



Inventarisatie knelpunten voor schieraalmigratie in Nederland

Auteurs: Tessa van der Hammen, Ben Griffioen, Joey Volwater en Erwin Winter

Wageningen University &
Research rapport C009/23

Inventarisatie knelpunten voor schieraalmigratie in Nederland

Auteurs: Tessa van der Hammen, Ben Griffioen, Joey Volwater en Erwin Winter

Wageningen Marine Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame Voedselvoorziening & productieketens & natuur' (projectnummer BO-4318100389)

Wageningen Marine Research
IJmuiden, januari 2023

Wageningen Marine Research rapport C009/23

Keywords: Schieraal, paling, migratie, knelpunten, gemalen, waterschappen, waterkrachtcentrales

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
T.a.v.: G. Mahabir
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

BO-43-18100389

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/590764>

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur
bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Methoden	7
2.1 Aanpak en opbouw van de inventarisatie-studie	7
2.2 Aalmodel	8
2.3 Sterftekans en barrièrewerking per type kunstwerk	9
2.3.1 Complex met meerdere type kunstwerken	12
2.4 Paling over de Dijk (PODD)	13
2.5 Aanpassingen ten opzichte van vorige rapportage	14
2.6 Ranking van kunstwerken	15
3 Resultaten	16
3.1 Kunstwerken en complexen per waterschap	16
3.1.1 <u>Waterschap Aa en Maas</u>	16
3.1.2 <u>Waterschap Brabantse Delta</u>	17
3.1.3 <u>Waterschap de Dommel</u>	17
3.1.4 <u>Drents Overijsselse Delta</u>	18
3.1.5 <u>Waterschap Hollandse Delta</u>	19
3.1.6 <u>Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht</u>	19
3.1.7 <u>Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden</u>	20
3.1.8 <u>Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier</u>	21
3.1.9 <u>Hoogheemraadschap van Delfland</u>	22
3.1.10 <u>Hoogheemraadschap van Rijnland</u>	23
3.1.11 <u>Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard</u>	24
3.1.12 <u>Waterschap Hunze en Aa's</u>	25
3.1.13 <u>Waterschap Limburg</u>	26
3.1.14 <u>Waterschap Noorderzijlvest</u>	27
3.1.15 <u>Waterschap Rijn en IJssel</u>	28
3.1.16 <u>Waterschap Rivierenland</u>	28
3.1.17 <u>Waterschap Scheldestromen</u>	29
3.1.18 <u>Waterschap Vallei en Veluwe</u>	29
3.1.19 <u>Waterschap Vechtstromen</u>	29
3.1.20 <u>Wetterskip Fryslân</u>	30
3.1.21 <u>Waterschap Zuiderzeeland</u>	31
3.2 Kunstwerken in Rijkswateren	32
3.2.1 Waterkrachtcentrales (Maas_Linne, Maas_Lith, Maurik, Hagestein)	35
3.3 De belangrijkste kunstwerken	40
4 Conclusies	44
5 Discussie	45
6 Kwaliteitsborging	48
Literatuur	49
Verantwoording	53

Bijlage 1	Kunstwerken per knelpunt per beheerder	54
Bijlage 2	Achterland per kunstwerk in Rijkswateren	56
Bijlage 3	Aalsterfte gemalen	57
Bijlage 4	Sterfte turbine WKC's	61

Samenvatting

De Europese aal (*Anguilla anguilla*) trekt als juveniel (glasaal) van de zee het zoete water op en trekt als volwassen schieraal weer terug naar zee. Bij deze migratie wordt zowel de intrek als de uittrek belemmerd door kunstwerken, zoals gemalen, waterkrachtcentrales, stuwen en sluizen.

In 2013 is er een overzicht van de belangrijkste migratieknelpunten voor schieraal in Nederland opgesteld (Winter et al 2013a). Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft Wageningen Marine Research gevraagd om deze lijst te updaten met de nieuwste informatie.

Als basis voor deze rapportage is gebruik gemaakt van zogenaamde Nederlandse 'aamodel' (Bierman et al, 2012; van der Hammen et al, 2021). Dit model wordt gebruikt om elke drie jaar de totale schieraal biomassa in Nederland te berekenen en daarmee te voldoen aan de verplichting van de EU doormiddel van de zogenaamde '3-jaarlijkse EU-evaluatie' (van der Hammen et al. 2021). In het aamodel wordt een schatting gemaakt hoeveel schieraal er vanuit elk gebied start met de migratie naar zee. Daarnaast wordt de beschikbare kennis uit Winter et al (2013a) gebruikt, die op basis van watersysteemkennis en informatie van waterbeheerders een lijst met potentiële knelpunten door kunstwerken hadden opgesteld die een relatief groot achterland voor aal ontsluiten. Per potentieel knelpunt is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid schieraal die bij het kunstwerk zou kunnen aankomen, gebruikmakend van de resultaten uit het aamodel. Vervolgens zijn de inschattingen van de sterftেকans tijdens passage van gemalen en waterkrachtcentrales, de uittrek mogelijkheden via alternatieve routes in het complex en de mate van barrièrewerking bij een kunstwerk uit Winter et al (2013a) geëvalueerd. Hiervoor zijn de waterschappen voor elke 3-jaarlijkse EU-evaluatie benaderd met het verzoek om aanpassingen en onderzoek bij de knelpunten door te geven. Ook zijn de gemiddelde schattingen voor de gemalen aangepast op basis van beschikbare literatuur. Door de hoeveelheid schieraal per potentieel knelpunt te combineren met de sterftেকans wordt in dit rapport de potentiële sterfte aan schieraal per kunstwerk ingeschat.

De schattingen in dit rapport zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van de onderliggende gegevens in het aamodel en de kennis die er is van het gedrag van schieraal bij complexen met kunstwerken. Net als in 2013 zijn er nog steeds veel ontbrekende gegevens. Wanneer er geen gegeven beschikbaar zijn voor een kunstwerk wordt er uitgegaan van gemiddelde waarden voor andere vergelijkbare type kunstwerken. Met name over het gedrag van schieraal bij kunstwerken die uit een complex van kunstwerken bestaan (bijvoorbeeld een waterkrachtcentrale met stuw, vistrap en scheepsluizen, of een gemaal met scheepsluis) is vaak weinig bekend.

Op basis van de geschatte verliesposten schieraal is de lijst van belangrijkste knelpunten in Nederland uit 2013 geüpdatet. Het sluizencomplex in IJmuiden is als grootste knelpunt aangemerkt. Dit complex heeft een geschatte sterfte van 12.5% en een potentieel aan doortrekkende schieraal van bijna 77 ton, waardoor het verlies aan schieraal geschat is op 9.6 ton. Daarnaast zijn een groot aantal gemalen aangemerkt als knelpunt, maar de verliezen van schieraal bij deze en andere knelpunten zijn aanmerkelijk lager in vergelijking met IJmuiden. In de rapportage van Winter et al (2013) stonden de grote Waterkrachtcentrales (WKC's) in de Maas nog op plaats één en twee. Echter, vanwege de vele maatregelen waaronder turbinebeheer, nachtelijke stillegging en het overzetten van schieralen over het complex (Paling over de Dijk, PODD) is het sterftepercentage bij deze WKC's omlaag gegaan. Daarnaast tonen additionele onderzoeken in deze rivieren aan dat de hoeveelheid aal die aankomt bij de WKC's lager is dan geschat door het aamodel. Hierdoor staan deze nu minder hoog in de lijst. Er zijn ook enkele scheepvaartsluizen-complexen opgenomen in de lijst. De grote spuisluis-complexen zoals Den Oever, Kornwerderzand en Haringvliet veroorzaken voor schieraal waarschijnlijk wel vertraging, maar zijn niet als knelpunt met extra schieraalsterfte aangemerkt.

1 Inleiding

De rivieren in Europa zijn vaak gefragmenteerd door de vele kunstwerken (Belletti et al 2020). Deze kunstwerken hinderen migrerende vissoorten zoals de Europese aal (*Anguilla anguilla*), die als jonge glasaal vanuit de zee de zoete rivieren op wil trekken en als volwassen schieraal weer terug probeert te trekken vanuit het zoete water naar de zee. Ook in de Nederlandse watersystemen bevinden zich vele kunstwerken, zoals gemalen, waterkrachtcentrales (WKC's), stuwen en sluizen.

In onderhavige rapportage is met de beschikbare kennis de invloed van de verschillende kunstwerken op migrerende schieralen geschat. Eenzelfde soort onderzoek voor stroomopwaarts migrerende jonge aal is ook wenselijk. Echter, omdat dit een update is van Winter et al (2013a), waarin de basis al gemaakt is wordt deze rapportage beperkt tot knelpunten van migrerende schieraal. Net als in Winter et al (2013a) wordt in deze studie van locaties met één of meerdere kunstwerken (bijvoorbeeld complexen met een gemaal met scheepsluis of met een WKC met stuw, vistrap en scheepsluizen) die potentieel een migratieknelpunt voor schieraal vormen een knelpuntenlijst samengesteld. Per kunstwerk of complex met meerdere kunstwerken wordt een schatting gemaakt hoeveel schieraal er aankomt, hoe hoog de sterfte aan migrerende schieralen is bij passage en of het kunstwerk de migratie ook blokkeert.

Om in te schatten hoeveel schieraal bij een kunstwerk aankomt is er voor deze rapportage wederom gebruik gemaakt van het zogenaamde Nederlandse 'aal model' (Bierman et al, 2012; van der Hammen et al, 2021). Dit model wordt gebruikt om elke drie jaar de totale schieraal biomassa in Nederland te berekenen en daarmee te voldoen aan de verplichting van de EU doormiddel van de zogenaamde '3- jaarlijkse EU-evaluatie' (van der Hammen et al. 2021). In het aalmodel worden verschillende monitoring gegevens opgewerkt tot dichtheidsschattingen, waaronder de gegevens verzameld binnen de Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) en de Kader Richtlijn Water (KRW). Door de verschillende monitoringen op te werken wordt een schatting gemaakt hoeveel schieraal er vanuit elk gebied start met hun migratie naar zee.

Om het sterftepercentage aan migrerende schieralen bij een kunstwerk(complex) te berekenen worden vergelijkbare aannames als in Winter et al (2013a) gebruikt. Daarnaast is er voor elke 3-jaarlijkse EU-evaluatie onderzocht of er aanpassingen zijn geweest bij kunstwerken waardoor de sterfte en of de mate van blokkade is veranderd en vervolgens zijn deze aanpassingen doorgevoerd. Ook is er in tegenstelling tot Winter et al (2013a) voor gekozen om voor gemalen dezelfde gemiddelde sterftepercentages per pomptype te gebruiken als in de 3-jaarlijkse EU-evaluatie wordt gebruikt (Van der Hammen et al. 2021), terwijl deze schattingen voorheen op basis van 'expert knowledge' werden geschat.

De betrouwbaarheid van de schattingen van schieraalsterfte bij een kunstwerk(complex) hangt af van de aanwezigheid van (nauwkeurige) bemonsteringen in een gebied, van de beschikbare gegevens over schieraalsterfte bij de verschillende kunstwerken en van de aannames die worden gedaan in het aalmodel. Het aalmodel is ontwikkeld om een inschatting te geven van de trend van de hoeveelheid uittrekkende schieraal vanuit héél Nederland. Er zijn grote onzekerheden in de schatting per gebied, maar deze worden in het aalmodel gedempt doordat uiteindelijk alles bij elkaar wordt opgeteld tot een schatting van héél Nederland (van der Hammen et al. 2021). Voor deze rapportage zijn de schattingen in schieraalbiomassa op een nauwkeurigere schaal nodig dan voor de 3-jaarlijkse EU-evaluatie en zijn daarom onderhevig aan grotere onzekerheden. Daarnaast is er wat betreft de sterftepercentages bij de kunstwerken slechts bij een zeer klein deel van de kunstwerken onderzoek gedaan en de onderzoeken die er wél zijn gedaan zijn vaak gebaseerd op een zeer laag aantal schieralen. Voor de meeste kunstwerken wordt daarom met gemiddelden van andere onderzoeken, schattingen en aannames gewerkt. De uiteindelijke sterfteschattingen zullen daarom een benadering zijn van de werkelijke schieraalsterfte.

2 Methoden

2.1 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, 2012). Iedere locatie met één of meerdere kunstwerken vormt potentieel een knelpunt voor migrerende schieraal. De mate waarin een kunstwerk fungeert als knelpunt voor de wegtrekkende schieraal hangt af van:

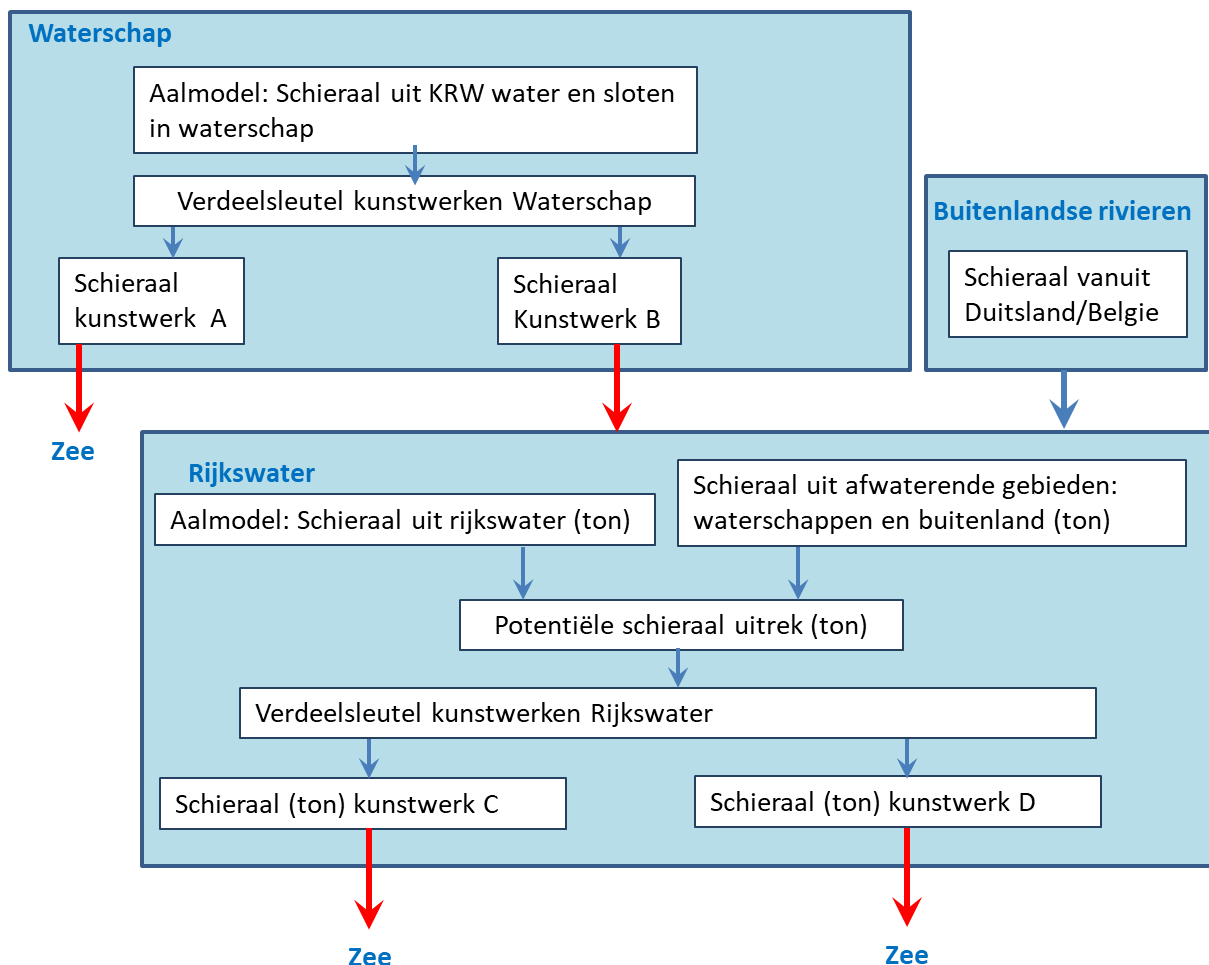
- 1) De hoeveelheid schieraal die het kunstwerk passeert. Hoe meer schieraal via een kunstwerk poogt te migreren, hoe groter het relatieve belang van het kunstwerk. Hoeveel schieraal er bij een kunstwerk migreert hangt in sterke mate af van de omvang van het areaal oppervlaktewater dat via het kunstwerk afwatert. Immers, hoe meer water er via het kunstwerk afwatert, hoe groter in theorie het achterland is waar aal heeft kunnen opgroeien.
- 2) De kans op sterfte of verwondingen wanneer de schieraal het kunstwerk passeert. Deze migratiebelemmering kan bestaan uit *directe sterfte* van schieraal bij passage van een kunstwerk, zoals bij gemalen of WKC's en *indirecte sterfte*, wanneer er wel verwonding optreedt, maar sterfte pas op een later moment plaatsvindt.
- 3) De mate waarin het kunstwerk vertraging of blokkering veroorzaakt ('*barrièrewerking*'). Barrièrewerking treedt op wanneer een schieraal niet of moeilijk langs de barrière kan migreren. Deze barrièrewerking kan variëren van lichte vertraging tot totale blokkering van de migratieroute. In geval van totale blokkering, waarbij het nemen van een alternatieve route ook niet of nauwelijks tot de mogelijkheden behoort, kunnen de schieralen die aankomen bij een kunstwerk als verloren voor de paaipopulatie worden beschouwd.
- 4) Bij sommige barrières wordt schieraal stroomopwaarts van een kunstwerk(complex) gevangen om stroomafwaarts achter de barrière weer te worden vrijgelaten, de zogenaamde 'paling over de dijk' (PODD). Dit is een manier om barrièrewerking en directe sterfte te omzeilen en schieralen de mogelijkheid te geven verder te trekken richting de zee. Zo zal bij hoge barrièrewerking en een hoge PODD inspanning het verlies voor de paaipopulatie bij een barrière flink worden gereduceerd.

De combinatie van (1) de hoeveelheid schieraal die via een kunstwerk(complex) migreert, (2) de sterftekans, (3) de barrièrewerking en (4) PODD, levert een schatting van de hoeveelheid schieraal die het kunstwerk(complex) niet levend kan passeren en dus niet zal bijdragen aan de paaipopulatie. Op basis van beschikbare informatie (rapportages, internet, databases), aangevuld met kennis van waterbeheerders (waterschappen en Rijkswaterstaat), is er in 2013 (Winter et al 2013a) een lijst van kunstwerk(complex)en met een relatief groot achterland vastgesteld in zowel de beheersgebieden van de waterschappen als de Rijkswateren (zie Bijlage 1).

Aanpak voor de opwerking van gegevens en het maken van schattingen

Bij deze studie is per kunstwerk(complex) een inschatting gemaakt van de hoeveelheid schieraal die bij het kunstwerk(complex) zou kunnen aankomen, gebruikmakend van de resultaten uit de aal bestandschatting ten behoeve van de 3-jaarlijkse EU-evaluatie, waarin met het aalmodel het potentieel aan vertrekkende schieraal per beheersgebied en Rijkswateren is ingeschat (van der Hammen et al 2021). Voor elk van de kunstwerken is een inschatting gemaakt van het potentieel aan schieraal wat bij het kunstwerk(complex) aan kan komen. Vervolgens is een inschatting gemaakt van de sterftekans tijdens passage van gemalen en waterkrachtcentrales, de uittrek-mogelijkheden via alternatieve routes rondom het kunstwerk en de mate van barrièrewerking van de kunstwerken. Op deze wijze is een geschatte verliespost aan schieraal in biomassa per kunstwerk opgesteld. De kunstwerken zijn gerangschikt op volgorde van geschat potentieel schieraalverlies, waardoor een

lijst wordt gevormd die gezien kan worden als indicator voor het relatieve belang van een kunstwerk(complex) als knelpunt voor de migrerende schieraal populatie. Een schematisch overzicht van de gevolgde aanpak is weergegeven in Figuur 2-1. De verschillende onderdelen worden in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.



Figuur 2-1 Schematisch overzicht van de aanpak.

2.2 Aalmodel

Elke drie jaar rapporteren lidstaten aan de EU hoeveel schieraal er binnen bepaalde beheersgebieden kan ontsnappen richting de zee, de zogenaamde 3-jaarlijkse EU-evaluatie. In Nederland wordt voor deze EU-verplichting met het aalmodel berekend hoeveel rode aal er opgroeit tot schieraal in verschillende gebieden in Nederland (Bierman et al, 2012; van der Hammen et al. 2021). Voor de berekeningen in de rapportage wordt gebruik gemaakt van verschillende gegevens waaronder bemonsteringen in Rijkswateren, in Kader Richtlijn Water (KRW) wateren, in sloten, en ook van gegevens van de commerciële visserij. De opwerking van deze gegevens resulteert in een schatting van de schieraalbiomassa in de waterschappen en in de Rijkswateren (van der Hammen et al, 2021).

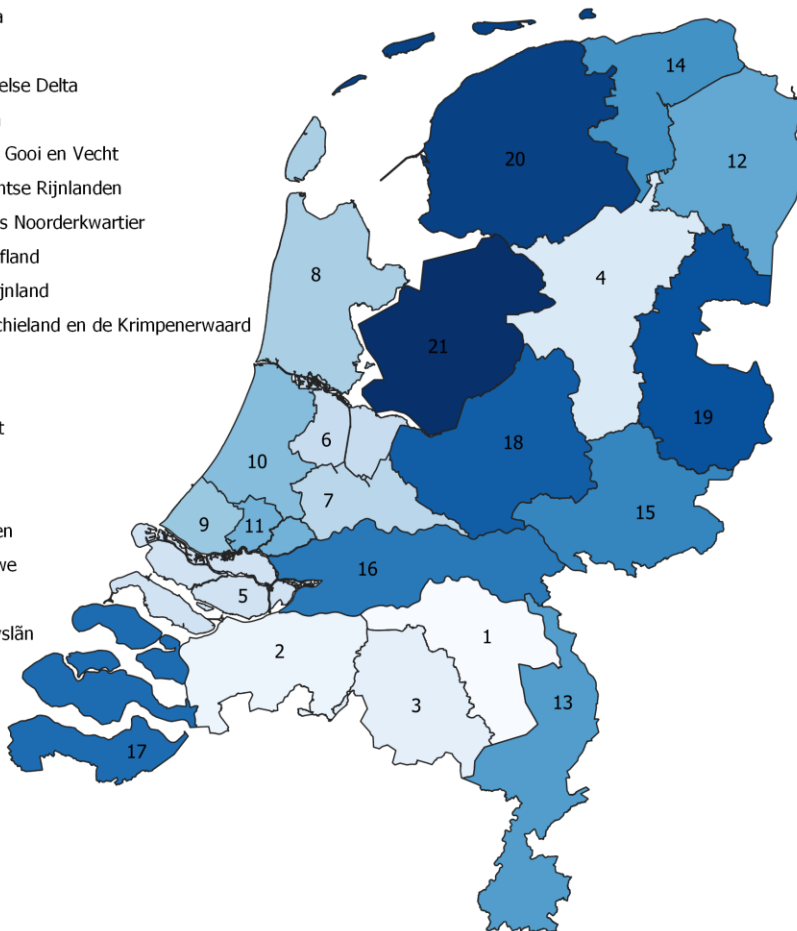
Voor deze studie is de biomassa schieraal per waterschap voor KRW-wateren overgenomen uit het aalmodel (van der Hammen et al.,2021). Echter in het aalmodel is de biomassa van niet KRW-wateren (o.a. sloten) niet per waterschap berekend. Daarom is voor de berekening van de biomassa schieraal per waterschap voor de niet-KRW wateren het oppervlak niet-KRW water per waterschap vermenigvuldigd met de dichtheidsschatting voor schieraal voor niet-KRW wateren (3.5 kg/ha). De oppervlakte berekening van het waterareaal is gedaan met behulp van de TOP10 kaart van Nederland (Kadaster 2007, Winter et al 2013).

Om binnen de waterschappen te schatten hoeveel schieraal er bij elk kunstwerk(complex) aankomt is voor elk waterschap (Figuur 2-2) en voor elk Rijkswater (paragraaf 3.2) door middel van een verdeelsleutel het totale potentieel aan schieraal onderverdeeld over de verschillende kunstwerken die hierbinnen gelegen zijn. Deze verdeelsleutel is met de beschikbare kennis bepaald, waarbij Winter et al (2013a) als basis dient en waar nieuwe inzichten of kennis aanwezig was aanpassingen zijn gedaan. De toegepaste verdeelsleutel is, bij beschikbaarheid van gegevens, gebaseerd op:

- 1) Gericht onderzoek naar verdeling van schieraal over kunstwerken
- 2) Hoeveelheid waterareaal dat afwatert op kunstwerk
- 3) Debiet
- 4) Oppervlakte van het afwateringsgebied
- 5) Verhouding pompcapaciteiten

Water board

- 1. Aa en Maas
- 2. Brabantse Delta
- 3. De Dommel
- 4. Drents Overijsselse Delta
- 5. Hollandse Delta
- 6. Hoogh. Amstel, Gooi en Vecht
- 7. Hoogh. De Stichtse Rijnlanden
- 8. Hoogh. Hollands Noorderkwartier
- 9. Hoogh. van Delfland
- 10. Hoogh. van Rijnland
- 11. Hoogh. van Schieland en de Krimpenerwaard
- 12. Hunze en Aa's
- 13. Limburg
- 14. Noorderzijlvest
- 15. Rijn en IJssel
- 16. Rivierenland
- 17. Scheldestromen
- 18. Vallei en Veluwe
- 19. Vechtstromen
- 20. Wetterskip Fryslân
- 21. Zuiderzeeland



Figuur 2-2 Overzichtskaart van de beheersgebieden van de waterschappen van Nederland.

2.3 Sterftekans en barrièrewerking per type kunstwerk

De sterftekans van schieraal voor elk type kunstwerk hangt af van diverse factoren zoals type pomp, aanwezigheid van alternatieve routes, afschrikwekkende werking (geluid, vibraties, scheepvaart, etc.), debiet en naar alle waarschijnlijkheid nog veel meer onbekende factoren. De belangrijkste kunstwerken zijn gemalen, WKC's, stuwen, scheepssluisen en spui- en keersluizen. Hieronder wordt besproken hoe per type kunstwerk de sterftekans en barrièrewerking zijn geschat voor deze rapportage (deze schattingen zijn per kunstwerk opgenomen in Bijlage 1).

Gemalen

Passage van een gemaal is veelal gevaarlijk voor schieraal. Echter, er zijn niet veel metingen aan schieraalsterfte bij passage van gemalen. Als er al onderzoek bekend is, is dit vaak met weinig aal. Daarnaast is er grote variatie in de sterftepercentages, tussen verschillende type pompen, maar ook binnen dezelfde type pompen (Kunst et al. 2008, van der Wal et al. 2012). Voor het bepalen van sterftepercentages van schieraal bij passage van gemalen is in opdracht van de STOWA (van de Wal et al. 2012) onderzoek uitgevoerd bij diverse gemalen met verschillende pomptypen en capaciteiten. Voor deze rapportage wordt per gemaal een gemiddeld sterftepercentage per type gemaal gebruikt als beste schatting, tenzij er meer nauwkeurige informatie beschikbaar was. Het passeren van een gemaal kan naast directe sterfte, ook vertraagde sterfte veroorzaken doordat er verwondingen zijn opgelopen. Wanneer er geen nauwkeurigere informatie beschikbaar is, wordt er voor deze rapportage aangenomen dat 50% van de gewonde alen alsnog sterft. De totale sterfte wordt dan berekend als de directe sterfte, plus 50% van de beschadigde alen voor elk type gemaal (Tabel 2-1, Bijlage 3). Over de barrièrewerking van de verschillende type gemalen is niets bekend en de range tussen geschatte minimum en maximum barrièrewerking is daardoor groot, namelijk 10 – 90 %. Wanneer er geen extra informatie aanwezig was, wordt hiervoor voor alle gemalen als 'best guess' het middelpunt (50%) genomen (Winter et al 2013a).

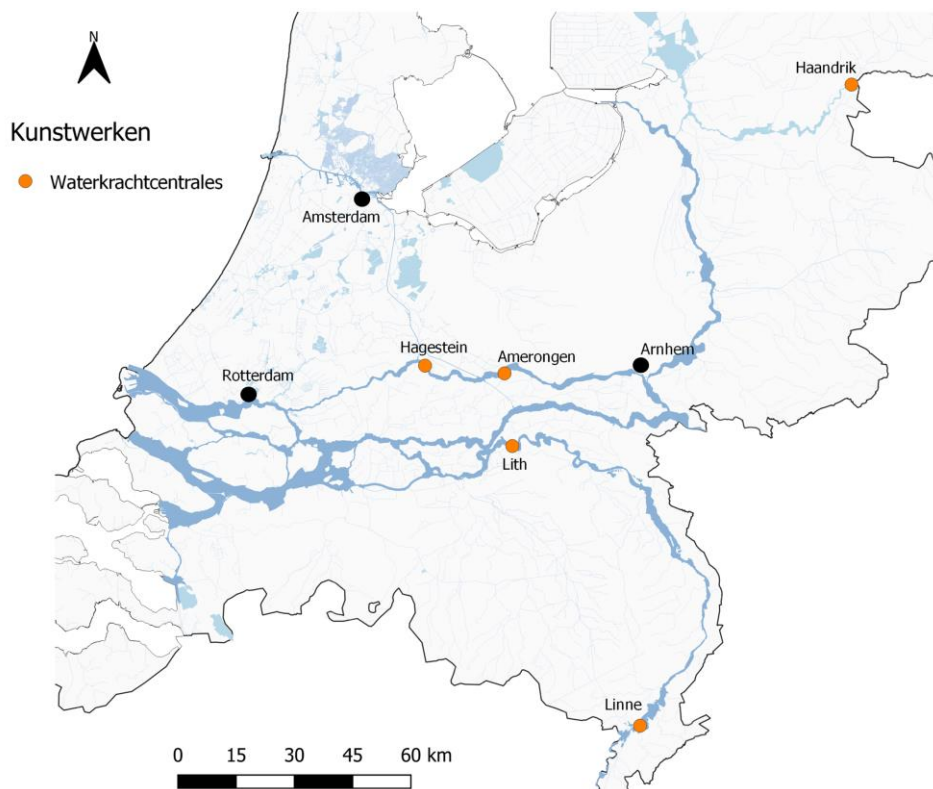
Wanneer er bij een gemaal geen alternatieve route bekend is wordt ervan uitgegaan dat alle schieralen door het gemaal zullen migreren al dan niet met vertraging (van Keeken et al., 2021). Een studie in Friesland bevestigt dat op locaties met alleen een gemaal 73-100% van de schieraal binnen enkele maanden het gemaal passeert. De aal die achterblijft stelt de migratie waarschijnlijk met één of meerdere jaren uit: een studie op de Maas laat zien dat >10% van de schieralen de migratie met een jaar uitstelt (Winter et al 2006, 2007). Wanneer er geen alternatieve route is, wordt er daarom geen blokkerende werking aangenomen van het gemaal. Wanneer er wel alternatieve routes zijn naast het gemaal zal de mate van barrièrewerking die leidt tot terugkeer- en zoekgedrag het sterftepercentage wel beïnvloeden omdat dit de kans dat ze in het gemaal terecht komen vermindert en via alternatieve routes passeren vergroot (zie: 'Complexen met gemalen').

Tabel 2-1 Geschatte schieraalsterfte (directe sterfte, plus 50% van de gewonde alen) bij passage van verschillende types gemalen (Bijlage 3).

Type gemaal	Sterfte %
Scheprad	0.0
Vijzel	12.0
Centrifugaal	12.4
Schroefcentrifugaal	13.8
Gesloten/open schroefpomp	53.8

Waterkrachtcentrales (WKC's)

Er zijn drie grote WKC's in Nederland (Figuur 2-3). De WKC's in de grote rivieren bevinden zich bij Lith en Linne in de Maas en Amerongen in de Nederrijn. In de Lek bij Hagestein bevindt zich een kleinere WKC, echter deze is sinds 2005 buiten gebruik. Daarnaast is er nog een kleine WKC in de Overijsselse Vecht (Haandrik, Figuur 3-11), welke ook al sinds langere tijd buiten gebruik is. Er is veel onderzoek gedaan naar sterfte van schieraal door de WKC's in de Maas en Nederrijn, waardoor de kennis over schieraalsterfte en het aanbod schieraal op deze locaties relatief goed is (Bruijs et al 2003; Winter et al 2006, 2007; Griffioen et al 2019; Kemper & de Bruijn 2013; Veen van der & Kemper, 2021; Kemper 2020, 2022; Kemper & de Bruijn 2013, 2014; Da Graca & Kemper 2020; Kemper & Da Graca 2020, van de Ven 2021). Bij deze WKC's zijn recentelijk maatregelen genomen die de sterfte doen verminderen, namelijk tijdelijke nachtelijke stillegging van de WKC's tijdens de schieraaltrek, een aangepast turbinebeheer en PODD. De drie grote WKC's (Linne, Lith en Amerongen) worden in paragraaf 3.2.1 in meer detail besproken.



Figuur 2-3 Locaties van de waterkrachtcentrales.

Stuwen

Stuwen wateren onder vrij verval af als de waterhoogte bovenstrooms van de stuw te hoog wordt. In geval van hoge afvoer zal passage daardoor waarschijnlijk geen schieraalsterfte veroorzaken. Bij stuwen met een zeer laag frequent voorkomen van stromend water kan er wel vertraging optreden voor migrerende schieraal, maar ook dan wordt er niet verwacht dat dit tot sterfte leidt. Alleen bij een zeer groot verval zou het landen van het overstortende water op een droogliggend stortsteenbed of betonnen bodem, schade aan schieraal kunnen toebrengen. In specifieke situaties zal er wel schieraalsterfte optreden door de passage van een stuw. Bij de WKC's in Hagestein en Maurik en bij de stuw in Driel is er bijvoorbeeld onder de stuw een constructie aanwezig die dienst doet om de stroomsnelheid te verlagen. Bij beperkt geopende schuiven is er wel extra schieraalsterfte door de aanwezigheid van deze constructie (Kemper & de Bruijn, 2014 & 2015). Echter naar verwachting zal deze situatie niet veel bij stuwen voorkomen. In deze rapportage wordt daarom voor stuwen geen sterfte of barrièrewerking aangenomen voor migrerende schieraal.

Scheepssluizen

Er is niet veel bekend in welke mate en met welke efficiëntie schieralen gebruik maken van scheepssluizen tijdens hun migratie. Wel zijn er aanwijzingen dat schieralen scheepssluizen kunnen passeren, zoals aangetoond voor bijvoorbeeld diverse scheepssluizen rond het Noordzeekanaal (van Wijk 2011, Winter et al 2019, Griffioen et al 2019), scheepssluizen in kanalen ten westen van Groningen (Winter et al 2013b), scheepssluizen in het lateraalkanaal van de Maas bij Roermond (Griffioen et al 2013a, 2019) en scheepssluizen in het Amsterdam-Rijnkanaal (Griffioen et al 2013b). In deze rapportage wordt aangenomen dat een succesvolle migratie via scheepssluizen afhankelijk is van debiet, het aantal schuttingen per etmaal (vooral tijdens de eerste helft van de nacht), de dimensies van de sluis en of het een sluis is die zoet water met zoet of met zout water verbindt. Een verschil in zoutgehalte heeft waarschijnlijk een gunstige invloed op de passeerbaarheid van scheepssluizen omdat schieraal zich naast stroming ook oriënteert op zoet-zout gradiënten. Een verschil in zoutgehalte aan weerszijden van de sluisdeuren zal bij opening van de deuren een tegenstroom met een zoetere bovenlaag stromend richting de 'zoutere' kant en een zoutere onderlaag richting de 'zoetere' kant veroorzaken (Winter 2011). Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat de migratiekansen beperkt zijn wanneer er weinig debiet is en weinig schuttingen plaatsvinden.

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 scheepsluis. Er wordt voor deze rapportage hierdoor aangenomen dat scheepsluizen geen directe sterfte veroorzaken, maar wel barrièrewerking variërend van 20-80% (Tabel 2-2).

Tabel 2-2 Waarden voor barrièrewerking bij scheepsluizen voor diverse scenario's.

debiet	verschil zoutgehalte	schuttingen	barrière werking (%)
laag	geen	weinig	80% (10%-90%)
matig	matig	matig	50% (10%-90%)
hoog	groot	veel	20% (10%-90%)

Spui- en keersluizen

Spuisluizen en of keersluizen zijn knelpunten waarbij water via vrij verval wordt geloosd. Directe sterfte van schieraal wordt daarbij niet verwacht. Indirecte verliezen door middel van een blokkerende werking hangen voornamelijk af van het beheer van de sluisen. Wanneer de kans bestaat dat 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 barrièrewerking 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 migratieseizoen) onzeker. Bij 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 uitvallen ten opzichte van andere seizoenen in het jaar. Aangenomen wordt dat de barrièrewerking uiteen zal lopen van 0% – 90%, waarbij de beste schatting voor een spuisluis 45% en voor een spui- of keersluis bij een gemaal 30% is (Tabel 2-3).

Tabel 2-3 Schatting van barrièrewerking bij spuisluizen, keersluizen en sluisen in combinatie bij een gemaal. De tabel geeft een 'best guess' schatting en tussen haakjes de schatting voor minimale en maximale barrièrewerking.

Type sluis	barrièrewerking (%)
Spuisluis	45% (0%-90%)
Spui-/ keersluis (bij gemaal) *	30% (10%-50%)

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

2.3.1 Complex met meerdere type kunstwerken

Heel vaak is er op één locatie niet één type kunstwerk, maar een complex van diverse typen kunstwerken en dan zijn er ook verschillende routes aanwezig om door het kunstwerk te migreren. De schieralen verdelen zich over de optionele routes welke een verschillende sterftekans hebben. Dit kan bijvoorbeeld een scheepsluis of een vispassage naast een gemaal zijn of een stuw naast een WKC. De kans dat een schieraal gebruik maakt van een veiligere route binnen een kunstwerk wordt groter wanneer er een barrièrewerking uitgaat van de potentieel schadelijke routes via een gemaal of een WKC. Daarnaast kan er ook voor de ingang van een gemaal of WKC 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 sterk afhankelijk van de mate van barrièrewerking op potentieel schadelijke routes. Het grootste deel van de waterstroming gaat via deze potentieel schadelijke routes en maar een zeer beperkt deel via vispassages of alternatieve routes zoals scheepsluizen. Over de stroomafwaartse verdeling van schieraal over de diverse routes binnen een kunstwerk met meerdere kunstwerken is vaak weinig bekend, met uitzondering van goed onderzochte locaties als het sluisen-gemaal-complex bij IJmuiden (Winter 2011, 2019) en de WKC's complexen in de Maas en Nederrijn (Winter et al 2006, Jansen et al 2007, Winter et al 2007, Griffioen et al 2013a). Wanneer er wel onderzoeksgegevens beschikbaar zijn, worden deze gebruikt voor de overall verliespercentage schatting bij een kunstwerk(complex).

In het geval een beheersgebied door meerdere kunstwerken wordt ontsloten, zoals bij veel van de grote boezemsystemen in Laag-Nederland, kan schieraal na aankomst bij een kunstwerk omkeren om via een ander kunstwerk naar zee te migreren. Dit scenario is niet ondenkbaar, zoals op beperkte schaal zichtbaar in de studie rondom het Noordzeekanaal (Winter et al. 2019), maar omdat hierover verder nauwelijks iets over bekend is, is deze mogelijkheid bij de berekeningen van de schattingen buiten beschouwing gelaten.

Wanneer er over gedrag en verdeling van schieraal bij een kunstwerk(complex) geen onderzoeksgegevens beschikbaar zijn, worden er per type kunstwerk aannames gedaan om de sterfte en barrièrewerking op te werken tot een schatting van een sterftepercentage. De methodiek per type kunstwerk(complex) wordt hieronder beschreven.

Scheepsluis/ Scheepssluis + vistrap

De schieraalsterfte door scheepssluisen wordt als verwaarloosbaar geschat. Daarnaast wordt gerekend met de 'best guess' barrièrewerking van de scheepssluis (Tabel 2-2), welke afhankelijk is van debiet, verschil in zoutgehalte en aantal schuttingen (20%, 50% of 80%, Tabel 2-2).

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 (van Keeken et al 2020), is de kans groter dat de afgeschrikte schieralen zich aanbieden bij de scheepsluis. De scheepssluis heeft op zichzelf ook een barrièrewerking (bijvoorbeeld door beperkte schuttingen) die ervoor zorgt dat schieralen alsnog de keuze maken om via het gemaal te migreren. Voor de berekening van het verlies van de schieralen die een gemaal + scheepssluis complex passeren wordt rekening gehouden met de schatting van de barrière werking van het gemaal (meestal 50%) en de barrièrewerking van de scheepssluis (Tabel 2-2). Voor de verliezen door sterfte wordt de 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 scheepsluis 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 routes. Een minimaal verlies wordt bereikt als het gemaal een hoge barrièrewerking heeft in combinatie met een lage barrière werking van het alternatief. Voor de verliezen door sterfte wordt de 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 worden beschreven in paragraaf 3.2 (Kunstwerken in Rijkswateren).

2.4 Paling over de Dijk (PODD)

Bij meerdere kunstwerken of kunstwerkcomplexen wordt er schieraal stroomopwaarts van het kunstwerk weggevangen en benedenstrooms weer losgelaten (zogenaamde 'Paling over de Dijk', PODD). De hoeveelheid die voor het complex kan worden weggevangen hangt af van 1) de schieraalstand, 2) het debiet, 3) het beheer van het gemaal of de turbine en 3) de inspanning waarmee PODD wordt bedreven, bijvoorbeeld het aantal fuiken of de tijdsperiode waarin het plaatsvindt. Bij de WKC's bij Maurik en bij Alphen wordt de meeste inspanning geleverd en gemiddeld is er in de jaren 2018 tot 2021 meer dan vijf ton gevangen per jaar bij Maurik en meer dan 2 ton bij WKC Alphen (Tabel 2-4). Wanneer er PODD plaatsvindt bij een kunstwerk zal de schieraalsterfte afnemen en moet de hoeveelheid aal die benedenstrooms

van het kunstwerk wordt uitgezet worden afgetrokken van de hoeveelheid schieraal die aankomt bij het kunstwerk.

Tabel 2-4 PODD in kg op jaarbasis bij verschillende kunstwerkcomplexen die behandeld zijn in onderhavige rapportage. Gemiddelden van de jaren 2018 tot 2021. Bron: DUPAN.

Beheersgebied	Kunstwerk	PODD (kg)
Rijks, Nederrijn	WKC Maurik	5,411
Rijks, Maas	WKC Alphen	2,042
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Leemans	300
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Overtoom	206
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	De Ruiters (Vinkeveen)	148
Waterschap Brabantse Delta	Stuw Markiezaatsmeer	121
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	Spiegelpolder	60
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	Mijndense Sluis	39

2.5 Aanpassingen ten opzichte van vorige rapportage

De basis voor deze rapportage is gelegd in de rapportage van Winter et al (2013a), waarbij gesprekken met waterschappen, eigen inschatting, beschikbare GIS-kaarten of op basis van pompcapaciteiten de grootste potentiële knelpunten van schieraal zijn bepaald. Winter et al (2013a) resulteerde in een lijst met kunstwerken die meestal op de grenzen liggen van het beheersgebied en die direct (boezem)water afwateren op Rijkswater, dan wel in Rijkswater liggen. In de periode na 2013 is er meerdere keren, vóór elke 3-jarige EU-evaluatie, aan de waterschappen gevraagd of er nog veranderingen zijn gedaan aan de gemalen (bijvoorbeeld een andere pomp), en of er onderzoek is gedaan naar sterfte aan aal. Met de beschikbare nieuwe gegevens is er in sommige gevallen besloten het sterftepercentage of het debiet bij een kunstwerk(complex) aan te passen, maar niet altijd. In de aangeleverde informatie van de waterschappen moest soms een keuze worden gemaakt, wanneer niet duidelijk was wat de basis was waarop een gegeven sterftepercentage werd bepaald of wanneer er geen onderzoek had plaatsgevonden bij een gemaal. Daarnaast waren onderzoeken soms op zeer weinig aal gebaseerd, waardoor een sterftecijfer als niet betrouwbaar werd aangemerkt (bijvoorbeeld 0% sterfte op basis van 4 aalen).

Een ander verschil met de rapportage van Winter et al (2013a) is dat het gemiddelde sterftepercentage per type gemaal is aangepast naar de waarde die ook in het aalmodel van de EU-evaluatie (Bijlage 3) worden gebruikt (Tabel 2-1). De gemalen waarvoor geen informatie beschikbaar was, hebben dus een andere waarde gekregen dan in de rapportage uit 2013. Dit verklaart de veranderde volgorde van de lijst van barrières in termen van verlies van uittrekkende schieraal.

Wageningen Marine Research heeft daarnaast een grote hoeveelheid informatie gekregen over onderzoek uitgevoerd door o.a. Visadvies en ATKB welke ten tijde van de laatste 3-jaarlijkse aal evaluatie nog niet voorhanden waren. Daarnaast worden er sinds kort mitigerende maatregelen uitgevoerd bij de drie grote WKC's in Nederland (Linne, Lith en Amerongen, Figuur 3-15). Deze informatie heeft de sterfteschatting bij de WKC's behoorlijk omlaag doen gaan. Deze onderzoeken gaven ook nauwkeurige informatie over de hoeveelheid schieraal die bij de WKC's aankwam. Gezien deze onderzoeken direct betrekking hadden op de hoeveelheid schieraal die aankwam bij de WKC's worden die als betrouwbaarder gezien dan de schattingen uit het aalmodel en daarom gebruikt voor de schatting van de hoeveelheid schieraal die aankomt bij de kunstwerken.

De schatting van de hoeveelheid schieraal die aankomt bij een kunstwerk(complex) wordt berekend met het aalmodel. Dit model wordt elke drie jaar geüpdatet met de laatste inzichten en met de laatste jaren aan data. Voor onderhavige update van de knelpuntenranglijst zijn de gegevens van de laatste versie van het aalmodel gebruikt, voor de jaren 2018 tot en met 2020 (van der Hammen et al 2021).

2.6 Ranking van kunstwerken

Als indicator voor de mate waarin een kunstwerk als knelpunt voor de uittrek van schieraal geldt is gekozen voor de hoeveelheid schieraal in biomassa die door een kunstwerk(complex) sterft. Per kunstwerk is er een potentieel aanbod van schieraal berekend met het aal model (van der Hammen et al 2021). De gekozen methodiek is identiek aan Winter et al (2013a), waarbij de schieraal die potentieel bij een kunstwerk aan kan komen, berekend is zonder dat eerdere sterfte voorafgaand aan het bereiken van het kunstwerk in acht wordt genomen. Bij kunstwerken met een groter achterland (dichter bij de zee) is dit aanbod daardoor een overschatting van het werkelijke aanbod van schieraal, omdat er voorafgaand aan het bereiken van het kunstwerk in werkelijkheid wel sterfte plaats heeft gevonden.

3 Resultaten

In onderstaande paragrafen wordt per beheersgebied van de waterschappen in Nederland de uitkomsten van de schattingen met het aalmodel gegeven (paragraaf 3.1), en een selectie van kunstwerken in Rijkswateren (paragraaf 3.2) die een relatief groot 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 kunstwerk. Hierbij wordt uitgegaan van het aantal startende schieraal vanuit het achterland waarbij eventuele sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt niet is meegenomen. De gegevens en schattingen die hiervoor zijn gebruikt zijn weergegeven per kunstwerk in Bijlage 1. De uitkomsten van de berekeningen en schattingen zijn voor doorrekendoeleinden exact weergegeven, maar hierbij moet worden bedacht dat de onzekerheidsmarge bij deze getallen erg groot is (van der Hammen et al. 2018).

3.1 Kunstwerken en complexen per waterschap

In Tabel 3-1 staan per waterschap het berekende waterareaal (zie ook Winter et al 2013) en de hoeveelheid schieraal die berekend is met het aalmodel (zie van der Hammen et al 2021).

Tabel 3-1 Oppervlakte waterareaal en hoeveelheid vertrekkende schieraal (in ton) per beheersgebied. De biomassaschatting is de schatting voor de jaarlijkse productie aan schieraal biomassa van de alen die in het gebied zijn opgegroeid en komt voort uit het aalmodel over de periode 2018-2020.

Waterschap	Waterareaal (ha)	Schieraal (ton/jaar)
Aa en Maas	2,172	6.0
Brabantse Delta	4,054	10.6
De Dommel	2,272	7.0
Drents Overijsselse Delta	16,470	51.0
Hollandse Delta	2,877	10.6
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	10,443	17.6
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	2,032	6.6
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	8,456	27.3
Hoogheemraadschap van Delfland	1,803	6.8
Hoogheemraadschap van Rijnland	8,029	40.2
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	2,347	16.9
Hunze en Aa's	5,685	21.1
Noorderzijlvest	4,653	10.3
Rijn en IJssel	1,776	4.6
Rivierenland	4,105	14.9
Scheldestromen	2,306	8.1
Vechtstromen	5,303	20.9
Waterschap Limburg	2,472	10.8
Waterschap Vallei & Veluwe	1,766	5.5
Wetterskip Fryslân	20,877	87.6
Zuiderzeeland	9,162	25.7

3.1.1 Waterschap Aa en Maas

Het Waterschap Aa en Maas kent een groot gebied dat voornamelijk via stuwen afwatert. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas geen kunstwerken voorkomen die een hoge absolute schieraalsterfte hebben in vergelijking tot andere kunstwerken. Daarnaast is er geschat dat er ca. 6.0 ton schieraal vertrekt uit het beheersgebied (Tabel 3-1). Dit is een klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

3.1.2 Waterschap Brabantse Delta



Figuur 3-1 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied 'Waterschap Brabantse Delta'

Net als het Waterschap Aa en Maas, kent het Waterschap Brabantse Delta een groot gebied dat voornamelijk via stuwen afwatert. Ook in het beheersgebied van Waterschap Brabantse Delta wordt er ingeschat dat er geen kunstwerken voorkomen met een hoge sterfte aan migrerende schieraal. Vanuit het beheersgebied vertrekt ongeveer 10.6 ton (Tabel 3-1).

In het Waterschap Brabantse Delta ligt wel het Markiezaatsmeer. Het waterpeil wordt gereguleerd door middel van een stuw, waar bij hoog water overtollig water afgevoerd wordt naar het Schelde-Rijn kanaal (Volwater et al 2022). Deze overstort is er alleen in tijden van veel neerslag en werkt het grootste gedeelte van de tijd niet. De afgelopen jaren is het waterpeil steeds zo laag geweest dat er geen (of heel weinig) water over de stuw is gegaan, waardoor er aangenomen wordt dat het Markiezaatsmeer volledig is afgesloten voor uittrek. Aal in dit meer kan dus niet naar buiten trekken, waardoor er 100% barrièrewerking is en uittrek gaat bijna alleen via PODD. Echter omdat barrièrewerking geen directe sterfte veroorzaakt, er waarschijnlijk geen natuurlijke intrek is en de populatie in het meer vooral door uitzet komt, wordt de sterfte in het meer niet geschat. PODD is gemiddeld (2018-2021) 121 kg op jaarbasis.

3.1.3 Waterschap de Dommel

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 ook geen kunstwerken voorkomen met een hoge schieraalsterfte. Het beheersgebied heeft

met een inschatting van ca. 7.0 ton (Tabel 3-1) vertrekkende schieraal een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.

3.1.4 Drents Overijsselse Delta



Figuur 3-2 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied 'Drents Overijsselse Delta'

Het beheersgebied van Waterschap Drents Overijsselse Delta is verdeeld over de provincies Overijssel en Drenthe. Grofweg is het gebied te verdelen in drie delen die van het noordoosten richting het zuidwesten 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 Zedemuden aan het eind van de Drentsche Hoofdvaart richting het Zwarte Water.

Het sluis-complex in Zwartsluis is vrij passeerbaar voor schieraal wanneer de keersluis geopend is. De keersluis wordt gesloten tegen indringing van het water wanneer er 'opwaaiend' water vanuit het IJsselmeer ten tijde van hoogwater is, wat bijvoorbeeld bij een storm kan gebeuren. Onder deze omstandigheden wordt er via het gemaal Zedemuden het water op peil gehouden en is dit complex niet of nauwelijks te passeren voor migrerende schieraal behalve via het gemaal. Echter, dit gebeurt weinig en er is aangegeven dat het gemaal slechts ongeveer vijf dagen per jaar in werking is. Bij gemaal A.F. 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.

Tabel 3-2 Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk in Waterschap Drents Overijsselse Delta. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.

Naam	Type kunstwerk(en)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
A.F. Stroink	Gema	11.0 %	38.3	4.2
Zedemuden***	Gema+Keer+Sche	3.8 %	12.8	0.5

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis, Keer: keersluis

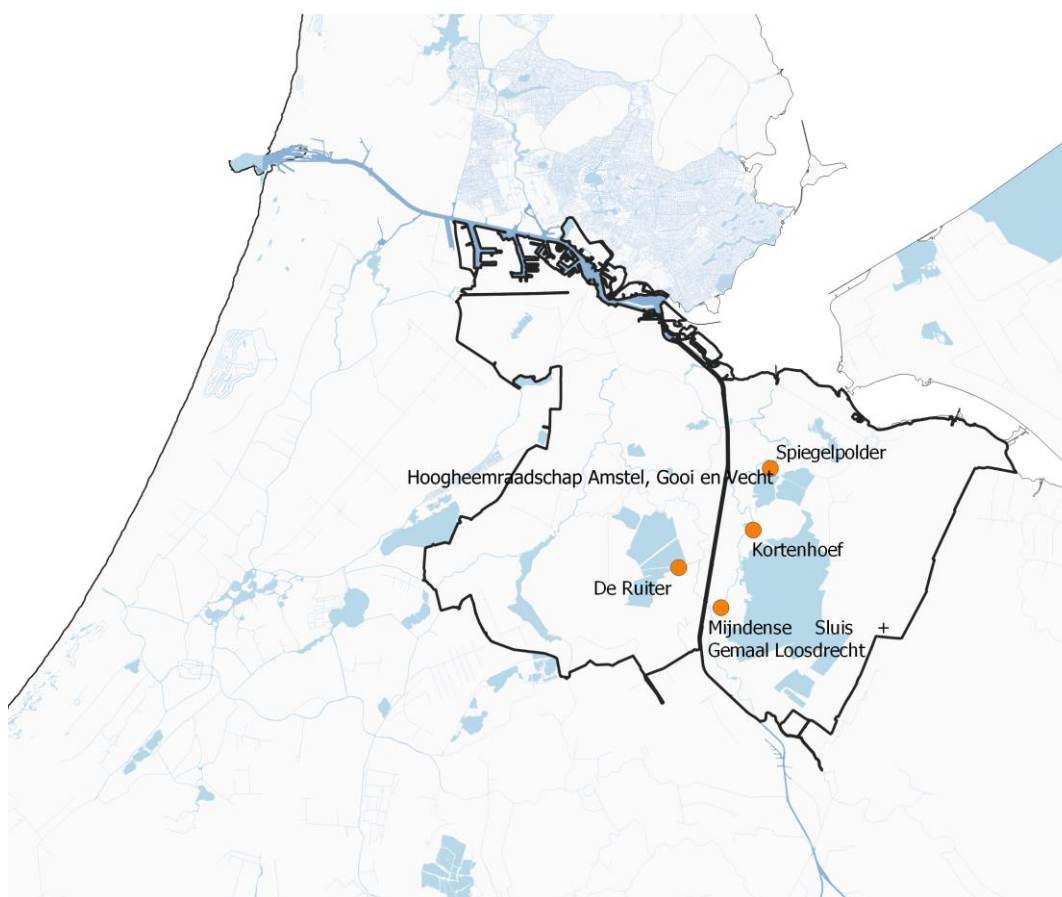
** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

*** gemaal is slechts in unieke hoogwater gevallen in bedrijf (ca. 5 dagen per jaar gemiddeld).

3.1.5 Waterschap Hollandse Delta

Het beheersgebied Waterschap Hollandse Delta kenmerkt zich door veel relatief kleine polders met eigen afwateringen. Er zijn heel veel gemalen die de kleine polders afwateren, maar er wordt ingeschat dat in dit gebied geen kunstwerk(complex) is met grote absolute hoeveelheden schieraalsterfte. De schatting vanuit het beheersgebied startende schieraal is ca. 10.6 ton (Tabel 3-1).

3.1.6 Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht



Figuur 3-3 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied 'Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht'.

Het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht voert zijn water af richting het Noordzeekanaal via het Amsterdam-Rijnkanaal en de Vecht. De Vecht voert vanuit het zuiden water aan en is verbonden met het Amsterdam-Rijnkanaal. Bij de eerste verbinding in het beheersgebied komt ca. 70% in het Amsterdam-Rijnkanaal terecht (pers. comm. J. van Alphen, waternet). Bij Nigtevecht komt praktisch al het water in het Amsterdam-Rijnkanaal terecht. Hier is een open verbinding. Het stuk tussen de sluizen bij het IJmeer en Nigtevecht heeft een stagnerend karakter in de winter. Het is onduidelijk of, maar niet waarschijnlijk dat er schieraal via deze sluis in het Markermeer terechtkomt. 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 Amsterdam-Rijnkanaal terecht en wordt via het Noordzeekanaal 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 17.6 ton startende schieraal (Tabel 3-1) herbergt dit beheersgebied een redelijke bijdrage aan de Nederlandse schieraal uittrek.

Bij het gemaal de Ruiter, de Mijndense Sluis en de Spiegelpolder wordt ook paling over de barrière gezet (PODD). Dit was gemiddeld over de jaren 2018 tot 2021 148 kg per jaar bij de Ruiter, 39 kg bij de Mijndense Sluis en 60 kg bij de Spiegelpolder (Tabel 2-4), welke zijn meegenomen in de berekening.

Tabel 3-3 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1*

Naam	Type kunstwerk(en)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Mijndense Sluis	Gema+Sche	11.1%	0.7	0.07
De Ruiter	Gema+Sche	10.2%	0.4	0.03
Spiegelpolder	Gema+Sche	10.5%	0.1	<0.01
Kortenhoef	Gema+Sche	0.9%	0.4	<0.01

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.7 Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

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 kunstwerken voorkomen met hoge schieraalsterfte. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 6.6 ton (Tabel 3-1) vertrekkende schieraal ook een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie.



Figuur 3-4 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Het beheersgebied van het Hollands Noorderkwartier is verdeeld over vier boezemgebieden, waarvan de Schermerboezem de grootste 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 scheepssluizen aanwezig die een alternatief bieden naast het gemaal voor migrerende schieraal. Over het algemeen wordt er bij Helsdeur meer gespuid dan bemalen, echter bij hoge waterafvoer wordt er meer bemalen en schieraal migreert ook juist bij hoge afvoer. 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 (Verenigde Raaksmaats- en Nedorperkogge) 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 scheepssluizen die op het Noordzeekanaal afwateren is er onderzoek gedaan naar uittrek van en schade aan schieraal (van Wijk 2011). Deze gegevens zijn gebruikt bij de inschattingen per kunstwerk. Bij Leemans en Overtoom vindt ook PODD plaats, zo'n 300 kg per jaar bij Leemans en 206 kg gemiddeld bij Overtoom (Tabel 2-4). Met een inschatting van 27.3 ton startende schieraal (Tabel 3-1) herbergt dit beheersgebied een redelijke bijdrage aan de Nederlandse schieraal uittrek.

Zenderonderzoek in 2017/2018 (Winter et al. 2019, Winter et al. 2020) liet zien dat schieraal bij gemaal Kadoelen geen gebruik maakte van de vispassage, en alleen via het gemaal naar buiten trok. Een deel van de schieraal die aankwam bij gemaal Kadoelen trok naar het westelijker aan het Noordzeekanaal gelegen sluisencomplex Willem I, maar bij beide uittrekpunten was de barrièrewerking gedurende het halfjaar dat het onderzoek plaats vond relatief hoog (slechts ~20% van schieraal die hier aankwam passeerde deze kunstwerken). Het Zaangemaal is een relatief onschadelijk gemaal, en circa 50% van de gezenderde schieraal trekt bovendien via de scheepssluizen naar buiten. Bij gemaal Overtoom trok 41% van de gezenderde schieralen die bij het gemaal aankwamen naar het Noordzeekanaal, 24% via de naastgelegen kleine sluis en 35% trok binnen de halfjaar onderzoeksperiode niet verder door naar Noordzeekanaal (enige barrièrewerking).

Tabel 3-4 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

Naam	Type kunstwerk(en)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Helsdeur	Gema+Spui+Sche	8.3%	8.75	0.72
Leemans	Gema	11.9%	2.19	0.26
Vier Koggen	Gema	13.8%	1.91	0.26
Lely	Gema	12.0%	0.82	0.10
Kadoelen	Gema	8.0%	0.82	0.07
Grootslag	Gema	2.0%	1.37	0.03
De Waker	Gema	6.0%	0.27	0.02
Zaangemaal	Gema+Sche	0.6%	3.28	0.02
Overtoom	Gema+Sche	0.9%	0.33	<0.01
Oostoever	Spui	0.0%	3.28	<0.01
Schermerluis	Sche	0.0%	0.27	0.00

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis, Spui: spuisluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.9 Hoogheemraadschap van Delfland



Figuur 3-5 *Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Hoogheemraadschap van Delfland.*

Het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Delfland kent via de boezemwateren vier belangrijke uitgangen voor schieraal: Scheveningen (Schoute), Maassluis (Zaayer), het Westland en het Schiegemaal. Het waterareaal in dit zeer stedelijke beheersgebied is relatief gering en daarmee ook het totale bestand aan vertrekkende schieraal (6.8 ton, Tabel 3-1).

Tabel 3-5 Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Hoogheemraadschap van Delfland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.

Naam	Type kunstwerk(en)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Westland	Gema	53.8%	0.75	0.40
Parksluizen	Gema+Sche	8.3%	1.83	0.15
Schoute	Gema	13.8%	1.09	0.15
van der Burg	Gema	13.8%	0.61	0.08
Schiegemaal	Gema+Sche	13.8%	0.48	0.07
Zaayer	Gema	2.4%	2.04	0.05

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.10 Hoogheemraadschap van Rijnland



Figuur 3-6 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Hoogheemraadschap van Rijnland.

Het beheersgebied van het Hoogheemraadschap 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 kunstwerken ook gemaal Leeghwater als potentieel knelpunt meegenomen omdat deze een zeer grote polder (Haarlemmermeer) afwatert. Omdat de gemalen bij Katwijk en Spaarndam lage sterftepercentages hebben, maakt de routeverdeling over gemaal versus alternatieve routes, weinig verschil in de geschatte potentiële verliezen (Winter et al. 2019, Winter et al. 2020). Wel was er barrière-werking bij beide locaties tijdens dit onderzoek.

Tabel 3-6 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Hoogheemraadschap van Rijnland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Leeghwater	Gema	12.4	6.43	0.80
Pijnacker-Hordijk_Gouda	Gema	12.4	4.02	0.50
Boezemgemaal Halfweg	Gema	4.0	7.64	0.31
Willem-Alexander_Katwijk	Gema	1.0	21.31	0.21
Spaarndam	Gema+Sche	0.6	7.24	0.04

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.11 Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard



Figuur 3-7 *Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.*

Het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard omvat een aantal polders die op de benedenrivieren afwateren. De vijf grootste gemalen zijn meegenomen in deze inventarisatie. Het beheersgebied herbergt ongeveer 16.9 ton startende schieraal.

Tabel 3-7 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Schilthuis	Gema	22.0%	4.9	1.08
Johan Veurink	Gema	53.8%	1.7	0.91
Verdoold	Gema	13.8%	3.5	0.49
Abraham Kroes + Snelle sluis	Gema+Sche	8.2%	5.2	0.43
Krimpenerwaard	Gema	0.0%	1.4	0.00

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.12 Waterschap Hunze en Aa's



Figuur 3-8 *Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Waterschap Hunze en Aa's.*

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 kunstwerk. Het achterland van twee van de vijf 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 Duurswolde (Gemaal Duurswold). Hierbij wordt bij Duurswold veel gespuid tijdens natte perioden, terwijl gemaal Rozema juist veel bemaalt tijdens hoog water.

Binnen het project Ruim Baan voor Vissen is zenderonderzoek uitgevoerd bij gemaal-complex Duurswolde (Huisman & Schollema 2017). Dit onderzoek liet zien dat 41% van de gezenderde schieralen via het gemaal naar zee trekken en dat 51% via de spuisluis naar zee trekken. In totaal 8% van de schieralen maakt geen gebruik van het gemaal dan wel een geopende spuisluis ten behoeve van waterafvoer. Hoogstwaarschijnlijk benutten deze schieralen kleine openingen en/of lekstromen ter plaatse van de spuisluisdeur. Met behulp van een fuik achter het gemaal is ook separaat gemonitord in hoeverre alen beschadigd worden ten gevolge van passage door de pompen. Ongeveer 50% van de schieralen die door de pompen van het gemaal migreren blijken na een periode van 24h te zijn beschadigd en dreven (deels) in het leefnet.

Tabel 3-8 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Waterschap Hunze en Aa's. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Duurswolde	Gema+Spui	20 %	2.1	0.42
Rozema (Termunterzijl)	Gema+Spui+Sche	9.2 %	1.9	0.17
Nieuw Statenzijl	Spui+Sche	0 %	9.1	0
Delfzijl	Spui+Sche	0 %	8.0	0

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis, Spui: spuisluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.13 Waterschap Limburg

Het Waterschap Limburg 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 Limburg geen kunstwerken voorkomen met hoge schieraalsterfte. Het beheersgebied herbergt ongeveer 10.8 ton vertrekkende schieraal (Tabel 3-1).

3.1.14 Waterschap Noorderzijlvest



Figuur 3-9 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Waterschap Noorderzijlvest.

Het belangrijkste uittrekpunt voor het beheersgebied van Waterschap Noorderzijlvest zijn de Lauwerssluizen. Daarnaast zijn er een viertal gemalen aangemerkt als belangrijkste kunstwerken, waaronder Waterwolf Electra, die uitwatert op het Lauwersmeer, en De Drie Delfzijlen die een polder afwatert rechtstreeks naar de Waddenzee. Het beheersgebied herbergt ongeveer 10.3 ton vertrekkende schieraal (Tabel 3-1).

Tabel 3-9 Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Waterschap Noorderzijlvest. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
De Waterwolf/ Elektra	Gema + Keer	32.3%	5.17	1.67
Spijksterpompen	Gema	12.4 %	0.62	0.08
De Drie Delfzijlen	Gema + Spui	5.5 %	1.24	0.07
Noordpolderzijl	Gema	12.2 %	0.21	0.03
Lauwerssluizen	Spui + Sche	0	43.3	0

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis, Keer: keersluis, Spui: Spuisluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.15 Waterschap Rijn en IJssel

Het Waterschap Rijn en IJssel watert grotendeels af onder vrij verval via stuwen of kleine spuisluizen. 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 kunstwerken voorkomen met hoge schieraalsterfte. Het beheersgebied herbergt met een inschatting van ca. 4.6 ton vertrekkende schieraal ook een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie (Tabel 3-1).

3.1.16 Waterschap Rivierenland



Figuur 3-10 Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Rivierenland

Rivierenland kent vele potentiële uitgangen met vaak een gering achterland. De drie grootste gemalen zijn J.U. Smit, Altena en Hollands-Duits. Het beheersgebied herbergt ongeveer 14.9 ton vertrekkende schieraal (Tabel 3-1).

Tabel 3-10 Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Waterschap Rivierenland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Hollands-Duits	Gema	53.8 %	1.0	0.56
Altena	Gema	13.8 %	1.0	0.14
J.U. Smit	Gema	4.0 %	1.5	0.06

* Gema: gemaal

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.17 Waterschap Scheldestromen

Dit beheersgebied kenmerkt zich door veel relatief kleine polders met eigen afwateringen en gemalen. Er is ingeschat dat er in het beheersgebied van Waterschap Scheldestromen geen kunstwerken voorkomen met hoge schieraalsterfte. Met een geschatte hoeveelheid van ca. 8.1 ton vanuit het beheersgebied van Scheldestromen startende schieraal levert dit beheersgebied een relatief gering deel van de uit Nederland trekkende schieraal (Tabel 3-1).

3.1.18 Waterschap Vallei en Veluwe

Het Waterschap Vallei en Veluwe kent zowel een groot gebied dat onder vrij verval via stuwen of kleine spuisluizen 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 kunstwerken voorkomen met een hoge sterfte aan schieralen. In totaliteit herbergt het beheersgebied met een inschatting van ca. 5.5 ton vertrekkende schieraal ook een relatief klein deel van de vanuit Nederland uittrekkende schieraalpopulatie (Tabel 3-1).

3.1.19 Waterschap Vechtstromen



Figuur 3-11 Ligging van WKC Haandrik in beheersgebied Vechtstromen.

Door het beheersgebied van waterschap Vechtstromen loopt de rivier de Overijsselse Vecht. Schieraal die vanuit Duitsland Nederland inzwemt via de Vecht moeten langs de kleine WKC De Haandrik (0.1 MW). Er zijn geen schattingen bekend van uittrek vanuit het Duitse deel van de Vecht, waardoor er voor deze studie geschat is op 0.5 ton op basis van gemiddelde dichtheden in bovenstroomse delen van stroomgebieden en een ruwe inschatting van het waterareaal in het Duitse deel van de Vecht. Het beheersgebied herbergt ongeveer 20.9 ton vertrekkende schieraal (Tabel 3-1). In 2013 is de WKC uit bedrijf genomen en er zijn geen aanwijzingen dat deze binnen korte tijd weer in gebruik zal gaan. Er wordt daarom van uitgegaan dat er geen schieraalsterfte optreedt bij de WKC (Tabel 3-11).

Tabel 3-11 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Waterschap Velt en Vecht. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
De Haandrik	WKC+Stuw+Vist	0 %	0.5	0

* WKC: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.1.20 Wetterskip Fryslân



Figuur 3-12 *Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Wetterskip Fryslân.*

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 Dokkumer Nieuwe Zijlen, die via het Lauwersmeer afwateren, de spuisluizen bij Harlingen en gemaal Hoogland Stavoren. Beide spuisluizen veroorzaken geen sterfte doordat het waterbeheer uitsluitend via sluizen is geregeld. De barrièrewerking bij kunstwerken 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 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 Miedema/Zwarte Haan. Bij deze gemalen zijn geen alternatieve routes en kan schieraal alleen via het gemaal naar zee. Het beheersgebied herbergt ongeveer 87.6 ton vertrekkende schieraal (Tabel 3-1).

Tabel 3-12 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Wetterskip Fryslân. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

Kunstwerk	Type*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Dongerdielen-Ezumazijl	gema+sche	48.2 %	2.63	1.27
Hoogland/Stavoren	gema+sche	4.5 %	17.53	0.79
Miedema/Zwarte Haan	gema	9.0 %	2.63	0.24
Roptazijl	gema	9.0 %	2.63	0.24
Lemmer/Wouda***	gema+sche	0.9 %	0.88	<0.01
Dokkumer Nieuwe Zijlen	gema	0.0%	35.06	0.00
Harlingen	gema	0.0 %	26.29	0.00

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

*** Erg weinig in bedrijf.

3.1.21 Waterschap Zuiderzeeland



Figuur 3-13 *Ligging van de kunstwerken behandeld in de huidige rapportage in beheersgebied Waterschap Zuiderzeeland.*

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. Het beheersgebied herbergt ongeveer 25.7 ton (Tabel 3-1) vertrekkende schieraal. Deels zullen deze via het Markermeer en Noordzeekanaal naar zee wegtrekken en deels via het IJsselmeer en de Afsluitdijk.

Tabel 3-13 *Inschattingen aan schieraalverliezen per kunstwerk voor Waterschap Zuiderzeeland. Voor onderliggende gegevens en gebruikte verdeelsleutel over de kunstwerken zie Bijlage 1.*

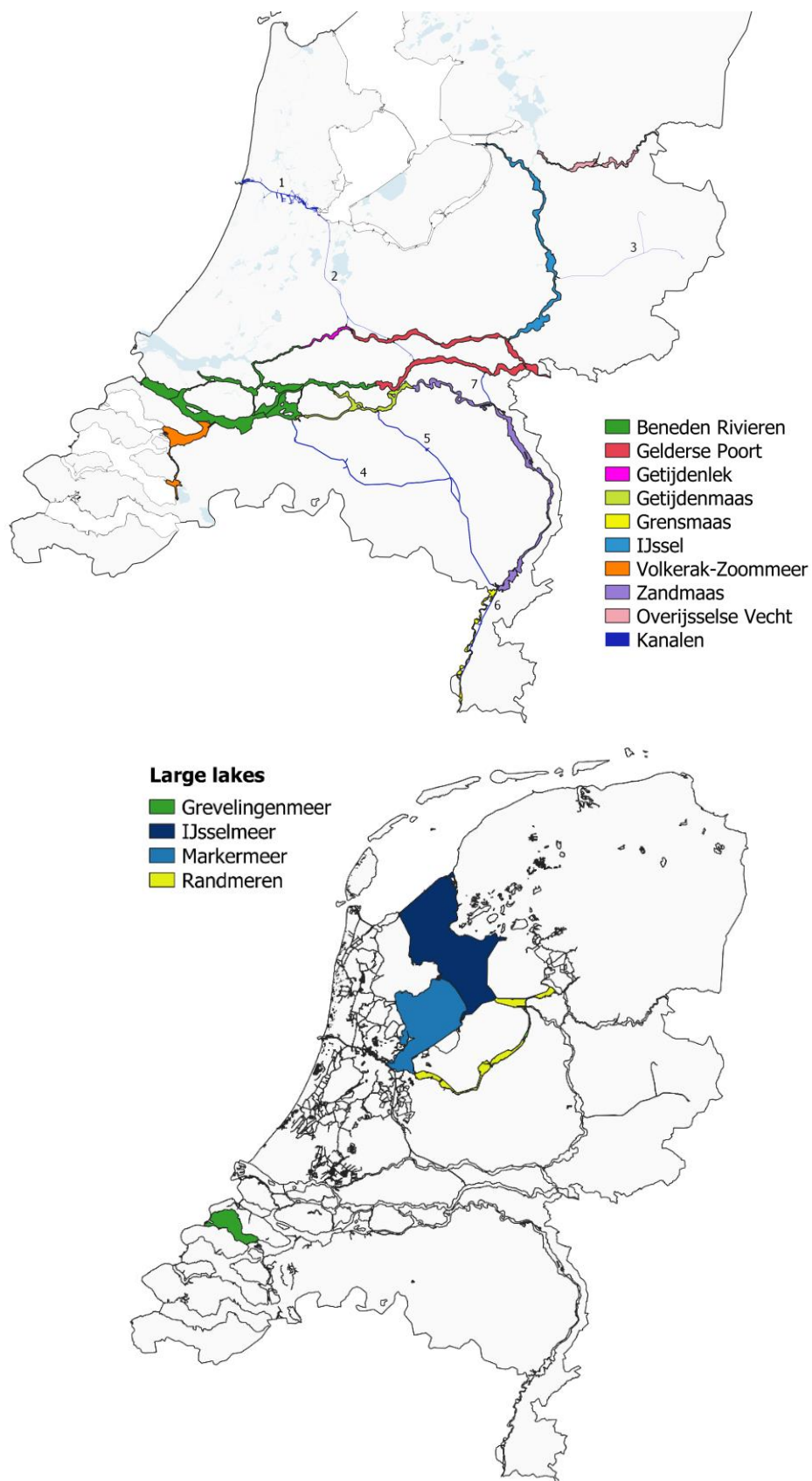
Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Smeenge	Gema + Sche	40.4%	2.32	0.93
De Blocq van Kuffeler	Gema + Sche	9.3%	6.43	0.60
Vissering	Gema + Sche	9.3%	4.37	0.41
Wortman	Gema + Sche	9.3%	3.86	0.36
Buma	Gema + Sche	9.3%	3.34	0.31
Colijn	Gema + Sche	9.3%	3.09	0.29
Lovink	Gema + Sche	9.3%	2.32	0.22

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.2 Kunstwerken in Rijkswateren

Een inschatting van de startende schieraal vanuit de Rijkswateren is ook overgenomen uit het aalmodel. De Rijkswateren zijn onderverdeeld in deelgebieden (Figuur 3-14, Tabel 3-14) waarvoor voor elk deelgebied een schatting is gemaakt van de hoeveelheid schieraal die het gebied herbergt .



Figuur 3-14 Rijkswateren. Boven: de belangrijkste grote rivieren en kanalen (1:Noordzeekanaal, 2: Amsterdam-Rijnkanaal, 3:Twentekanaal, 4:Wilhelminakanaal, 5: Zuid-Willemsvaart, 6:Julianakanaal, 7:Maas-Waalkanaal. Onder: de grote meren.

Tabel 3-14 Startende schieraal vanuit Rijkswateren onderverdeeld in deelgebieden en de geschatte aankomende schieraal vanuit België en Duitsland (uit: Van der Hammen et al 2021 & ICES, 2022).

Rijkswater deelgebied	Schieraal (ton/jaar)
Benedenloop Gelderse IJssel	0.8
Benedenrivieren	245.1
Gelderse Poort	4.9
Getijdenlek	2.5
Getijdenmaas	3.5
Grensmaas	1.8
Noordzeekanaal	6.44
Twentekanaal	0.00
Zandmaas	25.1
Volkerak-Zoom	108.4
Grevelingen	9.2
IJsselmeer	81.8
Markermeer	38.5
Veluwerandmeren	6.3
Amsterdam-Rijn kanaal	2.08
Wilhelmina kanaal en Zuid Willemsvaart	0.38
Juliana kanaal en Maas-Waal kanaal	0.57
Maas vanuit Duitsland	0.50
Maas vanuit België	0.53
Overijsselse Vecht vanuit Duitsland	0.50
Rijn vanuit Duitsland	179.2

Vervolgens is een lijst met kunstwerken in de Rijkswateren opgesteld. Voor elk van deze kunstwerken is het volgende bepaald: 1) type kunstwerk(complex), 2) geschatte verliespercentages aan schieraal en 3) de doorrekening hiervan op het potentiële aanbod van schieraal (Figuur 2-1). Voor de toedeling van de geschatte potentiële schieraal tonnages uit het achterland van elk kunstwerk in de Rijkswateren zie Bijlage 2.



Figuur 3-15 Locaties van kunstwerkcomplexen in de Rijkswateren.

3.2.1 Waterkrachtcentrales (Maas_Linne, Maas_Lith, Maurik, Hagestein)

Er zijn drie werkzame grote WKC's in de Maas (Linne, Lith) en Nederrijn (Maurik). Er is één kleinere WKC in de Lek (Hagestein) die al sinds lange tijd buiten gebruik is (Figuur 3-15). Daarnaast is er een kleine WKC in de Vecht (Haandrik) die in beheer is bij Waterschap Vechtstromen en ook al sinds langere tijd buiten gebruik is (zie paragraaf 3.1.19).

De grote WKC's in de Nederrijn en Maas zijn eigendom van twee energiebedrijven. Rijkswaterstaat (RWS) regelt het beheer van de WKC's via vergunningen in het kader van de Waterwet. Hiervoor geldt dat moet worden voldaan aan de doelen van de KRW en het aalbeheerplan. RWS heeft daarbij gesteld dat in het Nederlandse deel van zowel de Maas als de Rijn (specifiek de trajecten met stuwen) niet meer dan 10% cumulatieve sterfte van schieraal mag optreden als gevolg van de passage door de WKC's. Voor Linne en Lith betekent dit maximaal 5% sterfte per WKC, voor Maurik maximaal 10% sterfte. Om het sterftepercentage onder deze grenzen te krijgen zijn er recent maatregelen opgelegd bij de WKC's die ervoor zorgen dat de aalsterfte flink omlaag is gegaan in vergelijking met een situatie waarbij er geen beheer plaats zou vinden. Hieronder wordt per WKC beschreven welke maatregel er specifiek is voorgeschreven en welke keuzes er zijn gemaakt voor het vaststellen van de huidige schieraalsterfte voor onderhavige rapportage.

Maas (Linne)

WKC Linne ligt in de Maas ten zuidwesten van Roermond (Figuur 3-15). Sterfte van schieraal vindt plaats wanneer de schieralen door de turbines van de WKC migreren. Er zijn ook alternatieve routes om langs het complex te migreren: er is een vispassage, een scheepvaartsluis en een stuw. Zonder maatregelen migreren de meeste schieralen door de WKC (Griffioen et al, 2020). De meest recente turbinesterfte van schieralen is onderzocht door Van der Veen & Kemper (2021b). Zij vonden een sterfte van 24.1% bij een turbinedebiet van 50m³/s en 13.3% bij een turbinedebiet van 100m³/s. Om de schieraalsterfte onder de 5% te houden worden anno 2022 een aantal maatregelen genomen. Ten eerste mogen de turbines niet draaien tussen 17.00 's avonds en 7.00 's ochtends van 1 oktober tot en met 31 december. De schieralen kunnen dan vrij over de stuw passeren. Aangezien veruit het grootste gedeelte van de schieralen 's nachts migreert leidt dit tot behoorlijke afname in de schieraalsterfte. Ten tweede geldt van 1 augustus t/m 31 januari dat het minimale debiet waarbij de turbine mag draaien 50 m³/s is en worden zo min mogelijk turbines ingezet om het rivierwater af te voeren. En ten derde worden er van half augustus tot half november schieralen voor het stuwcomplex weggevangen met fuiken en benedenstrooms weer losgelaten (PODD). Met de eerste twee maatregelen komt de sterfte van schieraal onder de 5%. Hoe effectief PODD is, is nog niet bekend omdat dit voor het eerst in 2022 wordt uitgevoerd. Omdat de Raad van State nog een uitspraak gaat doen over de huidige watervergunning kan het zijn dat de maatregelen nog veranderen, en daarmee het sterftepercentage. Het beleid is er echter op gericht om de sterfte bij de WKC onder de 5% te houden. Voor deze rapportage wordt daarom aangenomen dat het sterftepercentage de komende jaren rond het beleidsdoel van 5% zal komen te liggen.

De potentiële schieraaluittrek bij WKC Linne is met het aalmodel berekend op 2.9 ton (van der Hammen et al 2021). Bij de WKC Linne is echter ook ander onderzoek uitgevoerd door Visadvies, wat specifiek is uitgevoerd om de hoeveelheid schieraal die het WKC complex passeert te berekenen. Door alle schieralen continue bij één turbine te tellen met behulp van camera's kon de totale hoeveelheid schieraal die over stuw en WKC passeerde worden geschat op 2.7 ton (gemiddeld over 2020 en 2021 bij een gewicht van 1.6 kg per aal, Kemper, 2022a). Dit ligt erg dicht bij de schatting van het aalmodel, welke een waarde van 2.9 ton schat voor de hoeveelheid aal die aankomt bij de WKC (van der Hammen et al 2021). Aangezien de berekening van het aalmodel gebaseerd is op een monitoring die niet specifiek voor dit doel is ontwikkeld, terwijl het onderzoek van Visadvies (Kemper 2022a) specifiek ontworpen is om de schieralen bij de WKC te meten geeft de laatste waarschijnlijk een nauwkeuriger beeld dan de schatting uit het aalmodel. Daarom wordt voor de schatting van de hoeveelheid schieraal die aankomt bij het complex de waarde van 2.7 ton aangehouden. Bij Linne is in 2022 voor het eerst PODD uitgevoerd op vrijwillige basis. Deze gegevens waren nog niet bekend voor onderhavige rapportage.

Tabel 3-15 *Inschattingen aan schieraalverliezen voor WKC Linne.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Verliespercentage schieraal over totale complex	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
WKC Linne	WKC+Stuw+Vist + Sche	5.0%	2.7	0.13

* WKC: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

Maas (Lith/Alphen)

De WKC Lith ligt verder stroomafwaarts in de Maas (Figuur 3-15). Net als bij WKC Linne is het beleid er op gericht dat bij WKC Lith niet meer dan 5% sterfte van migrerende schieralen mag plaatsvinden. Anno 2022 zijn er daardoor meerdere maatregelen van kracht die de schieraalsterfte doen dalen. Ten eerste liggen de turbines 's nachts stil van 16.00-8.00 uur van 1 augustus tot 31 december. Aangezien veruit het grootste gedeelte van de schieralen 's nachts migreert leidt dit tot een behoorlijke afname van de schieraalsterfte. Ten tweede is het minimale debiet waarbij de turbine mag draaien 50 m³/s en worden er zo min mogelijk turbines ingezet om het rivierwater af te voeren. Dit geldt voor het gehele migratie seizoen van 1 augustus t/m 31 januari. En ten derde worden er van half augustus tot half

november schieralen voor het stuwcomplex weggevangen met fuiken en benedenstrooms weer losgelaten (PODD). De hoeveelheid die voor het complex kan worden weggevangen hangt af van de schieraalstand, het verloop van het rivierdebiet, de mate van stillegging van de WKC en de inspanning (aantal fuiken) en is van 2018 tot 2021 gemiddeld 2.04 ton per jaar (bron: DUPAN). De maatregelen brengen de sterfte tot onder de 5%. Omdat de Raad van State nog een uitspraak gaat doen over de huidige watervergunning kan het zijn dat de maatregelen nog veranderen. Het beleid is er echter op gericht om de sterfte bij de WKC onder de 5% te houden. Voor deze rapportage wordt daarom aangenomen dat het sterftepercentage de komende jaren rond het beleidsdoel van 5% zal komen te liggen.

Schatting schieraaluittrek

De schatting van het aalmodel van aal die aankomt bij WKC Lith is 41.7 ton (van der Hammen et al 2021). Bij de WKC Lith/Alphen is echter ook de daadwerkelijk migratie van schieraal onderzocht door Visadvies, waaruit een veel lagere schatting is gekomen. Door alle schieralen bij één turbine continue te tellen met behulp van camera's werd de totale hoeveelheid schieraal die over stuw en WKC passeerde geschat op 9.3 ton (gemiddeld over 2018 en 2019; Kemper, 2020). Dit is een zeer groot verschil met de schatting uit het aalmodel. Aangezien de berekening van het aalmodel gebaseerd is op een monitoring die niet specifiek voor dit doel is ontwikkeld en daarnaast een aantal flinke aannames moet doen om tot een schatting van de schieraalbiomassa te komen, terwijl het onderzoek van Visadvies (Kemper 2020) specifiek ontworpen is om de schieralen bij de WKC te meten geeft de laatste waarschijnlijk een nauwkeuriger beeld dan de schatting uit het aalmodel. Daarom wordt voor de schatting van de hoeveelheid schieraal die aankomt bij het complex de waarde van 9.3 ton aangehouden.

Tabel 3-16 *Inschattingen aan schieraalverliezen voor WKC Lith.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
WKC Lith	WKC+Stuw+Vist + Sche	5%	9.3	0.47

* WKC: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage, Sche: scheepsluis/schutsluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

Nederrijn (Maurik)

Bij het stuwcomplex in de Nederrijn bij Maurik is in 1988 een WKC aangelegd (Figuur 3-15). De WKC bestaat uit vier horizontale Kaplan turbines met elk een capaciteit van 100 m³/s. Sterfte vindt plaats wanneer de schieralen door één van de turbines van de WKC migreren. Er zijn ook alternatieve routes om langs het complex te migreren: er is een vispassage, een scheepsluis en een stuw.

Bovenstrooms van het stuwcomplex Maurik ligt het stuwcomplex Driel. Tussen Driel en Maurik wordt de waterstand voor het grootste deel van het jaar op +6,00 m NAP gehouden. Door het gestuwde karakter van de Nederrijn krijgt deze rivier gedurende een groot deel van het jaar slechts een zeer gering deel van het Rijndebiet toebedeeld. Hierdoor liggen de turbines van de WKC Maurik voor een zeer groot deel van het jaar stil.

Bij de WKC wordt er van half augustus tot half november schieraal voor het WKC complex weggevangen met fuiken, welke benedenstrooms weer worden losgelaten (PODD). De hoeveelheid die voor het complex kan worden weggevangen hangt af van de schieraalstand, het rivierdebiet, de mate van stillegging van de WKC en de inspanning (aantal fuiken). De gemiddelde hoeveelheid PODD van 2018 tot 2021 is 5.4 ton (bron:DUPAN). Het aalmodel heeft een schatting van 11.3 ton schieraal die bij de WKC Amerongen aankomt (van der Hammen et al. 2021). Ook bij Maurik is er onderzoek gedaan waarbij in twee seizoenen alle schieralen bij één turbine zijn gemonitord (Kemper, 2022b). Dit leverde een schatting op van tussen de 6.9 (2019) en 10.4 (2020) ton. Dit is lager dan het aalmodel (11.3 ton), al ligt de waarde van 2020 redelijk in de buurt. Gezien het onderzoek van Visadvies specifiek gericht was op het bepalen van de hoeveelheid schieralen bij de WKC wordt dit als meer nauwkeurig gezien dan de monitoring die als basis voor het aalmodel wordt gebruikt, waardoor het

gemiddelde van beide jaren wordt genomen als schatting voor de aankomende schieraal bij het stuwcomplex Maurik (8.7 ton).

Ook bij de WKC Maurik zijn er maatregelen van kracht die de sterfte doen afnemen. Deze gelden in de migratieperiode van schieraal (1 augustus - 31 januari):

- 1) een turbine mag alleen draaien als het debiet minimaal 50 m³/s is,
- 2) het rivierdebiet wordt afgevoerd met zo min mogelijk turbines,
- 3) er vindt PODD plaats,
- 4) de WKC wordt 48 uur lang gesloten nadat het rivierdebiet meer dan 200 m³/s is geworden.

Er zijn ook twee onderzoeken geweest waarbij het sterftepercentage van schieraal bepaald is bij migratie door de turbines (van der Veen & Kemper 2021a, Kemper & de Bruijn 2013). Het gemiddelde van deze onderzoeken komt uit op 12.5% (van der Veen & Kemper 2021a, Kemper & de Bruijn 2013). Wanneer dit sterftepercentage gecombineerd wordt met de maatregelen zoals hierboven beschreven, wordt het totale sterftepercentage geschat op 2.8%. Voornamelijk de grote hoeveelheden aal bij PODD zorgen ervoor dat het sterftepercentage flink omlaag is gegaan.

Tabel 3-17 Inschattingen aan schieraalverliezen per bij de WKC Amerongen/Maurik in de Nederrijn.

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
WKC Maurik	WKC+Stuw+Vist + Sche	2.8%	8.7 ton	0.24

* WKC: Waterkrachtcentrale, Stuw: stuw, Vist: vistrap/vispassage, Sche: scheepsluis/schutsluis

Lek (Hagestein)

Bij Hagestein is een WKC aanwezig die al sinds lange tijd buiten bedrijf is (Figuur 3-15). Daarom wordt er aangenomen dat hier geen schieraalsterfte plaatsvindt. De WKC wordt echter in deze rapportage wel benoemd, omdat er door de tijd plannen zijn geweest om de WKC weer operatief te krijgen.

Gemaal-sluizen-complex IJmuiden

Bij het gemaal-sluizencomplex van IJmuiden (Figuur 3-15) is onderzoek gedaan naar de verdeling van aal over het complex (Winter et al 2019, 2020). Uit het onderzoek is gebleken dat van de schieraal die aankomt bij het complex 42% van de schieralen via de Noordersluis trekt; 40% trekt via het Spui-aanvoerkanal (27% via het gemaal en 13% via de spuisluis) en 12% trekt via de 3 kleinere sluizen (Midden-, Zuider- en Kleine Sluis) richting zee (Winter et al 2019, 2020). Hierbij moet worden opgemerkt dat dit twee jaren waren met een relatief grote inzet van het gemaal (zie Winter et al., 2020, pag. 53).

Netonderzoeken uit de periode 2007-2009 achter het gemaal IJmuiden gaven aan dat minimaal 42% van de passerende schieralen dodelijk gewond raakte, met indicaties op een hoger schadepercentage door vertraagde sterfte (samengevat in Winter, 2011). Gecombineerd met de zenderdata en detecties in België lijkt een schade percentage van 56% voor alle schieralen die via het gemaal trekken de beste schatting (directe sterfte van minimaal 42% na een week bewaren in de bun plus nog vertraagde sterfte). Uitgaande dat van alle schieralen 27% via het gemaal migreert betekent dit een overall sterftepercentage van 12.5% (10-15%) ten gevolge van het gemaal bij IJmuiden (Winter et al, 2019). Dit is aanmerkelijk hoger dan in Winter (2011) werd ingeschat, omdat er niet alleen bij het gemaal veel terugkeer-gedrag en herverdeling over uittrekroutes plaatsvond, maar ook bij de scheepsluizen zelf (wat toen niet meetbaar was gemaakt). Hierdoor was het uiteindelijke deel dat via het gemaal naar buiten trok veel hoger dan in Winter (2011) werd ingeschat, waarmee ook de initiële sterfteschatting in Winter et al. (2013a) een onderschatting van de werkelijk sterfte bleek na uitgebreid zenderonderzoek in 2017-2018.

Het gemaal-sluizen-complex bij IJmuiden wordt op korte termijn vernieuwd, echter de eerste nieuwe aanschaf van een gemaalpompe wordt identiek aan de huidige zeer schadelijke pompen, waardoor de sterftেকans ook in de nieuwe situatie vergelijkbaar zal blijven. Voor toekomstige vervangingen van pompen is er met oog op de huidige grote schieraal verliezen sterke noodzaak om visvriendelijke pompen aan te schaffen en te installeren.

Tabel 3-18 *Inschattingen aan schieraalverliezen voor Gemaal-Sluizencomplex IJmuiden.*

Kunstwerk	Type kunstwerken*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Gemaal-sluizencomplex IJmuiden	Gema+Spui+Sche	12.5 %	76.9	9.6

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis, Spui: spuisluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

Afsluitdijk Den Oever & Kornwerderzand, Houtribsluizen en Krabbersgat-sluizen

Voor de spui- en scheepsluizen in de Houtribdijk, de Houtrib-sluizen en Krabbersgat-sluizen (Figuur 3-15), is voor deze inventarisatie aangenomen dat alle schieraal van het Markermeer via de Oranjesluizen en Noordzeekanaal naar zee trekt. Een eerste studie naar vismigratie bij deze sluiscomplexen liet zien dat er wel schieraal 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.

Bij Den Oever en Kornwerderzand wordt er via vrij verval spuisluisen afgewaterd waardoor de schieraalsterfte op 0% wordt geschat.

Tabel 3-19 *Inschattingen aan schieraalverliezen voor: Afsluitdijk Den Oever & Kornwerderzand, Houtribsluizen en Krabbersgat-sluizen.*

Kunstwerk	Type kunstwerk (complex)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Houtribsluizen	Spui+Sche	0 %	16.1	0
Krabbersgatsluizen	Spui+Sche	0 %	8.0	0
Afsluitdijk Den Oever	Spui+Sche	0 %	111.7	0
Afsluitdijk Kornwerderzand	Spui+Sche	0 %	111.7	0
Oranjesluizen	Spui+Sche+Vist	0 %	25.3	0

* Sche: scheepsluis/schutsluis, Spui: spuisluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

Haringvlietsluizen en Bathse spuisluis

Bij Haringvliet en Bathse spuisluis (Figuur 3-15) wordt via vrij verval via spuisluisen afgewaterd, en worden daarom niet aangemerkt als zijnde knelpunt.

Tabel 3-20 *Inschattingen aan schieraalverliezen voor: Haringvlietsluizen en Bathse spuisluis.*

Kunstwerk	Type kunstwerk (complex)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Haringvliet-sluizen	Spui+Sche	0 %	286.4	0
Bathse spuisluis	Spui	0 %	93.6	0

* Sche: scheepsluis/schutsluis, Spui: spuisluis

** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

Krammersluizen, Volkeraksluizen, Terneuzen en Bergse Diep Sluis

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 (Figuur 3-15). De passeerbaarheid van deze locaties voor schieraal kan slecht zijn, maar over gedrag en efficiëntie van passage van schieraal via scheepsluizen is nog zeer weinig bekend. Vertraging zullen ze wel oplopen, maar of dit daadwerkelijk schieraalsterfte oplevert is niet onderzocht, daarom zijn alle schattingen op 'onbekend' gesteld. Bij Terneuzen is daarnaast ook niets bekend over het achterland, en dus de potentiële schieraal uittrek ook op 'onbekend' gezet.

Tabel 3-21 *Inschattingen aan schieraalverliezen voor de Scheepssluizen: Krammersluizen, Bergse Diep Sluis, Terneuzen en Volkeraksluizen.*

Kunstwerk	Type kunstwerk (complex)*	Schieraalsterfte (totale complex)	Potentiële schieraal uittrek (ton/jaar)**	Potentiële schieraal verliezen (ton/jaar)
Krammersluizen	Sche	onbekend	7.1	onbekend
Volkeraksluizen	Sche	onbekend	7.1	onbekend
Bergse Diep Sluis	Sche	onbekend	0.57	onbekend
Terneuzen	Sche	onbekend	onbekend	onbekend

* Sche: scheepsluis/schutsluis

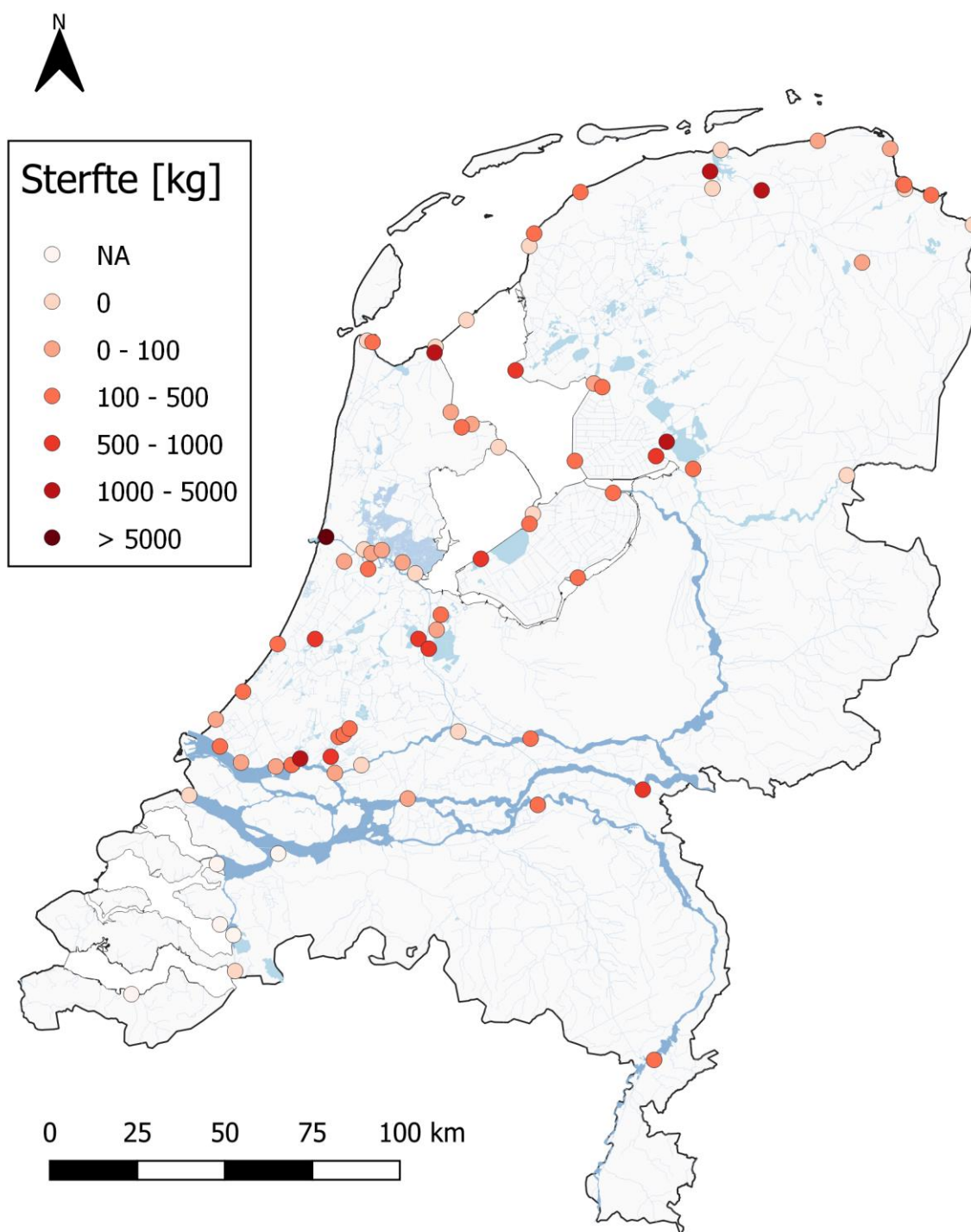
** Biomassa schieraal uit het achterland. Sterfte voorafgaand aan het bereiken van het knelpunt is niet meegenomen

3.3 De belangrijkste kunstwerken

De belangrijkste kunstwerken voor schieraal zoals die in deze rapportage op basis van achterland en geschat tonnage zijn ingeschat, zijn weergegeven in Figuur 3-16, waarin ook is aangegeven of deze als knelpunt zijn aangemerkt.

Op basis van de schatting van de verliezen aan schieraal in biomassa bij een kunstwerk(complex) is een lijst opgesteld met de belangrijkste knelpunten in Nederland voor de uittrek van schieraal (Tabel 3-22). In totaal is de inschatting dat bij 55 van de beschouwde kunstwerken schieraalsterfte optreedt in meer of mindere mate, en worden dus als knelpunt aangemerkt. Daarnaast zijn er nog vijf (Terneuzen, Volkeraksluizen, Bergse Diep Sluis, Hagestein en Krammersluizen) aangemerkt als potentieel knelpunt, maar waarvoor te weinig duidelijkheid is of er sterfte optreedt door vertraging/blokkering en 18 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.

Het knelpunt met de meeste schieraalsterfte is het gemaal-sluizencomplex in IJmuiden, met duidelijk meer sterfte dan de andere kunstwerken (9.6 ton, Tabel 3-22).



Figuur 3-16 Overzichtskaart met de ligging van alle kunstwerken/complexen voor migrerende schieraal onderzocht in deze rapportage. Licht roze: kunstwerk is geen knelpunt (0kg). Donkerder roze en rood: kunstwerk is een knelpunt waarbij ingeschat wordt dat er schieraalsterfte optreedt. Wit: onbekend of er schieraalsterfte is bij het kunstwerk ('NA').

Tabel 3-22 Overzicht van de belangrijkste kunstwerken voor schieraal, gerangschikt op volgorde van schieraalsterfte.

Beheerder	kunstwerk	type1*	type2*	type3*	biomassa (ton/jaar)	sterfte (%)	verlies (ton/jaar)
Rijks	Gemaal-sluizencomplex IJmuiden	Gema	Spui	Sche	76.9	12.5	9.61
Drents Overijsselse Delta	Stroink	Gema			38.3	11.0	4.21
Noorderzijlvest	Waterwolf Electra	Gema	Keer		5.2	32.3	1.67
Wetterskip Fryslân	Dongerdielen-Ezumazijl	Gema	Sche		2.6	48.4	1.27
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Schilthuis	Gema			4.9	22.0	1.08
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Leemans	Gema			2.2	46.4	1.02
Zuiderzeeland	Smeenge	Gema	Sche		2.3	40.4	0.93
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Johan Veurink	Gema			1.7	53.8	0.91
Hoogheemraadschap van Rijnland	Leeghwater	Gema			6.4	12.4	0.80
Wetterskip Fryslân	Hoogland_Stavoren	Gema	Sche		17.5	4.5	0.79
Zuiderzeeland	De Blocq van Kuffeler	Gema	Sche		6.4	9.3	0.60
Rivierenland	Hollandsch-Duitsch	Gema	Vist		1.0	53.8	0.56
Hoogheemraadschap van Rijnland	Pijnacker-Hordijk_Gouda	Gema			4.0	12.4	0.50
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Helsdeur	Gema	Spui	Sche	8.7	5.5	0.48
Drents Overijsselse Delta	Zedemuden	Gema	Sche		12.8	3.8	0.48
Rijks	Alphen/Lith (Maas)	WKC			9.3	5.0	0.47
Hunze en Aa's	Duurswolde	Gema	Spui		2.1	20.0	0.42
Zuiderzeeland	Vissering	Gema	Sche		4.4	9.3	0.41
Hoogheemraadschap van Delfland	Westland	Gema			0.7	53.8	0.40
Zuiderzeeland	Wortman	Gema	Sche		3.9	9.3	0.36
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Verdoold	Gema			3.5	9.2	0.33
Zuiderzeeland	Buma	Gema	Sche		3.3	9.3	0.31
Hoogheemraadschap van Rijnland	Boezemgemaal Halfweg	Gema			7.6	4.0	0.31
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Abraham Kroes + Snelle sluis	Gema	Sche		5.2	5.5	0.29
Zuiderzeeland	Colijn	Gema	Sche		3.1	9.3	0.29
Rijks	Amerongen (Nederrijn)	WKC	Sche	Vist	8.7	2.8	0.24
Wetterskip Fryslân	Miedema_zwartehaen	Gema			2.6	9.0	0.24
Wetterskip Fryslân	Roptazijl	Gema			2.6	9.0	0.24
Zuiderzeeland	Lovink	Gema	Sche		2.3	9.3	0.22
Hoogheemraadschap van Rijnland	Willem-Alexander_Katwijk	Gema			21.3	1.0	0.21
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Vier Koggen	Gema			1.9	9.2	0.18
Hunze en Aa's	Rozema	Gema	Spui	Sche	1.9	9.2	0.17
Rijks	Linne (Maas)	WKC			2.7	5.0	0.13
Hoogheemraadschap van Delfland	Parksluizen	Gema	Sche		1.8	5.5	0.10
Hoogheemraadschap van Delfland	Schoute	Gema			1.1	9.2	0.10
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Lely	Gema			0.8	12.0	0.10
Rivierenland	Altena	Gema			1.0	9.2	0.10
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Kadoelen	Gema			0.8	8.0	0.07
Rivierenland	J.U. Smit	Gema			1.5	4.0	0.06
Hoogheemraadschap van Delfland	van der Burg	Gema			0.6	9.2	0.06
Noorderzijlvest	Spijksterpompen	Gema	Spui		0.6	8.3	0.05
Hoogheemraadschap van Delfland	Zaayer	Gema			2.0	2.4	0.05
Noorderzijlvest	De Drie Delfzijlen	Gema	Spui		1.2	3.7	0.05
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	Mijndense Sluis + Gemaal Loosdrecht	Gema	Sche		0.7	11.1	0.07
Hoogheemraadschap van Delfland	Schiegemaal	Sche			0.5	9.2	0.04
Hoogheemraadschap van Rijnland	Spaarndam	Gema	Sche		7.2	0.6	0.04
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	De Ruiter	Gema	Sche		0.4	10.4	0.03
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Grootslag	Gema			1.4	2.0	0.03
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Zaangemaal	Gema	Sche		3.3	0.6	0.02
Noorderzijlvest	Noordpolderzijl	Gema			0.2	8.3	0.02
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	De Waker	Gema			0.3	6.0	0.02
Wetterskip Fryslân	Lemmer_Wouda	Gema	Sche		0.9	0.9	<0.01
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	Spiegelpolder	Gema	Sche		0.1	10.5	<0.01
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	Kortenhoef	Gema	Sche		0.4	0.9	<0.01
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Overtoom	Gema	Sche		0.3	0.9	<0.01
Wetterskip Fryslân	Dokkumer Nieuwe Zijen	Spui	Sche		35.1	0.0	0.0
Wetterskip Fryslân	Harlingen	Spui	Sche		26.3	0.0	0.0
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Oostoever	Spui			3.3	0.0	0.0
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Schermersluis	Sche			0.3	0.0	0.0
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Krimpenerwaard	Gema			1.4	0.0	0.0
Hunze en Aa's	Delfzijl	Spui	Sche		8.0	0.0	0.0
Hunze en Aa's	Nieuw Statenzijl	Spui	Sche		9.1	0.0	0.0

Beheerder	kunstwerk	type1*	type2*	type3*	biomassa (ton/jaar)	sterfte (%)	verlies (ton/jaar)
Noorderzijlvest	Lauwerssluizen	Spui	Sche		43.3	0.0	0.0
Brabantse Delta	Stuw-Markiezaatsmeer	Stuw			NA	0.0	0.0
Vechtstromen	De Haandrik	WKC**	Stuw	Vist	0.5	0.0	0.0
Rijks	Afsluitdijk Kornwerderzand	Spui	Sche		111.7	0.0	0.0
Rijks	Afsluitdijk Den Oever	Spui	Sche		111.7	0.0	0.0
Rijks	Bathse spuisluis				93.6	0.0	0.0
Rijks	Haringvliet-sluizen				286.4	0.0	0.0
Rijks	Houtrib-sluizen	Spui			16.1	0.0	0.0
Rijks	Nieuwe Waterweg				384.4	0.0	0.0
Rijks	Oranjesluizen				25.3	0.0	0.0
Rijks	Krabbersgat-sluizen	Spui	Sche		8.1	0.0	0.0
Rijks	Bergse Diep Sluis				0.6	onbekend	onbekend
Rijks	Hagestein (Lek)	WKC**	Stuw		12.5	onbekend	onbekend
Rijks	Krammersluizen				7.1	onbekend	onbekend
Rijks	Volkeraksluizen				7.1	onbekend	onbekend
Rijks	Terneuzen				onbekend	onbekend	onbekend

* Gema: gemaal, Sche: scheepsluis/schutsluis, Spui: spuisluis, Stuw: stuw, WKC: waterkrachtcentrale

** WKC De Haandrik en WKC Hagestein zijn buiten gebruik.

4 Conclusies

In deze rapportage is een eerdere inventarisatie van knelpunten voor schieraal (Winter et al 2013a) geüpdatet. Er zijn in totaal 78 locaties met één of meerdere kunstwerken zoals gemalen, WKC's, sluizen of stuwen beschouwd die een relatief groot achterland voor schieraal ontsluiten. Per kunstwerk is met behulp van het aalmodel (van der Hammen et al 2021) of gerichte informatie een inschatting gemaakt wat het potentieel aan vertrekkende schieraal vanuit het achterland bedraagt. Daarna is per kunstwerk(complex) ingeschat hoeveel sterfte er tijdens passage plaatsvindt. Van de kunstwerken is op basis van de geschatte schieraalsterfte een rangschikking gemaakt van de knelpunten. Als basis zijn de methoden uit Winter et al (2013a) gebruikt. Daar waar nieuwe informatie beschikbaar was, is deze voor de huidige rapportage aangepast.

Het gemaal-sluizen-complex in IJmuiden is als grootste knelpunt aangemerkt. Dit complex heeft een geschatte sterfte van 12.5 % en een potentieel aan doortrekkende schieraal van bijna 77 ton, waardoor het verlies aan schieraal geschat is op 9.6 ton. Daarnaast zijn een groot aantal gemalen aangemerkt als knelpunt, maar de verliezen van schieraal bij de andere knelpunten zijn aanmerkelijk lager in vergelijking met IJmuiden.

In de rapportage van Winter et al (2013a), stonden de drie grote WKC's in de Nederrijn en Maas hoog in de ranglijst. Door maatregelen, zoals het uitzetten van de turbines 's nachts tijdens de schieraalmigratieperiode en bij lage debieten, Podd en aangepast turbinebeheer is de schieraalsterfte op deze locaties flink verlaagd en komen de WKC's dus ook veel lager op de lijst terecht. Daarnaast is de schatting van het aanbod aan schieralen die aankomen bij de WKC's in de Maas (Linne en Lith) verlaagd door nieuw onderzoek.

5 Discussie

Om een gedegen inschatting te maken van de verliesposten aan schieraal per kunstwerk is veel locatie specifieke kennis nodig. Om alle locaties nauwkeurig te onderzoeken zouden erg veel meetgegevens nodig zijn, welke maar beperkt aanwezig zijn. Ook de precisie en nauwkeurigheid van de onderzoeken die er wel zijn is lang niet altijd voldoende, meestal door een kleine steekproefgrootte. Daarnaast is voor een betrouwbaar onderzoek naar de sterfte, naast een hoog aantal alen, het ook nodig dat het onderzoek onder andere omstandigheden (in een ander jaar) wordt herhaald om de jaar-op-jaar variatie te monitoren. Immers de waterstand heeft grote invloed op zowel de schieraalmigratie als ook het beheer van de gemalen. De resultaten uit onderhavige doorreken- en inschattingsexercitie kennen vaak een grote onzekerheidsmarge en dienen daarom met de nodige voorzichtigheid te worden behandeld. Echter, we hebben gepoogd onze onderbouwing met de huidige kennis en beschikbare gegevens, keuzes en aannames zo goed mogelijk inzichtelijk te maken.

Samenstelling lijst

Bij de keuze van de kunstwerken voor deze inventarisatie is in Winter et al (2013a) geselecteerd op grootte van het achterland. Sommige poldergemalen met een kleiner achterland maar met relatief hoge dichtheden aan aal, gecombineerd met relatief hoge sterftepercentages voor het betreffende poldergemaal, kunnen wellicht leiden tot vergelijkbare verliezen als die voor kunstwerken met lage sterfte die wel in de lijst zijn opgenomen. Deze lijst is daardoor niet compleet, en sommige poldergemalen die niet in de lijst staan zouden ook kandidaat-knelpunt kunnen zijn. Echter, de grootste verliespunten zullen zeker in deze lijst opgenomen zijn. Doordat de lijst niet compleet is, kan dit rapport niet gezien worden als een schatting van de totale verliezen aan schieraal. Er zijn naast deze lijst nog zeer veel kleine gemalen en andere barrières die wellicht per stuk niet voor grote sterfte zorgen, maar bij elkaar opgeteld wel.

Stroomopwaartse migratie

In deze rapportage is alleen stroomafwaartse schieraalsterfte meegenomen. Sterfte of negatieve consequenties van beperkte doortrekmogelijkheden tijdens stroomopwaartse migratie is niet meegenomen in deze rapportage. Stroomopwaartse migratie van jonge aal is echter wel van groot belang voor optimaal gebruik van de potentiële aal habitat.

Verdeling over kunstwerken

Veel kunstwerken 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 kunstwerk 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 2019). 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. Deze wisselwerking tussen sterftekans en mate van barrièrewerking speelt bij veel kunstwerken een rol en maakt dat het gedrag van schieraal ter plaatse bepalend is voor de uiteindelijke hoogte van de verliezen aan schieraal.

Vispassages en visgeleidingssystemen

Bij een aantal van de kunstwerken zijn mitigerende maatregelen getroffen zoals aanleg van vispassages of soms viswerings- of visgeleidingssystemen zoals stroboscoopverlichting. De effectiviteit van deze maatregelen, welke fractie van schieraal gaat via de verschillende routes die in het kunstwerk 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). De effectiviteit van vispassages in stroomafwaartse richting in de zenderstudies in de Maas, en het Noordzeekanaal regio, bleken vaak zeer beperkt voor schieraal, omdat er vaak zeer weinig debiet is ten opzichte van de andere

waterstromen in kunstwerken (Winter et al 2006, -2007, -2019, -2020). Daarom spelen deze vispassages geen noemenswaardige rol tijdens de stroomafwaartse migratie van schieraal.

Predatie en visserij bij barrières

Bij kunstwerken kan door barrièrewerking vertraging en hoge concentratie van schieraal plaatsvinden. Dit kan leiden tot verhoogde indirecte sterfte, zoals grotere vangkans door visserij of hogere predatiedruk door bijvoorbeeld aalscholvers of roofvis als snoek en meerval (Winter 2009). Over deze indirecte extra sterfte van schieraal zijn vrijwel geen gegevens beschikbaar en zijn daarom niet in deze rapportage meegenomen.

Herverdeling

Het is bekend dat er zoekgedrag en herverdeling van schieraal binnen een beheergebied of Rijkswater plaatsvindt, echter de mate waarin is slechts beschikbaar voor sommige zenderstudies en bepaalde jaren en verschilt waarschijnlijk behoorlijk van jaar op jaar en per locatie (e.g. Winter et al 2019, -2020). Het is niet onwaarschijnlijk dat schieraal die aankomt bij een kunstwerk waar barrièrewerking optreedt gaat zoeken en daarbij bij andere uittrekpunten terecht komt, wat in boezemsystemen in Friesland en rondom het Noordzeekanaal ook is waargenomen (van Keeken et al. 2020a, Winter et al 2019). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat schieraal een ruime tijds marge heeft om te besluiten wanneer hij daadwerkelijk naar zee trekt naar de paaigronden. Wanneer hij voor een bepaalde tijd tegengehouden wordt door een barrière, kan de migratie vaak met één of meerdere jaren uitgesteld worden.

Potentiële schieraal uittrek versus werkelijke schieraal uittrek

Er is per kunstwerk geschat hoeveel schieraal (ton) in potentie aankomt bij dit kunstwerk ('potentieel aanbod'). Hierbij is geen rekening gehouden met sterfte die voor aankomst bij het kunstwerk optreedt, bijvoorbeeld door beroepsvisserij, stroperij, predatie, scheepschroeven, ziekte of sterfte bij kunstwerken eerder op de route (niet beschouwde gemalen of WKC's). Het werkelijke aanbod van schieraal bij een kunstwerk ligt hierdoor lager dan het potentiële aanbod, in het bijzonder in gebieden met veel achterland.

Aalmodel

Het aalmodel (van der Hammen et al 2021) is opgesteld naar aanleiding van de verplichting in de Aalverordening (2007) om een schatting van de absolute biomassa schieraal uittrek te maken. Deze verplichting geldt voor Nederland als geheel. Alhoewel er zeer veel bemonsteringsgegevens zijn in Nederland, zijn deze bemonsteringen geschikt om relatieve trends in geheel Nederland te berekenen, maar veel minder om absolute hoeveelheden schieraal te berekenen op specifieke locaties. De belangrijkste gegevens die missen om betrouwbaar op te kunnen werken zijn dat 1) de vangst-efficiëntie van de gevolgde bemonsteringsmethode meestal niet bekend zijn waardoor er aannames voor worden gedaan (van der Hammen et al. 2021) en 2) de verdeling van aal binnen oppervlaktewater (bijvoorbeeld gebruik van oeverhabitat versus open water habitat etc.) is niet goed bekend, en ook hiervoor worden aannames gedaan. Door deze aannames is de biomassa berekening in het aalmodel redelijk onzeker en door de verschillen in bemonsteringsintensiteit tussen gebieden, kan deze onzekerheid in sommige gebieden groter zijn dan in andere gebieden. Bij de grote WKC's (Linne, Lith en Maurik) zijn nauwkeurige aantalschattingen gedaan door Visadvies (Kemper 2020, 2022; Kemper & Da Graça 2020). Bij de WKC's bij Linne en bij Maurik komen deze aardig overeen met het aalmodel, bij Linne is de waarde zelfs zo goed als identiek. Echter bij Lith is de biomassa schatting in het aalmodel zeer veel hoger dan bij het onderzoek door Visadvies. Dit verschil laat zien dat het aalmodel niet altijd nauwkeurig is en de resultaten met enige voorzichtigheid moet worden gebruikt.

Sterfte en barrièrewerking per kunstwerk

Net als in 2013 zijn er voor veel kunstwerken, zoals de meeste gemalen, geen goede metingen van de sterfte van trekkende schieraal bij passage van het kunstwerk. Er blijkt grote variatie in sterftepercentages te bestaan, ook binnen dezelfde type pompen (Kunst et al 2008, van de Wal et al, 2012). Ook de werkelijke barrièrewerking bij kunstwerken is nog altijd grotendeels onbekend. Deze barrièrewerking kan variëren van vertraging tot uiteindelijke blokkering van de migratie. Van de WKC's in de Maas (Winter et al. 2006, 2007; Griffioen et al 2019) en gemalen in het Noordzeekanaal (Winter 2011) en Friesland (van Keeken et al 2013, 2021) is bekend dat er veel aarzeling en

terugkeergedrag bij nadering van het kunstwerk optreedt voor een vaak groot deel van de naderende schieralen. Voor scheepsluizen is hier veel minder over bekend. Schieraal kan scheepsluizen passeren (o.a. van Wijk 2011, Griffioen et al 2019, Winter et al 2013b), maar in welke mate en met welke efficiëntie is onbekend. Meer inzicht 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 kunstwerken. In hoeverre schepsschroeven hierbij ook extra sterfte kunnen veroorzaken is onbekend, maar niet ondenkbaar.

Klimaatverandering

Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel. De bovenzijde van de bandbreedte voor de verwachte zeespiegelstijging is dat de zeespiegel in 2050 40 cm hoger ligt ten opzichte van het begin van deze eeuw. Bij die zeespiegelstijging zou bijvoorbeeld bij IJmuiden ruim 95% van het jaarvolume worden gemalen, terwijl dit anno 2022 ca. 50% is. Daarnaast zorgen piekbuien voor meer inzet van gemalen, om het peil te kunnen handhaven. Meer inzet, zal lijden tot hogere sterfte.

De combinatie van alle discussiepunten hierboven maakt dat de in dit rapport gepresenteerde schattingen een ruwe schatting met een grote onzekerheidsmarge zijn. Echter, ondanks de vele onzekerheden kan de gepresenteerde lijst wel gebruikt worden om tot prioritering van het nemen van maatregelen en het doen van onderzoek te komen. De rangschikking zal met voortschrijdend inzicht, het vergaren en inbouwen van meer onderliggende gegevens en genomen mitigerende maatregelen kunnen veranderen in de toekomst.

6 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J. et al. More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature* 588, 436–441 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3005-2>
- Bierman S.M., N. Tien N., van de Wolfshaar K.E., Winter H.V. & de Graaf M., (2012). Evaluation of the Dutch Eel Management Plan 2009–2011. IMARES Report C067/12.
- Buijse, T., Brevé, N. & Wanningen, H., 2009. Knelpunten en migratievoorzieningen op de migratieroutes voor aal naar de belangrijke leefgebieden in Nederland. Deltares.
- 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.
- Da Graca, T. and J.H. Kemper, 2020. Bepaling sterftepercentage schieraal bij WKC Alphen. Visadvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2019_37.
- Germonpré, E., Denayer, B., Belpaire, C. en Ollevier, F. (1994). Inventarisatie van pompgemalen in het vlaamse gewest en preliminair onderzoek naar schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling. Rapporten van het instituut voor bosbouw.
- 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).
- Griffioen, A.B.; Keeken, O.A. van; Winter, H.V., 2019. Silver eel mortality during downstream migration in the Meuse: comparing telemetry study 2010-2012 to 2002-2006. Wageningen Marine Research report : C099/19.
- Griffioen, A.B., D. Burggraaf, O.A. van Keeken, H.V. Winter. 2019. Evaluatie Vismigratievoorziening Kleine Sluis IJmuiden voor schieraal. Wageningen University & Research rapport C014/19.
- Griffioen A.B., van Keeken O.A., Winter H.V., 2020. Behavioural patterns of migrating silver eel at a hydropower station on the River Meuse. In Coulson (ed).
- Huisman J.B.J., Schollema PP (2017). Migratiegedrag van paling ter plaatse van het gemaal-sluisc omplex Duurswold Uittrekgedrag schieraal en bepaling schade ter plaats van het gemaal- en spuisluisc omplex Duurswold. Rapport Van Hall Larenstein Applied Sciences University/ Waterschap Hunze en Aa's.
- ICES, 2022. Workshop for the Technical evaluation of EU Member States' Progress Reports for submission in 2021 (WKEMP3). ICES Scientific Reports. 4:41. 177 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.19768585>

-
- 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
- Kemper, J.H., 2020. Monitoring schieraalmigratie WKC Alphen, 2018-2020. Rapport Visadvies: VA2019_28
- Kemper, J.H., 2022a. Monitoring schieraalmigratie bij WKC Linne, 2020-22. Rapport Visadvies: VA2021_17.
- Kemper, J.H., 2022b. Monitoring schieraalmigratie WKC Maurik, 2020-2022. Rapport Visadvies: VA2021_21
- Kemper, J.H. & Q.A.A de Bruijn, 2013. Schadeonderzoek aan passerende schieraal door de Waterkrachtcentrale Maurik, najaar 2012. Rapport Visadvies: VA2012_12
- Kemper J.H. & Q.A.A de Bruijn, 2014. Onderzoek naar de overleving van schieraal bij passage van stuw Amerongen, najaar 2013. Rapport Visadvies: VA2013_31
- Kemper J.H. & Q.A.A de Bruijn, 2015. Onderzoek naar de overleving van schieraal na passage door cilinderschuif Hagestein, najaar 2014. Rapport Visadvies: VA2014_36
- Kroes, M.J., Merks, 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.
- Kroon, J.W., van Wijk A.N. (2013). Monitoring vismigratieknelpunten 2012; Voor- en najaarsbemonstering bij diverse sluizen en gemalen, VSN2012.02. Visserij Service Nederland in opdracht van Stichting Waterproef
- 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 bij gemaal Katwijk. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Kruitwagen, G. & Klinge, M., 2008a. 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., 2008b. Stroomafwaartse passage van vis via gemaal Schoute. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van de 's-Gravenhaagse Hengelsport Vereniging.
- Kruitwagen, G., Klinge M. (2007). Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bij gemaal Katwijk. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Kruitwagen, G., Klinge, M. (2008a). Sterfte van schieraal door gemaal IJmuiden, onderzoeksjaar 2008, idem 2009. Rapport Witteveen en Bos in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland.
- Kruitwagen, G. & M. Klinge (2008b). Stroomafwaartse passage van vis via gemaal Schoute. Rapport Witteveen en Bos i.o.v. 's Gravenhaagse Hengelsport Vereniging.

-
- Kruitwagen, G., Klinge, M. (2008c). Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bij de gemalen Halfweg, Spaarndam en Gouda. Rapport Witteveen+Bos i.o.v. Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Kruitwagen, G., Klinge, M. (2010a). Monitoring van vismigratie bijemaal J.L. Hoogland en de Johan Friso-sluis. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van wetterskip Fryslân.
- Kruitwagen, G., Klinge, M. (2010b). Monitoring van vismigratie bij 4 potentiële migratieknelpunten voor- en najaarsonderzoek 2009. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- Kruitwagen, G., Klinge, M. (2010c). Monitoring van vismigratie bij de gemalen Hoekpolder en Aalkeetbuitenpolder Najaarsonderzoek 2009. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van het Hoogheemraadschap van Delfland
- 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.
- Patrick, P. H., McKinley, R.S., 1987. Field evaluation of a Hidrostal pump for live transfer of American eels at a hydroelectric facility. North American Journal of Fisheries Management 7, 303- 305.
- Spah, H., 2001. Fishery biological opinion of the fish compatibility of the patented hydraulic screw from Ritz Atro. Bielfeld, Germany
- Van Keeken, O.A., H.V. Winter, A.B. Griffioen, M. de Graaf, 2013. Silver eel behaviour in the vicinity of pumping stations: a telemetry study in Friesland. IMARES Rapport C120/13.
- van Keeken, O. A., van Hal, R., Winter, H. V., Wilkes, T., & Griffioen, A. B. (2021). Migration of silver eel, *Anguilla anguilla*, through three water pumping stations in The Netherlands. Fisheries Management and Ecology, 28(1), 76-90. <https://doi.org/10.1111/fme.12457>
- van Keeken, O. A., van Hal, R., Winter, H. V., Tulp, T., & Griffioen, A. B. (2021). Behavioural responses of eel (*Anguilla anguilla*) approaching a large pumping station with trash rack using an acoustic camera (DIDSON). Fisheries Management and Ecology 27 (2020)5.
- Van de Wal, B. Chan, P.M., van Weeren, B. J., 2012. Gemalen of vermalen worden? STOWA rapport 2012-04
- Van der Hammen T., F. Soudijn, J. Volwater, J.C. van Rijssel, A.B. Griffioen, C. Chen and H.V. Winter, 2021. European Eel (*Anguilla anguilla*) stock size, anthropogenic mortality and silver eel escapement in the Netherlands 2006-2020. CVO report: 21.023. <https://doi.org/10.18174/556153>
- Veen, H.H. van der & Jan H. Kemper, 2021a. Bepaling bruto sterftepercentage schieraal bij WKC Maurik, najaar 2021. Rapport Visadvies: VA2020_48
- Veen, H.H. van der & Jan H. Kemper, 2021b. Bepaling bruto sterftepercentage schieraal bij WKC Linne. Rapport Visadvies: VA2020_03
- Ven, M. van de, 2021. Telemetric study on the migration of female silver eels in the river rhine cohorts 2018 and 2019. Report number 20191133/01.
- Vis H., de Bruijn, Q.A.A., Kemper, J.H. (2013). Onderzoek naar de visoverleefbaarheid bij vijzelemaal Ennemaborgh op 23 oktober 2012. Projectnummr VA2012_25.

-
- Volwater, J., de Leeuw, J., Winter, E., van Keeken, O., Schilder-Kwakman, K. & van der Meer, M., 2022, Aalbestanden in vier Nederlandse wateren: Markiezaatsmeer, Suderpolder, Vinkeveense plassen en Westzaan. Wageningen Marine Research rapport; no. C015/22
- Vriese, F.T. (2009). Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvijzel. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_19.
- 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.
- Wanink, J., Bonhof, G.H., Bouton, N., Slabbekoorn, H., (2012). Project vissen zwemmen weer heen en weer: vismonitoring en geluidsmetingen, najaar 2011
- 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 trekvis nabij kunstwerken en consequenties voor de vangsten met vistuigen. IMARES rapport C076/09. 57 pp.
- 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, H.V.; Griffioen, A.B.; Wolfshaar, K.E. van de, 2013a. Inventarisatie van de belangrijkste knelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland. IJmuiden : IMARES (Rapport / IMARES Wageningen UR C107/13).
- Winter H.V., Griffioen A.B., van Keeken OA, Schollemma PP., 2013b. Telemetry study on migration of river lamprey and silver eel in the Hunze and Aa catchment basin. IMARES-report C012/13.
- Winter H.V., O.A. van Keeken, J. Brockötter, A.B. Griffioen. 2019 Migratiepatronen en -knelpunten tijdens uittrek van schieraal uit Noordzeekanaal en ommelanden, inclusief Markermeer. Wageningen University & Research rapport C053/19

Verantwoording

Rapport C009/23

Projectnummer: 4318100389

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Paulien de Bruijn
Onderzoeker/Projectleider

Handtekening:



Datum: 28 maart 2023

Akkoord: Tammo Bult
directeur

Handtekening:



Datum: 28 maart 2023

Bijlage 1 Kunstwerken per knelpunt per beheerder

Kunstwerk specificaties met de waterbeheerder en het kunstwerk, fractie van debietsverdeling t.o.v. van beheersgebied, het type kunstwerk, directe sterfte schatting (proportie, barrière werking schatting (proportie) per waterschap.

Waterbeheerder	kunstwerk	fractie debiet	type	directe sterfte	barrière werking	type gemaal
Noorderzijlvest	Spijksterpompen	0.06	Gema	0.14	0.50	Schroefcentrifugaal
			Spui	0.00	0.80	
	Noordpolderzijl	0.02	Gema	0.14	0.50	Schroefcentrifugaal
			Spui	0.00	0.80	
	Waterwolf Electra	0.50	Gema	0.54	0.50	schroefpomp
			Keer	0.00	0.20	
	De Drie Delfzijen	0.12	Gema	0.14	0.75	Schroefcentrifugaal
			Spui	0.00	0.20	
	Lauwerssluizen	0.80	Spui	0.00	0.00	
			Sche	0.00	0.20	
Wetterskip Fryslân	Roptazijl	0.03	Gema	0.10	0.10	Gesloten/open schroefpomp
	Miedema_zwartehaan	0.03	Gema	0.10	0.10	Gesloten/open schroefpomp
	Lemmer_Wouda	0.01	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
	Hoogland_Stavoren	0.20	Gema	0.06	0.50	hor. Schroefpomp
			Sche	0.00	0.50	
	Dongerdielen-Ezumazijl	0.03	Gema	0.54	0.50	Gesloten/open schroefpomp
			Sche	0.00	0.80	
	Harlingen	0.30	Spui	0.00	0.00	
			Sche	0.00	0.00	
Hunze en Aa's	Dokkumer Nieuwe Zijlen	0.40	Spui	0.00	0.00	
			Sche	0.00	0.50	
	Duurswolde	0.10	Gema	0.20	NA	Gesloten/open schroefpomp
			Spui	0.00	NA	
	Rozema	0.09	Gema	0.09	0.00	
			Spui	0.00	0.20	
			Sche	0.00	0.00	
	Nieuw Statenzijl	0.43	Spui	0.00	0.00	
			Sche	0.00	0.00	
	Delfzijl	0.38	Spui	0.00	0.00	
Drents Overijsselse Delta			Sche	0.00	0.00	
	Stroink	0.75	Gema	0.11	NA	hor. Schroefpomp
	Zedemuden	0.25	Gema	0.54	0.93	Gesloten/open schroefpomp
			Sche	0.00	0.20	
	Vechtstromen		WKC*	0.00	0.00	
			Stuw	0.00		
			Vist	0.00		
	Amstel, Gooi en Vecht					
	De Ruiter	0.47	Gema	0.12	0.80	centrifugaal
			Sche	0.00	0.80	
Hollands Noorderkwartier	Mijndense Sluis/Gemaal	0.36	Gema	0.12	0.50	centrifugaal + vijzel (voorkeur)
			Sche	0.00	0.80	
	Spiegelpolder	0.06	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.80	
	Kortenhoef	0.11	Gema	0.01	0.50	buisvijzels
			Sche	0.00	0.80	
	Kadoelen	0.03	Gema	0.08	0.00	vijzel
	De Waker	0.01	Gema	0.06	0.00	schroefpomp
	Leemans	0.08	Gema	0.54	0.00	schroefcentrifugaal
	Lely	0.03	Gema	0.12	0.00	centrifugaal
Rijnland	Vier Koggen	0.07	Gema	0.14	0.00	Schroefcentrifugaal
	Grootslag	0.05	Gema	0.02	0.00	schroefcentrifugaal
	Zaangemaal	0.12	Gema	0.01	0.50	hor. Schroefpomp
			Sche	0.00	0.20	
	Overtoom	0.012	Gema	0.04	0.50	vijzel
			Sche	0.00	0.20	
	Helsdeur	0.32	Gema	0.14	0.50	schroefcentrifugaal
			Spui	0.00	0.20	
			Sche	0.00	0.00	
	Schermersluis	0.01	Sche	0.00	0.20	
Delfland	Oostoever	0.12	Spui	0.00	NA	
	Willlem-Alexander (Katwijk)	0.53	Gema	0.01	0.00	Schroefcentrifugaal
	Boezemgemaal Halfweg	0.19	Gema	0.04	0.00	
	Pijnacker-Hordijk (Gouda)	0.10	Gema	0.12	0.00	centrifugaal
	Leeghwater	0.16	Gema	0.12	0.00	centrifugaal
	Spaarndam	0.18	Gema	0.01	0.50	schepdam
			Sche	0.00	0.20	
	Schoute	0.16	Gema	0.14	0.00	schroefcentrifugaal

Waterbeheerder	kunstwerk	fractie debiet	type	directe sterfte	barrière werking	type gemaal
	Zaayer	0.30	Gema	0.02	0.00	hor schroefpomp/centrifugaal
	Westland	0.11	Gema	0.54	0.00	vert schroefpomp
	Schiegemaal	0.07	Gema	0.14	0.00	schroefcentrifugaal
			Sche	0.00	0.00	
	van der Burg	0.09	Gema	0.14	0.00	schroefcentrifugaal
	Parksluizen	0.27	Gema	0.14	0.50	schroefcentrifugaal
			Sche	0.00	0.20	
Schieland/Krimpenerwaard	Schilthuis	0.29	Gema	0.22	0.00	schroefcentrifugaal
	Verdooild	0.21	Gema	0.14	0.00	schroefcentrifugaal
	Johan Veurink	0.10	Gema	0.54	0.00	Gesloten/open schroefpomp
	Krimpenerwaard	0.08	Gema	0.00	0.00	axiaal pomp
	Abraham Kroes + Snelle sluis	0.31	Gema	0.14	0.50	schroefcentrifugaal
			Sche	0.00	0.20	
Rivierenland	J.U. Smit	0.10	Gema	0.04	0.00	vijzel
	Altena	0.07	Gema	0.14	0.00	schroefcentrifugaal
	Hollandsch-Duitsch	0.07	Gema	0.54	0.00	schroefpomp
			Vist	0.00	0.00	
Zuiderzeeland	Vissering	0.17	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
	Buma	0.13	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
	Smeenge	0.09	Gema	0.54	0.50	Gesloten/open schroefpomp
			Sche	0.00	0.50	
	Wortman	0.15	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
	De Blocq van Kuffeler	0.25	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
	Lovink	0.09	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
	Colijn	0.12	Gema	0.12	0.50	centrifugaal
			Sche	0.00	0.50	
Brabantse delta	Stuw-Markiezaatsmeer	NA	Stuw	0.00	1.00	NA

*WKC De Haandrik is buiten gebruik.

Kunstwerk specificaties met de waterbeheerder en het kunstwerk, fractie van debietsverdeling t.o.v. van beheersgebied, het type kunstwerk in de Rijkswateren

Waterbeheerder	kunstwerk	fractie debiet	type
Rijks	Sluizen-complex IJmuiden	NA	Gema
		NA	Spui
		NA	Sche
Rijks	Krammersluizen	0.07	Sche
Rijks	Bergse Diep Sluis	0.01	Sche
Rijks	Terneuzen	0.00	Sche
Rijks	Volkeraksluizen	0.07	Sche
Rijks	Bathse spuisluis	0.86	Spui
Rijks	Krabbersgat-sluizen	0.20	Spui
		NA	Sche
Rijks	Houtrib-sluizen	0.40	Spui
Rijks	Haringvliet-sluizen	NA	Spui
Rijks	Afsluitdijk Kornwerderzand	0.50	Spui
		NA	Sche
Rijks	Afsluitdijk Den Oever	0.50	Spui
		NA	Sche
Rijks	Oranjesluizen	0.40	Sche
		NA	Vist
Rijks	Hagestein (Lek)*	NA	WKC
Rijks	Nieuwe Waterweg	NA	
Rijks	Amerongen (Nederrijn)	NA	WKC
		NA	Stuw
		NA	Sche
		NA	Vist
Rijks	Alphen/Lith (Maas)	NA	WKC
		NA	Stuw
		NA	Sche
		NA	Vist
Rijks	Linne (Maas)	NA	WKC
		NA	Stuw
		NA	Sche
		NA	Vist

*WKC Hagestein is buiten gebruik.

Bijlage 2 Achterland per kunstwerk in Rijkswateren

Voor elk kunstwerk(complex) in de Rijkswateren is ingeschat hoeveel schieraal potentieel aankomt. In onderstaande tabel 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).

Kunstwerk	Opbouw achterland (fractie)
Afsluitdijk Den Oever en Kornwerderzand	IJsselmeer (0.5), Rijn en IJssel (0.5), Drents Overijsselse Delta (0.5), Vechtstromen (0.5), Veluwerandmeren (0.15), Vallei en Veluwe (0.25), Gelderse Poort (0.13), Benedeloop Gelderse IJssel (0.13), Twente kanaal (0.5), Hollands Noorderkwartier (0.15), Zuiderzeeland (0.1), Rijn Duitsland (0.06), Markermeer (0.3)
IJmuiden	Noordzeekanaal (1), Markermeer (0.4), Amstel, Gooi en Vecht (1), Stichtse Rijnlanden (0.33), Amsterdam-Rijnkanaal (1), Veluwerandmeren (0.2), Vallei en Veluwe (0.5), Hollands Noorderkwartier (0.31), Zuiderzeeland (0.2), Spaarndam (0.18), Halfweg (0.19)
Krabbersgat-sluizen	Markermeer (0.2)
Houtrib-sluizen	Markermeer (0.4)
Oranjesluizen	Markermeer (0.4), Veluwerandmeren (0.2), Vallei en Veluwe (0.5), Zuiderzeeland (0.2)
Haringvliet-sluizen	Gelderse Poort (0.4), Rijn Duitsland (0.83), Beneden Rivieren (0.5), De Dommel (0.5), Brabantse Delta (0.4), Hollandse Delta (0.5), Wilhelmina kanaal en Zuid Willemsvaart (0.5)
Krammersluizen	Volkerrak zoom meer (0.07), Brabantse Delta (0.013)
Bergse Diep Sluis	Volkerrak zoom meer (0.01), Brabantse Delta (0.001)
Volkeraksluizen	Volkerrak zoom meer (0.07), Brabantse Delta (0.013)
Bathse Spuisluis	Volkerrak zoom meer (0.86), deel Brabantse Delta (0.17)
Amerongen (Nederrijn)	Rijn Duitsland (0.06), Gelderse Poort (0.11)
Hagestein (Lek)	Rijn Duitsland (0.06), Gelderse Poort (0.35)
Alphen/Lith (Maas)	Zandmaas (1), Grensmaas (1), Maas Duitsland (1), Maas België (1), Aa en Maas (0,5), Limburg (1)
Linne (Maas)	Grensmaas (1), Maas Duitsland (1), Maas België (1)

Bijlage 3 Aalsterfte gemalen

Aalsterfte bij gemalen met een schroefcentrifugaalpomp.

	Pump description	Capacity (m ³ /min)	Height (m)	Rotation (rpm)	Name	n	dead (%)	damaged (%)		Reference
semi-axiaal pomp	Schroefcentrifugaalpomp	170	1.52		Tonnekreek	34	0			Vriese et al., 2010
	Hidrostal		10	890-1,200		2,300	0	3		Patrick & McKinley 1987
	Schroefcentrifugaalpomp	350	2.8	115	Schilthuis	27	22			Vriese et al., 2010
	BEVERON	505	2,4	143	Schoute (natuurlijke doortrek)	36	0			Kruitwagen & Klinge, 2008b
	BEVERON	525	5.4	200	Lijnden	6				
	Hidrostal	21	3.6	577	Ypenburg	8				Vriese et al., 2010
	Hidrostal	42.5	3.5	552	Wogmeer	8				Vriese et al., 2010
	Schroefcentrifugaalpomp	300	4.4		Leemans	4				Kroon & van Wijk, 2013
	Schroefcentrifugaalpomp	250	2-5.5	165	Abraham Kroes (Ringvaart gemaal)	8				Kruitwagen & Klinge, 2010b
	VOPO met schroefomdraaiing	25	0.15	1,000	De Zilk	2				Vriese et al., 2010
	Schroefcentrifugaalpomp	85		416	Willem-Alexander	1				Vriese et al., 2010
	Schroefcentrifugaalpomp	24	1.15		B.B. Polder	2				Vriese et al., 2010
	Schroefcentrifugaalpomp	22	1.15	735	Meerweg	9				Klinge, 2008
					Pooled studies with n <10		39.6			
						mean	12.3	3		
						Mortality (dead+0.5*damaged)			13.8	

Aalsterfte bij gemalen met een vijzel.

	Pump description	Capacity (m3/min)	Height (m)	Rotation (rpm)	Name	n	dead (%)	damaged (%)		Reference
Archimedes' screw	Turbinevijzels				Vijzel Bielefeld	?	0			Spah, 2001
	Buisvijzel FFI	0.6	1	57	FFI (gedwongen blootstelling)	23	0			Vriese, 2009
	Vijzel	30	2.9	39	Sint-Karelsmolen	?	4	10		Germonpré et al., 1994
	Vijzel	35	3.6	37	De Seine, Vlaanderen	?	0	37		Denayer & Belpaire, 1992
	Spaans Babcock	500	2.2	17	Overwaard	43	2			Vriese et al., 2010
	De Wit vijzel	660	0.3	22	Halfweg (natuurlijke doortrek)	24	0			Kruitwagen & Klinge, 2008c
	Buisvijzel (Landustrie Sneek BV)	40	2.7	39.1	Ennemaborgh	101	8			Vis et al., 2013
	Buisvijzel (Landustrie Sneek BV)	23	2.7	23.8	Ennemaborgh	112	3			Vis et al., 2013
	Vijzel	335	0.35		Kolhoorn	16	0			Kroon & van Wijk, 2013
	Vijzel	350	1.14		Kadoelen	59	8			Wijk van, 2011
	Vijzel			23-31		160	0	0.6		Kibel, 2008
	Vijzel	100		25	Isabella	48	13.5			INBO
	Vijzel	200		21	Isabella	131	14.5			INBO
	Vijzel	90	0.64		Overtoom	7				VisserijServiceNederland, 2010
	Vijzel	43	1.25		Bergermeer	3				VisserijServiceNederland, 2010
	Vijzel	660	0.3	22	Halfweg (natuurlijke doortrek)	5				Kruitwagen & Klinge, 2008c
	Buisvijzel FFI	32			Hoekpolder	2				Wanink et al., 2012
	Vijzel				Schalsum	2				Koopmans, 2013
	Vijzel	23	0.73		Sudhoeke	9				Vriese et al., 2010
					Pooled studies with n <10	28	3.6			
						mean	4.0	15.9		
						Mortality (dead+0.5*damaged)			12.0	

Aalsterfte bij gemalen met een centrifugaalpom.

	Pump description	Capacity (m3/min)	Height (m)	Rotation (rpm)	Name	n	dead (%)	damaged (%)		Reference
radial pump	Centrifugaalpom	38	3.5	368	Duifpolder	12	0			Vriese et al., 2010
	Centrifugaalpom	60	5	49	Elektriek-Zuid	?	1.4	1.4		Germonpré et al., 1994
	Centrifugaalpom	400	0.9	205	Boreel	49	49			Vriese et al., 2010
	Centrifugaalpom	1,080	1.7	59	Katwijk	56	0			Kruitwagen & Klinge, 2007
	Centrifugaalpom	325	3.5	168	Grootslag	438	0			Kroon & van Wijk, 2013
	Centrifugaalpom	160	0.3		JC de Leeuw	5				Kroon & van Wijk, 2013
	Centrifugaalpom	690	1.7	70	Gouda (natuurlijk)	2				Kruitwagen & Klinge, 2008c
	Centrifugaalpom	690	1.7	70	Gouda (gedwongen)	4				Kruitwagen & Klinge, 2008c
	Centrifugaalpom	28	0,55-1,05	320	Hoekpolder	1				Kruitwagen & Klinge, 2010c
					Pooled studies with n <10		16.7			
						mean	11.2	1.4		
						Mortality (dead+0.5*damaged)			12.4	

Aalsterfte bij gemalen met een schroefpomp.

	Pump description	Capacity (m ³ /min)	Height (m)	Rotation (rpm)	Name	n	dead (%)	damaged (%)		Reference
axiaalpomp	Gesloten schroefpomp	60	0.8	355	Kortenhoef	11	32			Vriese et al., 2010
	Gesloten schroefpomp FFI	81	1	333	FFI	25	0			Vriese, 2009
	Gesloten schroefpomp	1,500		50	J.L. Hoogland	77	5	5		Kruitwagen & Klinge, 2010a
	Gesloten schroefpomp	2,500	0.6	80	A.F. Stroink	10	0	30		Kroes et al., 2006
	Open schroefpomp	24	0.98		Thabor	21	38			Vriese et al., 2010
	Open schroefpomp	60	2.7	500	Stenensluisvaart	?	100			Germonpré et al., 1994
	Open schroefpomp	76			Offerhaus	10	0			Vriese, 2010
	Open schroefpomp	200	0.6	165	Den Deel	?	8	30		Riemersma & Wintersmans, 2005
	Bulbpomp Nijhuis	3,000	variable	64	Ijmuiden	25	41	41		Kruitwagen & Klinge, 2008a
	Schroefpomp	30	1.35	900	Kralingseplas	19	100			Kruitwagen & Klinge, 2010b
	Schroefpomp	400	1,34-4,64		Krimpenerwaard	19	100			Kruitwagen & Klinge, 2010b
	Schroefpomp	184	1.05	185	De Waker	69	1.4			VisserijServiceNederland,2010
	Schroefpomp	2,400			Zaangemaal	65	0			VisserijServiceNederland,2010
	Schroefpomp	180	1.07	180	Meldijk	30	33			Kroon & van Wijk, 2012
	propeller	60	2.7	500	Woumen (BE)	?	100			Germonpré et al., 1994
	propeller	100		480	Avrijevaart/Burgraven (BE)	39	98			INBO
	BVOP	255	5.4	360	Lijnden	2				
	Gesl. Schroefp. (compact)	90	2.7	364	HZ Polder	6				Vriese et al., 2010
	Gesl. Schroefp. (compact)	105	2.2	291	Berkel	5				Vriese et al., 2010
	Gesl. Schroefp. (compact)	135	0,5-1	307	Antlia	6				Vriese et al., 2010
	Gesloten schroefpomp	26	3.08		Makkemermar	2				Vriese et al., 2010
	Gesloten schroefpomp	42	2,4 - 3,1		Aalkeet buitenpolder	1				Kruitwagen & Klinge 2010c
	Open schroefpomp	40	1.67	580	Nijverheid	2				Vriese et al., 2010
	Open schroefpomp	120	0.1		Tilburg	9				Vriese et al., 2010
	Gesloten schroefpomp FFI				Kralingseplas	3				Waning et al., 2012
	Open schroefpomp	90			Offerhaus	2				Kroes & de Boer, 2013
	schroefpomp	120	340	340	Balgdijk	5				Kroon & van Wijk, 2012
					Pooled studies with n <10		32.6			
							40.5	26.5		
						Mortality (dead+0.5*damaged)			53.8	

Bijlage 4 Sterfte turbine WKC's

Aalsterfte turbine WKC's.

	Pump description	Debit (m³/s)	Name	Year	N (no. Eel)	Dead (%)	Reference
Hydropower Station	HPS (turbine)	30-126	Lith_Alphen			24.3	Bruijs et al 2003
	HPS (turbine)	30	Lith_Alphen	2019	53	58	Da Graca & Kemper, 2020
	HPS (turbine)	50	Lith_Alphen	2019	65	26	Da Graca & Kemper, 2020
	HPS (turbine)	100	Lith_Alphen	2019	121	26	Da Graca & Kemper, 2020
	HPS (turbine)	80-100	Linne	2011	33	33	Da Graca & Kemper, 2020
	HPS (turbine)	total	Linne	2011		19	Buyse et al 2009
	HPS (turbine)	50	Linne	2020/2021	108	13.3	Van der Veen & Kemper, 2021b
	HPS (turbine)	100	Linne	2020/2021	98	24.1	Van der Veen & Kemper, 2021b
	HPS (turbine)	100	Maurik	2012	92	7	Kemper & de Bruijn, 2013
	HPS (turbine)	50	Maurik	2012	68	22	Kemper & de Bruijn, 2013
	HPS (turbine)	100	Maurik	2021	118	10.2	Van der Veen & Kemper, 2021a
	HPS (turbine)	50	Maurik	2021	101	10.9	Van der Veen & Kemper, 2021a
					Mean	22.8	

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'
