	N. Waterweg
15 HHSK	Abraham Kroes	Gema+Sche	2.14	0.18	0.59	8	28	32	N. Waterweg
16 Rivier	Altena	Gema	0.57	0.29	0.29	50	50	33	N. Waterweg Haringvliet
12 HHNK	Grootslag	Gema	1.13	0.28	0.28	25	25	34	Afsluitdijk
1 Noord	Spijksterpompen	Gema	0.91	0.27	0.27	30	30	35	zee
14 Delfl	Zaayer	Gema	0.86	0.26	0.26	30	30	36	N. Waterweg
13 Rijnl	Halfweg	Gema	5.24	0.21	0.21	4	4	37	IJmuiden
4 Reest	Zenemuden	Gema+Keer+Sche	4.16	0.10	0.58	3	14	38	Afsluitdijk
3 Hunze	Termunterzijl	Gema+Spui+Sche	0.64	0.17	0.19	27	30	39	zee
1 Noord	Noordpolderzijl	Gema	0.61	0.18	0.18	30	30	39	zee
3 Hunze	Duurswolde	Gema+Spui	0.71	0.07	0.34	10	48	41	zee
12 HHNK	Lely	Gema	0.68	0.17	0.17	25	25	41	Afsluitdijk
14 Delfl	Westland	Gema	0.56	0.17	0.17	30	30	41	N. Waterweg
15 HHSK	Krimpernerwaard	Gema	0.55	0.17	0.17	30	30	41	N. Waterweg
2 Fryslan	Lemmer (Wouda)	Gema+Sche	0.86	0.12	0.20	14	24	45	Afsluitdijk
Rijksw	Bergse Diep Sluis	Sche	0.21	0.10	0.19	50	90	46	zee
12 HHNK	Schermersluis	Sche	0.23	0.05	0.21	20	90	47	IJmuiden

Beheers gebied		Type kunstwerken	'aanbod'	min	max	min	max	RANK	Vervolg route
	Knooppunt		schieraal	verlies	verlies	verlies	verlies		
			(ton)	(ton)	(ton)	(%)	(%)		
13 Rijnl	Katwijk	Gema	14.61	0.15	0.15	1	1	48	zee
16 Rivier	Hollands-Duits	Gema	0.57	0.14	0.14	25	25	49	N. Waterweg Haringvliet
14 Delfl	Schouten	Gema	0.40	0.12	0.12	30	30	50	N. Waterweg
5 Velt	Haandrik	WKC+Stuw+Vist	0.50	0.09	0.09	17	17	51	Afsluitdijk
12 HHNK	Kadoelen	Gema	0.68	0.05	0.05	8	8	51	IJmuiden
14 Delfl	Schiegemaal	Gema+Sche	0.18	0.03	0.05	17	29	52	N. Waterweg
13 Rijnl	Spaarndam	Gema+Sche	4.96	0.01	0.05	0	1	53	IJmuiden
16 Rivier	J.U. Smit	Gema	0.82	0.03	0.03	4	4	54	N. Waterweg
12 HHNK	Zaangemaal	Gema+Sche	2.70	0.01	0.02	0	1	55	IJmuiden
12 HHNK	De Waker	Gema	0.23	0.00	0.00	2	2	56	IJmuiden
12HHNK	Overtoom	Gema+Sche	0.02	0.00	0.00	1	4	57	IJmuiden
Rijksw	Hagestein (Lek)	Wkc+Stuw+Vist+Sche	9.07	0.00	0.91	0	10	(?)	zee
Rijksw	Terneuzen	Sche	?	?	?	?	?	(?)	zee
HHNK	Oostoever	Spui	2.70	0.00	0.00	0	0	-	zee
3 Hunze	Delfzijl	Spui+Sche	2.70	0.00	0.00	0	0	-	zee
3 Hunze	Nieuw Statenzijl	Spui+Sche	3.06	0.00	0.00	0	0	-	zee
1 Noord	Lauwersluizen	Spui+Sche	45.76	0.00	0.00	0	0	-	zee
Rijksw	Afsluitdijk Kornwerderzand	Spui+Schee	103.40	0.00	0.00	0	0	-	zee
Rijksw	Afsluitdijk Den Oever	Spui+Schee	103.40	0.00	0.00	0	0	-	zee
Rijksw	Bathse spuisluis	Spui	33.75	0.00	0.00	0	0	-	zee
Rijksw	Haringvliet-sluizen	Spui+Sche	149.09	0.00	0.00	0	0	-	zee
Rijksw	Houtrib-sluizen	Spui+Sche	0.00*	0.00	0.00	0	0	-	Afsluitdijk
Rijksw	Krabbersgat-sluizen	Spui+Sche	0.00*	0.00	0.00	0	0	-	Afsluitdijk
Rijksw	Nieuwe Waterweg	geen	142.24	0.00	0.00	0	0	-	zee
Rijksw	Oranjesluizen	Spui+Sche+Vist	85.70	0.00	0.00	0	0	-	IJmuiden
2 Fryslan	Dokkumer Nieuwe Zijlen	Spui+Sche	34.33	0.00	0.00	0	0	-	Lauwersluizen
2 Fryslan	Harlingen	Spui+Sche	25.75	0.00	0.00	0	0	-	zee

Opmerking bij deze tabel: De aangegeven minimum en maximum schatting zijn alleen in gevallen met zeer grote onzekerheid apart geschat. Voor de migratieknooppunten waar in deze opwerking de minimum en maximumschatting gelijk zijn, wil niet zeggen dat er geen (vaak ruime) onzekerheidsmarge rondom de schattingen ligt. In die zin moeten de schattingen van verliezen bij knelpunten als indicatie c.q. best guess worden gezien (zie ook discussie voor onzekerheden in de gevolgde opwerking).



Figuur 4. Grafische weergave van de geschatte verliezen (minimum-maximum) aan schieraal voor het hoogstgerangschikte knelpunt (Lith) tot aan het laagst gerangschikte knelpunt in de lijst zoals weergegeven in tabel 43.

De belangrijkste knelpunten zijn de stuw-waterkrachtcentrale complexen in de Maas (nummers 1 en 2). Ook het stuw-waterkrachtcentrale complex bij Amerongen staat in de top 12. Daarnaast staan er veel gemalen, veelal boezemgemalen, in de knelpuntenlijst. Ook zijn er enkele scheepsluiscomplexen in de knelpuntenlijst opgenomen. Er tekent zich een duidelijke top 5 af (Figuur 4). Vanaf plaats 25 a 30 tekent zich een lange staart met relatief geringere verliezen aan schieraal af.

5 Conclusies en discussie

In deze rapportage is een inventarisatie opgesteld van de belangrijkste knelpunten voor de uittrek van schieraal vanuit Nederland. Er zijn in totaal 73 migratieknooppunten, locaties met één of meerdere kunstwerken zoals gemalen, waterkrachtcentrales, sluizen of stuwen, beschouwd die een relatief groot achterland voor schieraal ontsluiten. Per migratieknooppunt is met behulp van het 'rode aal model' een inschatting gemaakt wat het potentieel aan vertrekkende schieraal vanuit het achterland bedraagt. Daarna is per migratieknooppunt ingeschat wat de sterfte tijdens passage bedraagt en welke barrièrewerking, in uiterste vorm resulterend in blokkering van de migratie, optreedt. Van de knooppunten zijn 58 als knelpunt aangeduid en is er op basis van het geschatte verliezen aan schieraal door sterfte of blokkering een rangschikking gemaakt van die knelpunten.

De waterkracht-stuw complexen bij Lith en Linne in de Maas zijn op basis van de geschatte verliezen aan schieraal als grootste knelpunten aangemerkt. Daarnaast zijn een groot aantal gemalen aangemerkt als knelpunt, waarbij voor de gemalen Stroink, IJmuiden en Blocq van Kuffeler in absolute zin de grootste verliezen aan schieraal zijn ingeschat. Ook zijn er een aantal scheepsluizen-complexen opgenomen in de knelpunten lijst, zoals de Krammer-, Volkerak- en Bergse Diepsluis, met de veronderstelling dat er een blokkerende werking uitgaat van deze complexen, maar over gedrag en efficiëntie van passage van schieraal via scheepsluizen is nog zeer weinig bekend. De migratieknooppunten waar via vrij verval via spuisluisen wordt afgewaterd, zoals Den Oever, Kornwerderzand, Haringvliet en Lauwerssluizen zijn aangemerkt als zijnde geen knelpunt. De knelpunten lijst laat een beperkt aantal locaties zien met de grootste verliezen, gevolgd door een geleidelijke afname in geschatte verliezen in de knelpunten ranking, waarbij geen duidelijk aftekening van een top-groep is te zien.

Om een gedegen inschatting te maken van de verliesposten aan schieraal per migratieknooppunt is veel kennis en zijn veel meetgegevens nodig omdat dit van veel factoren afhangt en vraagt om locatie- en achterland-specifieke data. Deze zijn maar beperkt voorhanden. Daarom dient deze doorreken- en inschattingsexercitie ook met de nodige voorzichtigheid worden behandeld. We hebben gepoogd onze onderbouwing met kennis en gegevens, keuzes en aannames zo goed mogelijk inzichtelijk te maken. De gepresenteerde rangschikking reflecteert in onze optiek het relatieve belang van de belangrijke migratieknooppunten en in welke mate deze belemmerend voor de uittrek van schieraal zijn, in termen van extra sterfte of blokkering van migratie. Maar de gepresenteerde getallen kennen vaak een grote onzekerheidsmarge. Hieronder bespreken we puntsgewijs de kennishiaten en onzekerheden in de schattingen.

Rode aal model schattingen voor de diverse achterlanden:

- Ontbreken van bemonsteringsgegevens voor sommige gebieden, de beschikbare KRW-bemonsteringen zijn momenteel gedeeltelijk beschikbaar gemaakt voor gebruik in het rode aal model (Bierman et al. 2012). Voor gebieden waar geen gegevens zijn is gewerkt met gemiddelde waarden uit andere zo vergelijkbaar mogelijke gebieden. Met name de sloten en kleine watergangen zijn nog zeer beperkt bemonsterd.
- Er kan grote variatie in palingdichtheden optreden tussen en binnen deelgebieden door verschillen in glasaal- en pootaal-uitzet per jaar en per gebied, en variatie in het aanbod en intrekmoogelijkheden voor glasaal.
- De vangst-efficiëntie van de gevolgde bemonsteringsmethode is vaak niet goed bekend en hiervoor zijn aannames gedaan (Bierman et al. 2012).
- Hoe de verdeling van paling is binnen oppervlaktewater en het habitatgebruik (bijvoorbeeld gebruik van oeverhabitats versus open water habitats etc.) is niet goed bekend.

Schatting van schieraal aanbod bij een migratieknooppunt:

- Cumulatieve sterfte in het achterland, door kleinere poldergemalen, visserij (beroeps- en recreatief), predatie, ziekte etc., is niet meegenomen. Dus in werkelijk zal het aanbod van schieraal bij een migratieknooppunt lager zijn dan het 'potentiële' aanbod zoals dat in deze rapportage is ingeschat. Als maat voor het relatieve belang van een migratieknooppunt is deze wel geschikt.
- In veel beheersgebieden of rijkswateren wordt het achterland via meerdere migratieknooppunten ontsloten, bijvoorbeeld veel boezemsystemen. Hoe de verdeling van de schieraal uit het achterland is over deze verschillende migratieknooppunten is onbekend. In deze rapportage is uitgegaan van de aanname dat schieraal zich verdeeld conform de diverse waterstromen uit een achterland (Jansen et al. 2007). Of dit daadwerkelijk zo is, is de vraag. Zo kunnen schieralen die zich aandienen bij een knooppunt en een blokkade ondervinden, omkeren en zich aandienen bij een ander knooppunt. Ook andere factoren kunnen een rol spelen bij een andere verdeling van schieraal binnen beheersgebied tot gevolg hebben.
- Bij de keuze van de migratieknooppunten voor deze inventarisatie is geselecteerd op grootte van het achterland. Sommige poldergemalen met een kleiner achterland maar met relatief hoge dichtheden paling en gecombineerd met relatief hoge sterftepercentages voor het betreffende poldergemaal, kunnen wellicht leiden tot vergelijkbare verliezen als die voor migratieknooppunten berekend in pakweg het tweede deel van de lijst. Deze lijst pretendeert niet compleet te zijn, en zeker in de onderste helft zouden bepaalde poldergemalen ook kandidaat-knooppunt kunnen zijn. Deze mate van compleetheid vraagt een uitgebreidere inventarisatie dan in het kader van deze rapportage mogelijk was.

Inschatting van sterfte en barrièrewerking per kunstwerk:

- Voor veel kunstwerken, zoals gemalen, zijn geen goede metingen van de sterfte percentages voor schieraal bij passage van het kunstwerk beschikbaar. Er blijkt grote variatie in sterftepercentages te bestaan, ook binnen dezelfde type pompen (Kunst et al. 2008, STOWA 2012). Voor waterkrachtcentrales zijn deze wel goed beschikbaar (Bruijs et al. 2003). Of er door scheepvaart en scheepsschroeven extra sterfte kan plaatsvinden in en nabij sluisen of drukke vaarroutes in migratieknooppunten is niet geheel ondenkbaar maar tot nu toe zijn hier geen onderzoeksgegevens over.
- In welke mate er bij een kunstwerk barrièrewerking optreedt is nog grotendeels onbekend. Deze barrièrewerking kan variëren van vertraging tot uiteindelijke blokkering van de migratie. Van de waterkrachtcentrales in de Maas (Winter et al. 2006, 2007, Griffioen et al 2013a) en gemalen in het Noordzeekanaal (Winter 2011) en Friesland (van Keeken et al. 2013) is bekend dat er veel aarzeling en terugkeergedrag bij nadering van het kunstwerk optreedt voor een vaak groot deel van de naderende schieralen. Voor scheepsluisen is hier veel minder over bekend. Schieraal kan scheepsluisen passeren (o.a. van Wijk 2011, Griffioen et al 2013ab, Winter et al. 2013), maar in welke mate en met welke efficiëntie is onbekend. De anekdotische informatie die hierover beschikbaar is suggereert dat er grote verschillen tussen verschillende scheepsluisen zijn. Meer inzicht in hierin en welke factoren hierbij een rol spelen kunnen bijdragen aan het succesvol verbeteren en inzetten van gericht sluisbeheer in het beter passeerbaar maken van migratieknooppunten.

Inschatting van sterfte en barrièrewerking per migratieknooppunt:

- Veel migratieknooppunten bestaan uit een complex met meerdere kunstwerken. Hoe de schieraal zich verdeelt over de routes via de verschillende kunstwerken en in welke mate er sterfte dan wel blokkering van migratie optreedt bepaald uiteindelijk welk deel van het aanbod succesvol een migratieknooppunt passeert en een bijdrage kan leveren aan de voortplanting. Op een aantal locaties is dit gedrag onderzocht: bij de waterkracht-stuw complexen bij Lith en Linne (Winter et al. 2006, 2007, Jansen et al. 2007, Griffioen et al. 2013a) en bij het gemaal-sluizen complex bij IJmuiden (Vriese 2010, Winter 2011). Hierbij lijken schieraal zich eerst conform de debietsverdeling te verdelen over het complex, maar bij aankomst bij kunstwerken kan er door terugkeergedrag een herverdeling optreden (Griffioen et al. ongepubliceerde resultaten). Bij IJmuiden leidt dit er toe dat slechts een zeer

klein deel van het aanbod uiteindelijk trekt via het gemaal, dat een hoog sterftepercentage bij passage kent. Er gaat naast een schadelijk effect van het gemaal bij passage ook een barrièrewerking uit van dit gemaal bij nadering door schieraal waardoor veel schieraal het gemaal niet inzwemt. Door de aanwezigheid van veel alternatieve routes (spuikokers, scheepsluizen) trekt er uiteindelijk maar een beperkt deel van de schieraal via het gemaal. Deze wisselwerking tussen sterftekans en mate van barrièrewerking speelt bij veel migratieknooppunten een rol en maakt dat het gedrag van schieraal ter plaatse bepalend is voor de uiteindelijke hoogte van de verliezen aan schieraal.

- Bij een aantal van de migratieknooppunten zijn mitigerende maatregelen getroffen zoals aanleg van vispassages of soms viswerings- of visgeleidingsystemen zoals stroboscoopverlichting. De effectiviteit van deze maatregelen, welke fractie van schieraal gaat via de verschillende routes die in het migratieknooppunt beschikbaar zijn, is vaak niet bekend. Mitigerende maatregelen in stroomafwaartse richting om schieraal uit gevaarlijke kunstwerken te houden, waar vaak het grootste deel van de stroming naar toe gaat, is niet eenvoudig gebleken (Kroes et al 2013). Omdat de effectiviteit van vispassages in stroomafwaartse richting vaak zeer beperkt is voor schieraal, omdat deze vaak zeer weinig debiet kennen ten opzichte van de andere waterstromen in migratieknooppunten, is deze slechts beperkt meegenomen in deze inventarisatiestudie.
- Bij migratieknooppunten kan door barrièrewerking vertraging en concentratie van schieraal plaats vinden. Dit kan leiden tot verhoogde indirecte sterfte, zoals grotere vangkans voor beroeps- of recreatieve visserij of hogere predatiedruk door bijvoorbeeld aalscholvers of roofvis als snoek en meerval (Winter 2009). Over deze indirecte extra sterfte zijn vrijwel geen gegevens beschikbaar en zijn in deze rapportage niet meegenomen.
- Of er ook op grotere schaal zoekgedrag en herverdeling van schieraal binnen een beheersgebied of rijkswater plaats vindt is onbekend. Of schieraal die aankomt bij een migratieknooppunt waar barrièrewerking optreedt grootschalige bewegingen gaat maken en daarbij bij andere uittrekpunten terecht kan komen is niet ondenkbaar, maar hiernaar zijn nog vrijwel geen studies verricht.

Ondanks de vele onzekerheden is de gepresenteerde lijst in onze optiek een goede eerste aanzet om tot prioritering en samenstelling van maatregelenpakket van aan te pakken migratieknooppunten te komen. De exacte rangschikking zal met voortschrijdend inzicht, het vergaren en inbouwen van meer onderliggende gegevens en genomen mitigerende maatregelen kunnen veranderen in de nabije toekomst. Met de gevolgde werkwijze en beschikbare model is het voor toekomstige evaluaties eenvoudiger om een update van deze knelpunten lijst te maken.

6 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Bierman, S.M.B., Tien, N., Van de Wolfshaar, K.E., Winter, H.V. & De Graaf, M., 2012. Evaluation of the Dutch Eel Management Plan 2009-2011. IMARES rapport C067/12
- Bruijs, M.C.M., Polman, H.J.G., van Aerssen, G.H.F.M., Hadderingh, R.H., Winter, H.V., Deerenberg, C., Jansen, H.M., Schwevers, U., Adam, B., Dumont, U. & Kessels, N., 2003. Management of silver eel: Human impact on downstream migrating eel in the river Meuse. EU-Report Contract Q5RS-2000-31141.
- Buijse, T., Brevé, N. & Wannings, H., 2009. Knelpunten en migratievoorzieningen op de migratieroutes voor aal naar de belangrijke leefgebieden in Nederland. Deltares.
- CBS, PBL, Wageningen UR, 2012. [Oppervlaktewater in Nederland](#) (indicator 1401, versie 01, 5 oktober 2012). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Griffioen, A.B., van Keeken, O.A., Winter H.V., 2013a. A telemetry study for migrating silver eel (*Anguilla anguilla* L.) mortality estimations in the River Meuse in 2010 – 2012. IMARES Report C028/13
- Griffioen, A.B.; Keeken, O.A. van; Burggraaf, D.; Puts, T.J.A.; Manshanden, G., 2013b. Onderzoek vismigratie via grote sluizen: DIDSON metingen IMARES Report C013/13)
- Griffioen, A.B.; Keeken, O.A. van; Burggraaf, D.; Winter, H.V., 2013c. Nulmeting visbeheer Houtribdijk spui: DIDSON metingen. IJmuiden : IMARES, (Rapport C161/12).
- Jansen, H.M., H.V. Winter, M.C.M. Bruijs & H. Polman, 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to discharge. ICES Journal of marine Science 64: 1437-1443.
- Kadaster, 2007. Productspecificaties Basisregistratie Topografie. TOP10NL. Kadaster, Emmen
- Kampen, J, 2011. Vismigratie bij gemalen en sluizen in het beheersgebied van Waternet. ATKB report 20101037/001.
- Kroes, M.J., Merkx, J.C.A. & Kemper, J.H., 2006. In- en uittrek van aal en schubvis in het gebied van Noordwest Overijssel. VisAdvies BV, Utrecht. Projectnummer KO2004_008, 36 pag.
- Kroes, M.J.; Boer, M.B.E. de; Bruijs, M.C.M.; Winter, H.V., 2013. Onderzoek naar viswering en visgeleiding bij 7 gemalen in Nederland. Utrecht : Tauw.
- Kruitwagen, G. & M. Klinge, 2007. Waterschap Zuiderzeeland: Quickscan van knelpunten voor vismigratie. Witteveen+Bos rapport LLS533-1.
- Kruitwagen, G. & Klinge, M., 2007. Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bijemaal Katwijk. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Kruitwagen, G. & Klinge, M., 2008. Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bij de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

- Kruitwagen, G. & Klinge, M., 2008. Stroomafwaartse passage van vis via gemaal Schoute. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van de 's-Gravenhaagse Hengelsport Vereniging.
- Kunst, J.M., B. Spaargaren, T. Vriese, M. Kroes, C. Rutjes, E. van der Pouw Kraan & R.R. Jonker, 2008. Gemalen of vermalen worden, onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Grontmij & Visadvies rapport. 70 pp.
- Lemans, 2006. Gemaal Zedemuden en het Meppelerdiep tijdens hoog water. Afstudeeronderzoek TU Delft
- LVN, 2008. The Netherlands Eel Management Plan. Den Haag, 15 december 2008, 48 p.
- STOWA, 2003. Handboek Visstandbemonstering.
- Van Keeken, O.A., Bierman, S.M.B., Wiegerinck, J.A.M. & Goudswaard, P.C., 2010. Proefproject marktmonitoring aal 2009. IMARES Report C028/10.
- Van Keeken, O.A., H.V. Winter, A.B. Griffioen, M. de Graaf, 2013 (in druk). Telemetry study on eel behaviour around pumping stations in Friesland. IMARES Rapport.
- Van de Wal, B. Chan, P.M., van Weeren, B. J., 2012. Gemalen of vermalen worden? STOWA rapport 2012-04
- Vriese, F.T. 2010. Geleiding Schieraal IJmuiden, tussenrapportage onderzoeksperiode 2007-2009. ATKB in opdracht van RWS NH. Inclusief verslag expertmeeting gehouden op 5 juli 2010.
- Wanningen, H., K. van den Wijngaard, T. Buijse & N. Breve, 2012. Nederland leeft met Vismigratie. Actualisatie landelijke database vismigratie. In opdracht van Sportvisserij Nederland en Planbureau voor de leefomgeving.
- Wijk, B. van, 2011. Onderzoek najaarsmigratie van vis 2010 naar het Noordzeekanaal vanuit het beheergebied van hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Rapport Visserijservice Nederland i.o.v. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- Winter, H.V., H.M. Jansen & M.C.M. Bruijs, 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. Ecology of Freshwater Fish 15: 221-228.
- Winter, H.V., H.M. Jansen & A.W. Breukelaar, 2007. Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse, a population perspective. ICES Journal of marine Science 64: 1444-1449 .
- Winter, H.V. 2009. Voorkomen en gedrag van trekvisser nabij kunstwerken en consequenties voor de vangst met vistuigen. IMARES rapport C076/09. 57 pp.
- Winter, H.V.; Bierman, S.M., 2010. De uittrekmogelijkheden voor schieraal via de Haringvlietsluizen. IMARES Rapport C155/10.
- Winter H.V., 2011. Effecten van gemaal IJmuiden op de uittrek van schieraal: integratie van de onderzoeken tijdens de periode 2007-2011. IJmuiden, IMARES Rapport C152/11.
- Winter HV, Griffioen AB, van Keeken OA, Schollema PP., 2013. Telemetry study on migration of river lamprey and silver eel in the Hunze and Aa catchment basin. IMARES-report C012/13.

Witteveen & Bos, 2010. Monitoring van vismigratie bij gemaal J.L. Hoogland en de Johan Friso-sluis.

Verantwoording

Rapport C107/13
Projectnummer: 4308601044

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: ir. A.J. Paijmans
Onderzoeker



Handtekening:

Datum: 12 juli 2013

Akkoord: drs. J. Schobben
Hoofd Afdeling Vis



Handtekening:

Datum: 12 juli 2013

Bijlage A. Overzicht kunstwerken per knoppunt per waterschap

Migratieknooppunt specificaties met de locatie of naam van het knoppunt, het type kunstwerk(en), details per kunstwerk, directe sterfte schatting (%), barrière werking schatting (%), fractie van debietsverdeling t.o.v. van beheersgebied. De fractie van debietsverdeling is gedaan op basis van debiet over knoppunt (D), pompcapaciteit (C), deel van achterland; land en water inschatting (A-I) of deel van achterland; land en water inschatting m.b.v. GIS kaarten (A-G)

Beh geb	Knooppunt	Type kunstwerk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrière werking (%)	Fractie van debietsverdeling	Referentie
1	Lauwersluizen	Spui	+ afwatering van Dokkumer Zijlen	0	0-10 (0)	0.75 (A-I)	¹ Pers. Comm. Jeroen Huisman
	„	Sche		0	10-90 (20)		
	De Drie Delfzijlen	Gema	30 kg/ha aal / 1500 m ³ /min / schroefpomp	50-100 (75) ¹	10-90 (?)	0.15 (A-I)	
	„	Spui	10-30 % vrije lozing	0	70-90		
	Waterwolf Electra	Gema	60-80 d/j hoge Q ¹	0-50 (30)	10-90 (?)	0.50 (A-I)	
	„	Keer	Dicht bij hoge Q ¹	0	50-90 ¹		
	Spijksterpompen	Gema	Minder aal ¹ / 2 schroefcentrifugaalpompen / 335 m ³ /min	0-50 (30)?	10-90 (?)	0.06 (A-I)	
		Spui	10-30 % vrije lozing via het gemaal?	0	70-90		
	Noordpolderzijk	Gema	15-20 kg/ha aal / 2 schroefcentrifugaalpompen / 120 m ³ /min	0-50 (30)?	10-90 (?)	0.04 (A-I)	
		Spui	10-30 % vrije lozing via het gemaal?	0	70-90		
2	Lemmer	Gema	Wouda, centrifugaal ³	0-50 (25)	50-100 (98) ³	0.01 (A-I +D ²)	² Pers. Comm. Humphrey Paap, Wetterskip ³ Pier Schaper, Wetterskip ⁴ Witteveen & Bos 2010
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	Stavoren	Gema	Hoogland Gemaal, schoefpomp, 1500 m ³ /min ⁴	3-16 (6) ⁴	50-90 (?)	0.2 (A-I +D ²)	
	„	Sche	Johan-Friso sluis. Er zijn indicaties dat er vissen door de sluisen migreren ⁴	0	10-90 (50)		
	Roptazijk	Gema	Hoge aal dichtheden / 2x180m ³ /min gesloten schroef	10-90 (50)	10-90 (10)	0.03 (A-I +D ²)	
	Zwarte Haan	Gema	Hoge aal dichtheden / 2x315 m ³ /min Gesloten schroefpomp	10-90 (50)	10-90 (10)	0.03 (A-I +D ²)	
	Dokkumer Nieuwe Zijlen	Spui		0	0-10 (0)	0.4 (A-I +D ²)	

Beh geb	Knooppunt	Type kunstwerk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrièrewerking (%)	Fractie van debietsverdeling	Referentie
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	Harlingen	Spui		0	0-10 (0)	0.3 (A-I +D ²)	
	„	Sche		0	10-90 (20)		
	Ezumazijl	Gema	horizontale schroefpompen 3x 304m ³ /s	10-90 (50)	10-90 (?)	0.03 (A-I +D ²)	
	„	Sche		0	10-90 (80)		
3	Nieuw Statenzijl	Spui		0	0-10 (0)	0.43 (A-G) ⁵	⁵ Pers. Comm. Peter Paul Schollema, Hunze en Aa's
	„	Sche		0	10-90 (20)		
	Delfzijl	Spui		0	0-10 (0)	0.38 (A-G) ⁵	
	„	Sche		0	10-90 (20)		
	Termunterzijl	Gema	Rozema, veel bemalen tijdens hoog water / schroefcentrifugaal ⁵	0-50 (30)	0-10 (0)	0.09 (A-G) ⁵	
	„	Spui		0	10-50 (?)		
	„	Sche		0	10-90 (20)		
	Duurswolde	Gema	Veel spuien tijdens natte periode/ schroefpomp ⁵	10-90 (50)	10-90 (?)	0.1 (A-G) ⁵	
		Spui		0	10-50 (?)		
4	Stroink	Gema	Horizontale schroefpompen 1 x 1000 m ³ / min + 2x 750m ³ /min In gebruik bij hoog water ⁶	10-90 (50)	10-90 (?)	0.75 (A-I)	⁶ Pers. Comm. Matthijs Jansen, Reest en Wieden ⁷ Lemans 2006
	Zedemuden (RWS)	Gema	In gebruik bij hoog water / horizontale schroef. Weinig in gebruik: 5 dagen in het jaar ⁷	10-90 (50)	90-95 (?)	0.25 (A-I)	
		Sche		0	10-90 (50)		
		Keer		0	0-20 (?)		
5	Haandrik	Wkc	0.1 MW	20-30 (24)	10-90 (?)	?	
		Stuw		0	0-10 (0)		
		Vist		0	0-10 (0)		
6	Diverse stuwen	Stu		0	0-10 (0)		
7	Diverse stuwen	Stu		0	0-10 (0)		

Beh geb	Knooppunt	Type kunst-werk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrière-werking (%)	Fractie van debiets-verdeling	Referentie
8	Diverse stuwen	Stu		0	0-10 (0)		
9	Diverse stuwen	Stu		0	0-10 (0)		
11	De Ruiter	Gema	centrifugaal	0-50 (25)	10-90 (?)	0.16 (A-G)	⁸ Pers. Comm. Jacques van Alphen, waternet
	„	Sche	Pompen die de sluisen vullen in plaats van normale rinketten ⁸	0	10-90 (80)		
	Mijdense sluis	Gema	Vijzel + centrifugaal	0-50 (10)	10-90 (?)	0.13 (A-G)	
	„	Sche	Pompen die de sluisen vullen in plaats van normale rinketten ⁸	0	10-90 (80)		
	Spiegelpolder	Gema		0-50 (25)	10-90 (?)	0.06 (A-G)	
	„	Sche	Pompen die de sluisen vullen in plaats van normale rinketten ⁸	0	10-90 (80)		
12	Helsdeur	Gema		0-50 (30)	10-90 (?)	0.32 (A-G, D)	⁹ Pers. Comm. Rik Beentjes ¹⁰ van Wijk 2010
	„	Spui	Er wordt zoveel mogelijk gespuid maar in het najaar wordt er meer bemaald ⁹	0	10-50 (?)		
	„	Sche	Wordt 24 uur per dag bedient ⁹	0	10-90 (20)		
	Kadoelen	Gema	700m ³ / min	8 ¹⁰	10-90 (?)	0.03 (A-G)	
	Schermersluis	Sche	Loze schuttingen nacht ⁹	0	10-90 (20)	0.01	
	Zaangemaal	Gema		0-30 (1) ¹⁰	10-90 (?)	0.12 (A-G, D)	
	„	Sche	Wilhelmina sluis + 'grote' sluis	0	10-90 (20)		
	Overtoom	Gema	Vijzelpomp, direct op Rijkswater	0-10 (4) ¹⁰	10-90 (?)	0.001 (A-G)	
	„	Sche		0	10-90 (20)		
	„	Vist		0			
	Oostoever	Spui	Er zitten pompen in de spuiokers om bij nood water tegen het getij te spuien. Deze worden in de praktijk nauwelijks gebruikt, maar vormen theoretisch een risico ⁹	0	0-10 (0)	0.12 (A-G)	
	De Waker	Gema	Verticale schroefpomp, lost direct op	2 ¹⁰	10-90 (?)	0.01 (A)	

Beh geb	Knooppunt	Type kunst-werk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrière-werking (%)	Fractie van debiets-verdeling	Referentie
			rijkswater				
	Leemans	Gema	twee verticale centrifugaalpomp	0-50 (25)	10-90 (?)	0.08 (A-G, D)	
	Lely	Gema	horizontale centrifugaalpomp	0-50 (25)	10-90 (?)	0.03 (A-G, D)	
	Vier koggen	Gema	Centrifugaalpomp	0-50 (25)	10-90 (?)	0.07 (A-G)	
	Grootslag	Gema	Centrifugaal	0-50 (25)	10-90 (?)	0.05 (A-G)	
13	Katwijk	Gema	5640 m ³ /min	0-1 (1) ¹¹	10-90 (?)	0.53 (C)	¹¹
	Spaarndam	Gema	1920 m ³ /min / schepraderen	0-5 (1) ¹¹ beperkte schade vastgesteld	10-90 (?)	0.18 (C)	Kruitwagen & Klinge 2007 ¹² STOWA
		Sche		0	10-90 (20)		2012 ¹³ Pers.
	Halfweg	Gema	1980 m ³ /min vijzel	0-10 (4) ¹²	10-90 (?)	0.19 (C)	Comm. Bart Schaub, Rijnland
	Gouda	Gema	2100 m ³ /min Inlaat; Alleen bij hoogwater richting boezem ¹³ , dus reductie van 50% fractie van verdeelsleutel / centrifugaalpomp	0-50 (25)	10-90 (?)	0.10 (C)	
	Leegwater	Gema	Is een gemaal met een achterland in het beheersgebied.	0-90 (30)?	10-90 (?)	0.16 (A)	
14	Schouten	Gema	1000 m ³ /min	0-90 (30)?		0.20 (C)	
	Zaayer	Gema	2200 m ³ /min	0-90 (30)?		0.43 (C)	
	Westland	Gema	1400 m ³ /min	0-90 (30)?		0.28 (C)	
	Schiegemaal	Gema	480 m ³ /min	0-90 (30)?		0.09 (C)	
	„	Sche		0	10-90 (50)		
15	Abraham Kroes	Gema	850 m ³ /min Schroefcentrifugaal	0-50 (30)	10-90 (?)	0.31 (D ¹⁴)	¹⁴ Mechel van Appeldoorn, HHSK
	„	Sche	Visvriendelijk schut		10-90 (20)		
	Schilthuis	Gema	1200 m ³ /m onbekend type	0-90 (30)?	10-90 (?)	0.29 (D ¹⁴)	
	Verdoold	Gema	400 m ³ /m centrifugaal	0-50 (25)	10-90 (?)	0.21 (D ¹⁴)	
	Johan Veurink	Gema	300 m ³ /m schroefpomp	10-90 (50)	10-90 (?)	0.10 (D ¹⁴)	
	Krimperwaard	Gema	400 m ³ /m onbekend type	0-90 (30)	10-90 (?)	0.08 (D ¹⁴)	
16	J.U. Smit	Gema	1500 m ³ /m vijzel	0-10 (4) ¹²	10-90 (?)	0.10 (C/A)	
	Altena	Gema	960 m ³ /m Alm en	10-90 (50)	10-90 (?)	0.07 (C/A)	

Beh geb	Knooppunt	Type kunstwerk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrièrewerking (%)	Fractie van debietsverdeling	Referentie
			biesbosch / schroef axiaal				
	Hollands-Duits	Gema	940 m ³ /m groesbeek Ooijpolder Deels Duitsland? / centrifugaal	0-50 (25)	10-90 (?)	0.07 (C/A)	
	„	Vist		0	nvt		
17	Veel kleinere gebieden die bemalen en gestuwd worden, maar die alleen met een enorm hoge dichtheid aan aal per gebied van belang kunnen zijn voor een top 30.						
18	Veel kleinere gebieden die bemalen en gestuwd worden, maar die alleen met een enorm hoge dichtheid aan aal per gebied van belang kunnen zijn voor een top 30.						
19	Diverse stuwen	Stu		0	0		
20	Diverse stuwen	Stu		0	0		
21	Diverse stuwen	Stu		0	0		
22	Diverse stuwen	Stu		0	0		
23	Diverse stuwen	Stu		0	0		
24	Vissering	Gema	Drie verticale centrifugaalpompen met totaal 2320 m ³ /m	0-50 (25)	10-90 (?)	0.17 (C)	
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	Buma	Gema	drie verticale centrifugaalpompen met totaal 1800 m ³ /m	0-50 (25)	10-90 (?)	0.13 (C)	
	„	Sche	(redelijke groot)	0	10-90 (50)		
	Smeenge	Gema	Schroefpompen (waaier met leischoepenkrans) met 1200 m ³ /m	10-90 (50)	10-90 (?)	0.09 (C)	
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	Wortman	Gema	vier centrifugaalpompen 2.000 m ³ /m	0-50 (25)	10-90 (?)	0.15 (C)	
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	De Blocq van Kuffeler	Gema	Vier centrifugaalpompen, met een verticale as en een in het beton gegoten slakkenhuis. 3400 m ³ /m	0-50 (25)	10-90 (?)	0.25 (C)	
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	Lovink	Gema	twee verticale centrifugaalpompen, 1160 m ³ /m	0-50 (25)	10-90 (?)	0.09 (C)	
	„	Sche		0	10-90 (50)		
	Colijn	Gema	drie verticale centrifugaalpompen, 1580 m ³ /m	0-50 (25)	10-90 (?)	0.12 (C)	

Beh geb	Knooppunt	Type kunstwerk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrièrewerking (%)	Fractie van debietsverdeling	Referentie
	//	Sche		0	10-90 (50)		

Bijlage B. Overzicht van kunstwerken per migratieknooppunt in rijkswateren

Migratieknooppunt specificaties met de locatie of naam van het knooppunt, het type kunstwerk(en), specificaties, directe sterfte (%), barrière werking (%), bepaling potentieel aan schieraal (ton) uit het afwaterend achterland.

Knooppunt	Type kunst-werk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrière-werking (%)	Referentie
Den Oever	Spui		0	0-8 (0)	Bierman et al (2012)
„	Sche		0	10-90 (20)	
Aflsuidijk Kornwerderzand	Spui		0	0-11 (0)	Bierman et al (2012)
„	Sche		0	10-90 (20)	
IJmuiden	Gema		70-95	>90	Winter (2011)
„	Spui		0	0-10 (0)	Vriese (2010)
„	Sche		0	10-90 (20)	
Krabbersgat-sluizen	Spui		0	50-86 (75)	Bierman et al (2012)
„	Sche		0	10-90 (50)	
Houtrib-sluizen	Spui		0	50-79 (70)	Bierman et al (2012)
„	Sche		0	10-90 (50)	
Oranjesluizen	Sche		0	10-90 (50)	
„	Vist		0	nvt	
Haringvliet-sluizen	Spui		0	0-10 (0)	Winter & Bierman (2010)
„	Sche		0	10-90 (20)	
Nieuwe Waterweg			0	0	
Krammersluizen	Sche		0	10-90 (50)	
Bergse Diep Sluis	Sche		0	10-90 (50)	
Terneuzen	Sche		0	10-90 (50)	
Volkeraksluizen	Sche		0	10-90 (50)	
Bathse Spuisluis	Spui		0	0-10 (0)	
Amerongen (Nederrijn)	WKC		20-30 (24)	0-25 (12)	Sterfte: Bruijs et al. (2003)
„	Stuw		0	0-10 (0)	
„	Sche		0	10-90 (50)	
„	Vist		0	nvt	
Hagestein (Lek)	WKC		20-30 (24)	0-25 (12)	Sterfte: Bruijs et al. (2003)
„	Stuw		0	0-10 (0)	
„	Sche		0	10-90 (50)	
„	Vist		0	nvt	
Alphen/Lith (Maas)	WKC		20-30 (24)	0-25 (12)	Sterfte: Bruijs et al. (2003)
„	Stuw		0	0-10 (0)	
„	Sche		0	10-90 (50)	

Knooppunt	Type kunst-werk	Opmerkingen	Directe sterfte (%)	Barrière-werking (%)	Referentie
„	Vist		0	nvt	
Linne (Maas)	WKC		20-30 (24)	0-25 (12)	Sterfte: Bruijs et al. (2003)
„	Stuw		0	0-10 (0)	
„	Sche		0	10-90 (50)	
„	Vist		0	nvt	

Bijlage C. Overzicht van achterland per migratieknooppunt in rijkswateren

Voor elk van de migratieknooppunten in de rijkswateren is ingeschat hoeveel schieraal (ton) potentieel aankomt. In deze bijlage is aangegeven hoe per migratieknooppunt het achterland is samengesteld (afwaterende rijkswaterlichamen, buitenland en beheersgebieden van waterschappen) en welke fractie van het (deel-)achterland is toegewezen aan het betreffende migratieknooppunt (tussen haakjes).

Knooppunt	Opbouw achterland (fractie)
Den Oever	IJsselmeer (0,5), Rijn en IJssel (0,5), Groot Salland (0,5), Velt en Vecht (0,5), Reest en Wieden (0,5), Veluwerandmeren (0,25), Vallei en Veluwe (0,25), Gelderse Poort (0,125), Bendeloop Gelderse IJssel (0,5), Twente kanaal (0,5), Hollands Noorderkwartier (0,12), Zuiderzeeland (0,25), Duitsland Rijn (0,06)
Afsluitdijk Kornwerderzand	IJsselmeer (0,5), Rijn en IJssel (0,5), Groot Salland (0,5), Velt en Vecht (0,5), Reest en Wieden (0,5), Veluwerandmeren (0,25), Vallei en Veluwe (0,25), Gelderse Poort (0,125), Bendeloop Gelderse IJssel (0,5), Twente kanaal (0,5), Hollands Noorderkwartier (0,12), Zuiderzeeland (0,25), Duitsland Rijn (0,06)
IJmuiden	Noordzeekanaal (1), Markermeer (1), Amstel, Gooi en Vecht (1), Stichtse Rijnlanden (1), Amsterdam-Rijnkanaal (1), Veluwerandmeren (0,5), Vallei en Veluwe (0,5), Hollands Noorderkwartier (0,37), Zuiderzeeland (0,5), Spaarndam, Halfweg
Krabbersgat-sluizen	Markermeer (0), Amstel, Gooi en Vecht (0), Stichtse Rijnlanden (0), Amsterdam-Rijnkanaal (0), Veluwerandmeren (0), Vallei en Veluwe (0), Hollands Noorderkwartier (0), Zuiderzeeland (0)
Houtrib-sluizen	Markermeer (0), Amstel, Gooi en Vecht (0), Stichtse Rijnlanden (0), Amsterdam-Rijnkanaal (0), Veluwerandmeren (0), Vallei en Veluwe (0), Hollands Noorderkwartier (0), Zuiderzeeland (0)
Oranjesluizen	Markermeer (1), Veluwerandmeren (0,5), Vallei en Veluwe (0,5), Hollands Noorderkwartier (0,37), Zuiderzeeland (0,5)
Haringvliet-sluizen	Gelderse Poort (0,4), Duitsland -Rijn (0,83), Beneden Rivieren (0,5), De Dommel (0,5), Brabantse Delta (0,4), Hollandse Delta (0,5), Wilhelmina kan. (0,5)
Nieuwe Waterweg	Gelderse Poort (0,35), Duitsland -Rijn (0,06), Beneden Rivieren (0,5), De Dommel (0,5), Brabantse Delta (0,4), Hollandse Delta (0,5), Wilhelmina kan. (0,5), België (1), Duitsland Maas (1), Grensmaas (1), Zandmaas (1), Aa en Maas (1), Peel en Maas (1), Roer en Overmaas (1), Rivierenland (1), Delftland (1), Getijdenlek (1), Getijden Maas (1), Schieland en Krimpenerwaard (1), Stichtse Rijnlanden (0,66), Rijnland (0,1), Julianakanaal (1)
Krammersluizen	Volkerrak zoom meer (0,03) deel Brabantse Delta(0,006)
Bergse Diep Sluis	Volkerrak zoom meer (0,01) deel Brabantse Delta(0,002)
Terneuzen	Deel België?
Volkeraksluizen	Volkerrak zoom meer (0,06) deel Brabantse Delta(0,012)
Bathse Spuisluis	Volkerrak zoom meer (0,90), deel Brabantse Delta (0,18)
Amerongen (Nederrijn)	Duitsland (Rijn) (0,06), Gelderse Poort (0,21)
Hagestein (Lek)	Duitland (Rijn) (0,06), Gelderse Poort (0,35)
Alphen/Lith (Maas)	Zandmaas (1), Grensmaas (1), Duitland (0,5 ton), België (16 ton), Aa en Maas (0,5), Peel en Maas (1), Roer en Overmaas (1)
Linne (Maas)	Grensmaas (1), Duitsland (0,5 ton), België (16 ton)