



Spieringvisserij IJsselmeergebied

Duurzame ecologische en biologische randvoorwaarden voor openstelling spieringvisserij?

Auteur(s): Joep J. de Leeuw, Nana A.B. Afranewaa, Jorn J.M. School

Wageningen University &
Research rapport C006/25

Spieringvisserij IJsselmeergebied

Duurzame ecologische en biologische randvoorwaarden voor openstelling spieringvisserij?

Auteur(s) Joep J. de Leeuw, Nana A.B. Afranewaa, Jorn J.M. School

Wageningen Marine Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43-KD-2024-011)

Wageningen Marine Research
IJmuiden, januari 2025

Wageningen Marine Research rapport C006/25

Joep J. de Leeuw, Nana A.B. Afranewaa, Jorn J.M. School, 2025. *Spieringvisserij IJsselmeergebied; Duurzame ecologische en biologische randvoorwaarden voor openstelling spieringvisserij?*. Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research rapport C006/25.

Keywords: spiering, visserij, ICES-advies, voedselreservering vogels, snoekbaars, IJsselmeer, Markermeer

Opdrachtgever Ministerie van LNVN SK&I
T.a.v.: F.G.E. van den Berg, J. Cotte (LNVN) en E. Kuijs (SK&I)
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BAS code BO-43-KD-2024-011

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/685808>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

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.

A_4_3_1 V35 (2024)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
Beknopt overzicht (historie) visserijbeheer spieringfuiken	8
2 Kennisvraag	9
3 Methoden	10
3.1 Bestandsindex	10
3.2 Leeftijdsopbouw	10
3.3 Aanlanding	11
3.4 Dieet baars en snoekbaars	11
3.5 Voedselbeschikbaarheid visetende vogels	11
4 Resultaten	12
4.1 Ontwikkelingen spieringbestand en spieringvisserij	12
4.1.1 Spieringstand	12
4.1.2 Ontwikkelingen leeftijdsopbouw	13
4.1.3 Spieringvisserij	14
4.2 ICES-methodiek spieringvisserij	16
4.3 Mogelijke effecten spieringvisserij op snoekbaars(visserij)	17
4.4 Mogelijke effecten spieringvisserij voor visetende vogels	20
5 Conclusies	22
6 Kwaliteitsborging	24
Literatuur	25
Verantwoording	28
Bijlage 1 Smelt Fishery Evaluation (ICES methodology)	29
1.0. Literature review on ICES methods	30
1.1. Available data	30
1.2. What is known about the stock and methods that could be applied?	30
1.3. Conclusion	31
2.0. Employing the ICES Guidelines	32
2.1. Using the surplus production method	32
2.2. Using the method 3.3 (1 over 2 rule) – Harvest control	35
2.3. Conclusion	37
3.0. Brief look into cohort information	38
3.1. Trends in CPUE across different size cohorts of Smelt.	38
3.2. Pseudo length frequency distribution	38

Samenvatting

De minister van LNVN heeft op basis van de Visserijwet de bevoegdheid om jaarlijks te bepalen of de spieringvisserij opengesteld kan worden. Door de achteruitgang van de spieringstand is de spieringvisserij sinds 2004 slechts 3 maal en sinds 2012 in het geheel niet meer opengesteld geweest, met name vanwege zorgen omtrent spiering als voedselbasis voor visetende vogels en roofvissen. Om tot een besluit te kunnen komen over toekomstige aanpak rondom spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer heeft LNVN aan WMR gevraagd om een rapportage over te verwachten ontwikkelingen in het spieringbestand en de mogelijke effecten van spieringvisserij hierop. Daarbij is gekeken hoe veranderingen in de draagkracht van het ecosysteem naar verwachting van invloed zijn op het spieringbestand in de komende jaren, omdat zowel klimaatveranderingen als voedselproductie minder gunstige ontwikkelingen voor spiering lijken te betekenen. Daarnaast is nader onderzocht wat de te verwachten impact van openstelling van de spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer zou zijn op de hoeveelheid spiering, de hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende vissoorten en voor visetende watervogels. Om de effecten van visserij op het spieringbestand te onderzoeken is de ICES-methodiek gehanteerd. Op basis van de beschikbare gegevens zoals de trend in jaarlijkse visstandbemonsteringen sinds 1989 en in aanlandingen uit de spieringvisserij (tot 2012) en ontwikkelingen in de groottestructuur, biedt deze methodiek een aantal opties die binnen categorie 3 (zogenaamde gegevens-arme soorten) vallen. Omdat er momenteel geen visserij meer plaatsvindt kan geen jaarlijks visserijadvies gegeven worden op basis van vangsten. Een analyse terugkijkend naar de vangstontwikkelingen tot 2012 laat zien dat de laatste twee decennia van de spieringvisserij het bestand overbevist werd; de toen geldende openstelling van de spieringvisserij bij een index van ten minste 2100 spieringen per hectare bevist oppervlak bleek onvoldoende bescherming van het bestand te bieden. Na een daling van het spieringbestand in de jaren 1990 en 2000 is het beeld van de recente ontwikkelingen dat het bestand laag is en sterk van jaar tot jaar kan variëren, met name in het IJsselmeer (index van enkele tientallen tot maximaal ca 4000/ha). In het Markermeer is de jaar-tot-jaar variatie minder, maar is de spieringstand opvallend laag sinds 2018 (maximaal ca 200/ha). Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de draagkracht van het IJsselmeer en Markermeer sterk is afgenomen sinds de jaren 1980. Er zijn geen grote veranderingen in de fosfaathuishouding te verwachten en klimaatveranderingen richting gemiddeld hogere watertemperaturen zullen voor een koudwatersoort als spiering vermoedelijk leiden tot een sterk wisselend bestand en een over langere termijn gemiddeld afnemende bestandsontwikkeling.

Natuurontwikkelingsprojecten in het IJsselmeer en Markermeer om het ecologisch functioneren van beide meren te bevorderen en mogelijk de draagkracht te verhogen door productie vanuit halfnatuurlijke oeverzones en wetlands in combinatie met een betere slibhuishouding vereisen waarschijnlijk een aanzienlijke opschaling om de draagkracht voor het open water te verhogen. De zeer lage spieringstand in het Markermeer sinds 2018 hangt mogelijk samen met een toename van predatie door een sterk snoekbaarsbestand en mogelijk met habitatveranderingen door zandwinning en aanleg van zandoevers op voorheen paailocaties van spiering. De vermindering van de draagkracht van het IJsselmeergebied voor spiering en met name het regelmatig voorkomen van jaren met een lage tot zeer lage spieringstand biedt in elk geval in veruit de meeste jaren geen ruimte voor spieringvisserij. Spieringvisserij zou bij de huidige beperkte bestandsomvang naar verwachting een negatief effect hebben op de bestandsontwikkeling. Het belang van spiering als voedselbron voor roofvissen als snoekbaars en baars is ook in de huidige situatie nog altijd groot (ca 50% van het dieet), met name voor de groei en overleving van de jongste jaarklassen. De toename in de hoeveelheid snoekbaars in het Markermeer de afgelopen jaren was vermoedelijk niet alleen een gevolg van een nettenreductie maar ook mogelijk door de beschikbaarheid van spiering. Ook als voedselbasis voor visetende watervogels is spiering van groot belang, waarbij vermoedelijk op de lange termijn alleen bij hogere spieringindexwaarden van ten minste enkele duizenden per ha de aantalsdoelstellingen voor soorten als fuut, grote zaagbek en nonnetje gehaald kunnen worden. Voor broedvogels als visdief is spiering belangrijk voedsel voor de jongen, maar in hoeverre het broedsucces op korte termijn (aantal uitvliegende jongen) of lange termijn (overleving na uitvliegen en daarmee van invloed op de lange-termijn ontwikkelingen van het aantal broedparen) samenhangt met de hoeveelheid spiering is niet duidelijk. Doordat spieringvisserij op enige schaal sinds 2012 niet meer is uitgeoefend zijn mogelijke effecten van spieringvisserij op de voedselbeschikbaarheid van spiering voor roofvissen en vogels sindsdien

niet meetbaar, maar aangenomen mag worden dat gezien het belang van spiering voor vogels en vissen dat het wegvangen van paaiende spiering zeker in het voorjaar en de voorzomer (dat wil zeggen voordat de nieuwe generatie spiering beschikbaar is als prooivis) sterke effecten zou hebben. Spieringvisserij zal de voedselbasis voor deze soorten in zekere mate beperken, en daarmee wat betreft roofvissen de doelmatigheid van nettendisserij. Gegevens en modelinstrumentarium ontbreken voor een nadere specificatie in welke mate spieringvisserij de visserij op snoekbaars en baars negatief zou beïnvloeden.

1 Inleiding

Spiering is belangrijk als voedselbron voor roofvissen en vogels en voorheen als inkomstenbron voor IJsselmeervisserij. De minister van LNV heeft op basis van de Visserijwet de bevoegdheid om jaarlijks te bepalen of de spieringvisserij met fuiken in het voorjaar opengesteld kan worden. Door achteruitgang van de spieringstand is sinds 2012 spieringvisserij niet meer opengesteld geweest (zie nadere toelichting hieronder). Om tot een besluit te kunnen komen over toekomstige aanpak rondom spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer heeft LNV aan WMR gevraagd om een rapportage over te verwachten ontwikkelingen in het spieringbestand en de mogelijke effecten van spieringvisserij hierop. Het IJsselmeer en Markermeer zijn beide Natura2000-gebieden waarin visserij mogelijk is binnen de ecologische kaders. Naast duurzame visserij is het belang van vis als voedsel voor vogels daarom een belangrijk afwegingskader. Onderhavig rapport heeft als doel om op basis van de meest recente gegevens en inzichten zo goed mogelijk biologische en ecologische effecten aan te geven van openstelling van spieringvisserij in het IJsselmeergebied beoordeeld vanuit de randvoorwaarden van een duurzame spieringvisserij en van het behoud van de natuurwaarden van het IJsselmeergebied.

Daarbij is gekeken hoe veranderingen in de draagkracht van het ecosysteem naar verwachting van invloed zijn op het spieringbestand in de komende jaren, omdat zowel klimaatveranderingen als voedselproductie minder gunstige ontwikkelingen voor spiering lijken te betekenen (De Leeuw et al. 2023b). Daarnaast is nader onderzocht wat de te verwachten impact van openstelling van de spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer zou zijn op de (1) de hoeveelheid spiering, (2) de hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende vissoorten en (3) de hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende watervogels.

Om te bepalen of er duurzame niveaus te definiëren zijn voor de spieringvisserij in het IJsselmeer en Markermeer is de methodiek toegepast die wordt gehanteerd door de *International Council for the Exploration of the Sea (ICES)*. Deze biedt de beste wetenschappelijk onderbouwde benadering om duurzame niveaus van visserij te bepalen. Afhankelijk van de beschikbare gegevens over onder meer de biologie van een vissoort, de bestandsontwikkelingen en de visserij zijn meer of minder geavanceerde methoden van toepassing voor een bepaalde visserij. In het kader van deze helpdeskvraag zijn de beschikbare gegevens over spiering bij elkaar gebracht en is uitgezocht welke methoden van toepassing zijn. Daarmee is de impact van visserij op spiering in het IJsselmeer en Markermeer verkend. In aanvulling op eerdere rapportages hierover, waarvan de belangrijkste zijn "Wetenschappelijk advies kennis voor herijking en harmonisatie spieringprotocol" (Deerenberg et al. 2013), "Herziening spieringadvisering" (Van der Hammen et al. 2017) en "Vorstudie Ecologische Risicoanalyse ten behoeve van afwegingskader spieringvisserij" (De Leeuw et al. 2019), is onderzocht in hoeverre er methoden zijn die van toepassing zouden kunnen zijn op de huidige situatie waarin sinds 2012 geen visserij van betekenis op spiering is geweest, en/of op de periode daarvoor vanaf 1990 waarin in de meeste jaren wel visserij plaatsvond. Daarbij is met terugwerkende kracht gekeken in hoeverre de spieringvisserij in die periode duurzaam was gegeven het toenmalige spieringbestand en de toen geldende wetgeving en uitvoeringsbesluiten.

In voornoemde rapportages is ook uitgebreid besproken wat spiering betekent voor visetende vissen (baars en snoekbaars) en diverse soorten visetende watervogels. In de afgelopen jaren is belangrijke aanvullende informatie beschikbaar gekomen met betrekking tot onder meer voedselreservering voor vogels, het belang van spiering voor roofvissen en de draagkracht van het gebied alsmede voortschrijdend inzicht in de ontwikkelingen van het spieringbestand. In onderhavige rapportage wordt deze kennis aangevuld met recente bevindingen en inzichten om zo goed mogelijk het belang van spiering aan te kunnen geven voor visetende vissen en vogels en de mogelijke effecten van spieringvisserij op de beschikbaarheid van spiering voor deze soortgroepen.

Beknopt overzicht (historie) visserijbeheer spieringfuiken

In het begin van de jaren tachtig ontwikkelde zich een commerciële spieringvisserij met fuien in het IJsselmeer en Markermeer-IJmeer in het vroege voorjaar wanneer de spiering zich concentreert langs de oevers om te paaien. Voor deze spieringvisserij zijn twee wetten relevant: de Visserijwet en de Wet natuurbescherming (Wnb, nu opgegaan in de Omgevingswet). Voor de uitvoering van de Visserijwet is LVVN verantwoordelijk. Vanuit de Visserijwet moet de duurzaamheid van de visserij en het visstandbeheer (een bestand van voldoende omvang en reproductie) gewaarborgd zijn. Deze streeft daartoe zowel een duurzame als doelmatige bevissing na (Visserijwet 1963, art 16.1), waarbij ook rekening wordt gehouden met belangen van natuurbescherming (Visserijwet 1963, art 16.2). In 1988 heeft het Visserijbeheer (in de nota 'Beheren door beheersing') voorgesteld de visserij met fuien te sluiten in de periode tot 1 mei, met een ontheffing voor de spieringvisserij gedurende een periode van maximaal 5 weken tussen 1 maart en 4 april. In het overleg met het Ministerie van LNV is toen, ter beperking van de bijvangsten in de dagen voorafgaand aan de werkelijke trek van de spiering, besloten te komen tot een jaarlijkse vaststelling van een periode van 3 weken in deze periode¹. Jaarlijks kan de minister van LVVN bepalen of de spieringvisserij opengesteld kan worden op basis van informatie over de spieringstand² waarover WMR het ministerie informeert na het afronden van de jaarlijkse visstandbemonstering. Feitelijke openstelling van de visserij wordt ook getoetst door de verantwoordelijke provincie(s) aan de Omgevingswet omdat zowel het IJsselmeer als het Markermeer-IJmeer als Natura2000-gebied zijn aangewezen met onder meer aantalsdoelstellingen wat betreft het voorkomen van een aantal visetende watervogels. Na de uitspraak van de Raad van State in 2012, is er geen vergunning onder de Wnb/Omgevingswet meer aangevraagd, omdat niet of onvoldoende aangetoond kon worden dat spieringvisserij geen negatieve effecten zou hebben op de voedselbasis voor de beschermde visetende watervogels en daarmee op de aantalsdoelstellingen. Dit betekent dat er een passende beoordeling nodig is, voordat een vergunning zal worden afgegeven.

¹ De start van het spieringseizoen wordt bepaald door het moment waarop spiering massaal naar de oevers trekt en de vangsten van de zogenaamde proefvisserij boven een van te voren bepaald minimumniveau komen (20 kg per stel fuien per nacht, 10 kg per fuik).

² Er is op dit moment geen norm vastgesteld voor aan de spieringstand gerelateerde visserijactiviteiten. De praktijk van proefvisserijen om de aanvang van het spieringseizoen te bepalen op basis van voldoende grote vangsten met een kleine bijvangst, en het aantal weken dat gevist mag worden in het seizoen is de enige vorm van beheersing van de spieringvisserij. In de Nota "Regeling Spieringvisserij IJsselmeer", opgesteld door W. Dekker (1997), is een ondergrens (limit reference point) voorgesteld van 20 kg of 10.000 stuks per uur kuilen in de standaard najaarsbemonstering (wat overeenkomt met 2100 spieringen per ha kuilen) op basis van het voorzorgsprincipe om, gegeven onzekerheden, voldoende paaistand en voedsel voor baars, snoekbaars en vogels te waarborgen. Dit voorstel heeft niet geleid tot een beleidsmatig besluit over een aanvaardbare minimale omvang voor een duurzame visserij. In 2013 is dit referentiepunt losgelaten omdat dit oorspronkelijk niet gebaseerd was op instandhouding van de spiering, maar om voldoende overleving van jonge aalscholvers te waarborgen (Dekker 1997) en pas in tweede instantie als een pragmatische indicatie om ook het spieringbestand te waarborgen hoewel de mogelijkheden om dit wetenschappelijk te borgen feitelijk onvoldoende waren (De Leeuw 2007).

2 Kennisvraag

Om tot een besluit te kunnen komen over toekomstige aanpak rondom spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer heeft LVVN aan WMR om een rapportage gevraagd over te verwachten ontwikkelingen in het spieringbestand en de (mogelijke) effecten van spieringvisserij hierop. Concreet zijn daarbij de volgende kennisvragen geformuleerd:

Hoe heeft het spieringbestand zich in de afgelopen jaren ontwikkeld en welke oorzaken zijn daarvoor aan te wijzen? Hoe, gelet op veranderingen in de draagkracht van het ecosysteem als gevolg van onder meer klimaatverandering en fosfaathuishouding, wordt het spieringbestand verwacht zich te ontwikkelen in de komende jaren?

Wat is de te verwachten impact van openstelling van de spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer op:

1. De hoeveelheid spiering?
2. De hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende vissoorten?
3. De hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende vogels?

Kan op basis van de ontwikkelingen van het spieringbestand en het effect van spieringvisserij hierop aangegeven worden binnen welke biologische en ecologische randvoorwaarden spieringvisserij mogelijk is?

3 Methoden

De basis van deze studie wordt gevormd door het rapport Spieringvisserij in het IJsselmeergebied (De Leeuw et al 2019; <https://doi.org/10.18174/494874>) waarin een afwegingskader voor spieringvisserij op basis van ecologische risico's is beschreven. Het toepassen van een dergelijk afwegingskader vereist dat betrokken overheden de beschikbare hoeveelheid spiering afwegen tegen de ecologische randvoorwaarden met betrekking tot de spieringsstand en de beschikbaarheid als voedsel voor roofvissen en vogels. In dat rapport is informatie bijeengebracht over de belangrijkste ecologische risico's op genoemde punten, met name in hoeverre spieringvisserij een negatief effect kan hebben op de bestandsontwikkeling, op de voedselbasis van en visserij op roofvissen baars en snoekbaars, en op de voedselbasis en aantalsdoelstellingen van visetende watervogels. Op basis van de voortgezette reeks van de jaarlijkse vismonitoringen en recente onderzoeken naar onder meer de draagkracht van het IJsselmeer en Markermeer, de voedselbasis voor vogels, snoekbaars en baars zijn de inzichten uit deze eerdere rapportages verder uitgediept en aangevuld in onderhavig rapport. Daarnaast is onderzocht in hoeverre internationaal erkende methodiek zoals die onder meer door ICES wordt gehanteerd toegepast kan worden op de spieringbestanden van het IJsselmeer en Markermeer (bijlage 1). Daarbij is eerst gekeken welke gegevens over ontwikkelingen in het spieringbestand en de spieringvisserij beschikbaar zijn, en vervolgens welke benaderingen ICES voorstelt, gegeven de beschikbaarheid van die gegevens en de biologie van spiering. Met name het feit dat spiering in het IJsselmeer en Markermeer een kortlevende soort is en er slechts in zeer beperkte mate gegevens zijn over leeftijdsopbouw, begrenst het aantal methodieken dat toegepast kan worden sterk.

De belangrijkste gegevensbronnen die zijn gebruikt in deze rapportage zijn:

3.1 Bestandsindex

De spieringstand wordt uitgedrukt als een index op basis van het gemiddeld aantal spiering aangetroffen per hectare (n/ha) bevist oppervlak met de verhoogde boomkor (breedte 4 m, hoogte 1 m) in de najaarsbemonstering voor het IJsselmeer (29 stations) en Markermeer (14 stations) in oktober-november. De resultaten van deze bemonstering worden vergeleken met voorgaande jaren met de boomkor (vanaf 2013) en grote kuil (breedte 8 m, hoogte 1 m; 1989 tot en met 2012). Tevens worden de resultaten gepresenteerd van bemonsteringen met de A-toomkuil (breedte 12 m, hoogte 5 m) die in het najaar van 2019, 2021-2023 in het IJsselmeer en Markermeer zijn uitgevoerd (Vrooman et al. 2020, 2022, School et al. 2023). De A-toomkuilsurvey wordt 's nachts uitgevoerd, terwijl de najaarsbemonstering met de verhoogde boomkor overdag wordt uitgevoerd.

3.2 Leeftijdsopbouw

Om de leeftijdsopbouw van het spieringbestand in het IJsselmeer en Markermeer te bepalen zijn geen directe leeftijdsbepalingen voorhanden. Op basis van de lengteverdelingen uit de visstandbemonsteringen met de kuil en boomkor zijn echter voor de meeste jaren de nuljarige spieringen (cohort 1, eenzomerige) goed te onderscheiden van de oudere spiering. Of het voor 'oudere' spiering gaat om eenjarige en/of oudere is niet aan de lengte te beoordelen. Met het R-package *mixed tools* zijn de lengteverdelingen per jaar en per meer op basis van de spieringindices (catch-per-unit-of effort, cpue in n/ha) geanalyseerd. De analyse veronderstelt dat de lengteverdelingen op basis van aantallen een normale verdeling hebben. Er is gekozen om in de analyse maximaal 2 cohorten te onderscheiden. Het onderscheid tussen nul-jarige (cohort 1) en oudere (cohort 2) werd geaccepteerd als het verschil in gemiddelde lengte van cohort 1 en cohort 2 tenminste 2 cm bedraagt. Wanneer het verschil kleiner was werd er van uitgegaan dat er 1 cohort aanwezig was. De analyse geeft als resultaat naast de gemiddelde lengte van een cohort ook de aantallen (n/ha) per cohort.

3.3 Aanlanding

De jaarlijkse aanlandingscijfers van de spieringvisserij met fuiken zijn de gegevens van Productschap Vis en van de Producenten Organisatie IJsselmeer.

3.4 Dieet baars en snoekbaars

In de jaren 1990 werden regelmatig studies uitgevoerd naar het dieet van baars en snoekbaars (roofvis die voor een belangrijk deel ook spiering eet) aan de hand van maaganalyses van vissen die commercieel werden aangeland. In 2022 en 2023 zijn eveneens magen verzameld van baars en snoekbaars uit de jaarlijkse visstandbemonstering op het IJsselmeer en Markermeer en van commercieel aangelande vangsten (zogenaamde marktmonsters). Deze gegevens zijn gebruikt om een indicatie te verkrijgen van het huidige belang van spiering als voedsel voor roofvis. Daarnaast zijn analyses gebruikt van de groei van jonge snoekbaars in relatie tot de lengte en de hoeveelheid spiering op basis van de jaarlijkse visstandbemonsteringen in het IJsselmeer en Markermeer.

3.5 Voedselbeschikbaarheid visetende vogels

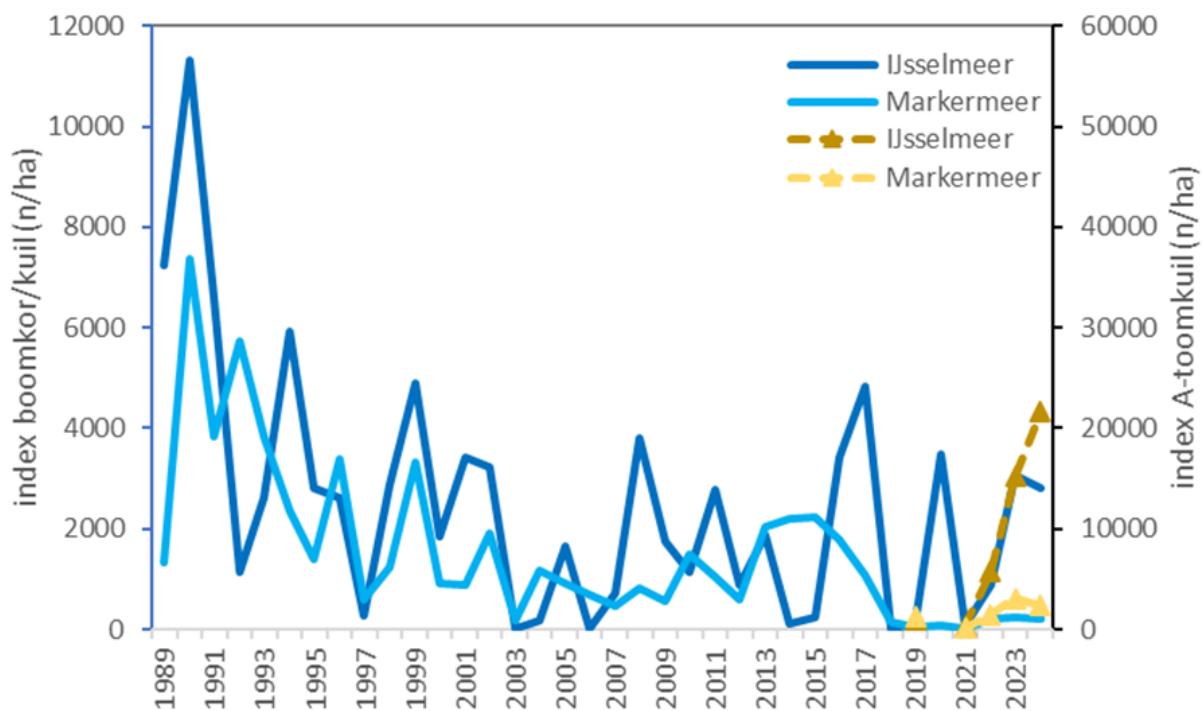
Hiervoor zijn gegevens gebruikt van maandelijkse vogeltellingen vanuit een vliegtuig. Deze tellingen worden door Rijkswaterstaat uitgevoerd en de gegevens worden door SOVON beheerd en toegankelijk gemaakt. Aan de hand van literatuuronderzoek is gekeken in welke mate spiering van belang is in het dieet van de vogelsoorten waarvoor spiering een belangrijke voedselbron is. Van deze vogelsoorten (met name fuut, grote zaagbek en nonnetje) is gekeken in hoeverre de getelde aantallen afhankelijk zijn van de hoeveelheid spiering in een bepaald jaar (spieringindex). Daarnaast is aan de hand van literatuuronderzoek gekeken in hoeverre de hoeveelheid spiering van invloed is op andere parameters die het aantal vogels kan bepalen die van het IJsselmeergebied gebruik maakt. Hierbij gaat het voornamelijk om het broedsucces van visdief.

4 Resultaten

4.1 Ontwikkelingen spieringbestand en spieringvisserij

4.1.1 Spieringstand

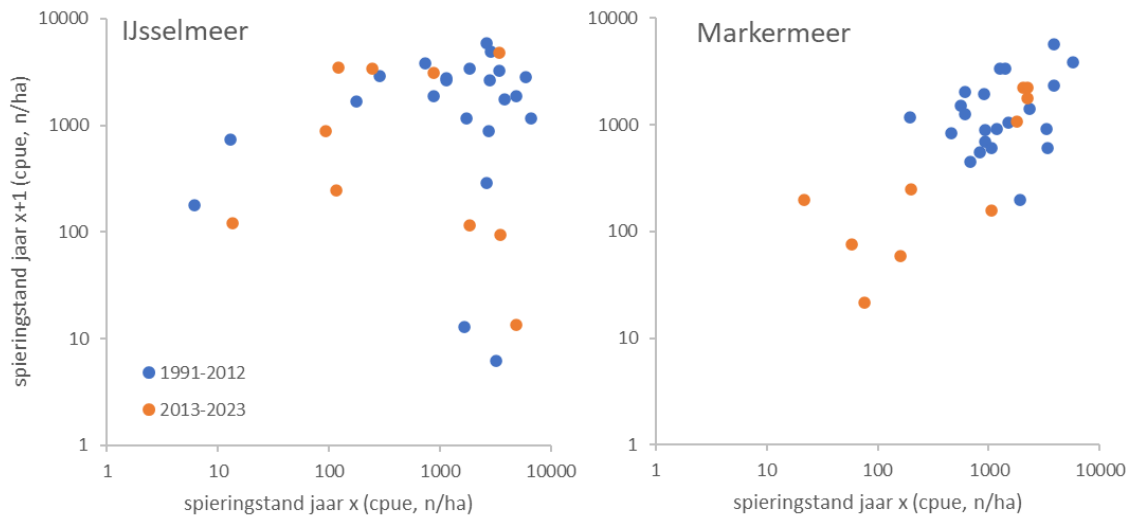
Als maat voor het spieringbestand wordt de index op basis van de gestandaardiseerde jaarlijkse visstandbemonsteringen met de grote kuil (tot 2012) of boomkor (vanaf 2013) gebruikt. De spieringstand in het IJsselmeer en Markermeer volgt in grote lijnen een vergelijkbare ontwikkeling met een afname in de jaren 1990 en sinds ongeveer 2005 een vrij laag maar sterk wisselend bestand, met name in het IJsselmeer (Figuur 1). Sterke schommelingen van jaar tot jaar in het spieringbestand zijn mogelijk doordat spiering in het IJsselmeergebied doorgaans een kortlevende soort is en al na het eerste groeiseizoen paairijp is. Dat betekent dat aanwas (recruitering en groei) en overleving sterk onderhevig zijn aan van nature jaarlijks wisselende omstandigheden die direct van invloed zijn op de populatieomvang, met name ongunstige weersinvloeden in het voorjaar of hoge temperaturen in de zomer. In het verleden werd verhoogde spieringsterfte waargenomen bij hoge zomertemperaturen, mogelijk in combinatie met algenbloei (De Leeuw 2007). Door de gemiddeld lage spieringstand en andere algensamenstelling wordt dergelijke massale zomersterfte niet meer waargenomen, maar het vermoeden is dat hoge temperaturen ongunstig zijn voor de ontwikkelingen van het bestand.



Figuur 1. Spieringindex (aantal/ha bevist oppervlak) met de grote kuil (1989-2012) of 4m-boomkor (vanaf 2013) en de A-toomkuil (2019, 2021-23). Boomkor/kuil: IJsselmeer (donkerblauw) en Markermeer (lichtblauw); linker y-as. A-toomkuil/stortkuil: IJsselmeer (donkerbruin) en Markermeer (lichtbruin); rechter y-as. Bron: De Leeuw & Volwater 2024.

De afname in het spieringbestand in de jaren 1990 viel samen met een intensieve spieringvisserij (zie 4.1.3). De afgelopen decennia is ook de draagkracht van het IJsselmeer en Markermeer afgenomen door de sterke reductie van de fosfaatbelasting (De Leeuw et al. 2023b). Opvallend is dat de sterkste afname in fosfaatconcentraties in de jaren 1980 en na 2000 plaatsvond, en dat een relatief stabiele periode in fosfaatconcentraties in het IJsselmeer en Markermeer werd gemeten in de jaren 1990, juist toen de spieringstand sterk afnam. Hoewel de lange-termijn afname van fosfaat bijdraagt aan vermindering van de

draagkracht is het tot dusver onduidelijk hoe precies het functioneren van het ecosysteem samenhangt met de fosfaathuishouding (Tack et al. 2024). In het Markermeer is de jaar-op-jaar variatie sinds 2015 geringer dan in het IJsselmeer, maar het valt op dat na een lichte stijging rond 2015 een zeer lage spieringstand wordt waargenomen sinds 2018. Deze lage aantallen spiering hangen vermoedelijk samen met een sterk opkomend snoekbaarsbestand (zie 4.3) en mogelijk ook met grootschalige bouwactiviteiten zoals zandwinning en aanleg van eilanden en zandoevers langs de Markermeerdijken die voorheen de belangrijkste paaiplekken voor spiering vormden.

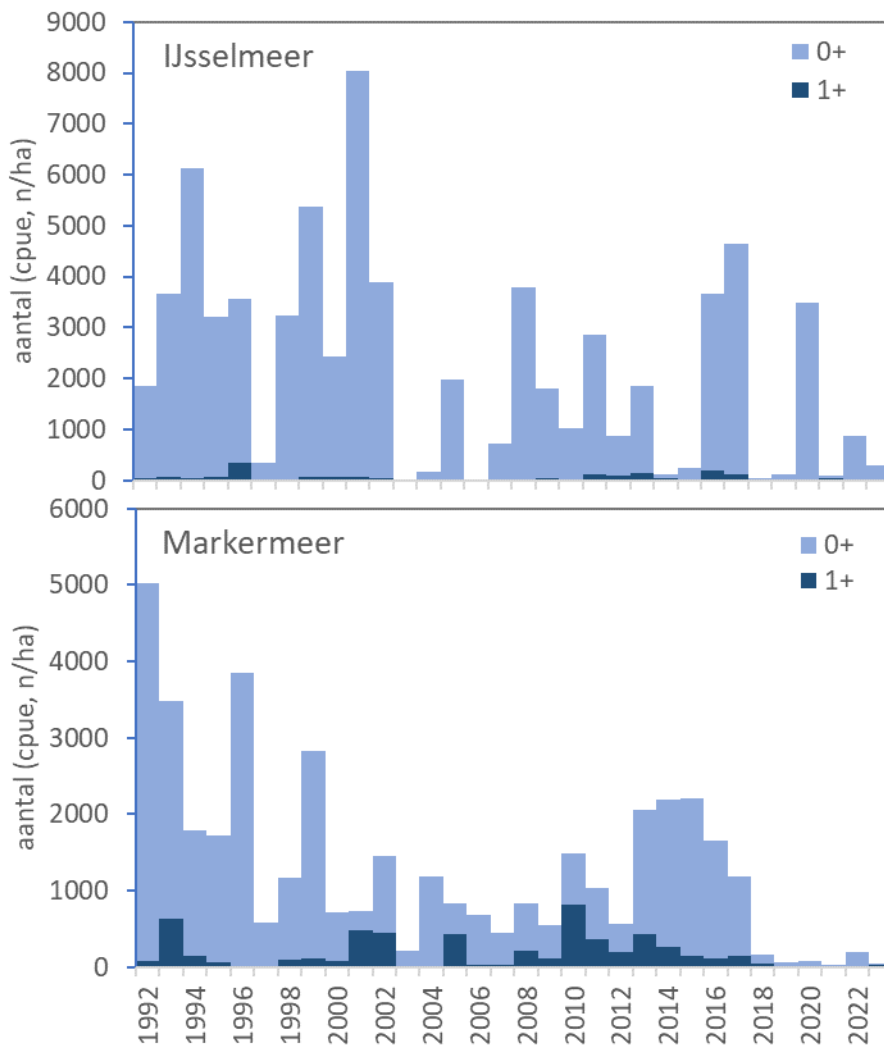


Figuur 2. Spieringindex (n/ha bevist oppervlak) in een bepaald jaar in relatie tot de index in het jaar ervoor in het IJsselmeer (links) en Markermeer (rechts) in de periode met visserij en afnemend bestand (1991-2012, blauw) en daarna (2013-2023, oranje).

Aangezien spiering in het IJsselmeer en Markermeer al na het eerste groeiseizoen geslachtsrijp is en het spieringbestand grotendeels bestaat uit 0-jarige spiering (zie 4.1.2) vormt de jaarlijkse spieringindex een goede index voor zowel de recrutering in jaar x als voor het paaibestand in jaar x+1. De relatie tussen het paaibestand in een bepaald jaar ("stock") en het bestand in het jaar daarop ("recruitment") is doorgaans niet zo duidelijk door de sterk wisselende omvang van het spieringbestand van jaar tot jaar (Figuur 2). Op een logaritmische schaal lijkt er echter wel een verband zichtbaar, met name bij een lage spieringstand van minder dan 1000/ha in het IJsselmeer en voor het Markermeer mogelijk zelfs tot nog iets hogere indexcijfers. Dat geldt zowel voor de jaren tot 2012 waarin visserij plaatsvond en een gemiddeld dalende trend in het bestand optrad, als in de jaren na 2012 waarin geen noemenswaardige trend in het bestand wordt waargenomen en geen visserij optrad. Dit wijst er op dat de paaistand beperkend is in spieringarme jaren en, naast de veranderde milieuomstandigheden, bijdraagt aan een geringer spieringbestand. De observatie dat een lage paaistand beperkend kan zijn voor de nieuwe generatie komt overeen met de bevindingen voor spiering in Lake Peipsi op de grens van Estland en Rusland, waar na een instorting van de spieringpopulatie herstel van het bestand enkele jaren duurde, waarbij er enkele jaren niet commercieel werd gevist op spiering (Dorozhkina 1985).

4.1.2 Ontwikkelingen leeftijdsopbouw

De leeftijdsopbouw, dat wil zeggen de relatieve hoeveelheid nuljarige ten opzichte van eenjarige en oudere, verschilt tussen beide meren en over de jaren. Het aantal oudere spiering is relatief laag in het IJsselmeer, en wat hoger in het Markermeer (Figuur 3). Daarbij valt op dat er vaak een reeks jaren zijn met een wat hoger aandeel oudere spiering. Met name in de periode 2010 tot 2016 was er nauwelijks spieringvisserij en bovendien weinig snoekbaars (zie 4.3), en een iets groter aandeel oudere spiering. Ook begin jaren 1990 en 2000 vallen samen met lagere aantallen snoekbaarzen en een wat hoger aandeel oudere spiering. Vanaf 2017 neemt het aantal snoekbaarzen in met name het Markermeer sterk toe (Volwater et al. 2024).



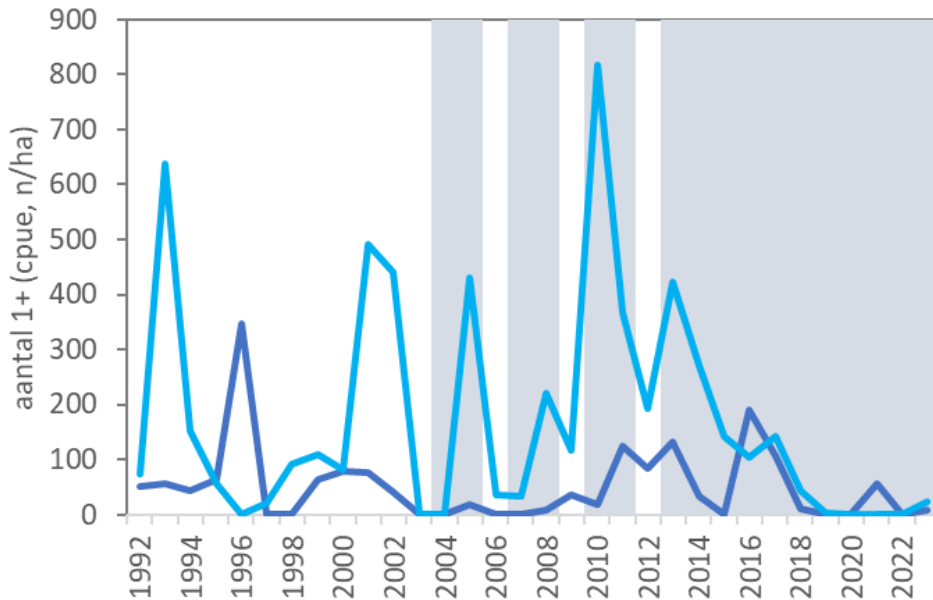
Figuur 3. Ontwikkelingen in leeftijdsopbouw van de spieringpopulaties in IJsselmeer en Markermeer. Nuljarige (0+) en oudere spiering (1+) zijn onderscheiden op basis van lengteverdelingen (R-package mixed tools, zie bijlage 2).

4.1.3 Spieringvisserij

Visserij met spieringfauken in het voorjaar was tot begin jaren 2000 de belangrijkste spieringvisserij in het IJsselmeergebied sinds het kuilverbod van 1970. Daarnaast is er een zeer beperkte visserij met een aaskuil op spiering in de zomer als aas voor de hoekwant- en kistenvisserij op aal. De omvang van deze zomervisserij wordt niet geregistreerd en wordt hier daarom buiten beschouwing gelaten.

De fuikenvisserij op spiering in het voorjaar is gericht op spiering die naar de oevers trekt om te paaien. De vangsten bestaan voor ongeveer de helft uit spiering die paairijp is maar nog moet paaien en voor het overige uit spiering die net heeft gepaaid (zie De Leeuw et al. 2019 voor details). Gemiddeld werd in de jaren 1990 ongeveer 70% van het voorjaarsbestand opgevisst (Mous et al. 2003). In piekjaren van het bestand (1990, 1994; Figuur 1) werden de vangstpieken (resp. 1991 en 1995; Figuur 4) beperkt door de markt en beschikbare vriesruimte tot een niveau van ruim 2 miljoen kilo. In de jaren 1990 namen de vangsten af tot een dieptepunt in het bestand in 2003 (Figuur 4). In 2004 werd het spieringseizoen daarom niet opengesteld evenals in de jaren die daarop volgden met uitzondering van 2006, 2009 en 2012 toen de spieringstand in die jaren wat hoger was (survey-index van respectievelijk 2005, 2008 en 2011; Figuur 1 & 5). In 2006 werd het spieringseizoen een week later geopend dan gebruikelijk voor het toen geldende protocol omdat de spieringindex niet zeer laag was maar onder het geldende *limit reference point* lag van 2100/ha. Door een week later te starten met vissen zou meer spiering de kans krijgen om te paaien. In 2012 tekende Vogelbescherming bezwaar aan tegen vergunningverlening op basis van de Wnb omdat onvoldoende kon

De hoeveelheid oudere spiering varieert sterk van jaar tot jaar (Figuur 6). In het Markermeer zijn de dichtheden oudere spieringen vaak groter dan in het IJsselmeer. Opvallend is dat in de jaren met spieringvisserij de aantallen oudere spiering vaak laag uitvallen en in de jaren zonder spieringvisserij (grijze achtergrond) de aantallen vaak hoger zijn, maar dat in het laatste decennium ook zonder visserij de aantallen oudere spiering sterk afneemt. Dit duidt op een steeds geringere overleving van spiering door andere oorzaken dan visserij in het verleden. Zoals genoemd in hoofdstuk 4.1.1 en 4.1.2 kunnen hogere zomertemperaturen, verminderde draagkracht en toename van predatie door een herstellend snoekbaarsbestand hier aan bijdragen.



Figuur 6. Spieringindex van eenjarige en oudere spiering (1+) in het IJsselmeer (donkerblauw) en Markermeer (lichtblauw). Jaren waarin de spieringfuikvisserij niet werd geopend zijn met een grijze achtergrond aangegeven.

4.2 ICES-methodiek spieringvisserij

Een overzicht van ICES-methodes en mogelijke toepassingen voor de bestanden en visserij op spiering in het IJsselmeergebied is uitgebreid beschreven in bijlage 1. De belangrijkste bevindingen worden in dit hoofdstuk samengevat. Spiering is in het IJsselmeer en Markermeer een kortlevende soort, waarbij de omvang van het bevisbare bestand voor het overgrote deel wordt bepaald door het voortplantingssucces en de overleving in het eerste jaar en daarmee sterk afhankelijk is van natuurlijke fluctuaties. Visserij vindt plaats in een korte periode op alle dan aanwezige jaarklassen op het moment van paaien. In welke mate natuurlijke sterfte optreedt en in welke mate visserij de sterfte beïnvloedt is dan zeer moeilijk aan te geven. De goede tijdseries van de bestandsontwikkelingen (jaarlijkse index vanuit de visstandmonitoring) en tot 2012 ook gegevens over de aanlanding bieden de mogelijkheid *ICES guidelines for Data Limited Stocks* toe te passen (*category 3* in de ICES-systematiek, ICES 2022). Hiervoor zijn een aantal oogstregels (*harvest control rules*, HCR) voor kortlevende soorten ontwikkeld. Toepassing hiervan is niet mogelijk voor de periode sinds 2013 omdat vanaf toen geen spieringvisserij meer heeft plaatsgevonden.

Het is echter wel mogelijk om terug te kijken in hoeverre de visserij tot 2012 een duurzaam karakter had door een oogstregel toe te passen op de tijdseries tot 2012. Hiervoor is eerst getest of een *surplus production model* (dat wil zeggen het schatten van de overproductie die geogst kan worden zonder het bestand in gevaar te brengen) kon worden toegepast met de JABBA-methode (*Just Another Bayesian Biomass Assessment*, ICES 2022). Hiervoor zijn de vangstdata van 1989 tot 2012 gebruikt (*fishery dependent data*) en de bestandsindices (CPUE, kg/ha) uit de visstandbemonsteringen (*fishery independent data*) uit die periode. Dit model bleek onvoldoende toepasbaar omdat gegevens over de populatiegroei en de draagkracht voor een spieringbestand niet voldoende nauwkeurig geschat konden worden. Ook methoden gebaseerd op lengteverdelingen of leeftijdsstructuur (maximaal 2 cohorten te onderscheiden op basis van lengteverdeling) bleek onvoldoende voor nadere analyse van visserijsterfte.

Voor de periode 1989-2012 kon echter wel een andere oogstregel worden toegepast (*1 over 2 rule for short-lived species*) die een vangstadvies op basis van het voorzorgsprincipe voor een duurzame visserij geeft. Dit toonde aan dat de vangsten vóór 2012 doorgaans hoger waren dan duurzame oogstniveaus, en daarmee dat de vangsten hebben kunnen bijgedragen, naast veranderingen in draagkracht, aan de snelle achteruitgang van de spieringbestanden. Het sluiten van de visserij sinds 2013 leek in eerste instantie tot een gering herstel te leiden maar daarna nam het bestand, met name in het Markermeer, weer af om andere redenen.

Ten slotte zouden ook zogenaamde *depletion models* gebruikt kunnen worden waarbij gedurende het vangstseizoen de bestandsontwikkelingen (en vangsten) regelmatig worden bepaald en de visserij beperkt wordt wanneer de ontwikkelingen erop duiden dat het bestand onder een vooraf gestelde drempelwaarde uitkomt. Deze methode wordt onder meer toegepast bij kortlevende soorten als ansjovis en verschillende soorten inktvissen (Agnew et al. 2005, Arkhipkin et al. 2013, 2015, Hendrickson 2017, Sánchez-Maróño 2021, Winter 2019). Deze methode vereist echter intensieve bemonstering en een aannemelijke onderbouwing voor de gekozen drempelwaarde (vaak in de orde van grootte van ca 50% van draagkracht of onbeviste situatie). Merk op dat de drempelwaarde in deze methodiek de ondergrens aangeeft waarboven een bestand dient te blijven aan het einde van het visseizoen; dit in tegenstelling tot de voorheen gehanteerde drempelwaarde die gehanteerd werd voor het IJsselmeer en Markermeer voor al of niet openstelling van de spieringvisserij, zonder indicaties voor tot hoe ver de spieringvisserij het bestand kon uitputten. De korte periode waarin spieringvisserij (3 tot maximaal 5 weken) plaatsvindt en het ontbreken van een indicatie voor de hoogte van een drempelwaarde die voldoende garantie op een duurzaam bestand biedt, maken deze methode echter niet bruikbaar voor het beheer van het spieringbestand van het IJsselmeer en Markermeer.

4.3 Mogelijke effecten spieringvisserij op snoekbaars(visserij)

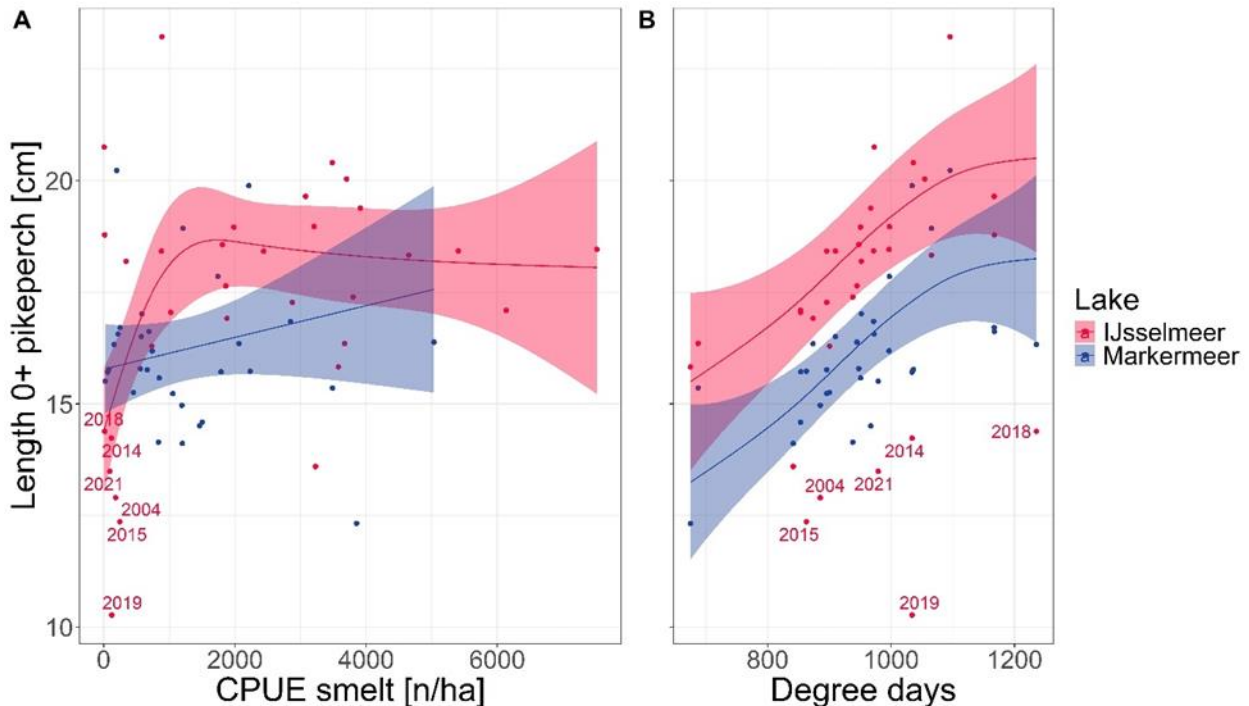
Spiering vormt een zeer belangrijke voedselbron voor roofvissen als baars en snoekbaars. Uit maaganalyses van baars en snoekbaars die in de periode van 1972 tot 2016 zijn verzameld blijkt dat jonge baars en snoekbaars voornamelijk spiering eten, maar ook volwassen baars en snoekbaars eet aanzienlijke hoeveelheden spiering (Tabel 1).

Met de opkomst van invasieve Ponto-Kaspische grondels (met name zwartbekgrondel) bleken baars en snoekbaars een aanzienlijk deel grondels te zijn gaan eten. In 2022 en 2023 zijn wederom magen van baars en snoekbaars verzameld. Een eerste analyse van verder nog ongepubliceerde gegevens laat zien dat grondels weliswaar ook op het menu staan, maar spiering nog altijd een aanzienlijk deel van het dieet betreft (ca 50% voor nuljarige baars en ca 65% voor nuljarige snoekbaars; WMR ongepubliceerde gegevens).

Tabel 1. Samenstelling dieet (aantalspercentages per prooi-soort) op basis van maaganalyses van visetende baars en snoekbaars in verschillende grootteklassen verzameld in de periode 1972-2016 in het IJsselmeer en Markermeer. Percentages >5% zijn vetgedrukt, *n* is het aantal geïdentificeerde prooien. Bron: Wageningen Marine Research.

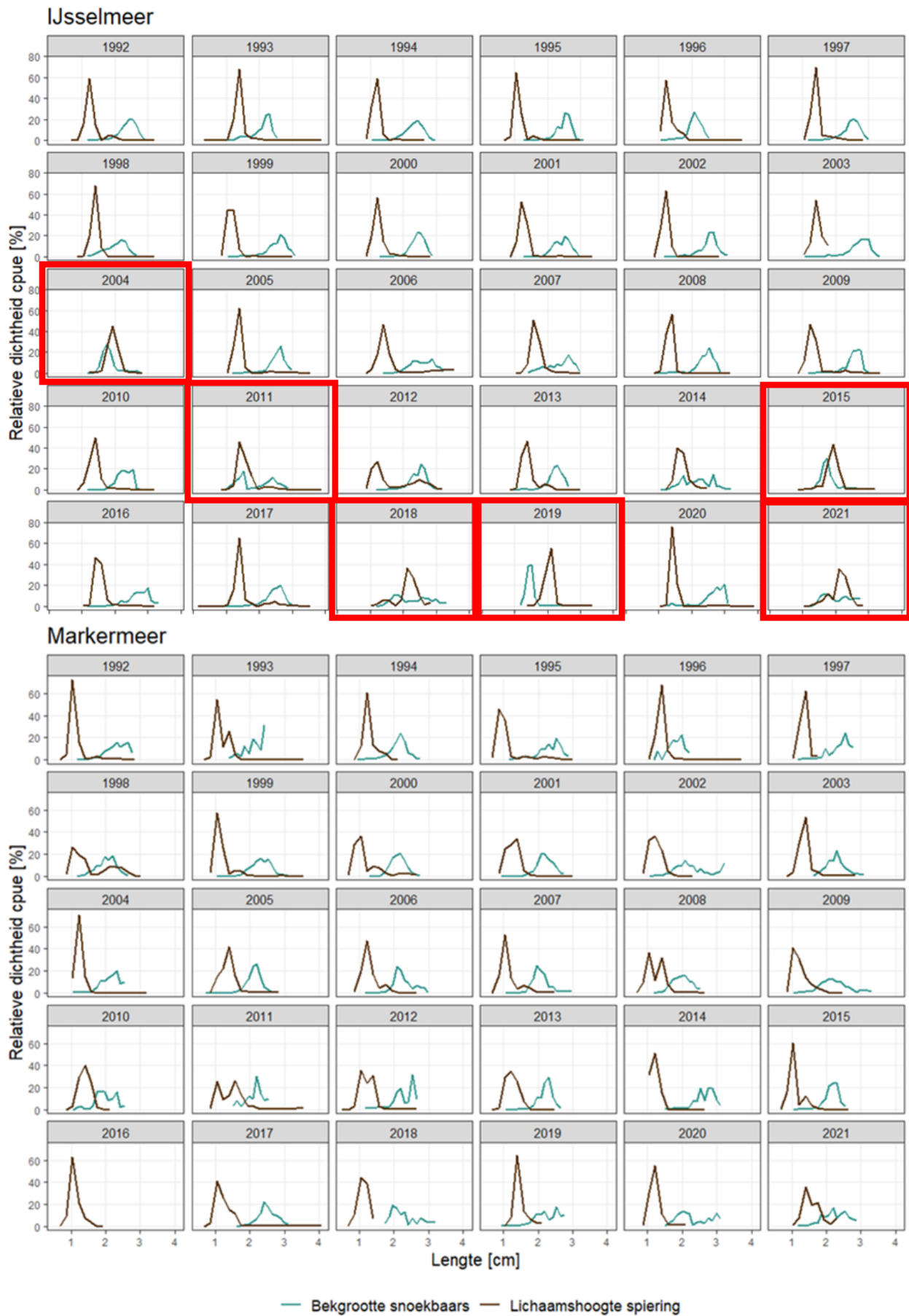
	spiering	baars	snoekbaars	blankvoorn	brasem	pos	grondel	<i>n</i>
baars	344	113	4	6	1	211	33	712
<15	83.5	3.5	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	85
15-25	47.8	12.9	0.0	0.3	0.0	33.0	6.1	364
25-40	37.1	23.9	1.5	1.9	0.4	30.9	4.3	259
snoekbaars	449	73	27	69		105	1	724
<15	94.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	88
15-25	82.3	7.1	1.8	0.0	0.0	8.8	0.0	113
25-40	75.4	13.1	0.8	2.3	0.0	8.5	0.0	130
>40	44.5	12.2	6.1	16.8	0.0	20.1	0.3	393

In een studie naar de draagkracht van het IJsselmeergebied voor vissen (De Leeuw et al. 2023b) bleek dat de groei van jonge snoekbaars in het IJsselmeer in sommige jaren achterbleef, met name in recente jaren in het IJsselmeer. Een nadere analyses van de gegevens leerde dat in die jaren het aantal spieringen laag was (Figuur 7). Ook bleek dat de groei van snoekbaars sterk afhankelijk was van de watertemperatuur (gemeten als het aantal daggraden boven een minimumtemperatuur van 10 °C waarboven groei van snoekbaars mogelijk is). Opvallend daarbij was dat de groei van nuljarige snoekbaars in een aantal (recente) jaren aanzienlijk lager was dan je zou verwachten op basis van de temperatuurontwikkeling over het groeiseizoen.



Figuur 7. De lengte van nuljarige snoekbaars aan het eind van het eerste groeiseizoen in relatie tot (A) de hoeveelheid spiering (jaarlijkse spiering index visstandbemonstering) in het IJsselmeer (rood) en Markermeer (blauw), en (B) in relatie tot de watertemperatuur (degreedays boven 10 °C). Jaartallen in rood geven jaren aan waarin snoekbaars in het IJsselmeer opvallend kleiner was dan verwacht op basis van de watertemperatuur.

Het achterblijven van de groei in sommige jaren (rode jaartallen in Figuur 7) blijkt samen te hangen met het niet of nauwelijks beschikbaar zijn van spiering omdat in die jaren de aanwezige spiering niet benut kon worden door jonge snoekbaars. Dat komt doordat de jonge spiering in die jaren groter was dan de jonge snoekbaars als prooi aan kon. Dit werd duidelijk door de hoogte van de spiering (geschat op basis van de lengte van spiering) te vergelijken met de hoogte van de bek van jonge snoekbaars (Mous 2000). In jaren dat de hoogte van spiering ongeveer even groot of hoger was dan de bekgrootte van de jonge snoekbaars (zie rood omlijste diagrammen in Figuur 8) had snoekbaars onvoldoende toegang tot de jonge spiering als voedselbron. In het Markermeer komen dergelijke situaties niet voor omdat spiering langzamer groeit (kleiner blijft) dan in het IJsselmeer. Deze kleinere spiering is dan wel altijd beschikbaar voor opgroeiende snoekbaars, waardoor jonge snoekbaars in de loop van de zomer van dierlijk plankton over kan schakelen op een visdieet (in eerste instantie vooral spiering) en daarmee aanzienlijk harder kan groeien en een aanzienlijk hogere kans heeft om de eerste winter door te komen (Buijse & Houthuijzen 1992).



Figuur 8. Lengteverdeling van bekgrootte van snoekbaars (groen) en lichaamshoogte van spiering (zwart) in het IJsselmeer en Markermeer. Jaren waarin de bekgrootte van snoekbaars gemiddeld kleiner is dan de lichaamshoogte van spiering zijn met een rood kader aangegeven.

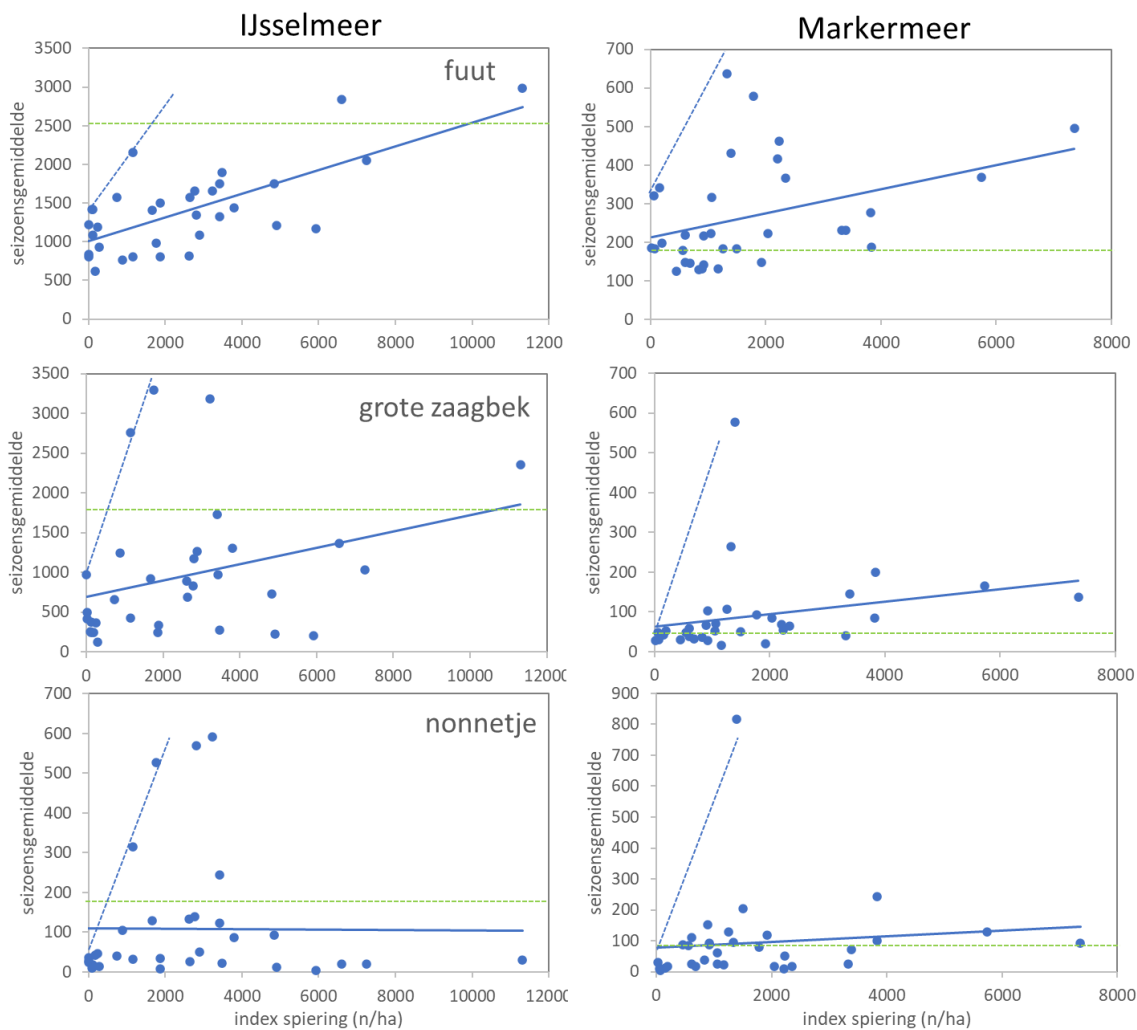
Aangezien spieringvisserij zorgt voor een aanzienlijk lager spieringbestand (ca 70% wordt weggevisst, Mous 2000) in het voorjaar en de zomer, de periode waarin voedselbehoefte van groeiende baars en snoekbaars het grootst is, zou dit effecten kunnen hebben op de groei en overleving van de roofvisbestanden. Er lijkt geen duidelijke directe koppeling tussen een goede spieringstand en een goede roofvisstand (De Leeuw et al. 2019), mogelijk omdat met name in het verleden de visserijdruk op roofvis zeer groot was. Spieringvisserij bij een matige en lage spieringstand zoals de laatste 15 jaar wordt waargenomen (en een door lagere visserijdruk inmiddels aanzienlijk verbeterd snoekbaars- en baarsbestand) leidt mogelijk tot een enigszins verminderd baars- en snoekbaarsbestand en verminderde vangsten van deze soorten. Het ontbreekt aan modelinstrumentarium om mogelijke effecten van spieringvisserij op de ontwikkelingen van de roofvisbestanden en -visserij te onderzoeken en het daarmee samenhangende risico van negatieve interacties tussen spieringvisserij en visserij op roofvissen.

4.4 Mogelijke effecten spieringvisserij voor visetende vogels

Uit dieetonderzoek van visetende vogels blijkt dat spiering een belangrijke voedselbron vormt, met name in de jaren 1990 toen spiering bijna jaarlijks in hoge aantallen voorkwam. Voor zwarte stern bijvoorbeeld werden in de nazomer vele tienduizenden vogels waargenomen die gebruik maakten van het IJsselmeergebied en grotendeels foerageerden op spiering (Van der Winden et al. 2022). De aantallen zijn sindsdien fors gedaald, mede doordat spiering geen jaarlijks betrouwbare voedselbron meer vormt. Ook voor andere visetende vogels als futen en zaagbekken geldt dat de aantallen sterk zijn afgenomen, parallel aan de afname in het aanbod aan spiering, maar dat spiering nog altijd een belangrijk deel van het dieet uitmaakt (De Leeuw et al. 2023b). De relaties tussen het aantal spieringen en de aantallen vogels die per seizoen jaarlijks tussen 1989 en 2022 zijn geteld (fuut, grote zaagbek en nonnetje) is echter zwak (Figuur 9). Onder de aanname dat de spieringstand bepalend is voor de (lange-termijn) doelaantallen, zouden bij lage aantallen spieringen (minder dan 1000/ha) in sommige jaren de doelen al gehaald kunnen worden (blauwe stippellijnen in Figuur 9), maar vermoedelijk zullen de hoeveelheden spiering aanzienlijk groter moeten zijn voor een voldoende betrouwbare voedselbron voor deze vogels (getrokken blauwe lijnen in Figuur 9).

Het broedsucces van visdieven op het eiland de Kreupel in het IJsselmeer liet een duidelijk positief verband zien met de hoeveelheid spiering: bij een spieringindex onder de 500/ha was het broedsucces (aantal vliegvlugge jongen per broedpaar) nul, en pas bij een spieringindex van ca 3000/ha leek er voldoende spiering om een broedsucces van 0.7 vliegvlugge jongen per broedpaar te halen, dat wil zeggen een broedsucces dat op de lange termijn de populatie visdieven in stand kan houden (Van der Winden et al. 2019). Visdieven die op Marker Wadden broeden blijken daarentegen sinds 2018 een hoog broedsucces te hebben (>1 vliegvlug jong per paar; Van der Winden et al. 2021) ondanks dat er in de meeste jaren weinig spiering is (Figuur 1) en de jongen ook met andere vissoorten worden gevoerd (Van der Winden et al. 2024). In tegenstelling tot wat de gegevens van De Kreupel suggereerden wordt op Marker Wadden geen relatie met spiering waargenomen. Het is echter mogelijk dat er toch indirect een effect van (weinig) spiering op het broedsucces is, omdat visdieven de laatste jaren vaak laat starten met broeden (pas eind mei, terwijl dat voor 2010 eind april/begin mei was, website Sovon <https://stats.sovon.nl/stats/soort/6150>). Dit komt vermoedelijk omdat er in de meeste jaren te weinig spiering is in het voorjaar en pas later in de zomer (vanaf juni) jonge baars en snoekbaars voldoende groot is om als geschikt voedsel voor jonge visdieven te fungeren. Wat het effect is van een laat broedseizoen op de uiteindelijke reproductie en populatieontwikkeling van visdieven, is onbekend.

Hoewel aannemelijk is dat spieringvisserij de beschikbaarheid van spiering in het voorjaar en het begin van de zomer negatief beïnvloedt, biedt bovenstaande onvoldoende aanknopingspunten om een eventuele spieringvisserij te reguleren op basis van (minimale) hoeveelheden spiering beschikbaar voor vogels.



Figuur 9. Aantal visetende vogels in relatie tot spieringindex (jaarlijkse boomkorsurvey WMR). Groene stippellijnen geven de Natura2000-doelen voor elke soort in IJsselmeer (links) en Markermeer (rechts). Blauwe lijnen geven relatie tussen aantal vogels (seizoensgemiddelde) en de spieringindex; gestippelde blauwe lijnen geven een indicatie voor welke minimale hoeveelheid spiering mogelijk nodig is voor een gegeven aantal vogels. De snijpunten van de blauwe regressielijnen en groene lijnen geven een indicatie bij welke ordegraote van spieringindices de natuurdoelstellingen haalbaar zouden kunnen zijn, onder de aanname dat spiering de bepalende factor is.

5 Conclusies

In onderstaande worden de kennisvragen kort beantwoord op basis van voorgaande hoofdstukken.

Hoe heeft het spieringbestand zich in de afgelopen jaren ontwikkeld en welke oorzaken zijn daarvoor aan te wijzen?

Het spieringbestand heeft zich in de jaren na sluiting van de spieringvisserij vanaf 2013 nauwelijks ontwikkeld. Voor het Markermeer leek in eerste instantie een toename in het bestand op te treden maar sinds 2018 is de spieringstand zeer laag met een spieringindex van minder dan ca 200/ha. In het IJsselmeer varieert de spieringindex sterk tussen zeer laag en maximaal ca 4000/ha. De gemiddeld lage spieringstand past bij de afname in draagkracht die wordt aangenomen voor het IJsselmeer en Markermeer. De zeer lage spieringstand in het Markermeer sinds 2018 hangt mogelijk samen met toename van predatie door een sterk snoekbaarsbestand en met habitatveranderingen door zandwinning en aanleg van zandoevers op voorheen paailocaties.

Hoe, gelet op veranderingen in de draagkracht van het ecosysteem als gevolg van onder meer klimaatverandering en fosfaathuishouding, wordt het spieringbestand verwacht zich te ontwikkelen in de komende jaren?

Hoewel de oorzaken van het gemiddeld lage spieringbestand niet goed bekend zijn, zijn er geen aanwijzingen dat het bestand zich verder zal herstellen. Er zijn geen grote veranderingen in de fosfaathuishouding te verwachten en klimaatveranderingen richting gemiddeld hogere watertemperaturen zullen voor een koudwatersoort als spiering vermoedelijk leiden tot een sterk wisselend bestand en over langere termijn gemiddeld afnemende bestandsontwikkeling. Natuurontwikkelingsprojecten in het IJsselmeer en Markermeer om het ecologisch functioneren van beide meren te bevorderen en mogelijk de draagkracht te verhogen door productie vanuit halfnatuurlijke oeverzones en wetlands in combinatie met een betere slibhuishouding vereisen waarschijnlijk nog een aanzienlijke opschaling om de draagkracht voor het open water te verhogen. Lopende onderzoeksprogramma's als [KIMA 2](#) richten zich onder meer op dit aspect.

Wat is de te verwachten impact van openstelling van de spieringvisserij op het IJsselmeer en Markermeer op:

- *De hoeveelheid spiering?*
- *De hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende vissoorten?*
- *De hoeveelheid voedsel beschikbaar voor visetende vogels?*

Spieringvisserij betekent een verlaging van het bestand oudere spiering. Er zijn aanwijzingen dat bij een lager paaibestand de recrutering ook lager is, met name bij een spieringindex van minder dan 1000/ha, maar ook bij grotere bestanden blijft het risico bestaan dat spieringvisserij negatieve effecten heeft op de bestandsontwikkelingen. Dit wordt bevestigd door een analyse van de bestandsontwikkelingen en aanlandingen tot 2012 volgens de ICES-methodiek (bijlage 1). Deze analyse gaf aan dat in jaren met spieringvisserij de aanlandingen boven het voorzorgsniveau lagen en spieringvisserij kan hebben bijgedragen aan de negatieve bestandsontwikkelingen.

Spieringvisserij heeft een direct effect op de beschikbaarheid van spiering als voedselbron in het voorjaar en de zomer, voordat de nieuwe generatie spiering voldoende groot is om als prooi voor visetende vissoorten (baars en snoekbaars) en vogels te dienen. Omdat spieringvisserij ook een negatief effect lijkt te hebben op de bestandsontwikkelingen van spiering, heeft spieringvisserij niet alleen een seizoenseffect maar ook op de lange termijn een negatief effect op de hoeveelheid voedsel voor visetende vogels en vissen.

Kan op basis van de ontwikkelingen van het spieringbestand en het effect van spieringvisserij hierop aangegeven worden binnen welke biologische en ecologische randvoorwaarden spieringvisserij mogelijk is?

Door de sterke jaarlijkse fluctuaties in de spieringindex als gevolg van grote variatie in recruitment en natuurlijke sterfte is het vrijwel onmogelijk om met enige mate van betrouwbaarheid biologische en ecologische randvoorwaarden te formuleren. Deze rapportage toont dat zeker bij een spieringindex onder de 1000/ha en met grote waarschijnlijkheid bij aanzienlijk hogere waarden van enkele duizenden/ha de

veerkracht van het spieringbestand en de voedselbeschikbaarheid voor vogels beperkend is. De analyse van de duurzaamheid van de spieringvisserij tot 2012 liet zien dat de aanlandingen boven het voorzorgsniveau lagen en dat er sprake was van overbevissing bij het toen geldende spieringprotocol waarbij de spieringvisserij werd geopend bij een spieringindex boven de 2100/ha. Duurzame bestandsniveaus liggen daar vermoedelijk dus ruim boven, maar op welk niveau is niet aan te geven. Voor spieringvisserij zou een productie-overschot nodig zijn. Op welk niveau een productie-overschot zou moeten liggen om een drempelwaarde te identificeren ten einde de duurzaamheid van een bestand veilig te stellen is met de huidige gegevens, kennis en modelinstrumentarium niet nader te specificeren. Bovendien is de vraag in hoeverre een drempelwaarde voor het openstellen van spieringvisserij (zoals tot 2012 werd gehanteerd) voldoende bescherming van het bestand kan bieden ten opzichte van een drempelwaarde waarboven het bestand dient te blijven ná spieringvisserij. Recente gegevens laten zien dat spiering ook in recente jaren van groot belang is als voedsel voor jonge baars en snoekbaars. Spieringvisserij zal de voedselbasis voor deze soorten in zekere mate beperken, en daarmee de doelmatigheid van nettenvisserij. Gegevens en modelinstrumentarium ontbreken echter voor een nadere specificatie in welke mate spieringvisserij de visserij op snoekbaars en baars negatief zou beïnvloeden.

Samenvattend kan gesteld worden dat veilige biologische en ecologische randvoorwaarden voor spieringvisserij op een niveau liggen van een spieringindex van ten minste enkele duizenden per ha en dat de bestandsontwikkelingen erop duiden dat het spieringbestand doorgaans onder dit niveau zal blijven.

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

- Agnew, D. J., Hill, S. L., Beddington, J. R., Purchase, L. V., & Wakeford, R. C. 2005. Sustainability and management of southwest Atlantic squid fisheries. *Bulletin of Marine Science* 76: 579-594.
- Arkhipkin, A., Barton, J., Wallace, S., Winter, A., 2013. Close cooperation between science, management and industry benefits sustainable exploitation of the Falkland Islands squid fisheries. *Journal of Fish Biology* 83: 905-920.
- Arkhipkin, A.I., Rodhouse, P.G., Pierce, G.J., Sauer, W., Sakai, M., Allcock, L., Arguelles, J., Bower, J.R., Castillo, G., Ceriola, L. and Chen, C.S. 2015. World squid fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 23: 92-252.
- Belyanina T.N. 1969 Synopsis of biological data on smelt, *Osmerus eperlanus* (Linnaeus), Food and Agriculture Organization Fishery Synopsis 78, Rome
- Buijse, A.D. & R.P. Houthuijzen 1992. Piscivory, growth and size-selective mortality of age 0 pikeperch *Stizostedion lucioperca*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 894-902
- Chase, B.C., Elzey, S., Turner, S.M., & Ayer, M.H. 2019. Fecundity and reproductive life history of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in coastal waters of Massachusetts. *Fishery Bulletin*, 117(3), 151
- Deerenberg, C., F.C. Groenendijk, F.J. Quirijns & M.J.C. Rozemeijer 2013. Wetenschappelijk advies kennis voor herijking en harmonisatie spieringprotocol. IMARES Rapport C177/13
- De Leeuw, J.J., 2007. Zomersterfte spiering in het IJsselmeer en Markermeer. IMARES rapport C086/07
- De Leeuw, J.J. & J.J.J. Volwater 2023. Spieringstand IJsselmeer en Markermeer 2023. CVO rapport: 23.026. <https://doi.org/10.18174/644255>
- De Leeuw, J.J., T. van der Hammen, A. Schadeberg, K. Kwakman-Schilder 2019. Spieringvisserij IJsselmeer en Waddenzee; Voorstudie Ecologische Risicoanalyse ten behoeve van afwegingskader spieringvisserij. Wageningen Marine Research rapport C060/19.
- De Leeuw J.J. & S.C. van Donk 2020. Voedselreservering voor visetende vogels in het IJsselmeer en Markermeer. Wageningen Marine Research rapport C030/20.
- De Leeuw, J.J., School, J.J.M., & Volwater, J.J.J. 2023a. Snoekbaars in de groei. *Visionair: het vakblad van sportvisserij Nederland*, 17(69), 12-15.
- De Leeuw, J.J., J.J.J. Volwater, J.J.M. School, 2023b. Veranderingen in draagkracht van het IJsselmeer en Markermeer voor vis. Wageningen Marine Research report C030/23.
- Dreef, C. & J. van der Winden 2023. Broedvogels en pleisteraars op Marker Wadden 2022-2023. Rapport 2023-03, Camilla Dreef, Amsterdam.
- Hendrickson, L.C. 2017. Longfin Inshore Squid (*Doryteuthis (Amerigo) pealeii*) Stock Assessment Update for 2017. US National Marine Fisheries Service, Northeast Fisheries Science Center.
- Hurtado-Ferro, F., Szuwalski, C.S., Valero, J.L., Anderson, S.C., Cunningham, C.J., Johnson, K.F., Licandeo, R., McGilliard, C.R., Monnahan, C.C., Muradian, M.L., Ono, K., Vert-Pre, K.A., Whitten, A.R., Punt, A.E.,

-
- (2014). Looking in the rear-view mirror: Bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models, in: ICES Journal of Marine Science. pp. 99–110.
- ICES (2022). ICES technical guidance for harvest control rules and stock assessments for stocks in categories 2 and 3. Report of ICES advisory committee, 2022. ICES advice 2022, section 16.4. 11, 20.
- Marandel, F., Lorance, P., and Trenkel, V. M. (2019). Determining long-term changes in a skate assemblage with aggregated landings and limited species data. *Fisheries Management and Ecology*. doi:10.1111/fme.12367.
- McAllister, M. K., Pikitch, E. K., & Babcock, E. A. (2001). Using demographic methods to construct Bayesian priors for the intrinsic rate of increase in the Schaefer model and implications for stock rebuilding. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(9), 1871-1890. doi:10.1139/cjfas-58-9-1871.
- Mohn, R. 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES Journal of Marine Science*, 56(4), 473-488.
- Mous, P.J. 2000. Interactions between fisheries and birds in IJsselmeer, The Netherlands. Thesis, Wageningen University
- Mous, P.J., W. Dekker, J.J. de Leeuw, M.R. van Eerden & W.L.T. van Densen, 2003. Interactions in the utilisation of small fish by piscivorous fish and birds, and the fishery in IJsselmeer. In: (I.G. Cowx, Ed) *Interactions between Fish and Birds: implications for management*. Fishing News Books, Blackwell Science, pp 84-118
- Plummer, M. 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling, 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003); Vienna, Austria.
- Sánchez-Marroño, S., A. Uriarte, L. Ibaibarriaga & L. Citores, 2021. Adapting Simple Index-Based Catch Rules for Data-Limited Stocks to Short-Lived Fish Stocks' Characteristics. *Front. Mar. Sci.* 8:662942. doi: 10.3389/fmars.2021.662942
- School, J.J.M., Vrooman, J., Volwater, J.J.J., de Leeuw, J.J., Kampen, J. & de Bruijn, P. 2023. A-toomkuilsurvey 2022: IJsselmeer en Markermeer. Wageningen Marine Research rapport, no. C017/23, Wageningen Marine Research, IJmuiden
- Su, Y.-S. & M. Yajima, 2012. R2jags-a package for running jags from R. <https://cran.rproject.org/web/packages/R2jags/> .
- Tack, L.F.J., J.A. Vonk, M.C van Riel, J.J. de Leeuw, J. Koopman, M.A.M. Maathuis, K. Schilder, R.L. van Hall, J. Huisman & H.G. van der Geest, 2024. Food webs in isolation: The food-web structure of a freshwater reservoir with armoured shores in a former coastal bay area. *Science of the Total Environment* 925: 171780
- Van der Hammen, T. , I. Tulp, J. van der Winden, M. Kraan & C. Dreef 2017. Herziening spieringadvisering. Wageningen Marine Research rapport C101/17.
- Van der Winden J., S. Weeda, M. Hotting, M. Poot, Y. Verkuil & C. Dreef, 2021. Visdieven en dwergsterns op Marker Wadden in 2021. Jaarrapport: aantallen, broedsucces en prooikeuze als indicatie van relatie tussen vis en vogels. Rapport 2021-07, Jan van der Winden Ecology, Utrecht
- Van der Winden J., L. Kelder, O.L. de Vries, H.P.M. Schobben & M. Poot, 2022. Het IJsselmeergebied en de Waddenzee als pleisterplaats voor Zwarte Sterns na de broedtijd. *Limosa* 95: 113-116.
- Van der Winden, J., R. Noordhuis, P. van Horssen & C. Dreef 2024. Nieuw Land biedt visdief nieuw broed- en foerageergebied. *De Levende Natuur* 125:220-225

-
- Volwater, J.J.J, School, J.J.M. & van Rijssel, J.C, 2024. Bestandsoverzicht van snoekbaars, baars, blankvoorn en brasem in het IJsselmeer/Markermeer, 2023. Wageningen Marine Research rapport C028/24.
- Vrooman, J., P. de Bruijn, J. Kampen, M. van der Sluis & P. de Vries, 2020. Op weg naar een duurzame visserij op het IJsselmeer- Markermeer; gezamenlijke bestandopnamen als stap naar breed gedragen Vangstadviezen. Aanvulling 2019 en Evaluatie. Wageningen Marine Research rapport C042/20.
- Vrooman, J., Tien, N., de Leeuw, J., Kampen, J., & de Bruijn, P. 2022. A-toomkuilsurvey 2021: Eerste stap richting een gestandaardiseerde methodiek. Wageningen Marine Research rapport C020/22.
- Weeda, S., M. Hotting, M. Poot, Y. Verkuil & C. Dreef 2021. Visdieven en dwergsterns op Marker Wadden in 2021. Jaarrapport: aantallen, broedsucces en prooikeuze als indicatie van relatie tussen vis en vogels. Rapport 2021-07, Jan van der Winden Ecology, Utrecht.
- Winker, H., Mourato, B., Parker, D., Sant'Ana, R., Kimoto, A., & Ortiz, M. 2020. Preliminary stock assessment of South Atlantic albacore tuna (*Thunnus alalunga*) using the Bayesian state-space surplus production model JABBA. ICCAT. Collect. Vol. Sci. Pap, 77, 352-376.
- Winter, A. 2019. Joint Survey and Stock Assessment Shortfin squid *Illex argentinus*. Natural Resources - Fisheries Falkland Islands Government Stanley, Falkland Islands

Verantwoording

Rapport C006/25

Projectnummer: 4318100480

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: T.P.A. Brunel
Senior onderzoeker

Handtekening: 
C098F6ACFFA9449...

Datum: 21 januari 2025

Akkoord: Dr. Ir. K.E. van de Wolfshaar
Senior onderzoeker

Handtekening: 
7E4E358EE96248C...

Datum: 21 januari 2025

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Director

Handtekening: 
B64E2991BD8A472...

Datum: 21 januari 2025

Bijlage 1 Smelt Fishery Evaluation (ICES methodology)

1.0. Literature review on ICES methods

The following text summarizes the evaluation of the application of ICES methodology on the smelt fishery in IJsselmeer, based on the currently available data.

1.1. Available data

The dataset includes annual (autumn) research survey data providing abundance indices (in numbers and kilograms per hectare) and length data. This beam trawl autumn survey is a good indicator of stock size and length frequency distribution in the following spring when commercial fishery targets the spawning aggregations under three to five weeks (Figure 5, Mous 2000, De Leeuw et al. 2019). Smelt in Lake IJsselmeer and Lake Markermeer mature after the first growing season, which implies that all smelt engage in spawning and are targeted by the commercial fishery. Additionally, landings data (spring fishery) from 1989 to 2012 for Markermeer + IJsselmeer in tonnes were considered. A fishing ban has been in effect in 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011, and since 2013, because of low stock sizes and concerns on food availability for piscivorous birds and fish.

1.2. What is known about the stock and methods that could be applied?

ICES defines category 3 stocks as stocks for which landings and/or catch and reliable stock size indicator(s) exist (Figure B1). Given the availability of an abundance index (time series based on annual survey data), smelt stock in IJsselmeer falls under category 3. Category 3 stocks refer to stocks for which survey data or indices provide indications of stock trends, but the available information is insufficient for full analytical assessments. These stocks typically have some data available, such as indices of abundance, total mortality, recruitment, or biomass trends, but the data lacks the depth or detail necessary for more comprehensive assessments.

Given this stock category, the ICES Data Limited Stocks guidelines recommend employing the harvest control rules (HCR) for short-lived species. This HCR approach includes either using (1) an indicative surplus production model such as the Stochastic Surplus Production in Continuous Time (SPiCT) or the Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA), or (2) using a constant harvest rule ("chr") method based on a MSE, or (3) using the 1-over-2 rule.

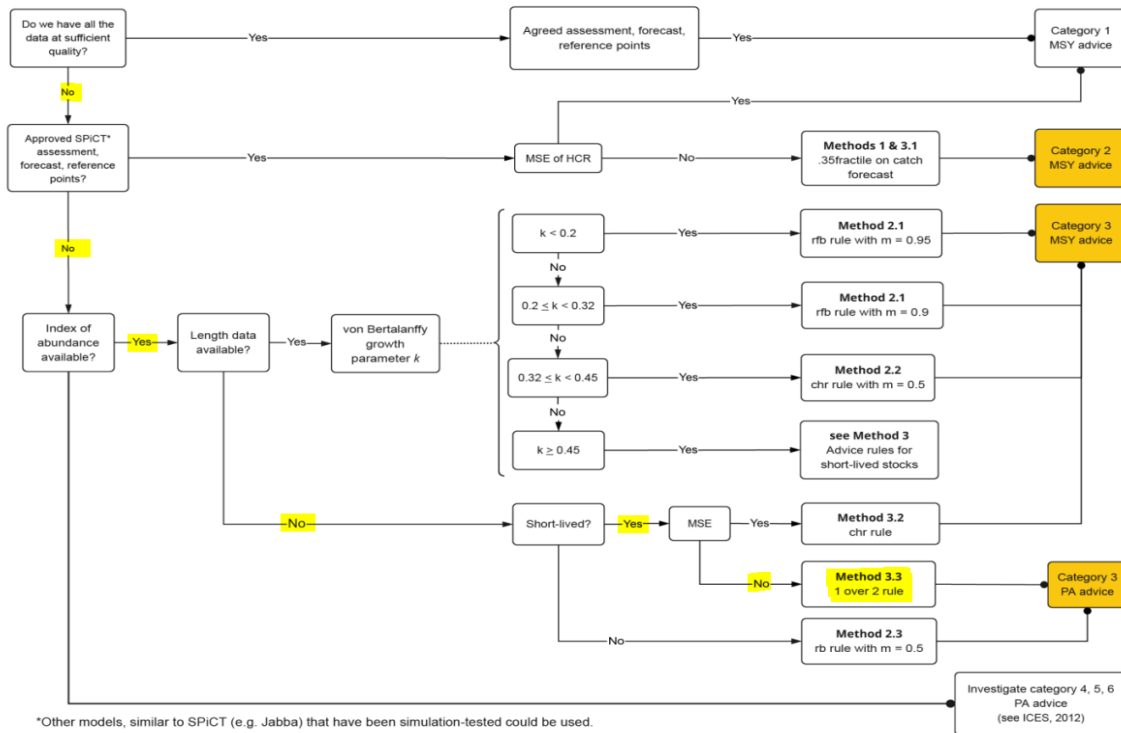
The surplus production method requires complete observed data on commercial landings or catches (which is available until 2012), the population's intrinsic growth rate and CPUE index representing the part of the stock vulnerable to the overall fisheries fleet (available as survey cpue index). It requires a lot of contrast (of effort, biomass, catch rate) in the data to work effectively and has the assumption that changes in biomass only occur through growth and through fishing and not through migration. The constant harvest rate rules (chr rule or one over two) depends on the actual life history of the stock and requires that the first time it is applied, the initial catch should be taken from the mean of the catch from the previous two years (von Bertalanffy growth parameter (k) estimate for smelt in IJsselmeer not available). Both methods can be applied using the available survey and catch data until 2012.

Other methods which may have been appropriate for a short-lived species like smelt (e.g. depletion models, where the decline in catches or stock indicators are monitored over the fishing season) require shorter time steps not available in this case.

In the case of just providing an estimation of proxy MSY reference points, ICES approves 4 methods of calculation which are (1) Length-based Indicators, (2) Mean length-based mortality estimators, (3) Length-based Spawning Potential Ratio, and (4) Stochastic Surplus Production in Continuous Time (SPiCT). Of these, Mean length-based mortality estimators and Length-based Spawning Potential Ratio are unsuitable for short-lived species. For the surplus production method, assumptions and missing requirements such as the estimates of population's intrinsic growth rate, carrying capacity and natural mortality makes it an unsuitable approach. Length-based Indicators (LBIs) require accurate estimates of growth parameters (growth rate, asymptotic length (L_{inf}) and length at maturity (L_{mat}) and assumes equilibrium conditions. LBIs are sensitive to L_{inf} and L_{mat} because they determine biological limits and reproductive capacity. When these values are inaccurate, the indicators misinterpret stock status, leading to incorrect conclusions about sustainability or

overexploitation. This makes the use of an LBI unsuitable, as these estimates of life history parameters for the smelt in IJsselmeer are unavailable.

Figure B1: Method 3.3 (1 over 2 rule) highlighted as the best method for the smelt stock in IJsselmeer and Markermeer (ICES, 2022).



Based on all the available data and the ICES guidelines, the only appropriate method would have been Method 3.3 (1 over 2 rule for short-lived species) which provides a precautionary catch advice to ensure fishing sustainability. This method also assumes that the stock is being actively fished on, which is no longer the case since the fishing ban in IJsselmeer and Markermeer in 2013. Hence, this method would not be appropriate for determining the current status of the stock in relation to the sustainability of fishing.

1.3. Conclusion

The smelt stock in IJsselmeer falls under ICES category 3, which indicates the presence of reliable stock size indicators but insufficient data for full analytical assessments. Full analytical assessments require catch data, fishing effort data, abundance indices, biological data (growth rates, asymptotic length, natural mortality rate, length at maturity, etc.), and length and age composition data. Given its stock category, traditional analytical assessments or depletion models are unsuitable for determining the current status of smelt due to the lack of recent catch data and active fishing (exploitation).

2.0. Employing the ICES Guidelines

As stated in chapter 1, methods available are not suitable for determining the current status of the stock for the purpose of determining sustainable fishing levels. This part of the evaluation therefore aims to just determine (using the landings and cpue) if the ban on the fishery was required (Data under consideration prior to 2013).

2.1. Using the surplus production method

Given the information available a surplus production model was tested using JABBA. Total catch from 1989 to 2012 (fishery dependent data) and CPUE time series for biomass in kg/ha with the assumption that this is exploitable biomass (fisheries independent data) from 1989 to 2012 were used for the assessment (Figure 2). An additional input was the standard error estimate associated with the abundance indices on a log scale set as 0.1. JABBA is implemented in R (R Development Core Team, <https://www.r-project.org/>) with JAGS interface (Plummer, 2003) to estimate the Bayesian posterior distributions of all quantities of interest by means of a Markov Chains Monte Carlo (MCMC) simulation. The JAGS model is executed from R using the wrapper function `jags()` from the library `r2jags` (Su and Yajima, 2012), which depends on `rjags` R package.

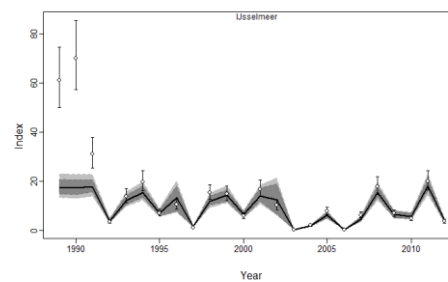
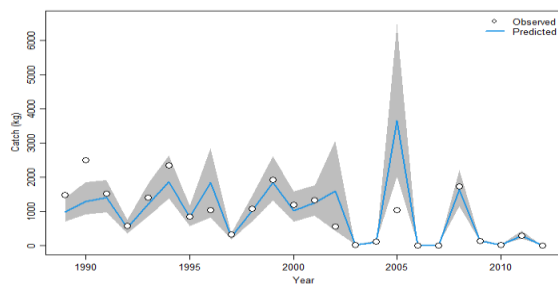
A prior distribution for the intrinsic rate of population growth (r) was needed for the assessment. Given that literature studies could not provide estimates of intrinsic growth rate for smelt, the Leslie method described by McAllister et al. 2001 was used to define an r prior (3.73) (Table B1). For this r prior, JABBA "range" option was implemented using lower and upper values that ranged from 0.7 to 3.73. This resulted in an approximated mean value of 1.62 and a CV of 43% defined as the mean and coefficient of variation (CV) of a lognormal distribution for the surplus production model.

Table B1: Parameter values used in the Leslie method described by McAllister et al. (2001) for defining a prior for the intrinsic population growth rate.

Parameter (unit)	Description	<i>Osmerus eperlanus</i>	Reference
L_{∞} (cm)	von Bertalanffy growth function	13.9	Mous et al. (2003)
k (year ⁻¹)		0.73	
t_0 (year)		(not available), Set to 0	
a	length-weight relationship	2.30×10^{-6}	Mous et al. (2003)
b		3.37	
A_{50} (year)	age at 50% maturity	1.50	Fishbase
f	number of eggs	8000-50000, mean = 29000	Fishbase
Z	Total instantaneous mortality	North -3.20, South - 2.45 Mean = 2.825	Mous et al. (2003)

Two MCMC chains were used for inferring the posterior distributions of model parameters (Figure B2). The model was run for 30,000 iterations and sampled with a burn-in period of 5,000 for each chain. The prior of K was kept uninformative to convey minimal prior information on the parameters estimates. For K , a lognormal distribution was implemented using JABBA "range" option. For K , lower and upper values ranged from 3000 kg to 20000 kg, which resulted in an approximated mean value of 8668 kg and a CV of 50%. Initial depletion (Ψ) distribution was set as beta and Ψ prior was set as 0.1 with an associated CV of 100%. Unit of abundance indices was kg/ha, standard error for abundance indices was set as 0.10 and catch was assumed to be of error 0.20.

Scenario 1 – 1989 - 2012



Scenario 2 – 1993 - 2012

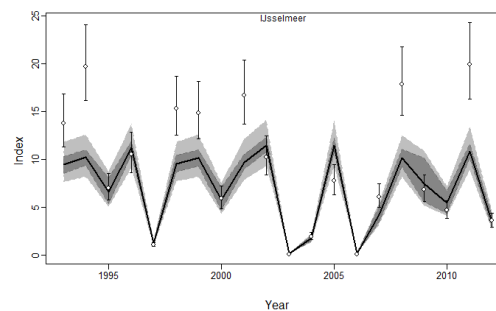
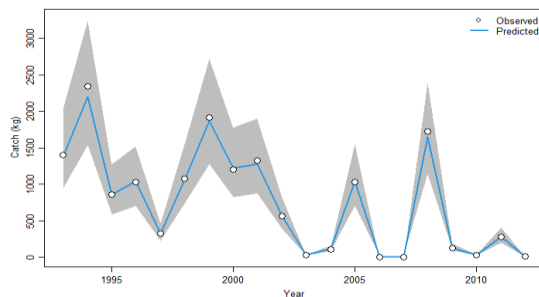


Figure B2: Time series of catch (observed – circle, predicted – solid line) – left, abundance index (observed – circle, predicted – solid line) with error 95% Cis (error bars) fitted.

For both scenarios, the surplus production phase plot showed that catches were below the surplus production curve for the mid and last years, 2005 and 2012 respectively for scenario 1 and 2006 and 2012 respectively for scenario 2 but was outside the curve for the beginning of the period (1989 for scenario 1 and 1993 for scenario 2) (Figure B3).

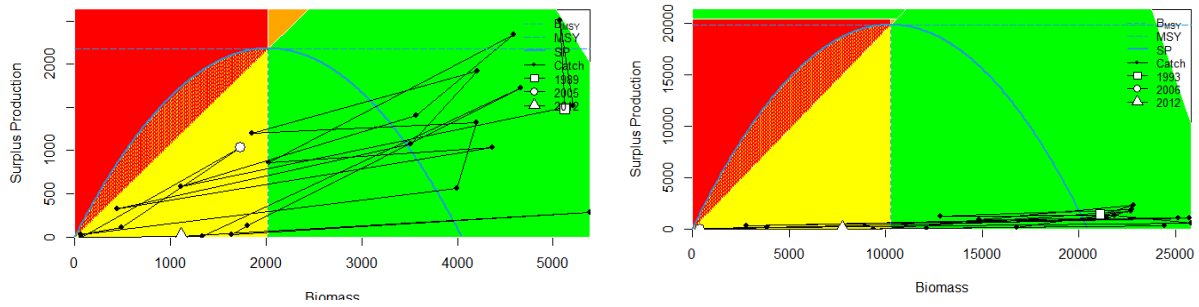


Figure B3: Surplus production curve for the surplus production JABBA model. Scenario 1 (left), Scenario 2 (right).

For both scenarios, the Kobe plots showed the first years (1989, 1993) in the green quadrant suggesting high biomass, low fishing mortality and last year (2012) in the yellow quadrant suggesting low biomass and low fishing mortality (figure B4). The mid year for scenario 1 (2005) is shown in the red quadrant suggesting a low biomass and high fishing mortality. Scenario 2 had the mid year (2006) in the yellow quadrant (low biomass, low fishing mortality).

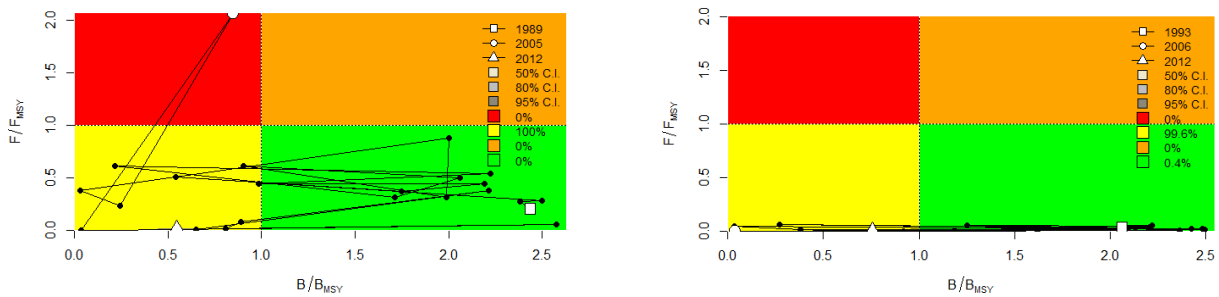


Figure B4: Kobe plots for the surplus production JABBA model fits – right. . Scenario 1 – left , Scenario 2 – right.

A retrospective analysis for the production function was performed to check for systematic bias in the stock status estimates. This is achieved by sequentially removing one year of data at a time over a period of 6 years ($n = 6$), refitting the model after each data removal and comparing quantities of interest (i.e. biomass, fishing mortality, B/B_{MSY} and F/F_{MSY}) to the reference model that is fitted to full data time series. The computed Mohn's (1999) rho (ρ) statistic was used to compare retrospective bias between the models as the more values diverge from zero, the stronger the bias. The acceptable range of bias was settled to be between -0.15 and 0.2 (Winker et al., 2020). The 5 year retrospective analysis applied to the both scenarios indicated that with the exception of stock quantities for production and fishing mortality in scenario 1, all other stock quantities fell within acceptable range of bias (Figure B5). The mean absolute error (MASE) of the model for scenario 1 (0.6) indicated the model prediction was on average only 40% better than a naive forecast. The MASE for scenario 2 (1.05) however, indicated prediction was only 5% better. The bias and error of prediction shows the unsuitability of the models.

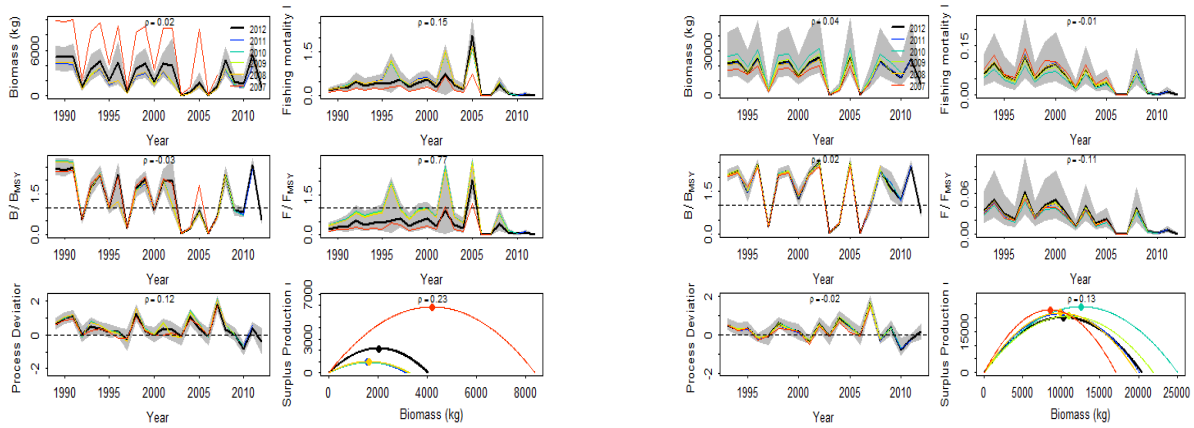


Figure B5: Results of retrospective analysis. Scenario 1 (left), Scenario 2(right).

The use of the surplus production model was not appropriate given the missing estimates for the intrinsic growth rate (r) and carrying capacity (K). Based on the ICES guidelines the suitable method, 1 over 2 rule which utilizes biomass indicators and past catch data to provide cautious and adaptive advice was applied.

2.2. Using the method 3.3 (1 over 2 rule) – Harvest control

Given that knowledge of catchability and observation errors of the abundance index are unknown to preclude the selection of a robust constant harvest rate, a HCR that determines next year's advised catch based on the last advised catch is to be used.

HCR is defined as:

$$A_{y+1} = \left\{ \begin{array}{l} \left(\begin{array}{l} 0.2 A_y \\ A_y \frac{I_y}{\sum_{y-2}^{y-1} I_y/2} \\ 1.8 A_y \end{array} \right) \cdot \left[\min \left(1, \frac{I_{current}}{I_{trigger}} \right) \right] \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \frac{I_y}{\sum_{y-2}^{y-1} I_y/2} < 0.2 \\ 0.2 \leq \frac{I_y}{\sum_{y-2}^{y-1} I_y/2} < 1.8 \\ \frac{I_y}{\sum_{y-2}^{y-1} I_y/2} \geq 1.8 \end{array}$$

- A_y : Advised catch for year y (advised catch for the most recent year)
- I_y : Biomass indicator for year y
- $\sum I_y/2$: Average of the biomass indicator for the previous two years
- $I_{current}$: Biomass indicator for the current year
- $I_{trigger}$: Trigger index value, below which the advice would be corrected downwards

HCR Conditions

- If $(I_{current}/\sum I_y/2) < 0.2$, A_{y+1} is set to $0.2 \times A_y$
- If $0.2 \leq (I_{current}/\sum I_y/2) < 1.8$, A_{y+1} is set to A_y
- If $(I_{current}/\sum I_y/2) \geq 1.8$, A_{y+1} is set to $1.8 \times A_y$

First case: If the ratio is less than 0.2, the advised catch is scaled down to 20% of the usual catch.

Second case: If the ratio is between 0.2 and 1.8, the advised catch is adjusted proportionally to the ratio.

Third case: If the ratio is greater than or equal to 1.8, the advised catch is scaled up to 180% of the usual catch.

Biomass safeguard:

$$\left[\min \left(1, \frac{I_{current}}{I_{trig}} \right) \right]$$

This part of the formula ensures that the advised catch is corrected downwards if the current biomass is lower than the trigger value. The min factor ensures that this factor does not exceed 1 meaning it can only reduce the advised catch.

Uncertainty Cap: The first and third cases (0.2 and 1.8 multipliers) correspond to an 80% symmetrical uncertainty cap. Hence, the advised catch for the current year can increase or decrease up to 80% relative to the previous year's advised catch, limiting the change in the index trend to $\pm 80\%$.

Trigger Index: If the trigger index value $I_{trigger}$ is below the advised catch, the advice would be corrected downwards in proportion to the drop of the most recent abundance index over the $I_{trigger}$ value.

The formula to calculate $I_{trigger}$ is:

$$I_{trigger} = I_{stat} = \text{geometric mean}(I_{hist}) \times \exp(-1.645 \times \text{sd}(\log(I_{hist}))),$$

where I_{hist} is the available historical series of the abundance index, $\exp(-1.645 \cdot \text{sd}(\log(I_{hist})))$ accounts for a confidence interval adjustment.

Modifications

Advised catch for year x is calculated in the year before, starting from year 2002. For year 2001, the advised catch was set as the mean of the catches from the three years prior (1998–2000) and served as the starting point for the calculations of A_y for the first year (2001). The resulting A_{y+1} of 2001, becomes the catch advice for 2002, etcetera.

Approach

Since CPUE data was available starting from 1989, the analysis began in 2001 to ensure that at least a decade of CPUE values showing historical variation were available for the $I_{trigger}$ calculations at the start of the analysis. To determine if the ban served its purpose, the trends in the catch data, the biomass (cpue) over the ban period, are compared to the advised catches calculated by the formula for the same period. Calculated advised catches for each year from 2001 to 2022, assuming no ban was in place, serves as a baseline to compare against actual catches and cpue.

Results

The years 2001–2012 had variable catch values, with some years showing very high catches (e.g., 2001, 2002, 2006, 2009) and others much lower due to a ban on fisheries (2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011; Table B2). The ban from 2013–2022 also significantly decreased catch values, with some years showing almost no catch. CPUE values also fluctuated widely prior to 2013, suggesting inconsistent stock health. This fluctuation continued during the fisheries ban of 2013–2022, but showed a trend towards recovery in some years (e.g., 2017, 2018, 2021).

Advised catch ($A_{Current_Year}$) values provide a baseline for what sustainable fishing should be. Before the 2013 ban on fisheries, actual catches often exceeded what would have been advised values and this continued during the 2013–2022 ban. Actual catch values only generally aligned with or fell below advised catch levels for the years 2015, 2018, 2019 and 2021.

If the ban was effective, post-ban CPUE trends should show signs of recovery. Higher CPUE values in years like 2017, 2018, and 2021 suggest some recovery. However, the CPUE trend during the ban fluctuates and recovery is uncertain.

Table B2: Application of method 3.3 (1 over 2 rule for harvest control of the smelt stock of Lake IJsselmeer and Markermeer using catch statistics and beam trawl cpue data since 2001 (bold: years with fishing, grey: actual catch higher than advised catch). Note that cpue estimates for the stock and fishery in year x (spring) are based on the survey in the months before (autumn survey year x-1).

Year	Actual catch values	Cpue (x + 1)	Biomass Ratio	I_Trigger	Advised catch for year*
2001	1200.7745	5.9021	0.3917	1.8292	1108.1647
2002	1328.0900	16.7049	1.6103	1.8035	1108.1647
2003	563.1131	10.1915	0.9016	1.9932	1108.1647
2004	26.7810	0.0215	0.0016	2.1044	1108.1647
2005	109.7120	1.9137	0.3748	0.3325	2.2657
2006	1030.9630	7.7353	7.9944	0.3197	2.2657
2007	0.0070	0.0465	0.0096	0.3541	4.0783
2008	3.7320	6.0724	1.5607	0.1612	0.1072
2009	1729.1350	17.8358	5.8297	0.1789	0.1072
2010	126.3745	6.8349	0.5718	0.2023	0.1930
2011	26.1830	4.6572	0.3775	0.2218	0.1930
2012	280.7674	19.9232	3.4673	0.2370	0.1930
2013	5.8710	3.5728	0.2907	0.2618	0.3474
2014	14.1135	5.1825	0.4411	0.2727	0.3474
2015	0.2160	0.5674	0.1296	0.2890	0.3474
2016	9.7630	1.6813	0.5848	0.2547	0.0695
2017	15.8005	12.5755	11.1848	0.2527	0.0695
2018	0.0610	14.6541	2.0557	0.2725	0.1251
2019	0.0000	0.1093	0.0080	0.2931	0.2251
2020	0.0340	1.0583	0.1434	0.2145	0.0168
2021	0.0000	11.2356	19.2447	0.2080	0.0034
2022	1.6300	0.8206	0.1335	0.2225	0.0060

*) the advised catch remains unchanged for years where the biomass ratio for the year before (calculated as the current year's biomass indicator divided by the average of the biomass indicators for the two previous years) stays between 0.2 and 1.8, and the advised catch changes when this ratio falls below 0.2 or rises above 1.8.

2.3. Conclusion

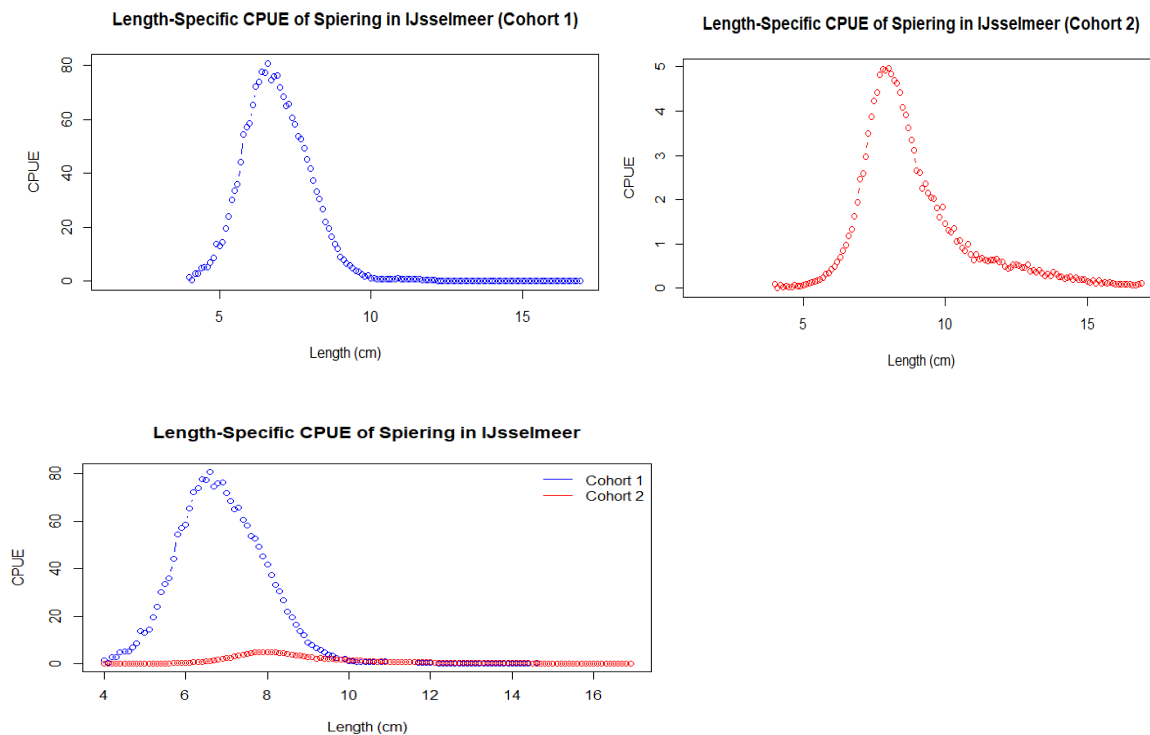
Advised catches were calculated retrospectively assuming no ban was in place from 2001 to 2022. Actual catch data during the period (2001-2022) were compared against these advised catch levels. Results showed that before the ban in 2013, actual catches often exceeded advised levels, indicating potentially unsustainable fishing pressure. During the ban, actual catches were significantly lower, suggesting reduced fishing pressure, however only a few years had catches, aligning with or falling below advised levels. The evaluation concluded that the fishing ban in IJsselmeer, implemented in 2013, greatly reduced fishing pressure indeed (although some smelt were landed despite a total ban), potentially allowing for stock recovery, as indicated by lower catches and some recovery trends in CPUE. However, variability in CPUE during the ban period suggests uncertainties in stock health and recovery which probably reflects a reduction in the carrying capacity of the lake (de Leeuw et al. 2023b).

3.0. Brief look into cohort information

3.1. Trends in CPUE across different size cohorts of Smelt.

Since the fishery targets all smelt cohorts and survival from cohort 1 to 2 is subject to fishing effort, we further explored length data. Cohort 1 can be distinguished from older cohorts from length frequency distributions. For cohort 1, CPUE values starts low at shorter lengths, then rises rapidly between lengths of 5 and 7.5 cm, peaks around 6.5 to 7.4 cm with a maximum CPUE of 80 (Figure B6), after which the CPUE gradually declines from length of 7.5 cm onwards. At lengths >12 cm, the CPUE values approach near-zero (partly because cohort 1 is defined on the length data). In cohort 2, the CPUE values rise more slowly than in cohort 1, with a smoother increase as length increases (Figure 6). There is no dramatic peak; instead the CPUE rises more consistently and reaches a maximum at length of 8 cm. The sharp peak in CPUE for cohort 1 implies a population abundance that is concentrated at the length range of 6.5 to 7.5 cm, while cohort 2 consists of a wider range of lengths which suggests a broader distribution of individuals across different sizes. Alternatively, cohort 2 includes even older cohorts.

Figure B6: Length-specific CPUE for cohorts.



3.2. Pseudo length frequency distribution

Using the CPUE per length class as a proxy of smelt abundance, the length-frequency distributions for each year is determined by aggregating the CPUE values per length class (Figures B7, B8, B9). This provides an idea of the size structure of the population in the different years.

Available data on CPUE for different cohorts was used to determine a pseudo number of individuals at length for each cohort using the number of hauls conducted (effort) (Figures B10 & B11). A length frequency distribution was determined for each cohort. With the 1st cohort considered as being at year 0-1 and the 2nd being and above year 1.

With only 2 cohorts available in the dataset due to the short-lived nature of the species and lack of appropriate methods to distinguish older cohorts, length-based methods such as Mean Length-Based Mortality Estimators and Length-Based Spawning Potential Ratio (LBSPR) are unsuitable. This is because the Mean length-based mortality estimators assume a relatively stable size distribution and with the short life span and rapid growth of the smelt, length structure vary significantly over a short period. The LBSPR requires an estimate of the natural mortality which is not available in this case. Also, the method is highly sensitive to the biological parameters used and hence, the parameters for asymptotic length, growth rate and length at which 50% of the population matures must all be representative of the population in question. Lastly, the method would not be able to account for the rapid changes in reproductive output due to the data available. For more accurate length structure information sampling must be much more frequent (e.g. monthly) to allow such length-based methods to account for short-term fluctuations.

3.3. Recommendations

Continue to use the abundance indices (CPUE), biomass trends, and length data as insights into the recovery and sustainability of the smelt stock in response to the fishing ban. In addition, use length compositions to understand size structure.

Revisit the use of harvest control rules (HCRs) if the ban on fishing is ever lifted.

Improve data collection efforts to estimate age (especially for cohorts 2 and older), intrinsic growth rate, asymptotic length, as well as natural mortality, if more accurate assessments of stock development are desired.

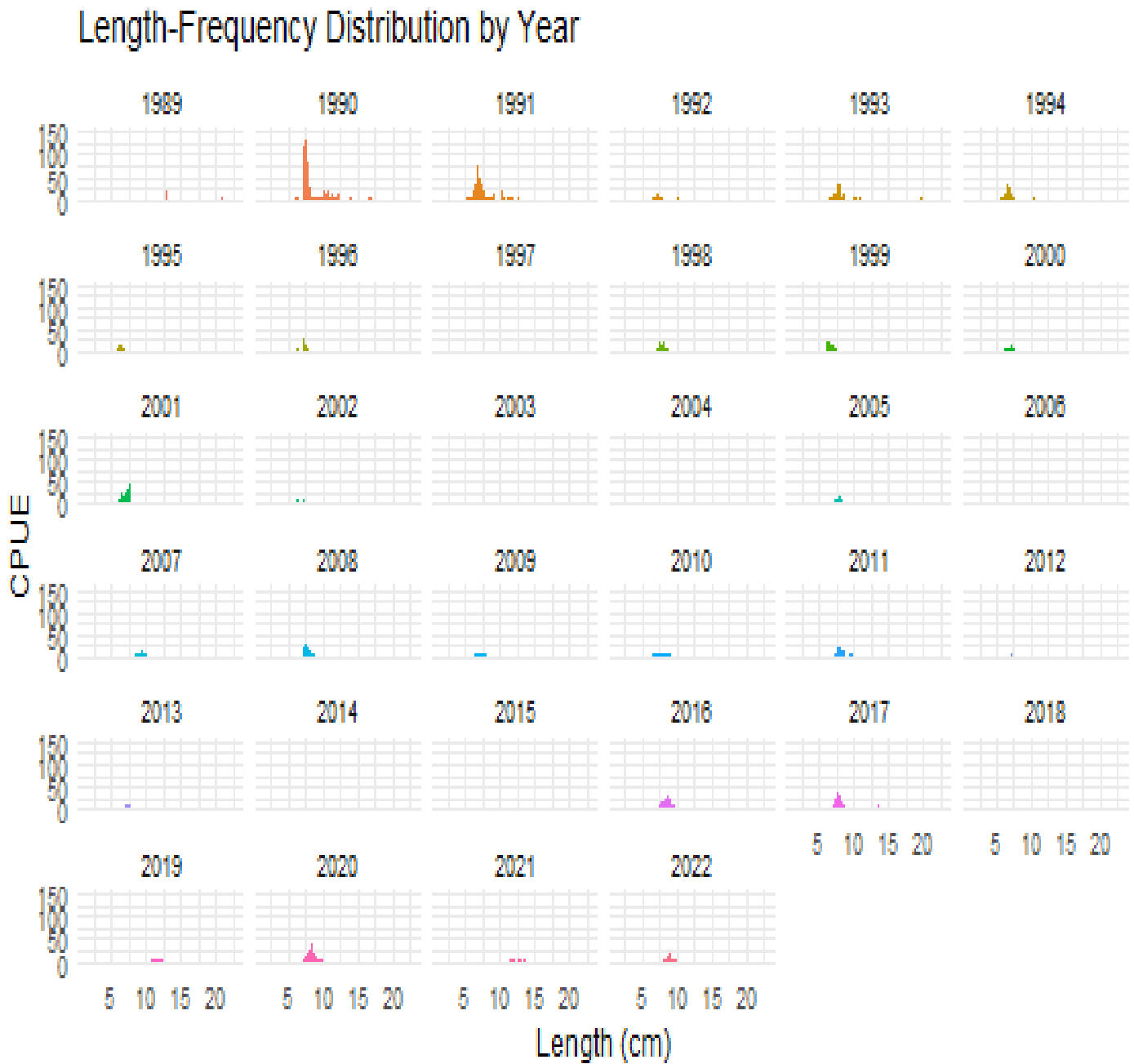


Figure B7: Length frequency distribution of smelt using CPUE as proxy for abundance.

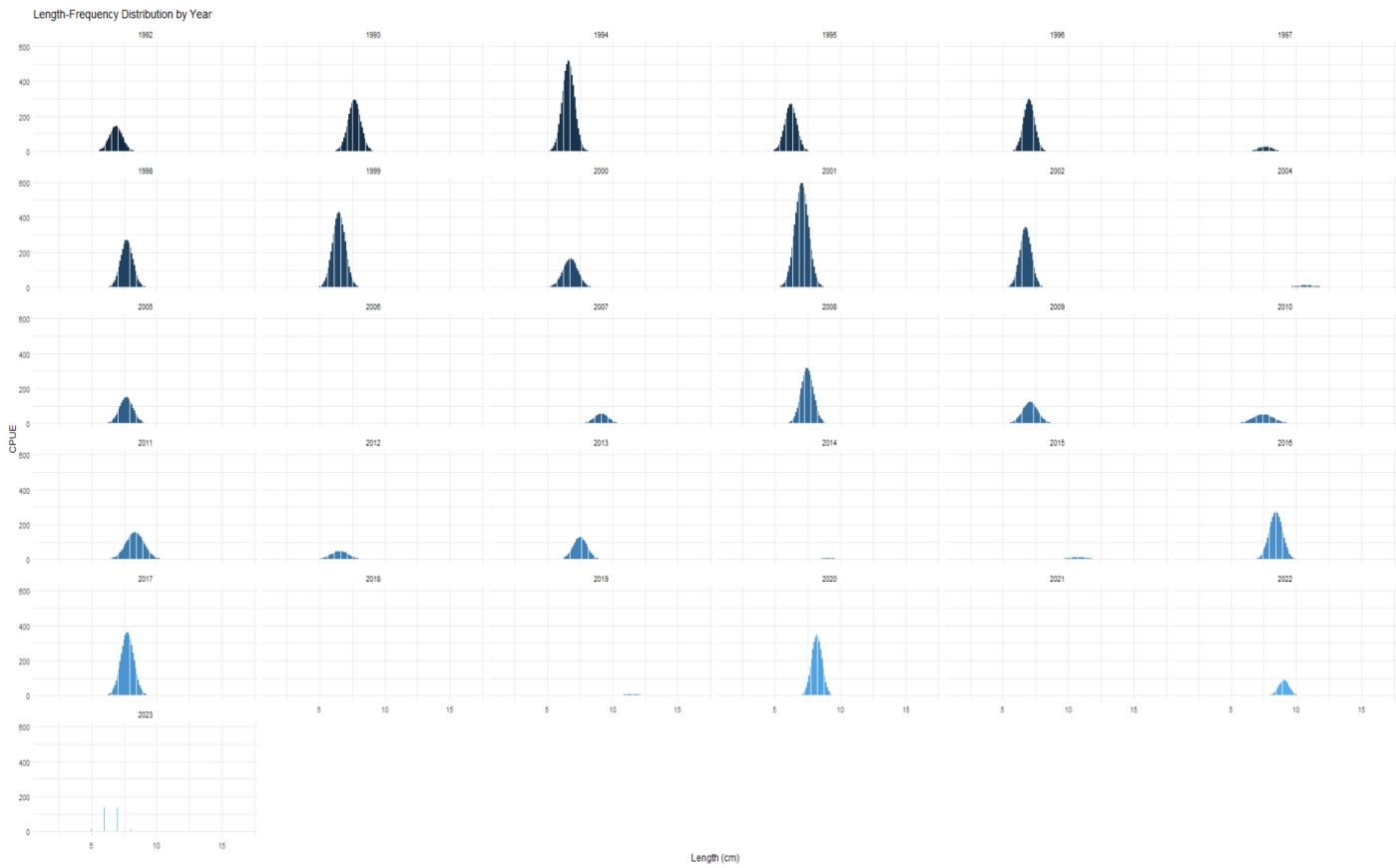


Figure B8: Length frequency distribution of smelt cohort 1 using CPUE as proxy for abundance.



Figure B9: Length frequency distribution of smelt cohort 2 using CPUE as proxy for abundance.

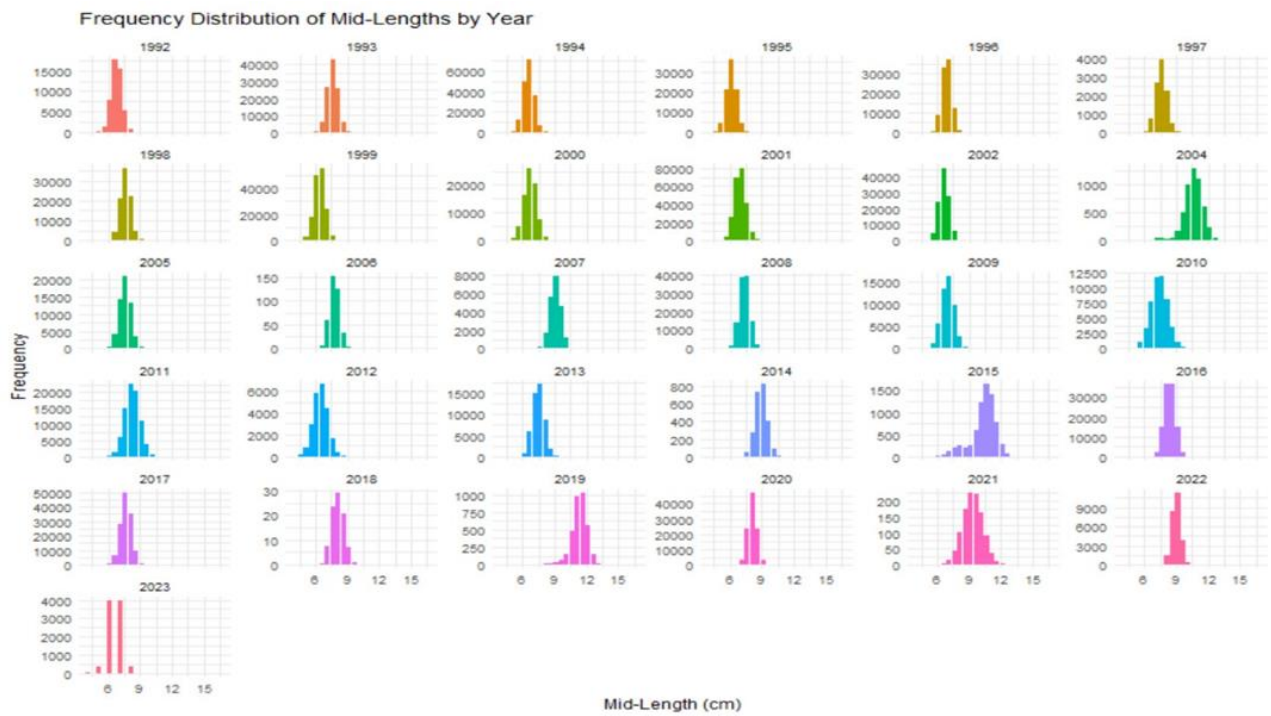


Figure B10: Length frequency distribution of smelt cohort 1 (numbers).

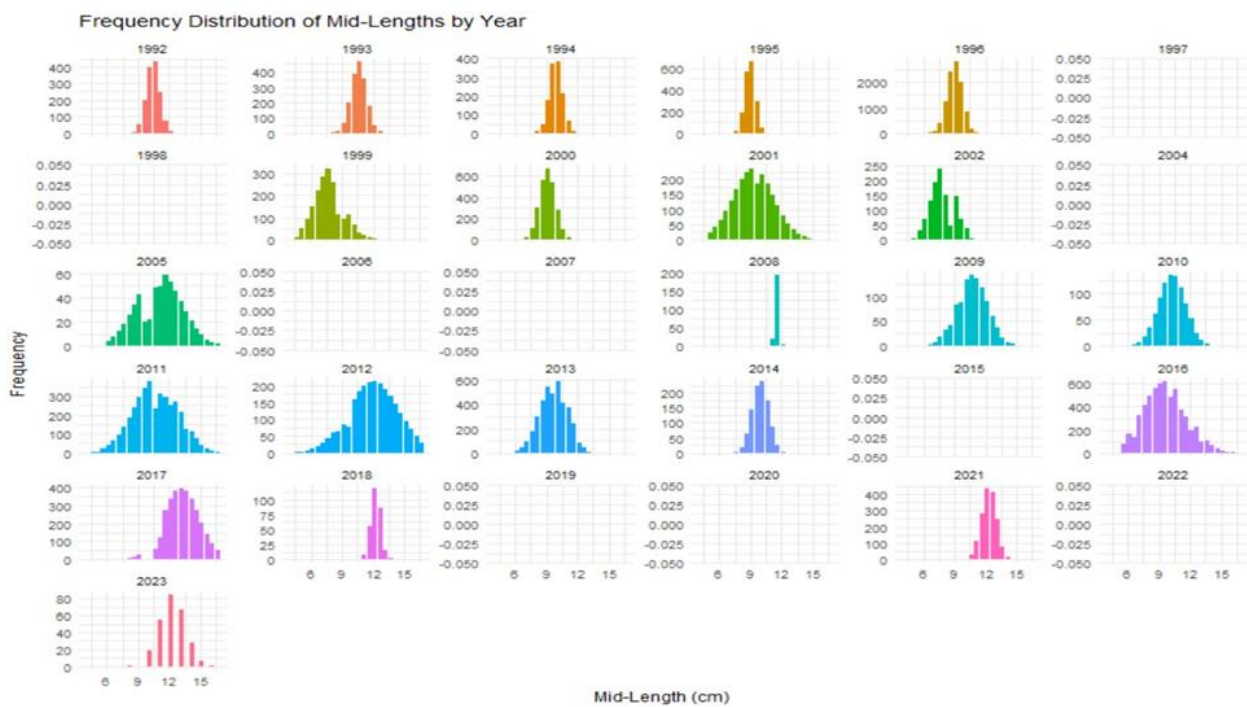


Figure B11: Length frequency distribution of smelt cohort 2 (numbers).

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

Bezoekersadres:

- 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.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.