



Makreel ei-survey uitvoeren om de grootte van de paaibiomassa van makreel te bepalen: hoe doen we dit?

Iedere 3 jaar wordt in de Atlantische Oceaan een makreel ei-survey uitgevoerd, een onderzoek om de grootte van de paaibiomassa van makreel te bepalen. De gegevens worden door ICES (Internationale Raad voor Onderzoek der Zee) gebruikt voor de jaarlijkse bestandschattingen en vangstadviezen. In samenwerking met andere Europese instituten voert Wageningen Marine Research (WMR) deze makreel ei-survey uit, deels in samenwerking met de pelagische visserijsector. De theorie is simpel: tel het aantal eitjes in zee en deel dit door het aantal eitjes dat een makreelvrouwtje gemiddeld afzet. Door dit te doen kun je schatten hoeveel vrouwtjes makrelen er in de oceaan zwemmen, dus hoe groot de paaibiomassa van makreel is. Maar hoe voer je dit precies uit en hoe herken je een makreel-ei?

Waarom een makreel ei-survey?

Deze survey is door Engeland en Frankrijk voor het eerst uitgevoerd in 1977. Er was tot dan toe geen onderzoek beschikbaar die als basis kon dienen voor een bestandschatting van makreel. Op dat moment stond het akoestische onderzoek nog in de kinderschoenen. Ook was het moeilijk om een bestandsonderzoek op te zetten voor een visbestand dat zich over een enorm gebied verspreid (zie figuur 1) en ook nog eens lange migraties maakt gedurende het jaar.

Er werd daarom gekozen om een ei-survey uit te voeren tijdens het paaiseizoen als de makreel zich ten westen van het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk bevindt. De Noordzee is vanaf 1980 mee bemonsterd. De tijdserie van de survey loopt dus sinds 1977 en wordt gebruikt om de ontwikkelin-



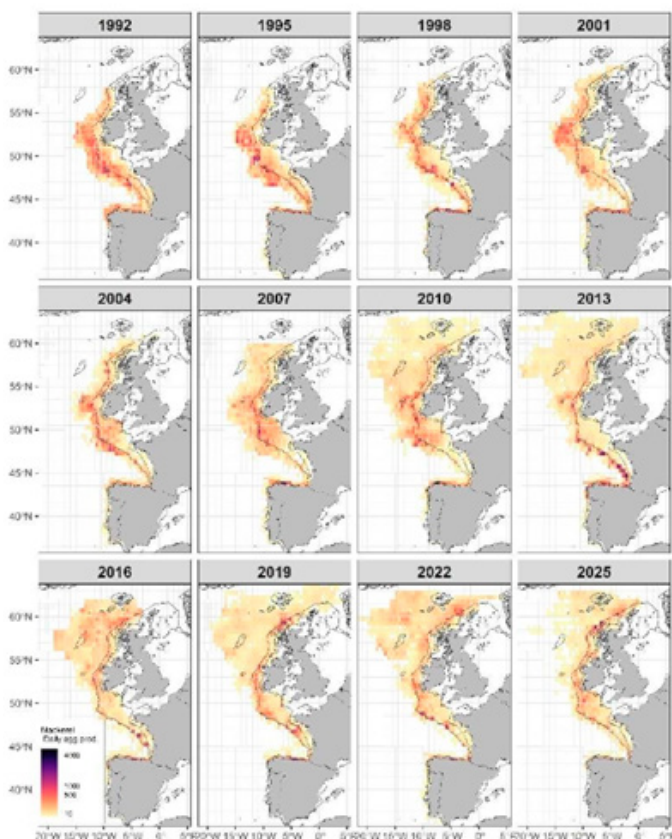
Figuur 1. In blauw het gebied waar makreel voorkomt en in rood de gebieden waar makreel zich voortplant (Berge et al., 2015)

gen van het makreelbestand over de tijd te volgen. De ei-survey is de enige survey die het totale paaigebied gedurende het hele paaiseizoen bemonsterd voor zowel de Noord Atlantische oceaan als in de Noordzee. Het is ook de enige survey die informatie geeft over de voortplantingsbiologie van makreel.

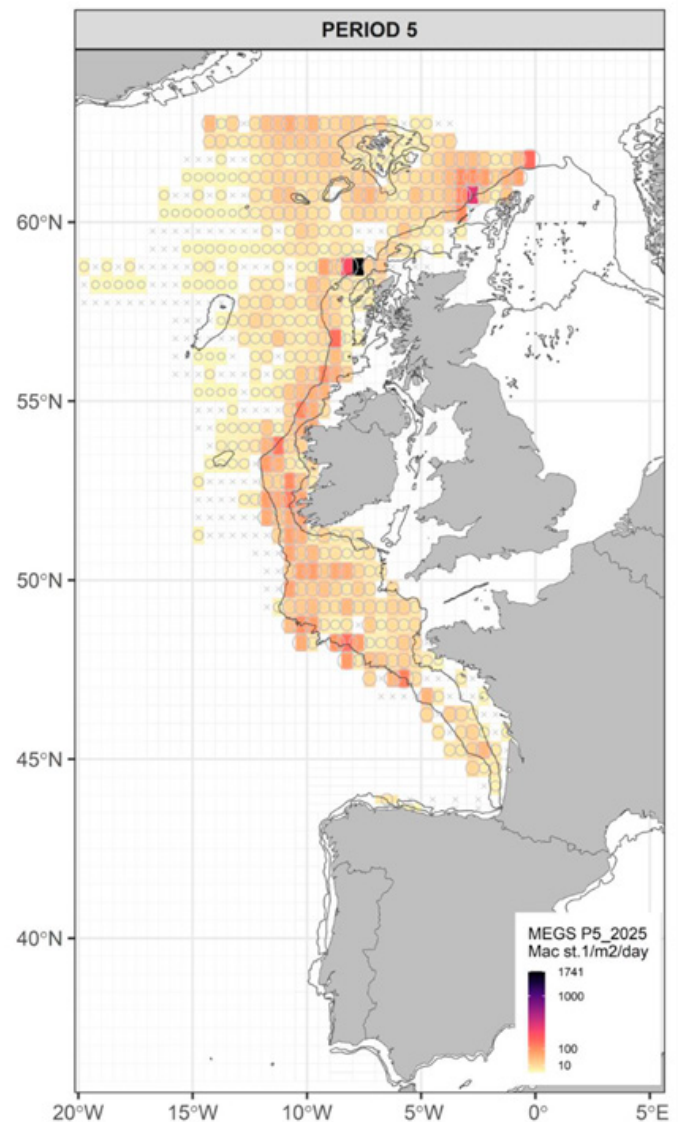
Hoe voer je een ei-survey uit?

Er zijn verschillende methodes om een bestandsgrootte te bepalen via een ei-survey, maar alle methodes maken gebruik van dezelfde theorie: tel het aantal eitjes dat zich in de zee bevindt en deel dat door het aantal eitjes dat een vrouwtje gemiddeld afzet. Je kunt dan een schatting maken van het aantal vrouwtjes dat de eieren heeft afgezet. Bepaal vervolgens de verhouding tussen de mannetjes en de vrouwtjes (voor makreel is dat 1:1, dus voor ieder vrouwtje is er 1 mannetje) en je hebt een schatting van de paaibiomassa.

Bij makreel is ervoor gekozen om de zogenoemde 'Jaarlijkse Ei Productie Methode' (Annual Egg Production Method; AEPM) te gebruiken. Voor deze AEPM moet het gehele paaigebied tijdens het gehele paaiseizoen bemonsterd worden volgens een bepaalde route. Het paaigebied van makreel was vroeger van Portugal tot Schotland in Noord-Zuid richting, en van Rockall tot de Noordwest Europese kust in Oost-West richting. Sinds het laatste decennium is het paaigebied uitgebreid van Portugal tot aan IJsland en in oostelijke richting tot aan de Hatton Bank (zie figuur 2).



Figuur 2. Jaarlijkse distributie van makreeleieren voor de verschillende survey's van 1992 tot en met 2025. De kaartjes geven de jaarlijkse verdeling van de dagelijkse productie van makreeleitjes (eitjes in stadium I per m² per dag) per onderzoeksjaar en rechthoek. Hoe donkerder de kleur hoe meer eieren op deze locatie zijn gevonden. In de figuur is goed te zien dat de afgelopen jaren het gebied waar makreeleieren gevonden worden behoorlijk is toegenomen (ICES WGMEGS report 2025 nog niet gepubliceerd)



Figuur 3. Eiproduktie per m² per dag per half ICES-kwadrant voor periode 5 gedurende de 2025 survey. Hoe donkerder de kleur hoe meer eieren gevonden zijn op deze locatie. Een kruis betekent dat er wel is bemonsterd maar dat er geen eieren gevonden zijn. (ICES WGMEGS report 2025 nog niet gepubliceerd.)

Makreel heeft een voorkeur voor een watertemperatuur van rond 12°C om eieren af te zetten. Naar alle waarschijnlijkheid komt deze uitbreiding van het paaigebied deels door de opwarming van het zeewater.

Makreel paait vanaf begin februari tot eind juli. Tijdens deze periode moet er continu bemonsterd worden. De survey is verdeeld over 6 perioden die overeenkomen met de maanden. Het paaigebied wordt opgeknipt in vlakken, zogenaamde 'halve ICES-kwadranten'. Een half ICES-kwadrant is een vak van 0.5 graad oosterlengte en 0.5 graad noorderbreedte. Per half ICES-kwadrant wordt er 1 station bemonsterd (zie figuur 3). Omdat dit gebied steeds groter wordt, vergt het ook steeds meer tijd om de makreel ei-survey uit te voeren. Er zijn dan ook meerdere landen en onderzoeksinstituten betrokken bij het uitvoeren van het onderzoek.

Hoe worden viseieren bemonsterd?

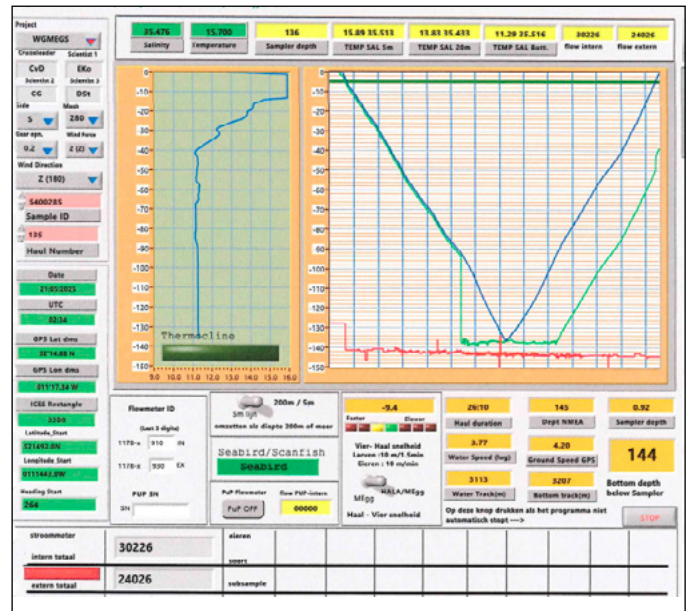
Makreel-eieren zijn 1.2 mm groot. Daarom heb je voor het bemonsteren van deze eieren een fijnmazig net nodig. Er wordt gebruikt gemaakt van 'hoge snelheid planktontuigen' om de eieren te bemonsteren. Wageningen Marine Research gebruikt een zogenaamde Gulf VII planktonnet (zie figuur 4).



Figuur 4. Gulf VII planktonnet vlak nadat deze uit het water komt. Vooraan is de grijze conische neuskegel met net te zien. Midden op het frame zit de apparatuur om het zoutgehalte, de temperatuur en de diepte te meten. Aan het einde van het tuig zit een witte vleugel die zorgt voor stabiliteit.

De Gulf VII is een open aluminium frame van 2 meter lang met een conische neuskegel aan de voorkant en een kunststof vleugel aan de achterkant. In het frame is een planktonnet met een maaswijdte van 280 μm (0.280 mm) bevestigd. In de neuskegel zit een stroommeter welke meet hoeveel liter water er gefilterd wordt tijdens een trek. Op het frame zit een sensor om de temperatuur en het zoutgehalte van het water te monitoren. Aan de sensor is ook een altimeter (dit is een meter die de afstand meet tussen het frame en de zeebodem) bevestigd zodat het planktonnet in het water gevolgd kan worden tijdens een trek. Dit is belangrijk omdat met het planktonnet een zogenaamde oblique trek wordt gedaan; dit betekent dat het planktonnet met een snelheid van 4 knopen door het water wordt getrokken in een V-vorm (zie figuur 5). Hierbij wordt iedere meter water 1 minuut bemonsterd bij het vieren en weer 1 minuut bij het halen van het net. Het net wordt tot 200 meter diepte gevierd, tenzij het ondieper is dan 200 meter. In dat geval viert men het net tot 5 meter boven de bodem. Een nauwkeurige meting van het net in de waterkolom is essentieel omdat het planktonnet de bodem niet mag raken omdat de apparatuur dan beschadigd raakt.

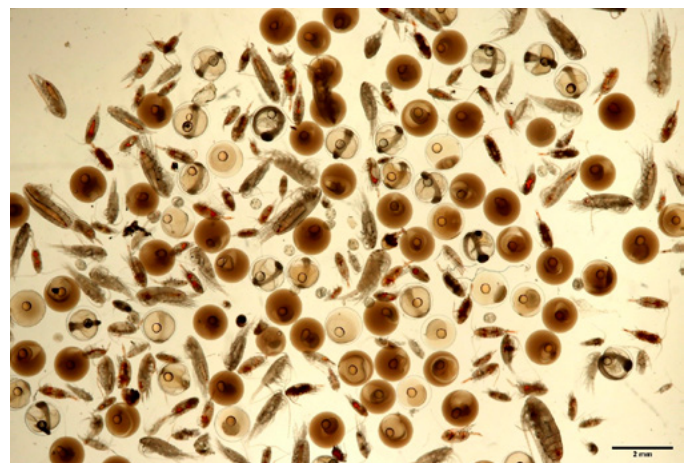
Makreel paait vaak in dieper water en daarna zweven de eieren na bevruchting omhoog. De meeste eieren bevinden zich rond de 20 meter diepte. Om ook de net gepaaide eieren te bemonsteren is het dus wel van groot belang om de hele waterkolom (maximale diepte van 200m) te bemonsteren. De ontwikkeling van de larven in de eieren is afhankelijk van de watertemperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller de ontwikkeling van de larven.



Figuur 5. Illustratie van een dubbele oblique trek in het Labview Gulf programma. Grafiek links: De blauwe lijn laat de temperatuur zien in de waterkolom. Zo zie je aan de linkerkant van de grafiek de diepte en aan de onderkant de temperatuur. Vanaf ongeveer 12m zie je de temperatuur sterk dalen. Grafiek rechts: De blauwe lijn geeft de diepte van het plankton-tuig weer, de rode lijn de zeebodem, de lichtgroene lijn is de 'veiligheidslijn' 5 meter boven de bodem. De bovenste donkergroene lijn geeft 5 meter onder de wateroppervlakte aan. Bij ondiepe stations moet het tuig nogmaals naar de bodem gevierd worden op het moment dat deze lijn geraakt wordt.

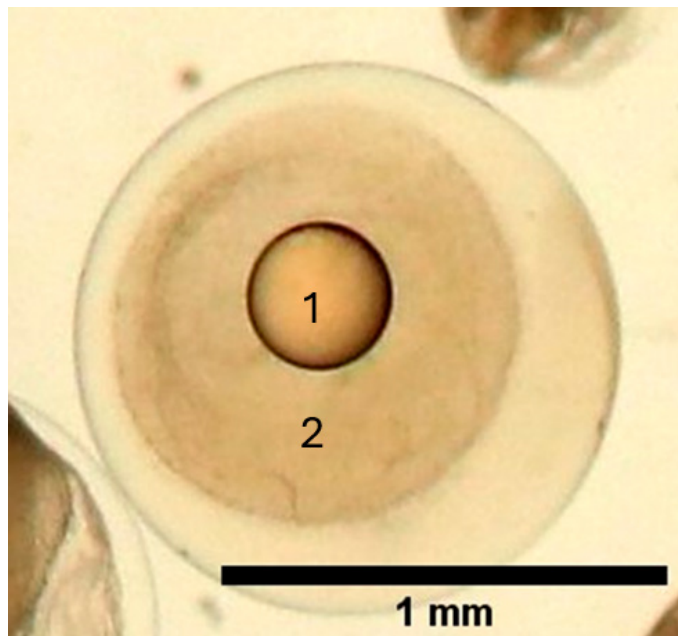
Bij een watertemperatuur van 12°C duurt het ongeveer een week voordat de larven uit het ei komen.

Als het planktonnet na een trek weer aan boord komt, wordt het monster direct gefixeerd in formaline. Fixatie in formaline zorgt ervoor dat de viseieren voor lange tijd geconserveerd worden. Viseieren zijn doorzichtig en daardoor zijn verse eieren moeilijk te zien. Na 24 uur fixatie worden de eieren ondoorzichtig en dus beter zichtbaar. Na de 24 uur fixatie worden alle eieren uit het monster gehaald (figuur 6).



Figuur 6. De ronde bolletjes zijn de makreel-eieren in een planktonmonster. Naast makreel-eieren zijn er ook roepootkreeftjes te zien. In dit monster zijn ook verschillende stadia makreel-eieren te zien. De wat donkere makreel-eieren zijn eieren die net bevrucht zijn en de lichtere eieren waar een larfje in zit zijn al een aantal dagen oud.

Naast makreel paaien er nog veel meer vissoorten in het paaigebied. Je kunt de makreel-eieren onderscheiden op basis van de ei-diameter, de aan- of afwezigheid van (een) oliedruppel(s), de kleur van de oliedruppel(s), de segmentatie (aanwezigheid of afwezigheid van een structuur) van de dooierzak en de ruimte tussen de dooierzak en het ei-membraan. Makreel-eieren zijn 1.2 mm groot, hebben 1 olie- druppel van 0.2 mm, geen segmentatie in de dooierzak en een kleine ruimte tussen de dooierzak en ei-membraan (zie figuur 7).



Figuur 7. In deze foto is een makreel-ei te zien. Nummer 1 geeft de oliedruppel aan en nummer 2 geeft de dooierzak aan.

Bij makreel-eieren worden 5 verschillende ontwikkelstadia onderscheiden. Het eerste ontwikkelstadium is als het ei net het vrouwtje verlaten heeft en bevrucht is, het laatste stadia is als het larfje bijna uit het ei komt. Deze stadia zijn van belang omdat er alleen met de eerste twee stadia gerekend wordt omdat er dan vanuit gegaan wordt dat de sterfte verwaarloosbaar is. Een monster kan soms 10.000 viseieren bevatten. Het is veel te veel werk om al die eieren te tellen en te bepalen van welke soort ieder ei is. Daarom wordt dit maar voor een deel gedaan, door uit het monster een sub-sample (deelmonster) te nemen. Van ieder monster moeten minimaal 100 makreel-eieren worden gemeten. Daarnaast moet aangegeven worden in welk stadium ieder ei zich bevindt.

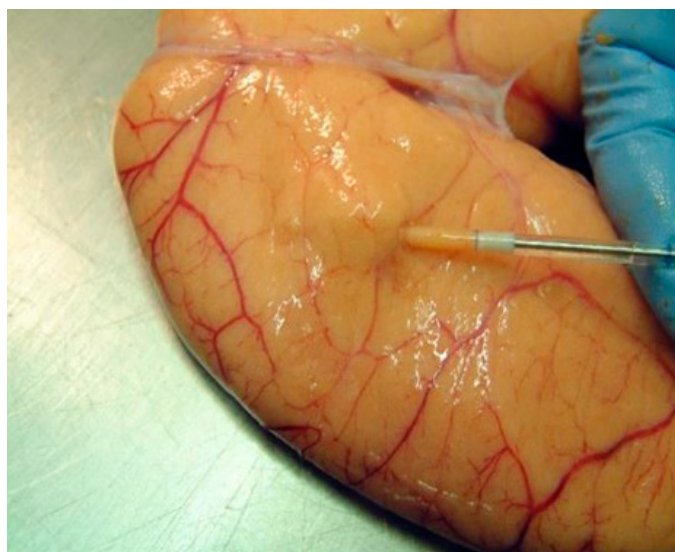
Het totaal aantal eieren in een monster wordt gedeeld door het volume gefilterd water om het aantal eieren per m³ te krijgen. Vervolgens wordt dit vermenigvuldigd met de waterdiepte, omdat deze diepte per trek verschilt, en dat geeft het aantal eieren per m². Alle eieren per m² per monster worden bij elkaar opgeteld en de som geeft een schatting van het totaal aantal eieren dat gepaaid is tijdens de hele paaiperiode.

Bepalen van het aantal eieren dat een vrouwtje afzet

Makreel is een batch-paaiër, wat betekent dat een vrouwelijke makreel meerdere keren in een seizoen eitjes afzet. Om te kunnen bepalen hoeveel eitjes een vrouwtje per seizoen in totaal kan afzetten, is het belangrijk dat de vrouwelijke vissen verzameld worden **voordat** ze de eerste lading (batch) aan eitjes afgezet hebben. Daarom worden naast de trekken met het planktontuig tijdens de survey ook een aantal vistrekken gedaan met een pelagisch visnet om makrelen te vangen die net voor de paai zitten. In het verleden bleek het echter lastig om monsters van vrouwtjes te verzamelen die nog helemaal niet gepaaid hadden dat seizoen. Dit komt doordat de timing van de survey er met name op is gericht in het gebied te zijn wanneer eieren worden gepaaid en niet op het vangen van nog niet paaiende makreel.

De commerciële pelagische visserij vist in het voorjaar vaak gericht op makreel. Sinds de survey van 2022 is de sector ook actief betrokken bij de monsternamen. Door een onderzoeker mee te sturen op een commercieel schip kunnen er behoorlijk meer monsters verzameld worden van nog niet paaiende makreel die gebruikt kunnen worden voor de analyses.

De werkwijze tussen de verwerking van een vistrekmonster aan boord van een onderzoeksschip en een commercieel vissersschip verschillen wel iets van elkaar, maar volgen wel ongeveer dezelfde stappen. Uit een vistrek worden minimaal 50 makrelen bemonsterd. Van de makrelen wordt lengte, gewicht, geslacht, ontwikkelstadium van de kuit (rijpheid) en de leeftijd bepaald. Van vrouwtjes in het juiste stadium worden de kuitengewogen en verschillende kleine pipetmonsters uit de kuit genomen (zie figuur 8).



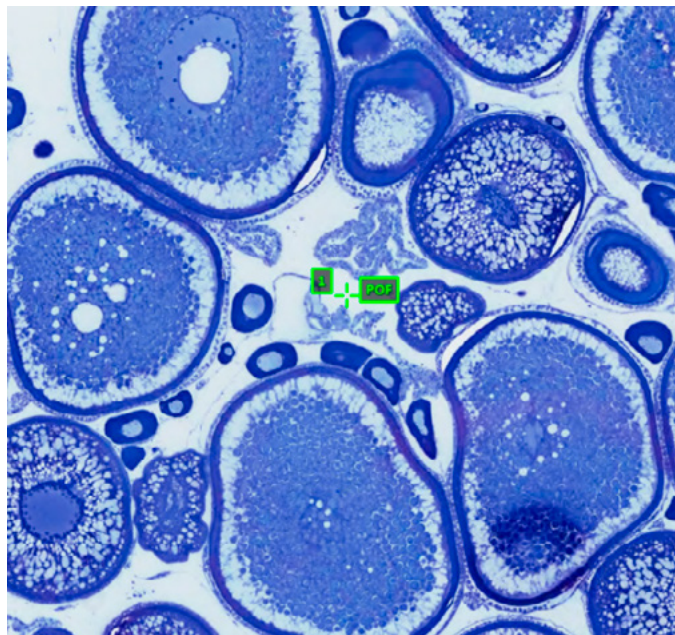
Figuur 8. In deze foto is een makreelkuit te zien waar een pipet ingestoken wordt. In de pipet zit een zuiger waarmee een nauwkeurig gewicht monster uit de kuit genomen kan worden.

Pipetmonsters zijn nauwkeurige kleine hoeveelheden eicellen (oocyten) die uit de kuit worden gezogen. Deze kuitmonsters worden ook gefixeerd in formaline en pas verder verwerkt in het laboratorium van WMR in IJmuiden.

Het pipetmonster heeft een bepaald gewicht, en hierin tel je het aantal oocyten (eicellen in een kuit). Met het totale kuitgewicht en het gewicht van een genomen monster uit de kuit, waarvan je weet hoeveel eicellen dat zijn kun je uitrekenen hoeveel eicellen zich in totaal in de kuit bevinden. Als het vrouwtje nog niet gepaaid heeft dat seizoen, weet je dus hoeveel eitjes ze in theorie kan gaan paaien. Dit noemen we de potentiële vruchtbaarheid. Om te bepalen of een makreeelvrouwtje al gepaaid heeft, kun je met het oog kijken hoe de kuit eruitziet, maar ter controle vindt er ook altijd een screening plaats met foto's die genomen zijn van een stukje weefsel uit een kuit (zie figuur 9). Hierop kun je duidelijk zien of er overblijfselen zijn van gepaaide eieren. Oocyten zitten in een soort vliesje in de kuit. Als de oocyt de kuit verlaat (en dus gepaaid is) blijft dit vliesje (POF) een tijd achter in de kuit en is deze POF vrij makkelijk te herkennen. Heel simpel gezegd is een kuit waarin POF's zitten niet meer geschikt voor de analyse van de potentiële vruchtbaarheid.

Tijdens de laatste 2 surveys in 2022 en 2025 is er dus zowel aan boord van het onderzoeksschip, als aan boord van een commercieel visserschip, data verzameld over de vruchtbaarheid van makreeelvrouwtjes (zie figuur 10). Dit is een mooi voorbeeld hoe de wetenschap en de sector samenwerken om de best mogelijke data te verzamelen. Alle informatie, van de eitjes tot de vrouwtjes, en van de verschillende deelnemende landen en instituten worden aan het einde van de onderzoeksperiode samengevoegd. Al deze data samen wordt vervolgens gebruikt in de bestandsschattingmodellen.

Berge, Jørgen & Heggland, Kristin & Lønne, Ole & Cottier, Finlo & Hop, Haakon & Gabrielsen, Geir & Nøttestad, Leif & Misund, Ole. (2015). First Records of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) from the Svalbard Archipelago, Norway, with Possible Explanations for the Extension of Its Distribution. *Arctic*. 68. 54-61. 10.14430/arctic4455.



Figuur 9. Dit is een foto van een stukje weefsel uit de kuit van een makreeel na histologie. De ronde structuren zijn oocyten (eicellen) en bij de groene 1 ligt een wat rommelige structuur. Dit is een vliesje (POF) dat achterblijft nadat de oocyt de kuit verlaten heeft. Dit betekent dat deze makreeel al daadwerkelijk eieren heeft gepaaid en niet geschikt is voor de potentiële vruchtbaarheid analyse.



Figuur 10. Verzamelen van monsters op een commercieel visserschip.

