



inbo



Instituut voor
Natuur- en Bosonderzoek

Wetenschappelijke onderbouwing & ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer

Wetenschappelijk onderzoek & ondersteuning van de
implementatie en opvolging van het Palingbeheerplan

*Ans Mouton, David Buysse, Maarten Stevens, Raf Baeyens, Emilie Gelaude,
Nico De Maerteleire, Karen Robberechts, Seth Martens, Yves Jacobs,
Tom Van den Neucker & Johan Coeck*

Auteurs:

Ans Mouton, David Buysse, Maarten Stevens, Raf Baeyens, Emilie Gelaude, Nico De Maerteleire, Karen Robberechts, Seth Martens, Yves Jacobs, Tom Van den Neucker & Johan Coeck
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070 Brussel
www.inbo.be

e-mail:

Ans.Mouton@INBO.be

Wijze van citeren:

Mouton A., Buysse D., Stevens M., Baeyens R., Gelaude E., De Maerteleire N., Robberechts K., Martens S., Jacobs Y., Van den Neucker T. & Coeck J.(2013). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer - Wetenschappelijk onderzoek en ondersteuning van de implementatie en opvolging van het Palingbeheerplan. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (INBO.R.2013.734090). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2013/3241/299

INBO.R.2013.734090

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Jurgen Tack

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

De Grote Geul in het Meetjeslandse krekengebied

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

het Visserijfonds en het Agentschap voor Natuur en Bos



Agentschap voor
Natuur en Bos

Onderzoek naar de schieraal- uittrek uit de Zwarte Sluispolder

Ans Mouton, Maarten Stevens, David Buysse, Tom Van den Neucker, Emilie Gelaude, Seth Martens, Raf Baeyens, Yves Jacobs, Nico De Maerteleire, Karen Robberechts, Johan Coeck

INBO.R.2013.734090

Studie in opdracht van het Visserijfonds en het Agentschap Natuur en Bos in het kader van de onderzoeksopdracht "Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer - Onderzoeksprogramma visserij 2011"

Dankwoord

Ondertussen is dit al één van de zoveelste rapporten die uit mijn pen vloeien, en wordt het wat minder gebruikelijk om telkens een dankwoord te schrijven. Bij deze wil ik een uitzondering maken. Een uitzondering omdat dit een bijzonder project was. Een project dat ons een aantal jaar bezig hield, een project dat ons van het zoet naar het zout water bracht, een project dat onze passie weer aanvuurde.

Hopelijk leiden de resultaten van dit project op termijn ook tot ons uiteindelijke doel: het herstel van de palingpopulatie in Vlaanderen. Een aantal mensen hebben alles in het werk gesteld om dit effectief tot een goed einde te brengen. Dankzij deze mensen is dit project een onvergetelijke ervaring geworden. Dank aan Wim en Dre van het VLIZ voor de talrijke keren dat jullie ons met de Zeekat tot bij onze receivers brachten. Dank aan Peter voor de vele helpende handen bij het werk aan het gemaal in Boekhoute. En last but not least: onze onderzoeksmedewerkers Raf, Emilie, Nico, Karen, Yves en Pieterjan die door weer en wind het mooie en minder mooie werk opknappen. Ik weet dat het onze job is, maar toch een dikke merci voor jullie onaflatende inzet. Zonder jullie was dit rapport nooit meer dan een wit blad papier geworden.



Samenvatting

De achteruitgang van de Europese paling (*Anguilla anguilla* L.) wordt toegeschreven aan talrijke factoren, waarbij één van de belangrijkste mortaliteitsfactoren bij schieraal vermalning of beschadiging door pompgemalen is. Bij de berekening van de totale mortaliteit door pompgemalen werd uitgegaan van een aantal assumpties over de densiteit van paling in de Vlaamse waterlopen en over de productie van schieraal onder natuurlijke omstandigheden. Eén van de belangrijkste bronnen van onzekerheid in de mortaliteitsschattingen is het ontbreken van betrouwbare schattingen over de huidige palingdensiteit. Tijdens het voorliggende onderzoeksproject zal de palingdensiteit bepaald worden op een aantal selectief gekozen locaties in het bemalingsgebied van het pompgemaal van Boekhoute (provincie Oost-Vlaanderen). Voor de evaluatie van de maatregelen uit de palingbeheerplannen moet bovendien het jaarlijks aantal wegtrekkende schieralen aan Europa gerapporteerd worden. Voor Vlaanderen zijn hierover geen gegevens bekend. Tijdens het onderzoek zal de productie van schieraal in het bemalingsgebied van het pompgemaal van Boekhoute bepaald worden. De resultaten geven een eerste schatting van de productie van schieraal in polderwaterlopen, die een belangrijk aandeel van het opgroeigebied van paling in Vlaanderen vertegenwoordigen.

Dit onderzoek kan worden opgedeeld in zes luiken. In een apart rapport (Baeyens et al., 2013) werd de schadeproblematiek en mortaliteit van paling door een pompgemaal belicht (1). Vervolgens werd de densiteit van paling en schieraal in het studiegebied bepaald (2), waarna de migratieroutes van paling in het gebied werden blootgelegd (3). Om het belang van het poldergebied voor paling na te gaan werd de uittrek van paling uit het gebied gekwantificeerd (4), net als de intrek in het gebied, waaruit kan besloten worden of het gebied al dan niet een duurzame palingpopulatie kan onderhouden in de huidige omstandigheden (5). Tenslotte werden de factoren bepaald die het migratiegedrag van paling beïnvloeden (6), om zo tot suggesties voor het beheer van het studiegebied en andere gebieden te komen.

De densiteitsbevissingen in het studiegebied toonden dat er enkel paling en schieraal te vinden is in de grote polderwaterlopen, de kanalen en de krekens. Bovendien verschilden de densiteiten van paling en schieraal sterk tussen verschillende waterlooptypes, en binnen hetzelfde type. Hoewel verder onderzoek uitsluitsel moet geven, lijken kanaalhabitats en de daarmee verbonden habitats zoals aangetakte krekens wel een hogere densiteit te kennen. We kunnen bovendien voorzichtig stellen dat er een relatie schijnt te zijn tussen de waargenomen densiteiten en de waarnemingen van het Meetnet Zoetwatervis.

Van de 99 gezenderde palingen werden er 90 opnieuw gedetecteerd. Er bleven 50 individuen in de polder (residente paling), 7 palingen bereikten de Braakman en 33 palingen trokken naar de Westerschelde.

De palingen in de polder migreren vlot binnen het Leopoldkanaal, de Zwarte Sluisbeek en de aangetakte waterlopen zoals krekens. Geen enkele paling migreert over de stuw van Sint-Laureins en er zijn geen aanwijzingen dat palingen uit de hoofdloop ook de nevenlopen gebruiken. Van de 50 individuen die in de polder blijven vertonen 45 palingen hominggedrag. De resultaten suggereren dat sommige zones eerder als opgroei/verblijf habitat worden gebruikt, terwijl andere locaties eerder als passagehabitat worden gebruikt. Ondanks de vrij goede connectiviteit binnen de polder vertonen sommige palingen zoekgedrag, vooral ter hoogte van het gemaal. Analyse van de duur van het zoekgedrag en van de vertraging wijst uit dat palingen gemiddeld het meeste tijd verliezen in hun zoektocht naar het gemaal en naar de uitstroomopening van de Braakman. Analyse van de duur van het zoekgedrag en van de vertraging wijst uit dat palingen gemiddeld het meeste tijd verliezen in hun zoektocht naar het gemaal en naar de uitstroomopening van de Braakman. Na passage van het gemaal migreren de palingen vlot doorheen de Braakman maar vertonen ze wel zoekgedrag,

vermoedelijk door het onregelmatig afvoerbeheer. Algemeen vinden de palingen in de Westerschelde vlot de weg naar zee.

Op basis van de gemaalbemonsteringen (methode A) migreerden in totaal 392 schieralen via het gemaal naar zee. Op basis van de oppervlaktes van alle waterlopen en de vangstgegevens van paling in het studiegebied (methode B) waren er (na bepaling van het werkelijk aantal uittrekkende schieraal per schieraalstadium op basis van de telemetriegegevens) 524 migrerende schieralen in het gebied aanwezig. Een derde inschatting van de hoeveelheid schieraal in het gebied gebeurde op basis van het palingmodel (methode C) en berekende dat er 1623 schieralen in het studiegebied aanwezig waren, waarvan slechts 95 vrouwtjes. Bijgevolg lijken de gemaalbemonsteringen (methode A) en de dichtheitsbevissingen (methode B) vergelijkbare resultaten te geven. Het palingmodel (methode C) berekent echter een veel lager aantal uittrekkende vrouwtjes dan waargenomen.

Opmerkelijk migreert de helft van de waargenomen schieralen tussen juni en augustus en in december/januari, en bijgevolg buiten de periode die algemeen wordt aangenomen als de piekperiode van de schieraalmigratie (september – oktober – november). De huidige periode waarbinnen de palingvangst wordt verboden, beschermt dus slechts 50% van de uittrekkende schieralen.

Bemonstering van de intrek in het gebied toont aan dat de aantallen intrekkende paling te beperkt zijn om een duurzame palingpopulatie in het gebied in stand te houden.

De telemetriestudie toont dat bij de palingen die hominggedrag vertonen de start van het hominggedrag vaak samenvalt met een stijging van de watertemperatuur. Hogere debietswaarden lijken het hominggedrag eerder te beëindigen, wat ook wordt bevestigd door de relatie van de start van de uittrek en het debiet. Analyse van het zoekgedrag in de polder toont dat de gezenderde individuen vooral bij een verhoging van het debiet beginnen zoeken, en dat deze zoektocht vaak aanhoudt tijdens drogere periodes. Mogelijks is er in deze periodes onvoldoende continu debiet om de palingen toe te laten zich in het gebied te oriënteren.

De meeste palingen die zoekgedrag vertonen ter hoogte van het gemaal, vinden dit gemaal wel tijdens een periode van verhoogde afvoer, maar slagen er niet meteen in het gemaal te passeren en blijven bijgevolg zoeken tot de volgende debietspiek. Analyse van het wachtgedrag ter hoogte van het gemaal toont eveneens dat palingen afhankelijk zijn van de werking van het gemaal om te passeren en er dus niet in slagen andere routes (bijv. de De Wit vistrap) te vinden. Een analoge situatie wordt bij het zoekgedrag in de Braakman waargenomen.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Op basis van dit onderzoek worden twee cruciale problemen voor het studiegebied blootgelegd: de zeer beperkte intrek van juveniele paling in het gebied en het tijdverlies dat palingen oplopen tijdens hun uittrek door zoekgedrag en vertraging.

De intrek in het gebied kan mogelijks verhoogd worden door toepassen van omgekeerd spuibeheer ter hoogte van de getijdenstuwen die het studiegebied van de zee afsluiten (te Zeebrugge en Terneuzen). Eerder onderzoek ter hoogte van vergelijkbare getijdenstuwen heeft aangetoond dat juveniele paling op die manier vlot stroomopwaarts kan migreren tot aan de volgende migratiekelpunten (de stuw in Sint-Laureins en het gemaal in Boekhoute). Om ook ter hoogte van deze knelpunten migratie te bevorderen kunnen de stuwen wanneer mogelijk worden geopend. Concreet kan dit mogelijks in Sint-Laureins, waar het waterpeil stroomopwaarts en -afwaarts van de stuw vaak slechts een tiental cm verschilt, en op de momenten dat er in Boekhoute gravitair kan worden geloosd. Om ook buiten deze periodes migratie te faciliteren, kan worden geopteerd voor de installatie van palinggoten. Eerder onderzoek in de UK heeft aangetoond dat voor een goede werking van deze goten zowel op linker- als op rechteroever een goot moet worden geplaatst. Voor verdere details mbt. dimensionering en types van goten verwijzen we naar de EA Eel pass manual (Environment Agency, 2012).

Het onderzoek toont aan dat paling vooral tijd verliest bij de migratie naar zee door de onregelmatige debietsregeling in het gebied. Deze regeling wordt door het gemaal en door de suatiesluis in de Braakman veroorzaakt. Door fijnere afregeling van het gemaal kan mogelijks langer gepompt worden aan een lager debiet, waardoor over een langere periode een debietsstroom ontstaat. Op die manier zou het zoekgedrag en de vertraging die paling oploopt ter hoogte van het gemaal significant kunnen dalen. Het beheer van de suatiesluis is iets complexer aangezien hier met de tijcyclus moet worden rekening gehouden, maar ook hier kan geleidelijke lozing over een lange periode nuttig zijn. Bovendien kan aanpassing van het gemaalbeheer er ook voor zorgen dat de debietspieken in de Braakman worden uitgespreid in de tijd en dus ook minder scherp worden, waardoor geleidelijker lozing ter hoogte van de suatiesluis eenvoudiger wordt.

Verder verdient een aangepast afvoerbeheer, waarbij maximaal gravitair geloosd wordt in de richting van Zeebrugge, verder onderzoek. Op die manier zou paling niet alleen kunnen profiteren van een hogere continuïteit in afvoer, maar ook de zee kunnen bereiken zonder risico op beschadiging bij passage door het gemaal. Vorig onderzoek toonde immers aan dat tot 20 % van de palingpopulatie ernstige schade oploopt bij passage door het gemaal.

Tenslotte vermelden we nog een aantal andere factoren die invloed kunnen hebben op de palingpopulatie in het gebied: habitatcondities, connectiviteit binnen het studiegebied en bevissingsdruk. Het onderzoek toonde aan dat vooral diepere kanaalhabitats en krekens geprefereerd worden door paling. Het lijkt bijgevolg cruciaal om deze habitats niet alleen te beschermen, maar deze ook maximaal met elkaar te verbinden. Waterlopen en krekens die met het Leopoldkanaal waren verbonden, bleken immers een hogere palingdensiteit te vertonen. Ondanks een vrij hoge bevissingsdruk in het gebied, kan uit de telemetriestudie niet worden besloten dat deze een significante invloed heeft op de palingpopulatie. De resultaten tonen wel aan dat schieraalmigratie binnen een breder tijdsvenster (juni-december) plaatsvindt dan aanvankelijk aangenomen (september-oktober-november). Tijdens de studieperiode werden bijv. uittrekkieken waargenomen in juli en december en migreerde de helft van de schieralen tussen april en augustus en in december/januari. De huidige periode waarbinnen de palingvangst wordt verboden, beschermt dus slechts 50% van de uittrekkende schieralen. Verdere uitbreiding van deze periode met december leidt reeds tot bescherming van 77 % van de schieralen, terwijl verdere uitbreiding met de periode juli/augustus tot 92 % van de schieralen beschermt. Hierbij wordt opgemerkt dat in juli/augustus enkel bij hoge debietspieken migratie werd waargenomen. Mogelijks kan een

debietsafhankelijke vangstbeperking, waarbij enkel een vangstverbod geldt bij hoge debieten in juli en augustus en een algemeen vangstverbod van september tot en met december, toch eveneens tot 92 % van de schieralen beschermen.

English abstract

Various reasons have been reported for the decline of European eel (*Anguilla anguilla* L.), but for silver eel pumping stations are one of the main causes for mortality. When estimating total mortality caused by pumping stations, a few assumptions were made on the eel density in the Flemish water bodies and on the natural silver eel production. One of the most important sources of uncertainty in the mortality estimations is the lack of reliable estimations on the current eel density. In this project, the eel density will be quantified in a number of selected locations in the drainage area of a pumping station in Boekhoute (Flanders, Belgium).

To evaluate measures from the Eel Management Plan, the number of migrating silver eel has to be reported yearly. For Flanders, no data exist on this number. During this research, the production of silver eel in the drainage area of the Boekhoute pumping station will be quantified. The results provide a first estimate of the silver eel production in polder water bodies, that represent an important area of the nursery habitat of eel in Flanders.

This research exists of six parts. In a previous report (Baeyens et al., 2013), the eel mortality at a pumping station was discussed (1). Next, the density of eel and silver eel in the study area was quantified (2), and then the migration routes of eel were identified (3). To assess the importance of the polder area for eel, the migration of silver eel (4) and the migration of juvenile eel (5) were quantified, to reveal whether a sustainable eel population can currently survive in the area. Finally, the factors that affect the migration behaviour in the study area were identified (6), to formulate suggestions for the management of study area and other polder areas.

Density sampling in the study area revealed that only the large polder brooks, the channels and the creeks contain eel and silver eel. The densities of eel and silver eel differed substantially between the different water body types, and within the same type. Although further research should provide more evidence, eel density is higher in channel habitats and their connected habitats (such as connected creeks). The limited available data suggest also a relation between the observed densities and the observations of the Freshwater Fish Sampling Campaign.

In total 99 eel were tagged with an acoustic transmitter and 90 were observed during the study period. Fifty eels stayed in the polder (resident eel), 7 eel reached the Braakman and 33 eel migrated to the Scheldt Estuary.

The eels in the polder migrate freely within the Leopold channel, the Zwarte Sluisbeek and the connected water bodies such as the creeks. No eel migrate over the weir in Sint-Laureins and there are no indications that eel from the main channel also use the tributaries. From the 50 individuals that stay in the polder, 45 individuals show homing behaviour. The results suggest that some areas are used as nursery habitat, whereas other habitats are used to migrate. Despite the relatively good connectivity within the polder area, some eels show searching behaviour, especially at the pumping station. Analysis of the length of the searching behaviour and the delay in the migration indicate that on average eel loose most time in their search for the pumping station and the outflow of the Braakman. After passage through the pumping station, eel migrate promptly through the Braakman but show searching behaviour, which is probably caused by the irregular discharge. Generally, the eel in the Scheldt estuary easily migrate to the sea.

Based on the sampling of eels migrating through the pumping station by fyke nets (method A), in total 392 silver eel passed the pumping station. Based on the wetted surface, the eel observations in the study area and the actual number of migrating eel per silver eel stadium (method B), 524 migrating silver eel were present in the study area. A third estimate of the number of silver eel based on the eel model (method C) quantified 1623 silver eel in the study area, of which only 95 eel were female. Consequently, the method A and method B appear to result in similar estimations of the number of silver eel in the study area. In contrast, the eel model (method C) calculated a number of migrating females that was substantially lower than observed.

Remarkably, 50% of the observed eel migrate between june and august and in december/january, and thus outside the period that is generally accepted as the peak of silver eel migration (september – october – november). Consequently, the current catch restriction period only protects 50% of the migrating silver eels.

Sampling of the juvenile eel migrating to the study area revealed that the eel inflow is too limited to support a sustainable eel population in the study area.

The telemetry study indicates that for eels showing homing behaviour, the start of this behaviour often concurs with a rise in water temperature. Higher flow values appear to end the homing behaviour, which is confirmed by the relation between the start of eel migration and the flow. Analysis of the searching behaviour in the polder shows that most migrating individuals start searching at an increase of flow, and that this search continues during dryer periods. The flow in these periods may be too low and irregular to allow eel to orient in the study area.

Most eel that search at the pumping station do find this station at higher flows, but don't pass the pumping station promptly and therefore stay searching until a next flow peak. Analysis of the delay at the pumping station also shows that eels depend on the operation of the station to pass. Consequently, they don't find other migration routes like the De Wit fish bypass. Similar behaviour is observed at the outflow of the Braakman.

Inhoudstafel

1	Inleiding en probleemstelling	13
1.1	Wettelijke context	13
1.1.1	Palingverordening	13
1.1.2	Beneluxbeschikking en Decreet Integraal Waterbeheer	13
1.2	Probleemstelling	15
1.3	Onderzoeksvragen	16
1.3.1	Schade en mortaliteit van paling door een pompgemaal	16
1.3.2	Densiteit van paling en schieraal in een poldergebied	16
1.3.3	Migratieroutes en -gedrag van paling in een poldergebied	16
1.3.4	Uittrek van paling uit het poldergebied	16
1.3.5	Intrek van paling in het poldergebied	17
1.3.6	Factoren die het migratiegedrag van paling beïnvloeden	17
2	Methoden	18
2.1	Studiegebied	18
2.1.1	Algemene beschrijving	18
2.1.2	Migratiemogelijkheden binnen het studiegebied (Fig. 2)	19
2.1.2.1	Mogelijke intrekroutes van paling in het gebied	19
2.1.2.2	Mogelijke uittrekroutes van schieraal uit het gebied	19
2.2	Densiteit van paling en schieraal in het gebied	24
2.2.1	Densiteitsbemonsteringen	24
2.2.2	Schieraalkenmerken	26
2.2.3	Densiteits- en biomassabepaling	27
2.3	Migratiegedrag van paling in het studiegebied	29
2.3.1	Akoestische telemetrie	29
2.3.2	Zenderen van de gevangen individuen	35
2.3.3	Gedrag van de gezenderde individuen	36
2.3.3.1	Verschillende types gedrag	36
2.3.3.2	Aandeel van zoekgedrag en vertraging in de migratie van paling die naar de Westerschelde migreert	38
2.4	Inschatting van het aantal uittrekkende schieralen	40
2.4.1	Het aantal uittrekkende schieralen ter hoogte van het gemaal	40
2.4.1.1	Passage door het gemaal	40
2.4.1.1.1	Bemonstering van de palingen die het gemaal passeren	40
2.4.1.1.2	Totaal aantal schieraal dat via het gemaal passeert	41
2.4.1.1.3	Uitgestelde sterfte	41
2.4.1.2	Uittrek via de De Wit vistrap te Boekhoute	43
2.4.1.3	Uittrek via gravitaire lozing	44
2.4.1.4	Herhaaldelijke passage van het gemaal	44
2.4.2	Het aantal uittrekkende schieraal op basis van telemetrie	45
2.4.3	Het aantal uittrekkende schieraal op basis van densiteitsmetingen in het gebied	46
2.4.3.1	Het aantal schieraal op basis van de fuikbemonsteringen	46
2.4.3.2	Het aantal schieraal op basis van het palingmodel	46
2.5	Inschatting van de intrek van paling in het poldergebied	47
2.5.1	Intrek via een tijdelijke aalgoot ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins	47
2.5.2	Intrek via een tijdelijke aalgoot ter hoogte van het pompgemaal in Boekhoute	48
2.5.3	Intrek via de De Wit vistrap	48
2.6	Factoren die de migratie van paling beïnvloeden	48
3	Resultaten en bespreking	49
3.1	Densiteit van paling en schieraal in het gebied	49
3.1.1	Paling- en schieraaldensiteit per waterloop	49

3.1.1.1	Algemene vangstgegevens	49
3.1.1.2	Paling	49
3.1.1.3	Schieraal	52
3.1.2	Relatie populatiegrootte, densiteit en abundanties meetnet zoetwatervis	54
3.2	Migratiegedrag van paling in het studiegebied	55
3.2.1	Migratieroutes	55
3.2.1.1	Migratieroutes in de polder	55
3.2.1.2	Migratieroutes in de Braakman	55
3.2.1.3	Migratieroutes in de Westerschelde	56
3.2.2	Migratiegedrag	57
3.2.2.1	Vergelijking van vangstlocatie en meest recent waargenomen locatie	57
3.2.2.1.1	Residente palingen	58
3.2.2.1.2	Palingen die naar de Braakman trokken	59
3.2.2.1.3	Palingen die de Westerschelde bereikten	61
3.2.2.1.3.1	Migratiegedrag	61
3.2.2.1.3.2	Aandeel van zoekgedrag en vertraging in de migratie van paling die naar de Westerschelde migreert	62
3.3	Inschatting van het aantal uittrekkende schieralen	64
3.3.1	Inschatting op basis van het aantal palingen dat het gemaal passeert (methode A)	64
3.3.1.1	Passage door het gemaal	64
3.3.1.2	Passage via de De Wit vistrap	66
3.3.1.3	Passage via gravitaire lozing	66
3.3.1.4	Herhaaldelijke passage op basis van floy tag merkexperimenten	67
3.3.2	Inschatting op basis van telemetriegegevens	67
3.3.3	Inschatting van de hoeveelheid uittrekkende schieraal op basis van fuikvangsten in het studiegebied (methode B)	68
3.3.3.1	Inschatting op basis van de waargenomen percentages schieraal	68
3.3.4	Inschatting op basis van het palingmodel (Dekker et al. 2008; Methode C)	70
3.3.5	Vergelijking van de verschillende methodes	71
3.4	Inschatting van de intrek van paling in het gebied	73
3.4.1	Intrek via de De Wit vistrap	73
3.4.2	Intrek via de palinggoot in Boekhoute	73
3.4.3	Intrek via de palinggoot in Sint-Laureins	73
3.4.4	Inschatting van de grootte van de palingpopulatie op basis van de intrek in het gebied	74
3.5	Factoren die migratie beïnvloeden	76
3.5.1	Relevante factoren obv. de pompemaalstudie	76
3.5.2	Relevante factoren obv. de telemetriestudie	76
4	Conclusie	81
4.1	Densiteit van schieraal in het gebied	81
4.2	Migratiegedrag van paling in het studiegebied	81
4.3	Inschatting van het aantal uittrekkende schieralen	82
4.4	Inschatting van het aantal intrekkende palingen	83
4.5	Factoren die migratie beïnvloeden in het studiegebied	83
5	Literatuurlijst	85

1 Inleiding en probleemstelling

1.1 Wettelijke context

1.1.1 Palingverordening

Om de dramatische achteruitgang van de bestanden van de Europese paling (*Anguilla anguilla*) te stoppen, heeft de Europese Ministerraad in 2007 de Palingverordening uitgevaardigd (EG/1100/2007). De verordening verplicht alle lidstaten om tegen eind 2008 voor elk stroomgebied een beheerplan op te maken voor de bescherming en het herstel van de palingbestanden. De verordening stelt dat de lidstaten de nodige maatregelen moeten treffen om ervoor te zorgen dat op termijn minstens 40% van de volwassen schieraal (t.o.v. een natuurlijke referentiesituatie zonder menselijke impact) de open zee kan bereiken om zich voort te planten.

De beheerplannen voor de Belgische stroombekkens werden in 2008 opgemaakt door het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB), waarbij de wetenschappelijke onderbouwing werd aangeleverd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) (Stevens *et al.*, 2009). Het beheerplan geeft een overzicht van de toestand van paling in Vlaanderen en geeft een schatting van de productie en ontsnapping van schieraal uit onze stroombekkens. Het ontsnappingspercentage van schieraal bedraagt slechts 25% van het streefbeeld. Dit lage percentage weerspiegelt in de eerste plaats de lage rekrutering van glasaal, waardoor slechts een fractie van de oorspronkelijke hoeveelheid glasalen onze kusten bereikt. De slechte waterkwaliteit in een groot deel van de waterlopen is één van de oorzaken voor de lage productie, maar ook de onbereikbaarheid van habitatten door migratiebarrières speelt een belangrijke rol. Naast de lage productie in de (potentiële) opgroeigebieden, ligt ook een verhoogde mortaliteit van schieraal aan de basis van het lage ontsnappingspercentage. Hierbij is vooral vermaling door pompgemalen en hydroturbines een belangrijke mortaliteitsfactor. Maatregelen die de mortaliteit door pompgemalen verminderen betreffen een uitvoering van artikel 2, 10 van de Palingverordening EG/1100/2007 die stelt dat 'de lidstaten zo spoedig mogelijk passende maatregelen toepassen ter vermindering van de palingsterfte als gevolg van onder meer pompen, tenzij dit niet nodig is voor het bereiken van de doelstelling van de plannen'.

1.1.2 Beneluxbeschikking en Decreet Integraal Waterbeheer

Op 16 juni 2009 werd een nieuwe Beneluxbeschikking (M (2009) 1) inzake de vrije vismigratie in de hydrografische stroomgebieden van de Beneluxlanden goedgekeurd. Deze beschikking vervangt de Beschikking M (96) 5 van 26 april 1996. De nieuwe Beneluxbeschikking wil het beleid inzake de vrije vismigratie afstemmen op de Europese regelgeving. Meer specifiek worden hiermee de uitvoeringstermijnen van het beleid afgestemd op de KRW (Richtlijn 2000/60/EG). De nieuwe Benelux Beschikking M (2009) 1 legt de lidstaten o.a. op om:

- de tot dusver met succes geleverde inspanningen voort te zetten teneinde de knelpunten, voor de vrije migratie in de ecologisch belangrijke waterlopen met inbegrip van de verbindingswaterlopen, weg te werken;
- binnen de 12 maanden na de inwerkingtreding van deze Beschikking een strategische prioriteitenkaart op te maken die de ecologisch belangrijke waterlopen met inbegrip van de verbindingswaterlopen omvat en dit ten minste voor de door Europese regelingen beschermde soorten;
- voorrang te geven aan de hindernissen op de strategische prioriteitenkaart;
- 90% van de hindernissen van eerste prioriteit weg te werken voor 31 december 2015 en de rest van deze hindernissen voor 31 december 2021;

- 50 % van de hindernissen van tweede prioriteit weg te werken voor 31 december 2015 en de rest van deze hindernissen in twee delen van telkens 25%, het eerste deel voor 31 december 2021 en het tweede deel voor 31 december 2027;
- binnen 12 maanden na de inwerkingtreding van deze Beschikking, speciale aandacht te besteden aan de grensoverschrijdende trajecten in termen van een betere grensoverschrijdende afstemming. Dit omvat concrete realisaties voor het saneren van de knelpunten en zo nodig de verhoging van de efficiëntie van bestaande vispassages. Dit moet gebeuren volgens een gemeenschappelijk uitvoeringsprogramma op basis van de nationale c.q. regionale strategische prioriteitenkaarten, waarop de tegen 2015, 2021 en 2027 af te stemmen grensoverschrijdende trajecten zijn gespecificeerd;
- bij de uitvoering van werken aan kunstwerken die een hindernis opleveren de hindernissen voor vissen passeerbaar te maken;
- niet meer toe te staan dat nieuwe hindernissen zoals stuwen, waterkrachtturbines, pompen en gemalen worden opgeworpen zonder dat een oplossing wordt voorzien voor de vrije migratie.

Herstel van vrije vismigratie staat ook centraal in de Vlaamse wetgeving. In het Decreet betreffende het Integraal Waterbeheer van 9 juli 2003 werd vooropgesteld dat vrije vismigratie voor alle vissoorten vóór 1 januari 2010 in alle Vlaamse stroomgebieden mogelijk moet zijn, nieuwe migratieknelpunten moeten voorkomen worden en natuurlijke watersystemen moeten behouden en hersteld worden.

1.2 Probleemstelling

Eén van de belangrijkste mortaliteitsfactoren bij schieraal is vermaling of beschadiging door pompgemalen. Pompgemalen zijn meestal geïnstalleerd om de waterhuishouding van polders te controleren. Hierbij wordt het water uit de polders naar hoger gelegen waterlopen gepompt, die op hun beurt gravitair afwateren. Polderlopen zijn belangrijke opgroeigebieden voor paling (Lafaille *et al.*, 2004; Lasne *et al.*, 2008). Ze liggen dicht bij zee en zijn bijgevolg gemakkelijk koloniseerbaar, ze hebben een hoge productiviteit en een relatief goede structuurkwaliteit. Volwassen paling metamorfoseert tot schieraal en migreert in het najaar naar zee. De stroomafwaartse migratie wordt meestal op gang gebracht door een verhoogde waterafvoer (Durif & Elie, 2008). Deze periodes vallen echter samen met een verhoogde werking van de pompgemalen, waardoor de mortaliteit van schieralen die uit de polders migreren onevenredig hoog is. De schade door pompgemalen is ook afhankelijk van het pomptype. Zo zijn sneldraaiende schroefpompen schadelijker dan vijzelpompen, die op hun beurt schadelijker zijn dan centrifugaalpompen (Buysse *et al.*, 2013.; Germonpré *et al.*, 1994).

Uit een recente inventarisatie blijkt dat er in Vlaanderen 172 pompgemalen aanwezig zijn (Stevens *et al.*, 2011). Op basis van het type pomp, het bemalingsgebied en de pompwerking werd een inschatting gemaakt van de totale mortaliteit van schieraal door pompgemalen. Hieruit blijkt dat onder natuurlijke omstandigheden jaarlijks tussen 3 en 10.5 ton schieraal gedood wordt bij passage door een pompgemaal.

Bij de berekening van de totale mortaliteit door pompgemalen werd uitgegaan van een aantal assumpties over de densiteit van paling in de Vlaamse waterlopen en over de productie van schieraal onder natuurlijke omstandigheden. Eén van de belangrijkste bronnen van onzekerheid in de mortaliteitsschattingen is het ontbreken van betrouwbare schattingen over de huidige palingdensiteit. De huidige schattingen zijn gebaseerd op eenmalige afvissingen. Om betrouwbare densiteitschattingen te bekomen moeten aangepaste bevissingsmethoden gebruikt worden. Tijdens het voorliggende onderzoeksproject zal de palingdensiteit bepaald worden op een aantal selectief gekozen locaties in het bemalingsgebied van het pompgemaal van Boekhoute (provincie Oost-Vlaanderen).

Ter hoogte van het vijzelpompgemaal van Boekhoute werd door het INBO in 2009 in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) een onderzoek uitgevoerd naar de schade en de mortaliteit van paling (en andere vissoorten) door het pompgemaal (Baeyens *et al.*, 2011). Hieruit blijkt dat de mortaliteit van paling bij passage door de vijzel 17% bedraagt. Intussen heeft de bevoegde beheerder van dit pompgemaal (VMM) op advies van INBO enkele technische aanpassingen aan het pompgemaal aangebracht. Hierbij werden de conventionele vijzels vervangen door vijzels met een conische top (De Witvijzels). Deze aanpassingen werden in het kader van dit project geëvalueerd en de resultaten hiervan werden in een vorig rapport neergeschreven (Baeyens *et al.*, 2013).

Voor de evaluatie van de maatregelen uit de palingbeheerplannen moet het jaarlijks aantal wegtrekkende schieralen aan Europa gerapporteerd worden. Voor Vlaanderen zijn hierover geen gegevens bekend. Tijdens het onderzoek zal de productie van schieraal in het bemalingsgebied van het pompgemaal van Boekhoute bepaald worden. De resultaten geven een eerste schatting van de productie van schieraal in polderwaterlopen, die een belangrijk aandeel van het opgroeigebied van paling in Vlaanderen vertegenwoordigen.

1.3 Onderzoeksvragen

Dit onderzoek kan worden opgedeeld in zes luiken. In een apart rapport (Baeyens *et al.*, 2013) werd de schadeproblematiek en mortaliteit van paling door een pompgemaal belicht (1). Vervolgens werd de densiteit van paling en schieraal in het studiegebied bepaald (2), waarna de migratieroutes van paling in het gebied werden blootgelegd (3). Om het belang van het poldergebied voor paling na te gaan werd de uittrek van paling uit het gebied gekwantificeerd (4), net als de intrek in het gebied, waaruit kan besloten worden of het gebied al dan niet een duurzame palingpopulatie kan onderhouden in de huidige omstandigheden (5). Tenslotte werden de factoren bepaald die het migratiegedrag van paling beïnvloeden (6), om zo tot suggesties voor het beheer van het studiegebied en andere gebieden te komen. Per onderzoeksluik worden een aantal deelvragen beantwoord.

1.3.1 Schade en mortaliteit van paling door een pompgemaal

Voor de onderzoeksvragen en de resultaten van dit onderzoeksluik verwijzen we naar het rapport van Baeyens *et al.* (2013).

1.3.2 Densiteit van paling en schieraal in een poldergebied

Dit luik evalueert de densiteit van paling en schieraal in het studiegebied aan de hand van volgende onderzoeksvragen:

- Wat is de densiteit en biomassa van paling in de verschillende types waterlopen in het gebied?
- Wat is de densiteit en biomassa van schieraal in de verschillende types waterlopen in het gebied?

Hieruit kunnen de eerdere aannames van palingdensiteit in het palingbeheerplan (bijv. standaarddensiteit van $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ schieraal) gevalideerd worden. De resultaten van dit onderzoeksluik passen bovendien in het kader van de uitwerking van een gestandaardiseerde methodiek om de densiteit van paling en de schieraaltrek in andere poldergebieden te bepalen.

1.3.3 Migratieroutes en -gedrag van paling in een poldergebied

Dit luik focust op de migratieroutes en het migratiegedrag van paling in een poldergebied aan de hand van volgende onderzoeksvragen:

- Welke migratieroutes gebruiken palingen om weg te trekken uit het gebied?
- Welke knelpunten ondervinden palingen tijdens hun uittrek? (maw. zijn er zones waar de migratie vertraagt of stopt?)

Hieruit kan een analyse worden gemaakt van de belangrijkste knelpunten en prioritaire migratieroutes in het studiegebied en andere poldergebieden.

1.3.4 Uittrek van paling uit het poldergebied

Dit onderzoeksluik maakt een inschatting van het aantal palingen dat het poldergebied verlaat door vergelijking van 3 methodes:

- Hoeveel paling verlaat het gebied op basis van bemonsteringen ter hoogte van het Isabellagemaal?
- Hoeveel paling verlaat het gebied op basis van de densiteitsmetingen in het gebied?
- Hoeveel paling verlaat het gebied op basis van het model van Dekker *et al.* (2008)?

De kwantificatie van de uittrek van paling uit het poldergebied laat toe om het belang van het poldergebied in te schatten voor het bereiken van de doelstellingen van het Palingbeheerplan. Bovendien worden de aannames uit het Palingbeheerplan gevalideerd door vergelijking van de verschillende methodes die het aantal uittrekkende paling kwantificeren.

1.3.5 Intrek van paling in het poldergebied

De intrek van paling in het poldergebied werd gekwantificeerd om na te gaan in hoeverre een natuurlijke duurzame palingpopulatie kan standhouden in dit gebied. Concreet werd volgende onderzoeksvraag beantwoord:

- Trekt er voldoende paling het gebied binnen om een duurzame palingpopulatie in stand te houden?

1.3.6 Factoren die het migratiegedrag van paling beïnvloeden

Dit luik belicht de verschillende factoren die het migratiegedrag van paling kunnen beïnvloeden. Op die manier worden suggesties gemaakt voor het beheer van het studiegebied en andere poldergebieden. Volgende onderzoeksvragen werden belicht:

- Welke factoren beïnvloeden de migratie van palingen?
- Kan het beheer van poldergebieden worden aangepast op basis van deze factoren?

2 Methoden

2.1 Studiegebied

2.1.1 Algemene beschrijving

Het waterschap 'Krekenland' is één van de 5 waterschappen van het deelbekken 'Gentse kanalen' in het Scheldebekken. Het omvat vier polders: Zwarte Sluispolder, Generale Vrije Polders, Slependammpolders en de Isabellapolder. De totale afwateringsoppervlakte bedraagt iets meer dan 20.000 ha en spreidt zich uit over de gemeenten Sint Laureins, Assenede, Eeklo en Kaprijke (Fig. 1). De ontwatering van deze polders gebeurt via het Leopoldkanaal, waarbij water door het Isabellagemaal wordt overgepompt naar het Isabellakanaal in Nederland. Dit kanaal mondt uit in de Braakmankreek, die via een stuatiesluis uitmondt in de Westerschelde.

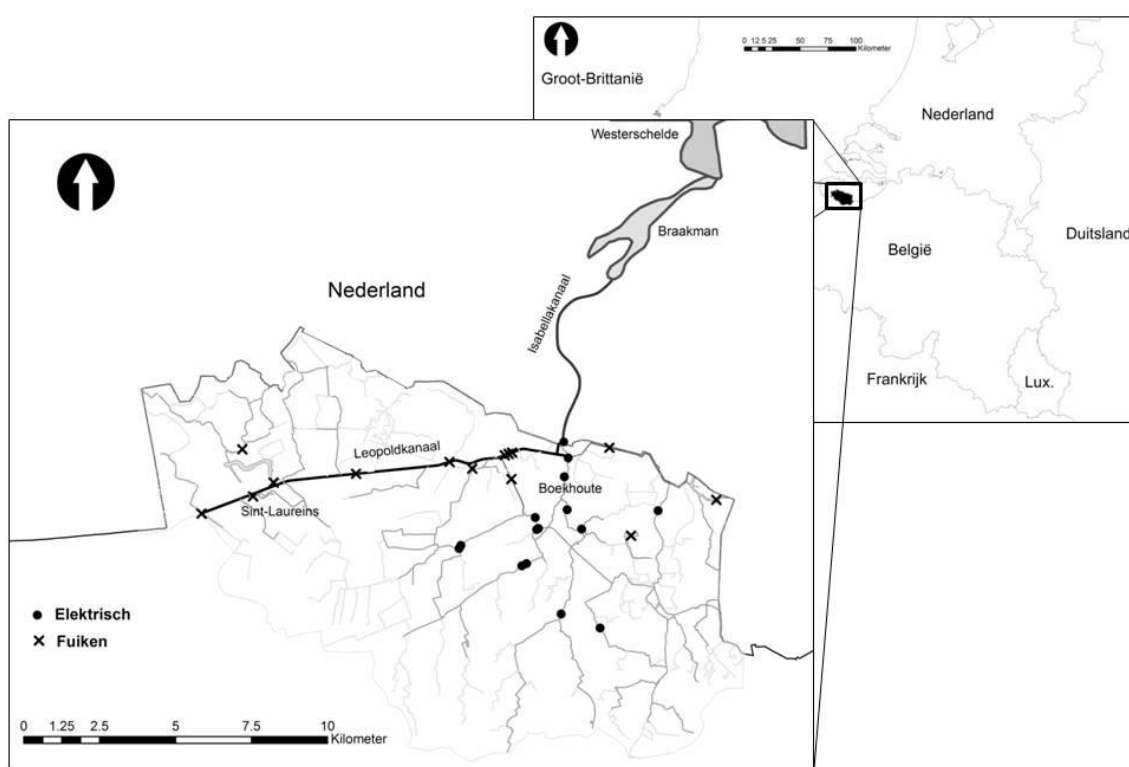


Fig. 1. Situering van het studiegebied: het afwateringsgebied van het Isabellagemaal in België.

Het Leopoldkanaal is een onbevaarbare waterweg die werd gegraven in 1845. Het kanaal loopt van Boekhoute tot Heist over een afstand van 46 km. Tot het begin van de 19de eeuw gebeurde de ontwatering van de polders langs het Lapscheurse Gat. Na de onafhankelijkheid van België sloot Nederland deze ontwatering af en werden de vruchtbare poldergronden waterziek. Omdat dit ook de verspreiding van malaria met zich mee bracht, werd onder impuls van kanunnik Jozef Andries besloten het Leopoldkanaal te graven.

Het Isabellagemaal bestaat uit vijf vijzels; drie grote ($3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en $21 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$) en twee kleinere ($1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en $25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$). Samen hebben ze een oppompcapaciteit van ruim $13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Aan de inlaat van het gemaal zijn vuilroosters met automatische reiniging voorzien.

Het Isabellakanaal is het kort afwateringskanaal (5,5 km) dat het Belgische Leopoldkanaal verbindt met 'de Braakman' in Nederland. Het werd in 1920 gegraven ten gevolge van een nieuw akkoord tussen België en Nederland.

2.1.2 Migratiemogelijkheden binnen het studiegebied (Fig. 2)

2.1.2.1 Mogelijke intrekroutes van paling in het gebied

Er zijn 3 mogelijke intrekroutes in het gebied: via een tijdelijke aalgot ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins, via een tijdelijke aalgot in de pompkom te Boekhoute en via de De Wit vistrap te Boekhoute. Andere potentiële intrekroutes (oa. via het krekensysteem in Zeeuws Vlaanderen en vanuit het kanaal Gent-Terneuzen) worden als verwaarloosbaar beschouwd.

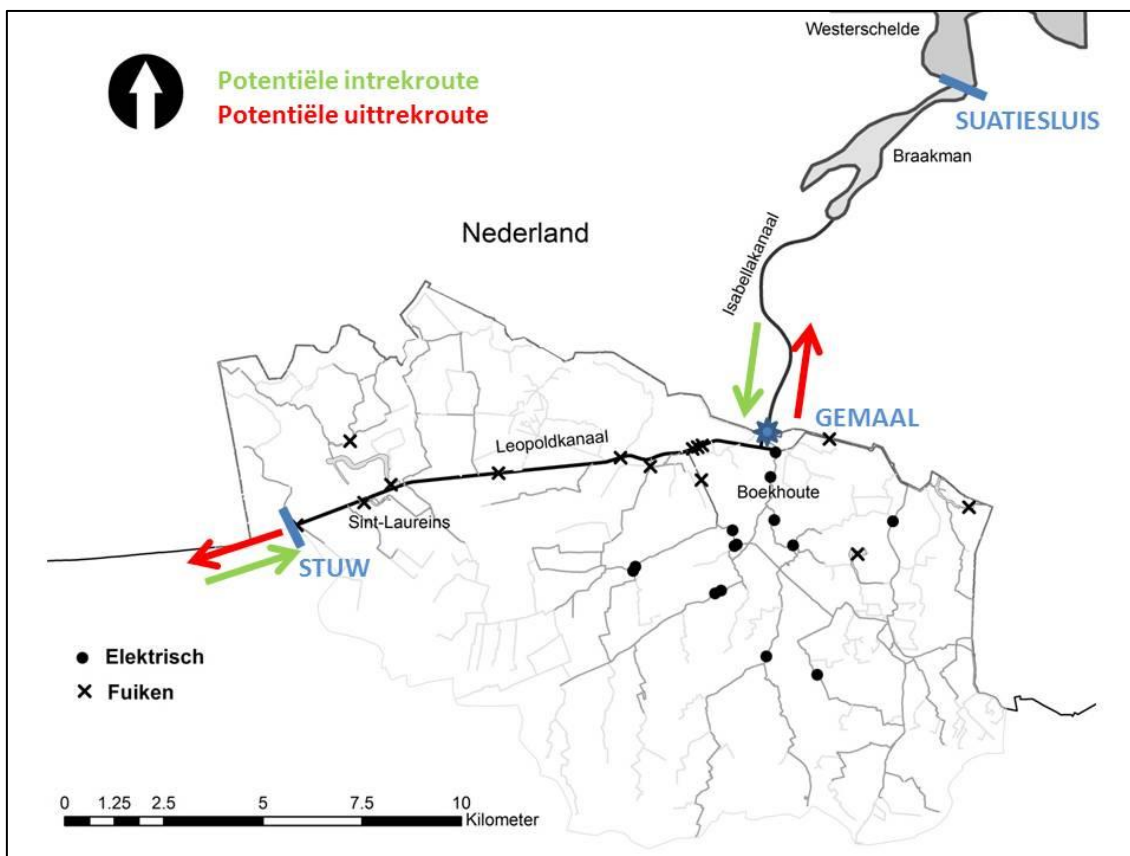


Fig. 2. Migratiemogelijkheden binnen het studiegebied.

2.1.2.2 Mogelijke uittrekroutes van schieraal uit het gebied

Paling kan via twee hoofdroutes het gebied verlaten: over de stuw in Sint-Laureins (richting Zeebrugge) en via het Isabellakanaal (via de Braakman richting de Westerschelde). Op deze laatste route passeert de paling het pompemaal of de De Wit vistrap te Boekhoute. Uittrek via andere potentiële routes (vb. over land) wordt hier als verwaarloosbaar beschouwd, wat ook in lijn is met de literatuur en de resultaten van de telemetriestudie.



(A)



(B)

Fig. 3. De stuw op het Leopoldkanaal in Sint-Laureins. Het grootste deel van de tijd gaat er geen water over de stuw. Wanneer er toch water over de stuw gaat, gebeurt dit bij klein hoogteverschil (< 15 cm; A) of wanneer de stuw volledig verzonken is (B).



(A)



(B)

Fig. 4. Migratiemogelijkheden ter hoogte van het gemaal in Boekhoute: de De Wit vistrap (A,B), het gemaal (A) en de schuiven voor gravitaire lozing (3 rechtse schuiven, B)



(A)



(B)

Fig. 5. De suatiesluis op de Braakman aan de Braakmanzijde (A) en de Westerscheldezijde (B).



(A)



(B)

Fig. 6. De noodpompen ter hoogte van de suatiesluis op de Braakman (A en B; foto's Marius van Wingerden, Waterschap Scheldestromen).

2.2 Densiteit van paling en schieraal in het gebied

2.2.1 Densiteitsbemonsteringen

In het bemalingsgebied liggen 16 punten van het Meetnet Zoetwatervis die elektrisch bevestigd worden (VIS databank; www.vis.milieuinfo.be). Deze locaties worden bij een bemonstering slechts één keer bevestigd, waardoor geen densiteit berekend kan worden. Voor de berekeningen van de schade door een pompgemaal werd de densiteit geschat op basis van deze abundanties. Om de densiteit correcter in te schatten zal op een aantal locaties in het bemalingsgebied de densiteit bepaald worden via depletie en vangst-hervangst bevissingen. Hierbij worden zoveel mogelijk VIS-locaties bevestigd om een vergelijking te kunnen maken tussen densiteit en de abundanties (CPUE) uit de VIS databank.

De locaties die bevestigd worden moeten een representatief beeld geven van de aanwezige habitattypes in het bemalingsgebied. Het studiegebied wordt gekenmerkt door een aantal verschillende habitattypes: het Leopoldskanaal, de Meetjeslandse kreken, grote polderwaterlopen en kleine polderwaterlopen (Tabel 1). Er werden 9 diepe locaties (4 kanaallocaties en 5 kreken), 8 grotere polderlopen en 8 kleinere polderlopen bemonsterd (Tabel 2).

Tabel 1. Diepte, breedte en stromingskarakteristieken van de verschillende habitattypes in het studiegebied

Type	Diepte (m)	Breedte (m)	Stromingstype
Kanaal	1 - 4	10 - 20	traagstromend
Kreek	0.5 - 10	15 - 150	stilstaand
Grote polderwaterloop (GPW)	0.5 - 2	5 - 10	traagstromend
Kleine polderwaterloop (KPW)	0.2 - 1	0.5 - 5	traagstromend

Op de doorwaadbare locaties werd de densiteit bepaald via de **depletie methode** (drie opeenvolgende elektrische afvissingen van een met afzetnetten afgesloten traject van 100 m waarbij de gevangen vissen na elke afvissing tijdelijk uit het traject worden verwijderd). Op locaties waar diepte of conductiviteit niet toelieten om efficiënt elektrisch te vissen werd de **merk-hervangst methode** met fuiken gebruikt. Hierbij werden op elke locatie acht fuiken geplaatst die vier opeenvolgende dagen gecontroleerd werden. Bij elke controle werden de gemerkte en niet gemerkte palingen geteld en weer vrijgelaten. Voor ze vrijgelaten werden, kregen niet gemerkte palingen een apart merkteken. Door diefstal van twee fuiken kon in de Bentillekreek slechts met zes fuiken gevist worden.

Tabel 2. De bemonsterde waterlopen, het nummer van de staalnamelocatie op (NR), het type waterloop, de bevissingsdruk, bemonsteringsmethode en -periode. De bevissingsdruk wordt ingeschat als laag, gemiddeld en hoog obv. objectieve kenmerken (aanwezigheid visclub, openbaar water, ...) en subjectieve kenmerken (waarneming stropersfuiken, mondelinge communicatie met vissers). Sommige waterlopen werden tweemaal bemonsterd (in de zomer van 2011 en van 2012). F = fuik, E = elektrisch.

Waterloop	NR.	Type	Bevissingsdruk	Methode	Periode
Leopoldkanaal 1	1	Kanaal	Gemiddeld	F	Zomer 2012
Leopoldkanaal 2	2	Kanaal	Gemiddeld	F	Zomer 2012
Leopoldkanaal 3	3	Kanaal	Gemiddeld	F	Zomer 2012
Leopoldkanaal 4	4	Kanaal	Gemiddeld	F	Zomer 2011
Bentillekreek	5	Kreek	Hoog	F	Zomer 2012
Kleine Kil	6	Kreek	Hoog	F	Zomer 2012
Boerekreek	7	Kreek	Gemiddeld	F	Zomer 2012
Grote Geul	8	Kreek	Laag	F	Zomer 2012
Roeselarekreek	9	Kreek	Laag	F	Zomer 2011
Legemeersbeek	10	GPW	Gemiddeld	F	Zomer 2012
Zwartesluisbeek	11	GPW	Gemiddeld	F	Zomer 2012
Isabellawatering 1	12	GPW	Laag	F	Zomer 2012
Isabellawatering 2	13	GPW	Laag	E	Zomer 2012
Isabellakanaal 1	14	GPW	Laag	E	Zomer 2012
Isabellakanaal 2	15	GPW	Laag	E	Zomer 2011
Isabellakanaal 3	16	GPW	Laag	E	Zomer 2012
Vlietbeek	17	GPW	Laag	E	Zomer 2012
Sperwatergang	18	KPW	Laag	E	Zomer 2011 - 2012
Oosteeklosebeek	19	KPW	Laag	E	Zomer 2011 - 2012
Doodhoekbeek	20	KPW	Laag	E	Zomer 2012
Isabellakanaal (II)	21	KPW	Laag	E	Zomer 2012
Basseveldsebeek	22	KPW	Laag	E	Zomer 2012
Kaprijkse watergang	23	KPW	Laag	E	Zomer 2012
Bovenloop Bentillekreek	24	KPW	Laag	E	Zomer 2012
Wolfskreek	25	KPW	Laag	E	Zomer 2012

2.2.2 Schieraalkenmerken

Van alle gevangen palingen werd de lengte, het gewicht en de schieraalkenmerken bepaald. Verder werden ook de kleur van de buik en de zijlijnkenmerken (aanwezigheid van zwarte stippen) visueel bepaald. De schieraalkenmerken werden bepaald met een digitale schuifpasser: de lengte van de borstvin, de horizontale oogdiameter en de verticale oogdiameter (Fig. 7). Voor deze metingen wordt paling wordt verdoofd in een oplossing van kruidnagelolie (0.3 mL.L^{-1} tot 0.4 mL.L^{-1} afhankelijk van oa. de watertemperatuur).

Het schieraalstadium werd automatisch berekend tijdens de bemonsteringen (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroefase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase) op basis van de lengte, het gewicht en de schieraalkenmerken. **Alle palingen die in stadium FIII, FIV, FV en MII vallen**, worden hierna als **schieraal** beschouwd. De schieraalkenmerken werden opgemeten voor alle palingen langer dan 30 cm.



Fig. 7. Opmeting van de verschillende schieraalkenmerken: lengte (A), lengte van de borstvin (B) en oogdiameter horizontaal (C).



Fig. 8. Close-up van een migrerend mannetje dat werd gevangen in de gemaalruiken van het Isabellagemaal.



Fig. 9. Een vrouwelijke (boven) en mannelijke (onder) schieraal gevangen in het gemaal te Boekhoute tijdens de studieperiode.

2.2.3 Densiteits- en biomassabepaling

De **aantalsschattingen** gebeurden op basis van het vangst-hervangst principe volgens Petersen (Bagenal, 1978). Hierbij is het de bedoeling om zoveel mogelijk gemerkte individuen in de populatie te brengen. Een hervangst bevat dan zowel gemerkte als ongemerkte exemplaren. Als we aannemen dat het aantal gemerkte vissen in de hervangst evenredig is met het aantal gemerkte individuen in de waterlooppopulatie, dan geldt de volgende vergelijking:

$$N = \frac{m \cdot c}{r}$$

met N de populatiegrootte, m het aantal gemerkte vissen in de populatie, c het aantal vissen in de hervangst en r het aantal gemerkte vissen in de hervangst. Eén van de grote assumpties van deze schatting is dat ze enkel geldt voor "gesloten" populaties, maw. zonder migratie of mortaliteit gedurende de vangst-hervangst periode.

Hoewel de vispopulatie van de bemonsterde waterlopen in principe open is, kunnen we hier toch met de nodige nauwkeurigheid dit systeem toepassen. Uit de resultaten van de telemetriestudie en de hervangsten blijkt immers dat paling slechts over zeer korte afstanden migreerde gedurende de bemonsteringsperiode. Specifiek werd op basis van de afstand tussen de verschillende fuiken op een bemonsteringslocatie en de hervangsten van verschillende palingen waargenomen dat de **afgelegde afstand over 24 u** varieerde tussen 0 en 500 m met een gemiddelde van 104 ± 95 m. Deze migratie-afstand werd berekend op basis van 84 hervangsten van 73 palingen.

Aangezien onze vangst-hervangst experimenten slechts over enkele dagen liepen, kunnen we bijgevolg veronderstellen dat voor de aantalsschattingen de factor migratie of mortaliteit zeker te verwaarlozen is. De **fout op de aantalsschatting** berekenen we als $\pm 2 \cdot \sqrt{\text{Var}(N)}$ (Laurant & Lamarque, 1975).

Om de aantallen in **densiteit** om te zetten, werd de **bemonsterde oppervlakte per fuik** berekend op basis van de geometrie van de waterloop (natte oppervlakte) en de waargenomen migratie-afstand op 24 u. Er werd bijgevolg verondersteld dat de fuiken een zone bemonsterden met een straal van 100 m rond de fuik (waarbij de lengte van de

dubbele schietfuij 20 m bedroeg). Waar de oppervlakte van de waterloop kleiner was dan de door de fuien bemonsterde zone (bijv. in smalle polderwaterlopen) werd de oppervlakte van de waterloop genomen om de densiteit te berekenen, dit om overschatting van de bemonsterde oppervlakte te vermijden .

Om de **biomassa** te berekenen, vertrekken we vanuit het gemiddeld gewicht per individu per bemonsteringslocatie. Dit gemiddeld gewicht per individu wordt vermenigvuldigd met de densiteitsschatting.

2.3 Migratiegedrag van paling in het studiegebied

2.3.1 Akoestische telemetrie

De zwemroutes en het gedrag van paling in de polder, de Braakman, het Leopoldkanaal, de Westerschelde en ter hoogte van de verschillende potentiële migratieknelpunten in het studiegebied kunnen in kaart worden gebracht met akoestische telemetrie. Deze technologie is gebaseerd op het gebruik van geluidsgolven in water om vissen te bestuderen. Deze onderzoekstechniek is gebaseerd op enkele relatief eenvoudige basisprincipes. Akoestische tags zijn kleine geluidsproducenten die het mogelijk maken om zwemmende vissen op afstand te traceren en hun bewegingen in kaart te brengen. De technologie wordt gebruikt om op kleine schaal visgedrag te bestuderen. Studies die deze technologie gebruiken vinden meestal plaats in rivieren, meren, estuaria bij waterkrachtcentrales en dammen, en op zee.



Fig. 10. Zenderen van een paling. De paling wordt verdoofd en er wordt een zender in de buikholte aangebracht, waarna de wonde wordt dichtgenaaid en de paling eenmaal terug bij bewustzijn wordt teruggezet op de vangstlocatie. De hele operatie neemt een 20-tal minuten in beslag.

Door middel van een kleine chirurgische ingreep onder verdoving met kruidnagelolie wordt een hydroakoestisch zendertje (tag) in de buikholte van een vis aangebracht (Fig. 10). Deze tag zendt onder water een geluidssignaal of akoestische 'ping' uit met een eigen pulsduur en tijdsinterval tussen de pulsen (interval) dat uniek is voor die ene vis. Receivers, die op strategische plaatsen in de waterloop worden opgehangen, vangen het geluidssignaal van de gezenderde vissen op. Deze receivers zetten het geluidssignaal vervolgens om in digitale data die op de receiver worden opgeslagen en via een PC gedownload en opgeslagen kunnen worden. Na de chirurgische ingreep worden de vissen bewaard in een kuip met beluchting tot ze gerecupereerd zijn. Vervolgens worden de vissen teruggezet op hun oorspronkelijke vangstlocatie.



Fig. 11. Dichtgenaaide wonde na aanbrengen van een zender in de buikholte van de paling.



Fig. 12. VIE kleurmerk waaraan de gezenderde palingen tijdelijk kunnen herkend worden. Dit kleurmerk werd tijdens de operatie aangebracht in de boven- of onderlip, maar verdwijnt na een zestal maand opnieuw.



Fig. 13. Herstelde wonde van een paling die opnieuw werd gevangen een drietal weken na de operatie.

Concreet werden in het studiegebied 56 akoestische receivers geplaatst en werden tussen juli en oktober 2012 99 palingen gezenderd. In een eerdere fase (najaar 2011) waren reeds 5 palingen gezenderd bij wijze van test. De gezenderde palingen waren schieralen die werden gevangen tijdens de bemonsteringen van de verschillende waterlopen (juli-september) en in de fuiken van het Isabellagemaal (oktober).

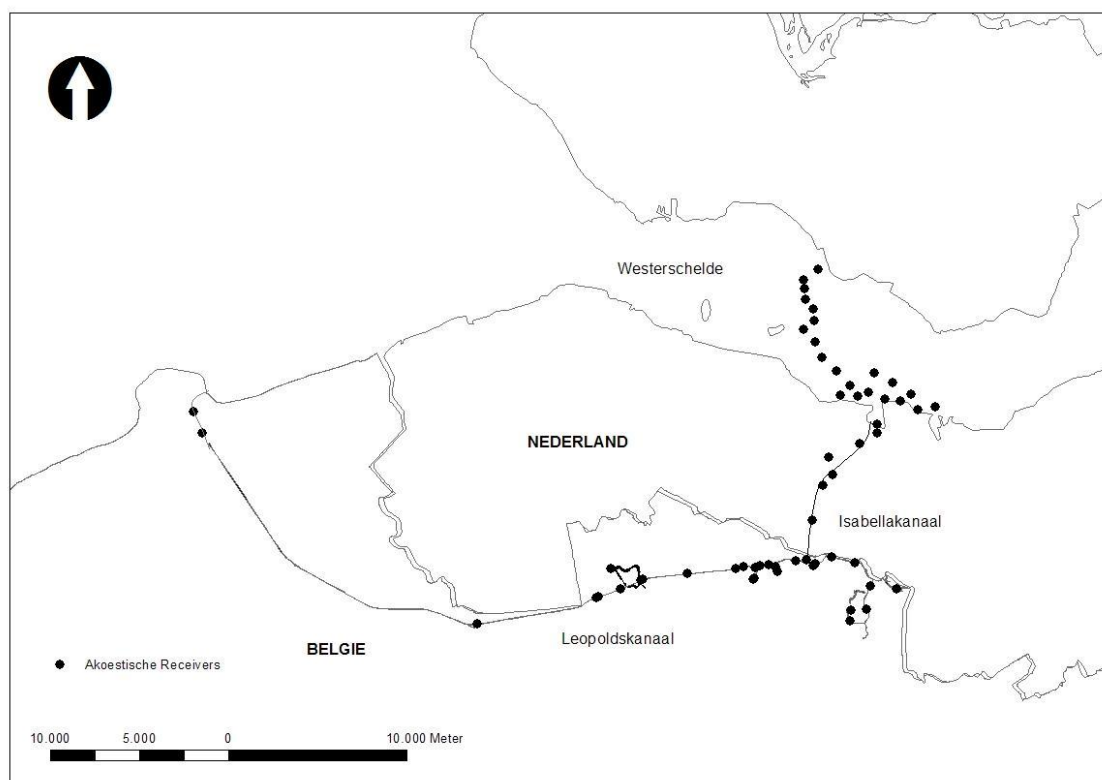


Fig. 14. Locatie van de receivers in het studiegebied, de Braakman, de Westerschelde en het Leopoldkanaal ten westen van de stuw in Sint-Laureins.

Vervolgens werd het migratiegedrag van deze palingen aan de hand van de akoestische receivers geobserveerd. De receivers werden aangebracht op strategische locaties in het studiegebied, zoals migratiekelpunten (stuwen, Isabellagemaal), samenvloeiingen en in krekens. Om na te gaan hoeveel van de palingen die het gemaal passeren uiteindelijk in de Westerschelde belanden, werden ook in de Braakman en in de Westerschelde receivers geplaatst (Fig. 15). Aangezien we in de Westerschelde genoodzaakt waren om gebruik te maken van de bestaande betonnage voor het plaatsen van receivers (Fig. 16), werd geopteerd voor een cirkelvormige gordel rond de Braakmanhaven, de uitstroom van het studiegebied. Deze gordel reikt van de Braakmanhaven tot de overkant van de Westerschelde (Fig. 14). Rijkswaterstaat Nederland verleende toestemming voor het ophangen van de receivers aan de boeien en de receivers werden uitgelezen met behulp van het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ).



Fig. 15. Constructie waarmee de akoestische receivers werden bevestigd aan de scheepvaartboeien in de Westerschelde.



Fig. 16. Scheepvaartboei met akoestische receiver.

2.3.2 Zenderen van de gevangen individuen

In totaal werden 99 palingen gezenderd tussen 3 juli 2012 en 14 december 2012. Specifiek werden 74 palingen gevangen in de polder (dmv. de eerder vermelde fuikbevissingen) en gezenderd tussen 3 juli en 22 augustus 2012. Deze 74 palingen waren uniform verdeeld over de verschillende vangstlocaties (Fig. 17). Indien mogelijk werden op elke locatie 10 schieralen gezenderd. Wanneer dit om praktische redenen (bijv. vangst van minder dan 10 zenderbare schieralen) niet mogelijk bleek, werden minder schieralen gezenderd. Op één locatie (Leopoldkanaal 3) werden uit voorzorg 13 schieralen gezenderd omdat deze locatie het eerst werd bemonsterd en het op dat moment nog onzeker was of er wel voldoende schieralen zouden gevangen worden tijdens de vangstcampagne (juli – september).

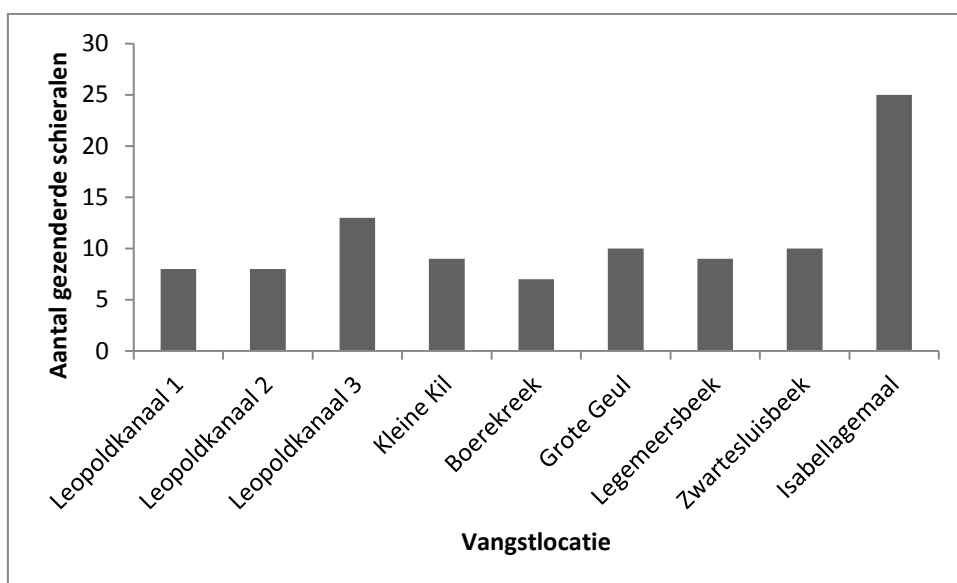


Fig. 17. Het aantal gezenderde schieralen per vangstlocatie.

Op 5, 8, 10 en 16 oktober werden resp. 4, 11, 3 en 6 palingen (24 in totaal) in de gemaalfuik van de grote vijzel gevangen, gezenderd en stroomafwaarts van het gemaal terug uitgezet. Op 14/12/2012 werd tenslotte één schieraal uit de gemaalfuik van de grote vijzel (zie 2.4.1.1.1) gezenderd en terug stroomafwaarts van het gemaal uitgezet. De zender van deze paling (FV) was afkomstig van een paling die op 21/08/2012 was gezenderd op locatie Leopoldkanaal 2. Deze paling (FIII) passeerde op 19/10/2012 het Isabellagemaal en bevond zich op 11/12/2012 ter hoogte van de uitstroomopening van de Braakman, waar ze op 12/12/2012 werd opgevisst door de beroepsvisser die daar actief is. Eén andere gezenderde paling verdween in de Legemeersbeek vlak voor stropersfuiken werden teruggevonden in deze beek. Mogelijk is deze paling dus eveneens opgevisst. Tenslotte vermelden we volledigheidshalve nog dat één paling met een floy tag (zonder zender) die op 16 juli 2012 werd gevangen thv. het gemaal, eind februari 2013 werd opgevisst door de beroepsvisser ter hoogte van de suatiesluis aan de Braakman.

De lengte van de gezenderde individuen varieerde tussen 495 mm en 874 mm, met een gemiddelde van 653 ± 78 mm. Het gewicht varieerde tussen 221 g en 1615 g, met een gemiddelde van 573 ± 251 g. Zowel op basis van de lengte als op basis van de schieraalkenmerken (Durif *et al.*, 2005) van de gevangen palingen bleek dat alle gezenderde palingen vrouwtjes waren. Op elke locatie werden alle schieralen in het stadium FIII, FIV en FV gezenderd. Aangezien dit onvoldoende was om 10 schieralen per locatie te bekomen en aangezien onze zenders 3 jaar werken, werden aanvullend ook vrouwtjes in het FII stadium gezenderd (Tabel 3).

Tabel 3. Schieraalstadium van de verschillende gezenderde schieralen per locatie (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroefase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase).

Vangstlocatie	Stadium			
	FII	FIII	FIV	FV
Leopoldkanaal 1	1	5		2
Leopoldkanaal 2	2	2	2	2
Leopoldkanaal 3	6	6		1
Kleine Kil	2	5		2
Boerekreek	2	3	1	1
Grote Geul		10		
Legemeersbeek	3	4	1	1
Zwartesluisbeek	1	7	1	1
Isabellagemaal		4	2	19
Totaal	17	46	7	29

2.3.3 Gedrag van de gezenderde individuen

2.3.3.1 Verschillende types gedrag

Om het gedrag van de gezenderde individuen te beschrijven, wordt onderscheid gemaakt tussen vijf types gedrag: **sterk hominggedrag**, **hominggedrag**, **migratiegedrag**, **zoekgedrag**, **wachtgedrag** en **migratiegedrag**.

Deze verschillende types werden gedefinieerd op basis van een aantal eigenschappen van en veronderstellingen over het receivernetwerk:

- er zijn geen detectiegaten (holes) in het netwerk;
- elke paling moet minstens 4 receivers passeren om het gebied te verlaten;
- geen enkele paling vertoont een home range die het bereik van 4 receivers omvat;
- de verschillende gedragstypes kunnen in elkaar overgaan (een paling kan bijv. aanvankelijk homing vertonen, maar vervolgens migreren, zoeken, wachten en uiteindelijk terug homing vertonen).

Sterk hominggedrag valt voor in 2 situaties: 1) wanneer een individu na uitzetting niet meer wordt gedetecteerd en 2) wanneer een individu na uitzetting nog op één receiver wordt gedetecteerd, maar waarbij het grootste tijdsverschil tussen opeenvolgende detecties kleiner is dan 24 u. In de eerste situatie is het gezenderde individu ofwel dood, ofwel zo sterk aan een kleine home range gebonden dat het permanent buiten bereik van de receivers vertoeft. De tweede situatie omvat een aantal mogelijke scenarios: het individu kan na uitzetting nog kort op één receiver gedetecteerd zijn en vervolgens ofwel overleden zijn, of zich teruggetrokken hebben in een kleine home range buiten het bereik van de receivers. Een ander mogelijk scenario is dat het individu binnen het bereik van één receiver overleden is of een zeer kleine home range heeft. In dit geval zal het tijdsverschil tussen twee opeenvolgende detecties steeds zeer klein zijn (gelijk aan de random delay tussen twee opeenvolgende signalen van de zender) en dus nooit groter dan 24 u.

Hominggedrag kan zich voordoen in 2 situaties: 1) wanneer een individu op slechts één receiver wordt waargenomen maar het maximum verschil tussen opeenvolgende detecties groter is dan 24 u en 2) wanneer een individu op twee tot drie receivers wordt waargenomen. In de eerste situatie zwemt het individu rond in de buurt van één receiver en heeft het dus vermoedelijk een home range die het bereik van de receiver omvat, maar

onvoldoende groot is om het bereik van meerdere receivers te omvatten. In het tweede geval omvat de home range van het individu het bereik van twee tot drie receivers.

Zoekgedrag valt voor wanneer een individu op minstens 4 receivers wordt waargenomen, maar waarbij deze receivers niet opeenvolgend worden bereikt. De zwemrichting van het individu is maw. één of meerdere keren veranderd in de periode dat het gedetecteerd werd. Concreet in onze studie doet zoekgedrag zich voor in de polder of ter hoogte van het gemaal. In het laatste geval zwemt een individu tot aan het gemaal maar begint het vervolgens in de buurt van het gemaal te zoeken, mogelijks doordat er op dat moment geen water verpompt wordt.

Bij **migratiegedrag** zwemt de paling steeds in dezelfde richting en passeert deze minstens 4 receivers. Wanneer een migrerende paling tijdens de migratie zijn zwemrichting verandert, wordt dit maw. geïnterpreteerd als zoekgedrag (en dus tijd- en energieverlies voor de paling op zijn weg naar de Sargassozeë).

Vertraging valt voor wanneer een individu dat zoekgedrag of migratiegedrag vertoont halt houdt bij een migratiebarrière. In het studiegebied werd dit gedrag ter hoogte van drie locaties waargenomen: de stuw te Sint-Laureins, het Isabellagemaal in Boekhoute en de suatiesluis op de Braakman in Terneuzen.

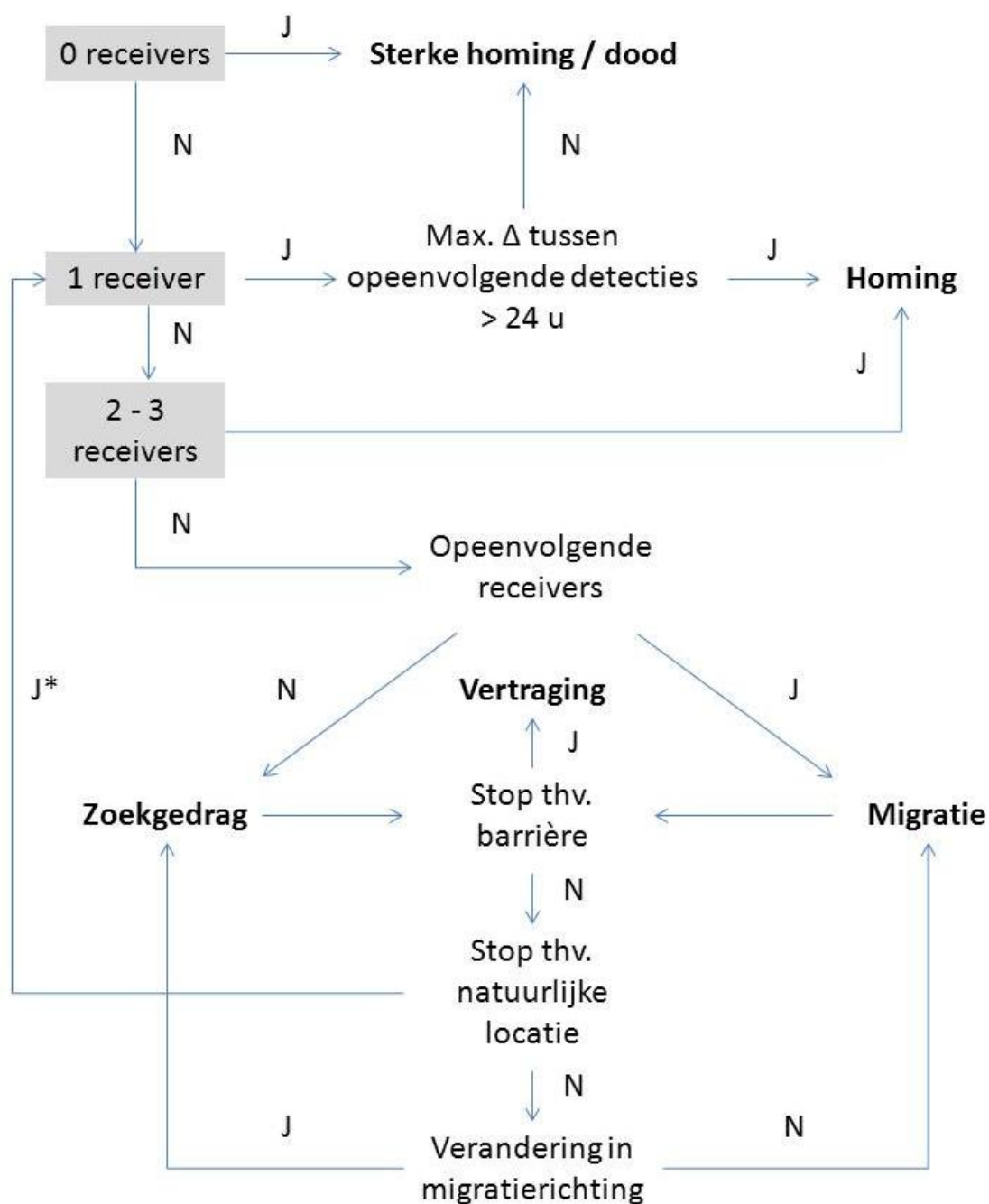


Fig. 18. Indeling van het gedrag van de gezenderde palingen in homing, zoekgedrag, vertraginggedrag en migratiegedrag.

Zoals eerder vermeld kan een individu verschillende types zoekgedrag vertonen tijdens de studieperiode. Zo kan een migrerend individu bijv. halt houden ter hoogte van een natuurlijk habitat en vervolgens daar opnieuw hominggedrag aannemen, of kan migratiegedrag overgaan in zoekgedrag wanneer de zwemrichting van een individu verandert.

2.3.3.2 Aandeel van zoekgedrag en vertraging in de migratie van paling die naar de Westerschelde migreert

Om na te gaan hoe groot het aandeel van het zoekgedrag en de vertraging in de migratie van de paling is, worden een aantal tijdsintervallen gedefinieerd (Tabel 4).

Tabel 4. De verschillende tijdsintervallen die beschouwd worden om het aandeel van zoekgedrag en vertraging in de migratie van paling na te gaan.

Tijdsinterval	Beschrijving
Totale duur migratie	De totale duur van de migratie vanuit de polder tot het punt waarop het laatste signaal wordt waargenomen in de Westerschelde
Totale tijd in polder	De totale tijd die een paling in de polder doorbrengt de som van de duur van migratie en hominggedrag in de polder, zoekgedrag in de polder en ter hoogte van het gemaal en vertraging ter hoogte van het gemaal
Totale tijd in Braakman	De totale tijd die een paling in de Braakman doorbrengt = de som van de duur van migratie, hominggedrag en zoekgedrag in de Braakman en vertraging ter hoogte van de uitstroom
Totale tijd in Westerschelde	De totale tijd die een paling in de Westerschelde doorbrengt = de som van de duur van zoekgedrag en migratie in de Westerschelde
Totale duur zoekgedrag	De totale tijd dat een paling zoekgedrag vertoont = de som van zoekgedrag in de polder, de Braakman en de Westerschelde
Totale duur vertraging	De totale tijd dat een paling vertraging oploopt = de som van vertraging ter hoogte van het gemaal en de uitstroomopening van de Braakman
Netto duur migratie	Dit is het verschil tussen de totale duur van de migratie en de duur van het zoekgedrag en de vertraging, maw. het aantal dagen dat de paling zich effectief actief verplaatst heeft

2.4 Inschatting van het aantal uittrekkende schieralen

De totale hoeveelheid uittrekkende paling is de som van de paling die via het Leopoldkanaal naar Zeebrugge trekt en deze die via het Isabellakanaal (en de Braakman) naar de Westerschelde trekt. Uit de telemetriestudie zal blijken dat het percentage palingen dat naar Zeebrugge trekt nihil of verwaarloosbaar is. We zullen dus enkel focussen op de schieralen die via het gemaal uittrekken. Het aantal schieralen dat het gebied uittrekt kan bijgevolg op drie verschillende manieren worden gekwantificeerd: 1) op basis van het aantal uittrekkende schieralen ter hoogte van het gemaal, 2) op basis van de telemetriegegevens en 3) op basis van de densiteitsmetingen van paling in het gebied.

2.4.1 Het aantal uittrekkende schieralen ter hoogte van het gemaal

Paling kan op 3 manieren ter hoogte van het gemaal naar de Westerschelde trekken: 1) door passage door het gemaal, 2) door passage via de De Wit vistrap en 3) door passage via gravitaire lozing op de zeldzame momenten dat het waterpeil van de polder hoger staat dan het peil van de Braakman.

2.4.1.1 Passage door het gemaal

2.4.1.1.1 Bemonstering van de palingen die het gemaal passeren

Om de schieralen die het gemaal passeerden te bemonsteren, werden stroomafwaarts (i.e. aan de Nederlandse zijde) van 2 pompen fuiken met Noorse leefnetten geplaatst. Het ging hier om één kleine pomp op linkeroever (pomp 1) en één grote pomp, pomp 3. Hierbij werden de pompen genummerd van 1 tem 5 van linker- naar rechteroever, waarbij de linkeroever de oever is waarlangs het gemaal toegankelijk is (Fig. 19). De verpompte palingen werden gevangen, gemeten en gewogen tussen 19 maart 2012 en 22 maart 2013.



Fig. 19. De verschillende pompen van het Isabellagemaal. Pompen 1 en 2 zijn kleine vijzels, de andere 3 pompen zijn grote vijzels. Pompen 1 en 3 worden bemonsterd mbv. fuiken en een Noors leefnet (vierkante vangstconstructie tussen de vier oranje boeien). De witte pijl duidt de stroomrichting aan; RECHTER = rechteroever; LINKER = linkeroever.

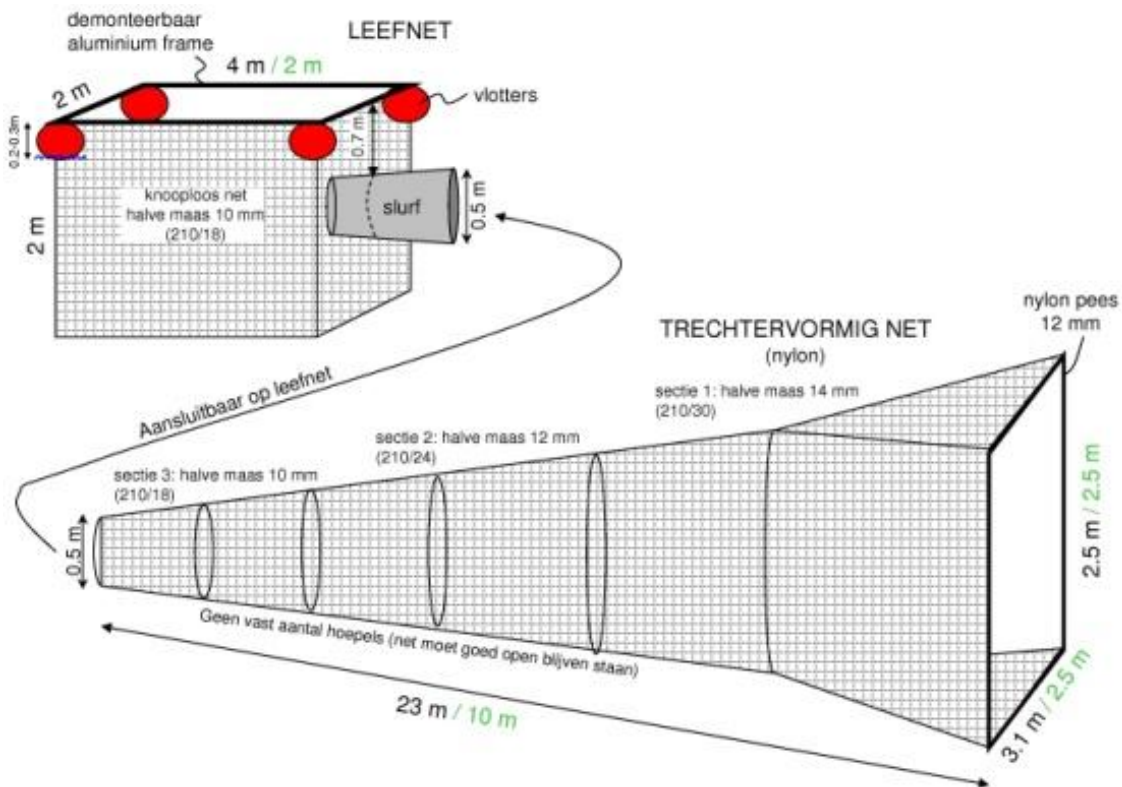


Fig. 20. Schematische weergave van het tweedelig gemaalnet.

2.4.1.1.2 Totaal aantal schieraal dat via het gemaal passeert

Zoals eerder vermeld werden twee van de vijf gemaalvizels bemonsterd. Bij uitzonderlijk hoge afvoer werd echter ook met andere pompen (pompen 2, 4 en 5) gepompt, waardoor mogelijks ook paling via het gemaal migreerde die niet werd gevangen in de vangstconstructie. Om een inschatting te maken van deze verpompte palingen wordt voor elke dag i dat de andere pompen (2,4 en/of 5) draaiden een extra aantal palingen ($N_{245,i}$) als volgt toegevoegd aan het aantal waargenomen palingen in de vangstconstructie ($N_{13,i}$) :

$$N_{245,i} = CPUE_i * V_{245}$$

met $N_{245,i}$ het geschatte aantal paling dat migreerde op dag i via pompen 2, 4 en 5, $CPUE_i$ de vangstspanning van dag i (aantal palingen.m⁻³) en V_{245} het verpompte volume water door pompen 2, 4 en 5 op dag i . Het totaal aantal gevangen palingen per dag i , $N_{t,i}$, wordt dan:

$$N_{t,i} = N_{13,i} + N_{245,i}$$

2.4.1.1.3 Uitgestelde sterfte

Om het aantal schieraal die het gemaal passeert en uiteindelijk de zee bereikt niet te overschatten, moet rekening worden gehouden met de uitgestelde sterfte na passage door dit gemaal. Paling die immers beschadigd is en pas later aan de opgelopen verwondingen overlijdt, zal niet aan de paai deelnemen. Analoog kunnen inwendige verwondingen die de paling verzwakken op zijn reis naar de Sargassozee soms pas enkele uren na passage zichtbaar zijn. Vandaar dat de verpompte palingen in leefnetten werden geplaatst (Fig. 21). Deze netten werden bij de volgende bemonstering (maw. bijv. plaatsing op maandag – volgende bemonstering op woensdag) geleegd en de conditie (dood/levend) en de opgelopen schade werd opnieuw opgemeten. Alle gevangen en levende palingen werden uiteindelijk stroomafwaarts van het gemaal terug uitgezet. In totaal werden 375 palingen na passage door het gemaal in leefnetten geplaatst. Bij geen enkele paling werd na 48 of 72 u

uitgestelde sterfte waargenomen. Er werden eveneens geen extra verwondingen waargenomen na 48 of 72 u.



Fig. 21. Ruime bewaarnetten waarin paling 48 of 72 uur bewaard werd.

2.4.1.2 Uittrek via de De Wit vistrap te Boekhoute

Paling kan het gebied verlaten (en binnenzwemmen) via de De Wit vistrap te Boekhoute. Om de paling die (in beide richtingen) gebruik maakt van de vistrap te onderscheppen, worden vistrapfuiken geplaatst in 2 compartimenten van de vistrap (Fig. 22; Fig. 23). Op die manier worden de stroomop- en afwaarts trekkende soorten bemonsterd. De fuiken worden driemaal per week geleegd en de gevangen palingen worden geanalyseerd en getagd zoals eerder vermeld en uitgezet stroomafwaarts (stroomafwaarts trekkende palingen) en stroomopwaarts (stroomopwaarts trekkende palingen) van de De Wit vistrap.



Fig. 22. De compartimenten van de De Wit vistrap waarin een fuik wordt geplaatst. De fuien bemonsteren de stroomopwaarts (compartiment 2) en stroomafwaarts (compartiment 1) migrerende vissen. De witte pijl duidt de stroomrichting aan; RECHTER = rechteroever; LINKER = linkeroever.



Fig. 23. De vistrapfui die in een compartiment van de De Wit vistrap wordt geplaatst met de fuikopening tegen de opening van de vistrap.

2.4.1.3 Uittrek via gravitaire lozing

Analyse van de gravitaire lozingen laat niet direct toe om in te schatten of er nu al dan niet paling via deze weg is ontsnapt. Aangezien de gravitaire lozingen niet automatisch gelogd werden, werd een analyse van het peilverschil tussen België en Nederland gemaakt om zo na te gaan wanneer er mogelijk gravitair werd geloosd. Hieruit volgt dat er in 3 periodes een peilverschil van minder dan 10 cm werd gemeten en bijgevolg in deze periodes mogelijk gravitair werd geloosd: van 09/11/2012 tot 30/11/2012, van 14/12/2012 tot 01/02/2013 en van 11/02/2013 tot 22/02/2013. Enkel op 23/12/2012 werd er zeker gravitair geloosd (visuele waarneming INBO). Het is onduidelijk of er in deze periode ook paling het gemaal is gepasseerd omdat er in de eerste twee fases eveneens sterk gepompt werd, en tijdens de laatste fase geen palingmigratie meer werd waargenomen (noch in de gemaalnetten, noch via de telemetrie).

2.4.1.4 Herhaaldelijke passage van het gemaal

Het is niet uitgesloten dat palingen na passage door het gemaal terug stroomopwaarts trekken via gravitaire lozing of de De Wit vispassage, om dan vervolgens opnieuw het gemaal te passeren. Wanneer een groot aantal palingen dit gedrag zou vertonen, kan dit leiden tot overschatting van het aantal uittrekkende schieralen.

Er werden een aantal merkexperimenten uitgevoerd met floy tags en VIE kleurmerken (Fig. 12) om na te gaan of er palingen waren die na passage door het gemaal via de De Wit vistrap terug stroomopwaarts (en daarna eventueel opnieuw stroomafwaarts) migreerden. De resultaten van deze merkproef worden besproken onder luik 0.

2.4.2 Het aantal uittrekkende schieraal op basis van telemetrie

De telemetriegegevens wijzen uit dat alle palingen die uit het gebied wegtrekken, dit via het Isabellagemaal doen. Er werd geen enkele paling waargenomen die in de richting van Zeebrugge wegtrok.

Tests wezen uit dat het onmogelijk was om de gekozen migratieroute ter hoogte van het gemaal (via welke pomp, via de De Wit vistrap of gravitair) gedetailleerd op te volgen met de huidige telemetrieopzet. Er werd immers geopteerd voor krachtige zenders om zo de palingen die pas tijdens een volgende migratiecyclus (één of twee jaar na het zenderen) migreren ook op te volgen. Bovendien was een krachtig signaal vereist om optimale detectie te garanderen elders in het studiegebied (bijv. in de Braakman of de Westerschelde en in krekken). Aangezien deze zenders zo krachtig waren, was het onmogelijk om binnen de kleine oppervlakte van de omgeving van het gemaal het signaal te lokaliseren.

We kunnen bijgevolg onmogelijk uitmaken of de gezenderde palingen die het Isabellagemaal passeerden en niet in de gemaalstukken werden teruggevonden nu via de De Wit vistrap, via gravitaire lozing of via het gemaal migreerden. Zoals eerder vermeld is migratie via het gemaal echter het meest plausibele scenario. Door de handmatige bediening van het gemaal, waarbij de pompen niet automatisch gelogd werden, is het immers onmogelijk om met zekerheid een beeld te krijgen van de activiteit van het gemaal. In elk geval passeerden palingen die in de polder werden gezenderd het gemaal zonder dat ze in onze netten werden gedetecteerd, en passeerden palingen zelfs het gemaal zonder dat er gemaalactiviteit gelogd werd.

Om op basis van de telemetriegegevens het aantal "gemiste" palingen te kwantificeren, werd nagegaan hoeveel het debiet van de bemonsterde pompen (pompen 1 en 3) procentueel bedroeg ten opzichte van het totale debiet. Hieruit volgde dat dit debiet gemiddeld 83 ± 19 % van het totale debiet bedroeg en varieerde tussen 0.16 en 99 %, met als mediaan 87 %. Bijgevolg nemen we aan dat op de dagen dat gezenderde individuen passeerden zonder in de gemaalstuk te worden waargenomen, 80 % van het verpompte volume via pompen 1 en 3 passeerde en 20 % gemist werd.

2.4.3 Het aantal uittrekkende schieraal op basis van densiteitsmetingen in het gebied

De totale hoeveelheid schieraal die uit het gebied uittrekt kan worden bepaald op twee manieren: 1) op basis van de fuikbevissingen van schieraal en 2) op basis van de fuikbevissingen en het palingmodel van Dekker *et al.* (2008).

2.4.3.1 *Het aantal schieraal op basis van de fuikbemonsteringen*

De **hoeveelheid schieraal** wordt **op basis van de fuikbemonsteringen** bepaald door de waargenomen schieraaldensiteit in de verschillende polderwaterlopen te vermenigvuldigen met de oppervlakte van deze waterlopen. De waargenomen schieraaldensiteit volgt rechtstreeks uit het aantal waargenomen schieralen per eenheid bemonsterde oppervlakte zoals hierboven vermeld. De totale oppervlakte van de verschillende waterlopen werd afgeleid uit het GRB bestand (AGIV, 2013) van deze waterlopen. Voor de waterlopen die niet werden bemonsterd, werd de densiteit van de bemonsterde waterlopen genomen die van hetzelfde type waren. Deze typologie (Tabel 14) werd bepaald op basis van het type waterloop (kreek, kanaal, kleine of grote polderwaterloop), het gebruik van de kreek (als natuurgebied of met recreatieve bevissingsdruk) en het type verbinding met de rest van het studiegebied (open of afgesloten). Wanneer van een bemonsterd type meerdere waterlopen voorhanden waren, werd voor de waterloop waarvan de densiteit onbekend was het gemiddelde genomen van de bemonsterde densiteit.

2.4.3.2 *Het aantal schieraal op basis van het palingmodel*

De **hoeveelheid schieraal op basis van het palingmodel** (Dekker *et al.*, 2008) werd bepaald op basis van de waargenomen hoeveelheid gele paling, waarna hieruit de hoeveelheid schieraal modelmatig werd bepaald. Vervolgens werd de densiteit berekend op basis van de oppervlaktes van de waterlopen zoals hierboven beschreven (2.4.3.1).

2.5 Inschatting van de intrek van paling in het poldergebied

Zoals eerder vermeld zijn er 3 mogelijke intrekroutes in het gebied: via een tijdelijke aalgoot ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins, via een tijdelijke aalgoot in de pompkom te Boekhoute en via de De Wit vistrap te Boekhoute.

2.5.1 Intrek via een tijdelijke aalgoot ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins

Ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins werd stroomafwaarts van de stuw op rechtereover een palinggoot geplaatst (Fig. 24). Deze goot liet de stroomopwaarts migrerende paling toe om via de goot omhoog te kruipen. De palingen werden in een opvangbak opgevangen die wekelijks werd geledigd. Alle palingen werden gewogen, gemeten en geteld.



Fig. 24. Locatie van de aalgoot ter hoogte van de stuw te Sint-Laureins. De stroomopwaarts migrerende paling volgen de groene pijl. De witte pijl duidt de stroomrichting aan; RECHTER = rechtereover; LINKER = linkeroever.



Fig. 25. Zijaanzicht (a) en bovenaanzicht (b) van het bovendeele en de opvangbak van de aalgoot.

2.5.2 Intrek via een tijdelijke aalgoot ter hoogte van het pompemaal in Boekhoute

Deze goot werd stroomafwaarts van het gemaal geplaatst in de pompkom op linkeroever (de oever waarlangs het pompemaal toegankelijk is). De goot werd analoog als hierboven bemonsterd.

2.5.3 Intrek via de De Wit vistrap

De stroomopwaarts migrerende paling door de De Wit vistrap werd bemonsterd zoals beschreven onder 2.4.1.2.

2.6 Factoren die de migratie van paling beïnvloeden

We onderzochten de relatie tussen palingmigratie en 2 omgevingsfactoren: watertemperatuur en debiet. Deze factoren worden in de literatuur beschreven als de belangrijkste triggers voor de uittrek van paling (Stevens *et al.*, 2009). Wegens technische onvolmaaktheden aan het vernieuwde gemaal zijn er voor de beginperiode 19 maart tot en met 5 juni 2012 geen pompgegevens beschikbaar. Daarom werd de dagelijkse totale neerslag (opgemeten in het meetstation in Boekhoute - www.hydronet.be) als een indicator voor het debiet genomen. De watertemperatuur werd gemeten met behulp van een Tidbit v2 thermologger (Onset, Bourne, MA, USA).

3 Resultaten en bespreking

3.1 Densiteit van paling en schieraal in het gebied

3.1.1 Paling- en schieraaldensiteit per waterloop

3.1.1.1 Algemene vangstgegevens

Er werden 572 palingvangsten geregistreerd. In totaal werden 13 gezenderde individuen meermaals gevangen. Acht individuen werden tweemaal gevangen, vier individuen driemaal en één individu viermaal. In totaal werden dus 553 palingen gevangen tijdens de bemonstering met fuiken, terwijl van 542 palingen het schieraalstadium werd bepaald. De 11 palingen waarvan geen schieraalstadium werd bepaald waren allen kleiner dan 30 cm (ongedifferentieerde fase).

Hoewel de palingdensiteit werd bepaald in 25 locaties, werd slechts op 11 locaties paling aangetroffen. Concreet werden in alle kanaalhabitats (4), krekens (5) en in 2 grote polderwaterlopen paling aangetroffen. Dit waren allen habitats die met fuiken werden bevestigd. Eén fuikbevestiging en alle elektrische bevestigingen leverden geen paling op: 6 grote en 8 kleine polderwaterlopen bleken geen paling te bevatten.

3.1.1.2 Paling

De **populatiegrootte** van het (tov. het gemaal) meest stroomopwaarts gelegen **kanaalhabitat** (Leopoldkanaal 1) was beduidend lager dan dat van de meer stroomafwaarts gelegen punten, die onderling niet minder sterk in populatiegrootte verschilden. Voor de **densiteit** waren deze verschillen zelfs significant: de densiteit in het meest stroomopwaarts gelegen punt was significant lager dan de densiteit in de meer stroomafwaarts gelegen punten, die op hun beurt niet significant verschilden. De palingdensiteit in de kanaalhabitats varieerde tussen $0.003 \pm 0.000 \text{ m}^{-2}$ en $0.014 \pm 0.005 \text{ m}^{-2}$ (Tabel 5).

De **populatiegrootte van de krekens** toonden grotere verschillen: de Bentillekreek en de Kleine Kil (beide onderhevig aan bevestiging) hadden de laagste populatiegrootte, terwijl de populatie in de Boerekreek, Grote Geul en Roeselarekreek (alledrie natuurreservaten zonder bevestigingsdruk) hoger lag, met de Boerekreek als uitschieter. De **densiteit van de krekens** lag algemeen lager dan die van de kanaalhabitats, behalve in de Boerekreek en de Roeselarekreek.

De **populatiegrootte en densiteit van de grote polderwaterlopen** verschillen significant: naast de polderwaterlopen waar geen paling werd waargenomen kent ook de Legemeersbeek een zeer lage populatiegrootte en densiteit. De populatiegrootte en densiteit van de Zwarteluisbeek, de bovenloop van het Leopoldkanaal, komt daarentegen overeen met deze van het stroomafwaartse deel van het Leopoldkanaal.

De hogere densiteit in de Boerekreek en de Roeselarekreek zijn mogelijk te verklaren door het feit dat beide krekens natuurreservaten zijn, hoewel de palingdensiteit in de Grote Geul, eveneens natuurreservaat, een stuk lager ligt. Een analoog resultaat wordt waargenomen voor de grootte van de palingpopulatie, waarbij de populatiegrootte in krekens met bevestigingsdruk beduidend lager ligt. Bovendien is de Boerekreek de enige kreek die in open verbinding staat met het Leopoldkanaal. Dit kan dus wijzen op het gunstig effect van aantakking van krekens aan het Leopoldkanaal, waardoor een bredere waaier aan habitats beschikbaar wordt voor de paling.

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit enkel indicatieve resultaten zijn aangezien het om een beperkt aantal waarnemingen gaat. Het doel van deze studie was dan ook om een algemeen beeld te krijgen van de palingdensiteit in het studiegebied, en niet om de impact van bevestigingsdruk op palingdensiteit na te gaan. Dit zou een aangepaste proefopzet met

meer herhalingen en een aantal verschillende niveaus van bevissingsdruk vereisen, wat buiten het kader van deze studie valt.

Hoewel het **gemiddelde gewicht per paling** verschilde voor de bemonsterde waterlopen, werden geen significante verschillen waargenomen. De hoogste gemiddelde gewichten werden waargenomen in kreken die (tijdelijk) afgesloten waren van de rest van het stroomgebied: de Grote Geul en de Bentillekreek (beide permanent afgesloten) en de Kleine Kil (slechts tijdelijk afgesloten). De laatste vertoont het laagste gemiddeld gewicht van deze drie waterlopen en benadert qua gewicht ook meer de aaneengesloten waterlopen. De gewichten van de aaneengesloten waterlopen kwamen meer overeen en varieerden tussen 205.6 ± 185.2 g en 290.6 ± 199.7 g.

Tabel 5. Grootte van de palingpopulaties en palingdensiteit van de verschillende waterlopen in het studiegebied. Bij de testbemonsteringen in de zomer van 2011 werden geen schieraalmerken bepaald. Van de waarnemingen in de Kleine Kil en de Bentillekreek konden geen foutenvlaggen berekend worden omdat er in deze waterlopen slechts één vangst-hervangst event plaatsvond.

Waterloop	Aantal gevangen (-)	Oppervlakte bemonsterd (m ²)	Populatiegrootte (-)	Palingdensiteit (m ⁻²)	Gewicht per paling (g)	Palingdensiteit (kg.ha ⁻¹)	Procent schieraal (-)	Aantal schieraal (-)	Schieraaldensiteit (m ⁻²)	Gewicht per schieraal (g)	Schieraaldensiteit (kg.ha ⁻¹)
Leopoldkanaal 1	34	16320	41 ± 7	0.003 ± 0.000	265.8 ± 163.4	6.701 ± 1.189	36	15 ± 3	0.001 ± 0.000	477.9 ± 89.2	4.382 ± 0.777
Leopoldkanaal 2	93	13440	191 ± 66	0.014 ± 0.005	290.6 ± 199.7	41.282 ± 14.324	23	43 ± 15	0.003 ± 0.001	564.2 ± 205.3	18.100 ± 6.280
Leopoldkanaal 3	41	13440	90 ± 32	0.007 ± 0.002	223.2 ± 130.0	15.005 ± 5.318	18	16 ± 6	0.001 ± 0.000	417.8 ± 135.1	4.914 ± 1.741
Leopoldkanaal 4	64	13440	153 ± 199	0.011 ± 0.015	-	-	-	-	-	-	-
Bentillekreek	16	25625	72	0.003	552.5 ± 375.3	15.525	69	50	0.002	752.5 ± 313.3	14.536
Kleine Kil	28	18000	65	0.004	316.6 ± 112.1	11.433	46	30	0.002	399.1 ± 94.4	6.691
Boerekreek	108	35750	210 ± 38	0.006 ± 0.001	205.6 ± 185.2	12.072 ± 2.160	10	20 ± 4	0.001 ± 0.000	638.0 ± 303.9	3.567 ± 0.638
Grote Geul	43	56400	116 ± 193	0.002 ± 0.003	481.8 ± 216.2	9.909 ± 16.514	77	89 ± 148	0.002 ± 0.003	567.6 ± 183.8	8.959 ± 14.931
Roeselarekreek	54	13536	130 ± 26	0.010 ± 0.002	-	-	-	-	-	-	-
Legemeersbeek	17	5600	10 ± 6	0.002 ± 0.001	216.0 ± 228.2	3.793 ± 2.278	31	3 ± 2	0.001 ± 0.000	590.6 ± 314.0	3.191 ± 1.917
Zwartesluisbeek	38	9600	124 ± 94	0.013 ± 0.010	259.9 ± 218.5	33.696 ± 25.387	33	41 ± 31	0.004 ± 0.003	533.1 ± 216.0	23.035 ± 17.355

3.1.1.3 Schieraal

Een analoog resultaat wordt waargenomen voor het **percentage schieraal** dat zich in de waterloop bevindt: de hoogste percentages schieraal worden opnieuw waargenomen in de Grote Geul (77 %), de Bentillekreek (69 %) en de Kleine Kil (46 %). Het schieraalpercentage van de Kleine Kil sluit wel meer aan bij de schieraalpercentages waargenomen in de andere waterlopen (tussen 10 en 36 %).

De **percentages van de verschillende schieraalstadia** (Tabel 6) in de bemonsterde waterlopen tonen dat algemeen het grootste aantal palingen tot het FII (alle kanaalhabitats en de Kleine Kil) of FIII stadium (de Bentillekreek en Grote Geul) behoren. In de Boerekreek is het I stadium uitgesproken dominant. Deze dominantie is kleiner in de Legemeersbeek en nog kleiner in de Zwarteluisbeek, waar de stadia I, FII en FIII ongeveer gelijk vertegenwoordigd zijn.

Tabel 6. Percentage van de verschillende schieraalstadia waargenomen in de bemonsterde waterlopen tijdens de zomer van 2012. Bij de testbemonsteringen in de zomer van 2011 werden geen schieraalkenmerken bepaald. I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroefase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase.

Waterloop	I	FII	FIII	FIV	FV	MII
Leopoldkanaal 1	27	37	27	0	9	0
Leopoldkanaal 2	33	45	17	2	3	0
Leopoldkanaal 3	25	57	15	0	3	0
Leopoldkanaal 4	-	-	-	-	-	-
Bentillekreek	12	19	57	12	0	0
Kleine Kil	4	50	35	0	11	0
Boerekreek	64	25	9	1	0	1
Grote Geul	2	21	77	0	0	0
Roeselarekreek	-	-	-	-	-	-
Legemeersbeek	38	31	15	8	8	0
Zwarteluisbeek	33	33	25	3	6	0

Opmerkelijk is de afwezigheid van de migratorische fasen (MII, FIV en FV) resp. in de Grote Geul. Algemeen waren de migratorische fasen sterk ondervertegenwoordigd ten opzichte van de andere fasen. Enkel in de Boerekreek werd één migrerend mannetje waargenomen, en slechts op drie locaties (Leopoldkanaal, Legemeersbeek, Zwarteluisbeek) werden de stadia FIV en FV samen waargenomen. Op 5 van de 8 locaties waar migratorische paling werd waargenomen was het FV stadium het dominante migratorische stadium, gevolgd door FIV (1 locatie). De stadia FIV en FV (Legemeersbeek) en FIV en MII (Boerekreek) waren beide op één locatie evenredig vertegenwoordigd.

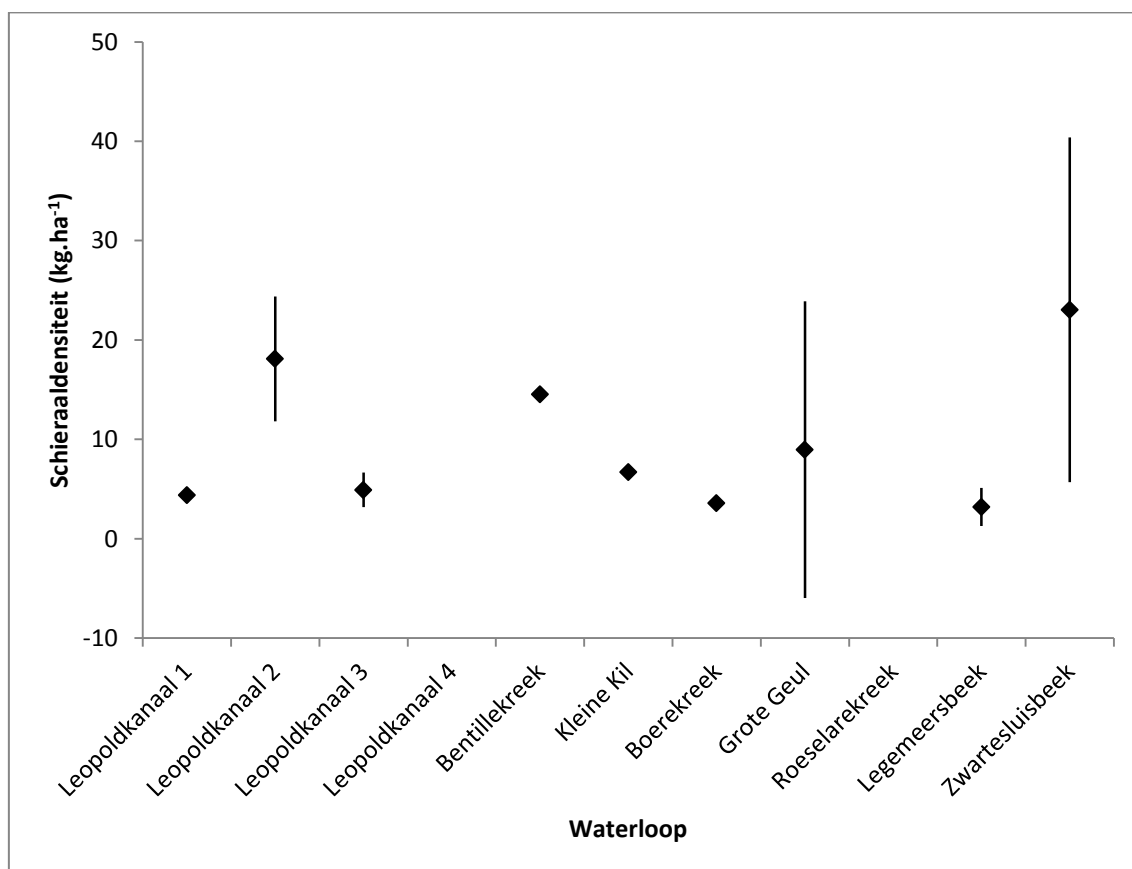
De **grootte van de schieraalpopulaties** varieert sterk in de bemonsterde waterlopen. De Legemeersbeek kent de laagste schieraalpopulatie (3 ± 2 schieralen) en verschilt hiermee significant van alle andere waterlopen. Voor deze andere waterlopen konden geen significante verschillen in aantal schieraal worden waargenomen, maar we zien wel dat het absolute aantal schieraal in de Grote Geul en de Bentillekreek beduidend hoger ligt dan in de andere krekken. In het Leopoldskanaal kent één locatie een relatief hoge palingdensiteit (Leopoldkanaal 2), terwijl de densiteit van de andere locaties, net als deze van de Boerekreek (in open verbinding met het Leopoldkanaal) lager ligt. Tot slot vermelden we ook de relatief grote schieraalpopulatie in de Zwarteluisbeek, hoewel voor veel populatiegroottes ook vrij grote foutenvlaggen werden berekend.

De verschillen tussen de **schieraaldensiteit van de verschillende waterlopen** zijn kleiner dan deze tussen de grootte van de populaties, maar toch zien we hier ook een aantal (aaneengesloten) waterlopen met een lagere densiteit (Leopoldkanaal, Boerekreek, Legemeersbeek). Opnieuw werd een vrij hoge waarde waargenomen op locatie Leopoldkanaal 2, net als in de Zwartesluisbeek die de hoogste absolute schieraaldensiteit kent. De densiteit van de andere krekken (Bentillekreek, Kleine Kil en Grote Geul) is vergelijkbaar, hoewel bij de twee eerste krekken slechts éénmalig paling werd teruggevangen.

Het **gewicht per schieraal** verschilde niet significant tussen de verschillende waterlopen maar varieerde vrij sterk tussen 399.1 ± 94.4 g en 752.5 ± 313.3 g. Gemiddeld waren de schieralen het zwaarst in de Bentillekreek en de Boerekreek. De lichtste schieralen werden waargenomen in de Kleine Kil.

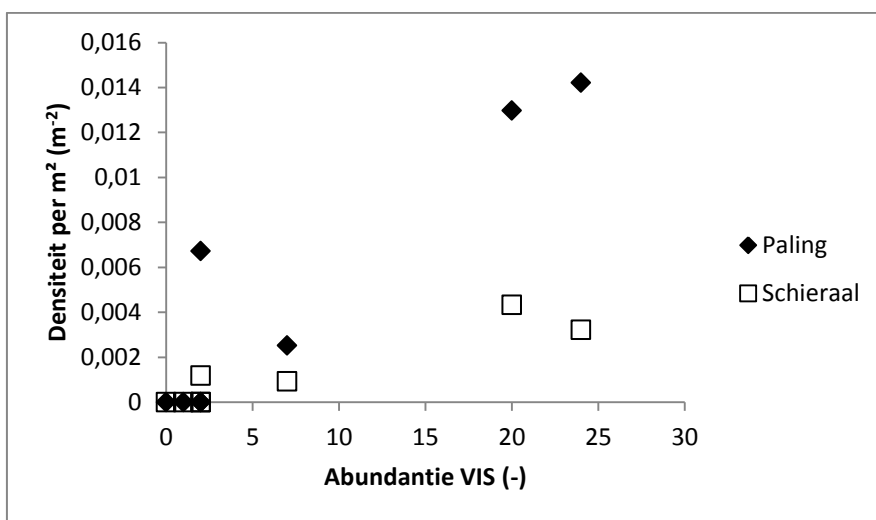
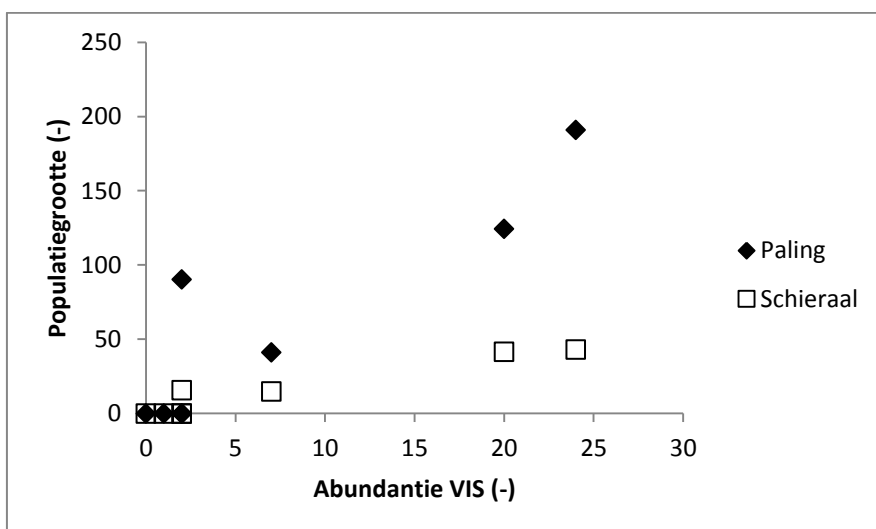
Gezien het belang van de **schieraaldensiteit uitgedrukt in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$** voor de rapportage van het Palingbeheerplan worden de palingdensiteit uit Tabel 5 hieronder grafisch weergegeven. De Zwartesluisbeek en de locatie Leopoldkanaal 2 hebben de grootste schieraaldensiteit, gevolgd door de Bentillekreek en de Grote Geul. De eerste drie locaties zijn de enige locaties met een densiteit hoger dan $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Alle andere locaties hebben een vergelijkbare schieraaldensiteit die varieert tussen 3.191 ± 1.917 en $6.691 \pm 0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

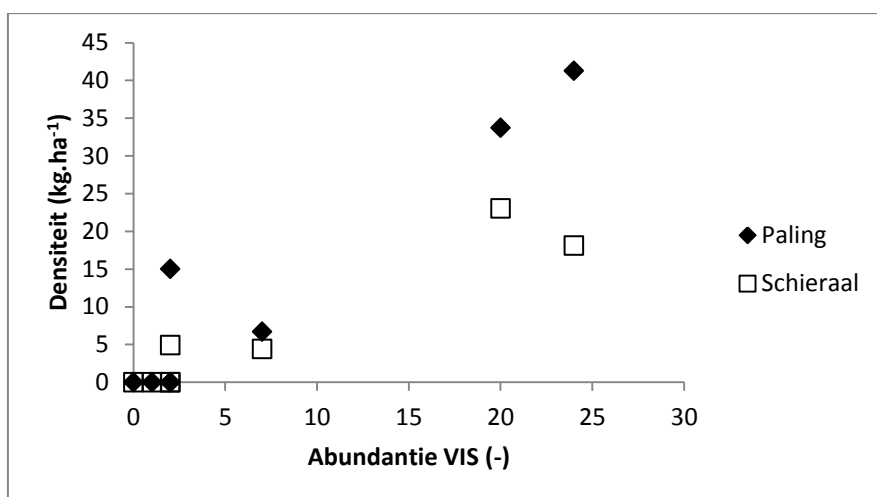
Het aantal bemonsterde locaties is vermoedelijk te laag om een duidelijk verband waar te nemen tussen schieraaldensiteit en omgevingsfactoren zoals de afstand tot de zee of het type waterloop. Bovendien zijn de foutenvlaggen vrij groot voor de locaties met een hogere schieraaldensiteit, met uitzondering van de Bentillekreek waar geen foutenvlaggen konden berekend worden. **Algemeen** suggereren de resultaten dus dat de **schieraaldensiteit** zich voor de meeste waterlopen in het studiegebied vermoedelijk **tussen de 0 en de $15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$** bevindt.



3.1.2 Relatie populatiegrootte, densiteit en abundanties meetnet zoetwatervis

Waar mogelijk werden voor de verschillende bemonsterde locaties de waargenomen populatiegroottes en densiteit gerelateerd aan de abundanties van naburige meetpunten van het Meetnet Zoetwatervis (VIS). Op die manier willen we nagaan of VIS eventueel kan gebruikt worden om een inschatting van de schieraaldensiteit op grotere schaal te maken. Hoewel het aantal bemonsterde locaties dat in de buurt van een VIS meetpunt lag te beperkt was om grote conclusies te trekken, lijkt er toch een zekere relatie tussen de populatiegrootte, de densiteit en de abundanties van VIS, zowel voor paling als voor schieraal. Verder onderzoek kan uitwijzen of deze relaties ook gelden voor andere waterlooptypes, bekkens en ecoregio's.





De geschatte populatiegrootte, dichtheid per m² en dichtheid in kg per ha in functie van de abundantie waargenomen tijdens de bemonsteringen van het meetnet zoetwatervis (VIS).

3.2 Migratiegedrag van paling in het studiegebied

3.2.1 Migratieroutes

Van de 99 gezenderde palingen werden er 90 opnieuw gedetecteerd tussen juli 2012 en juli 2013. Er bleven 50 individuen in de polder (residente paling), 7 palingen bereikten de Braakman en 33 palingen trokken naar de Westerschelde.

3.2.1.1 Migratieroutes in de polder

De palingen in de polder migreren vlot binnen het Leopoldkanaal en de Zwarte Sluisbeek. Geen enkele paling migreert over de stuw van Sint-Laureins, noch over de stuw op de Isabellawatering. Er zijn geen aanwijzingen dat palingen uit de hoofdloop ook de nevenlopen (Legemeersbeek, Isabellawatering, Isabellakanaal en het stroomopwaartse deel van de Vlietbeek) gebruiken. Geen enkele paling gebruikte zelfs de Isabellawatering, het Isabellakanaal en het stroomopwaartse deel van de Vlietbeek. De connectiviteit met de Boerekreek (die niet door een visrooster was afgescheiden) blijkt goed, terwijl palingen lijken vast te zitten in andere kreek. Ondanks het tijdelijk plaatsen van een visrooster en het transloceren van enkele palingen uit de Kleine Kil in de Vlietbeek, blijken palingen toch in staat om van de Vlietbeek naar de Kleine Kil te migreren. Migratie in de andere richting werd nog niet waargenomen.

Algemeen kunnen we dus stellen dat de connectiviteit in de polder goed is binnen de zone die niet wordt onderbroken door kunstmatige constructies. Sommige palingen vertonen wel zoekgedrag en vinden bijv. het gemaal moeilijk, mogelijks door de onregelmatige afvoerregeling. Uit de resultaten van de gemerkte en gezenderde palingen blijkt ook dat paling die het gemaal gepasseerd is kan terugkeren naar de polder via de De Wit vistrap. Dit valt vermoedelijk enkel voor wanneer de schuiven van de pompkom gesloten worden.

3.2.1.2 Migratieroutes in de Braakman

Na passage van het gemaal migreren deze palingen vlot doorheen de Braakman. Ondanks het feit dat er geen noemenswaardige hindernissen werden waargenomen op deze route, vertonen palingen wel zoekgedrag, vermoedelijk door het onregelmatig afvoerbeheer. Tenslotte werd minstens één paling die het gemaal passeerde gevangen ter hoogte van de uitstroomopening van de Braakman.

3.2.1.3 Migratieroutes in de Westerschelde

Algemeen vinden de palingen in de Westerschelde vlot de weg naar zee. Ze maken hier gebruik van de Pas van Terneuzen (16 palingen, 11 linkeroever, 5 rechteroever), de geul ter hoogte van de Paulinapolder (3 palingen), of een combinatie van beide (6 palingen). Twee palingen verdwijnen in de richting van Antwerpen en worden later niet meer gedetecteerd.

Algemeen kunnen we dus stellen dat in de Westerschelde geen noemenswaardige obstakels worden waargenomen. Wel "verdwijnen" 4 palingen kort na passage van de suatiesluis in de Braakmanhaven. Mogelijks zijn deze palingen overleden door schade die na passage van de noodpompen ter hoogte van de suatiesluis werd toegebracht.

3.2.2 Migratiegedrag

3.2.2.1 Vergelijking van vangstlocatie en meest recent waargenomen locatie

Tijdens de studieperiode bereikten enkel palingen uit de Boerekreek, de locatie Leopoldkanaal 2, de Zwartesluisbeek en de Grote Geul de Westerschelde. Hierbij moet opgemerkt dat het individu uit de Grote Geul dat de Westerschelde bereikt verkeerdelijk was uitgezet in de Vlietbeek. Eén individu gevangen in de Kleine Kil (eveneens terug uitgezet in de Vlietbeek), drie in de locatie Leopoldkanaal 2 en één in de Zwartesluisbeek bereikten de Braakman (Tabel 7).

Alle andere palingen bleven tijdens de studieperiode in de polder. Op een aantal locaties bleven zelfs alle gevangen palingen in de polder: Leopoldkanaal 1, Leopoldkanaal 3 en de Legemeersbeek, hoewel een aantal palingen gevangen op de laatste twee locaties niet meer werd waargenomen in de studieperiode.

Tabel 7. De verschillende zones waar paling werd gevangen, de locatie waar de gevangen palingen werden teruggevonden en het schieraalstadium van deze palingen (M = missing/niet teruggevonden, P, B, W = respectievelijk teruggevonden in de polder, Braakman of Westerschelde).

Vangstlocatie	Huidige locatie	FII	FIII	FIV	FV
Leopoldkanaal 1	P	1	5		2
Leopoldkanaal 2	B		1		1
	P	2			
	W		1	2	1
Leopoldkanaal 3	M	1			
	P	5	6		1
Kleine Kil	B		1		
	M		2		
	P	2	2		2
Boerekreek	P	2	2		1
	W		1	1	
Grote Geul	M		1		
	P		8		
	W		1		
Legemeersbeek	M				1
	P	3	4	1	
Zwartesluisbeek	B		2	1	
	M	1	3		
	P				1
	W		2		

De groep die in de polder bleef bestond voor het grootste deel uit FII en FIII palingen, terwijl geen enkel FII wijfje naar de Westerschelde trok. Het grootste aantal FIV en FV palingen trekt ook effectief naar de Westerschelde, terwijl de meeste FIII palingen in de polder blijven. De palingen die naar de Braakman trekken behoren vooral tot het FIII stadium (Tabel 8).

Tabel 8. De verschillende schieraalstadia van de palingen die niet werden teruggevonden (M), in de polder bleven (P) of naar de Braakman (B) of de Westerschelde (W) trokken.

Huidige locatie	FII	FIII	FIV	FV
B		5	1	1
M	2	6		1
P	15	27	1	7
W		8	5	20

3.2.2.1.1 Residente palingen

Van de 50 individuen die in de polder blijven zijn er twee die sterk hominggedrag vertonen of dood zijn. Drie individuen vertonen aanvankelijk 10, 35 en 41 dagen zoekgedrag en worden vervolgens niet meer gedetecteerd. Het is maw. niet uitgesloten dat deze individuen overleden (opgevisst?) zijn, ofwel plots sterk hominggedrag vertonen. De paling die 35 dagen zoekgedrag vertoont werd eveneens 11 dagen ter hoogte van het Isabellagemaal waargenomen (mogelijks vertraging ter hoogte van het gemaal). Het is niet uitgesloten dat deze paling door het gemaal gemigreerd is en vervolgens overleden. Anderzijds zijn de andere twee palingen in de Kleine Kil gevangen en verkeerdelijk in de Vlietbeek uitgezet, wat hun zoekgedrag kan verklaren en aangeeft dat ze mogelijks nog steeds op weg zijn naar de Kleine Kil. Vier palingen die hetzelfde lot ondergingen bereikten immers na zoekgedrag de Kleine Kil (zie verder).

De 45 overige residentie palingen vertonen allen hominggedrag. De duur van het hominggedrag van de 45 palingen varieert tussen de 2 en de 394 dagen, met een gemiddelde van 247 ± 109 dagen. De minimum lengte van de home range varieert tussen 400 en 3100 m, met een gemiddelde van 1024 ± 724 m.

Zoekgedrag werd waargenomen bij 13 van deze 45 palingen en varieerde tussen 1 en 197 dagen, met een gemiddelde van 64 ± 66 dagen. Elf palingen vertoonden zoekgedrag in de polder. Dit zoekgedrag varieerde tussen 1 en 197 dagen met een gemiddelde van 80 ± 67 dagen. Opmerkelijk migreerden vier palingen die zoekgedrag vertoonden in de polder naar de Kleine Kil. Deze palingen werden in de Kleine Kil gevangen en vervolgens verkeerdelijk in de Vlietbeek uitgezet, om uiteindelijk na 93, 116, 149 en 197 dagen zoekgedrag de Kleine Kil te bereiken. Drie palingen vertoonden zoekgedrag ter hoogte van het gemaal. Twee van deze drie palingen vertoonden aanvankelijk 62 en 74 dagen hominggedrag en vervolgens zoekgedrag. De andere paling vertoonde 28 dagen hominggedrag, maar vertoonde halverwege deze homingperiode voor één dag zoekgedrag ter hoogte van het gemaal.

Drie locaties scoren het hoogst qua percentage gevangen palingen dat homing vertoont: Leopoldkanaal 3, Legemeersbeek en Leopoldkanaal 1. Twintig van de 22 individuen die werden gevangen ter hoogte van locatie Leopoldkanaal 3 (12 van de 13 gevangen individuen) en in de Legemeersbeek (8 van de 9 individuen) vertonen hominggedrag. De home range van 18 individuen (van de 20) bevindt zich ter hoogte van de vangstlocatie, terwijl één individu in de Zwarteluisbeek verblijft en een ander individu ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins (Leopoldkanaal 1). Ter hoogte van deze laatste locatie vertonen alle acht gevangen individuen hominggedrag, maar de home ranges van deze individuen strekken zich wel verder stroomafwaarts uit, met de monding van de Boerekreek in het Leopoldkanaal als meest stroomafwaartse punt van de grootste home range.

Vijf van de 7 palingen die in de Boerekreek werd gevangen vertonen ook hominggedrag in deze kreek. Een gelijkaardig beeld zien we in de Grote Geul (acht van de tien palingen). In de Zwarteluisbeek en ter hoogte van de locatie Leopoldkanaal 2 vertonen resp. één en twee van de gevangen palingen hominggedrag, en dit telkens op de vangstlocatie.

Deze resultaten suggereren dat sommige zones eerder als opgroei/verblijf habitat worden gebruikt (kreeken, Leopoldkanaal ter hoogte van stuw Sint-Laureins en (ter hoogte van de) Legemeersbeek), terwijl andere locaties eerder als passagehabitat worden gebruikt.

Het uitblijven van migratie kan natuurlijk ook gerelateerd zijn aan het schieraalstadium waarin de palingen verkeren: zo werden bijv. in de Grote Geul enkel palingen in het FIII stadium gezenderd. Deze palingen kunnen mogelijks metamorfoserend tot een migrerend stadium, maar deze metamorfose kan mogelijks ook nog op een later moment plaatsgrijpen. De uittrek van twee individuen uit de Grote Geul in de herfst van 2013 lijkt deze hypothese te bevestigen, maar verder onderzoek moet hier uitsluitend brengen.

3.2.2.1.2 Palingen die naar de Braakman trokken

Het lot van de **zeven palingen** die naar de Westerschelde trokken maar deze niet bereikten en bijgevolg in de Braakman terecht kwamen is onduidelijk. Geen enkele paling werd nog waargenomen na 14 maart 2013, en twee palingen werden zelfs laatst waargenomen in juli 2012. Bijgevolg zijn deze zeven palingen mogelijks gestorven of opgevisst. Eén paling werd zeker opgevisst door de beroepsvisser die ter hoogte van de Braakmanmonding actief is. De zender van deze paling werd gerecupereerd en ingeplant in een ander individu. De andere palingen werden laatst waargenomen op andere receivers dan deze ter hoogte van de Braakmanmonding, dus werden niet noodzakelijk door de beroepsvisser opgevisst.

Van de zeven palingen vertonen er twee individuen **hominggedrag**. Eén individu vertoont 45 dagen hominggedrag (ter hoogte van locatie Leopoldkanaal 2) en vertrekt vervolgens naar de Braakman, vertoont daar 3 dagen zoekgedrag en verblijft uiteindelijk 151 dagen ter hoogte van één receiver centraal in de Braakman. De andere paling verblijft na 132 dagen zoekgedrag in de Braakman voor 98 dagen ter hoogte van dezelfde receiver.

Op hun weg van de polder naar de Braakman ondervinden heel wat palingen **zoekgedrag of vertraging** (Tabel 9). Van de zeven individuen vertoont één paling zoekgedrag in de polder en vijf palingen zoekgedrag ter hoogte van het Isabellagemaal. Slechts één paling ondergaat geen vertraging ter hoogte van dit gemaal en kan maw. het gemaal direct passeren. Drie palingen vertonen zoekgedrag in de Braakman en slechts één paling wordt vertraagd ter hoogte van de uitstroom van de Braakman. Hierbij dient opgemerkt dat een deel van de palingen die het gemaal passeren mogelijks de uitstroom nooit bereiken (en daar in elk geval niet gedetecteerd zijn).

Tabel 9. Het type gedrag van de verschillende individuen die naar de Braakman migreerden.

	Individu						
Type gedrag	1	2	3	4	5	6	7
Homing in polder							
Zoekgedrag in polder							
Zoekgedrag thv. gemaal							
Vertraging thv. gemaal							
Zoekgedrag in Braakman							
Homing in Braakman							
Vertraging thv. Braakman							

Analyse van de **duur van het homing- en zoekgedrag en van de vertraging** wijst uit dat palingen gemiddeld het meeste tijd verliezen in hun zoektocht naar het gemaal en naar de uitstroomopening van de Braakman (Tabel 10). Eén individu ondervindt lange vertraging ter hoogte van de uitstroomopening van de Braakman en lijkt op basis van de gegevens nog in leven te zijn aangezien het individu zich geregeld binnen en buiten het bereik van de receiver bevindt.

Tabel 10. Minimale, maximale, gemiddelde en totale duur van homing-, zoekgedrag en vertraging (in dagen) tijdens de migratie van palingen uit de polder naar de Braakman, voor de palingen die de Braakman bereikten maar niet de Westerschelde.

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Totaal
Homing in polder	45	45	45 ± 0	45
Zoekgedrag in polder	2	2	2 ± 0	2
Zoekgedrag thv. gemaal	1	84	27 ± 36	135
Vertraging thv. gemaal	1	8	3 ± 4	10
Zoekgedrag in Braakman	3	132	62 ± 65	187
Homing in Braakman	98	151	125 ± 37	249
Vertraging thv. Braakman	140	140	140 ± 0	140

Vier individuen startten hun migratiegedrag in juli 2012, en 3 individuen passeerden ook in juli het Isabellagemaal (18, 24 en 28 juli 2012). Het andere individu passeerde het gemaal in oktober, net als één en twee palingen die hun migratie respectievelijk startten in augustus en oktober. Concreet passeerde één paling het gemaal op 8 oktober, twee op 19 oktober en één op 20 oktober 2012.

3.2.2.1.3 Palingen die de Westerschelde bereikten

3.2.2.1.3.1 Migratiegedrag

De palingen die de Westerschelde bereikten zijn onder te verdelen in twee groepen: één groep die in de polder werd gezenderd (9 palingen; groep P) en één groep die gevangen werd in de gemaalfuiken en werd teruggezet stroomafwaarts het Isabellagemaal (24 individuen; groep G). Van groep P vertonen slechts twee palingen hominggedrag in de polder, terwijl acht van de negen palingen zoekgedrag vertonen (aan het gemaal of in de polder). Vier van de negen palingen loopt vertraging op ter hoogte van het gemaal.

Zes van de negen palingen uit groep P vertoont zoekgedrag in de Braakman, net als 17 van de 24 palingen uit groep G, wat tot een totaal leidt van 23 van de 33 gezenderde palingen. Geen enkele paling vertoont hominggedrag in de Braakman. In totaal lopen 14 van de 33 gezenderde palingen (zes van de negen individuen uit groep P en acht van de 24 individuen uit groep G) vertraging op ter hoogte van de uitstroom van de Braakman. Zeven palingen vertonen zoekgedrag in de Westerschelde. Opvallend zijn dit allen palingen uit groep G.

Tabel 11. De verschillende types gedrag van de palingen die de Westerschelde bereikten. Zwart = paling vertoont dit gedrag. Onderaan de tabel wordt het totaal aantal palingen weergegeven die een bepaalde combinatie van gedragstypes vertoont. * = deze palingen werden gezenderd en teruggezet stroomafwaarts het Isabellagemaal bijgevolg kan over de grijze zone in de tabel geen uitspraak worden gedaan voor deze palingen, † = één van deze 12 palingen was afkomstig uit de polder.

Type gedrag														
Homing in polder														
Zoekgedrag in polder														
Zoekgedrag thv. gemaal														
Vertraging thv. gemaal														
Zoekgedrag in Braakman														
Homing in Braakman														
Vertraging thv. Braakman														
Zoekgedrag in Westerschelde														
Totaal	1	1	2	1	2	1	1	12*†	1*	1*	4*	4*	2*	

Analyse van de duur van het homing- en zoekgedrag en van de vertraging wijst uit dat palingen gemiddeld het meeste tijd verliezen met zoekgedrag naar het gemaal (Tabel 12). De vertraging ter hoogte van het gemaal is net als voor de groep die slechts de Braakman bereikte vrij laag, maar daarom niet verwaarloosbaar (gemiddeld 11 ± 16 dagen). In de Braakman vertonen de palingen opnieuw langdurig zoekgedrag en lopen ze sterke vertraging op. Eenmaal in de Westerschelde vinden de palingen echter vrij snel de weg naar zee. Algemeen zijn de vertragingen en het zoekgedrag van deze groep lager dan van de groep die slechts de Braakman bereikte.

Tabel 12. Minimale, maximale, gemiddelde en totale duur van homing-, zoekgedrag en vertraging (in dagen) tijdens de migratie van palingen uit de polder naar de Braakman, voor de palingen die de Westerschelde bereikten.

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Totaal
Homing in polder	89	154	122 ± 46	243
Zoekgedrag in polder	2	19	10 ± 9	30
Zoekgedrag thv. gemaal	1	62	24 ± 27	170
Vertraging thv. gemaal	1	35	11 ± 16	44
Zoekgedrag in Braakman	1	34	17 ± 9	388
Homing in Braakman	0	0	0 ± 0	0
Vertraging thv. Braakman	4	57	19 ± 16	268
Zoekgedrag Westerschelde	1	16	5 ± 7	38

3.2.2.1.3.2 Aandeel van zoekgedrag en vertraging in de migratie van paling die naar de Westerschelde migreert

Op basis van de tijdsintervallen uit 2.3.3.2 zien we dat paling minimum één dag nodig heeft om vanuit de polder naar de Westerschelde te migreren. Het betreft hier een individu dat vanuit de Boerekreek op één dag tot in de Westerschelde geraakte op 26 december 2012. De paling die langst onderweg was migreerde in 106 dagen van de Zwarteluisbeek tot de Westerschelde, en vertoonde oa. lang zoekgedrag in de Braakman. Algemeen zien we dat een paling gemiddeld op 35 ± 26 dagen vanuit de polder naar de Westerschelde migreert. Het meeste tijd wordt gemiddeld verloren in de Braakman, hoewel het maximale tijdverlies in de Braakman en de polder vergelijkbaar zijn. Eenmaal in de Westerschelde ondervindt een paling slechts een geringe vertraging: op 2 ± 4 dagen bereiken de palingen de monding van de Westerschelde.

De netto migratie toont aan dat een paling gemiddeld slechts 9 ± 15 dagen migreert vanuit de polder naar de Westerschelde. Gemiddeld verliezen de palingen dus 26 ± 19 dagen op weg naar de Westerschelde. De meeste tijd wordt verloren door zoekgedrag, terwijl ca. één derde van de tijd verloren gaat door vertraging.

Vergelijking van de palingen die in de polder gezenderd (groep P) zijn met de palingen die ter hoogte van het Isabellagemaal gezenderd zijn (groep G) toont dat de laatste groep gemiddeld half zo lang onderweg is als de eerste groep. Dit verschil is grotendeels te wijten aan de tijd die groep P verliest in de polder. Tussen de totale tijd in de Braakman en in de Westerschelde is geen significant verschil waar te nemen voor beide groepen. De poldergroep verliest gemiddeld ca. 7 dagen meer dan de Braakmangroep door zoekgedrag, en ca. 10 dagen meer door vertraging. We zien echter ook dat de poldergroep netto 11 dagen meer migreert: de individuen uit de polder doen er dus gemiddeld 11 dagen langer over om ongehinderd de Westerschelde te bereiken vanuit de polder. Aangezien de tijd die beide groepen in de Braakman doorbrengen vergelijkbaar is, spenderen de individuen deze 11 dagen dus aan migratie in de polder.

Tabel 13. Minimale, maximale en gemiddelde duur (in dagen) van de verschillende migratiestappen die een paling onderneemt op zijn weg naar de Westerschelde. Achtereenvolgens worden weergegeven: de totale duur van de migratie tot in de Westerschelde, de totale tijd in de polder, de totale tijd in de Braakman, de totale tijd in de Westerschelde, de totale tijd dat zoekgedrag wordt vertoond, de totale tijd dat het individu zoekgedrag vertoont en de netto migratie. Groep P = de palingen die in de polder gezenderd zijn; Groep G = de palingen die ter hoogte van het Isabellagemaal gevangen, gezenderd en uitgezet zijn.

	Alle palingen			Groep P			Groep G		
	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Gemiddelde
Totale duur migratie	1	106	35 ± 26	1	106	55 ± 39	7	61	27 ± 13
Totale tijd in polder	0	59	6 ± 14	0	59	19 ± 23	0	9	0 ± 2
Totale tijd in Braakman	0	57	20 ± 12	0	34	19 ± 11	1	57	20 ± 13
Totale tijd in Westerschelde	0	16	2 ± 4	0	6	1 ± 2	0	16	2 ± 4
Totale duur zoekgedrag	0	59	16 ± 14	0	59	21 ± 20	0	34	14 ± 11
Totale duur vertraging	0	57	9 ± 15	0	44	17 ± 16	0	57	7 ± 15
Netto duur migratie	1	79	9 ± 15	1	79	17 ± 27	1	19	6 ± 6

3.3 Inschatting van het aantal uittrekkende schieralen

3.3.1 Inschatting op basis van het aantal palingen dat het gemaal passeert (methode A)

3.3.1.1 Passage door het gemaal

In totaal werden 375 palingen gevangen tussen 19 maart 2012 en 22 maart 2013 (resp. 74 (35649 g) en 301 (166960 g) palingen migreerden via de kleine en grote vijzel), samen goed voor 202654 g verpompte paling. De schieraalkenmerken van 363 palingen werden bepaald (336 palingen > 30 cm waarvan alle schieraalkenmerken werden opgemeten en 27 palingen ≤ 30 cm waarvan werd verondersteld dat ze zich in fase I bevonden).

Hieruit blijkt dat meer dan driekwart (271 palingen, 81 %) van de gevangen palingen zich effectief in de (pre-)migratorische fase bevindt (MII – FIII – FIV – FV). Van 12 palingen werden geen schieraalkenmerken bepaald door logistieke problemen. Toch kan op basis van het vangstmoment, de lengte en het gewicht van deze palingen een inschatting worden gemaakt van het meest waarschijnlijke schieraalstadium. Hieruit blijkt dat 4 van de 12 palingen eveneens schieraal zijn. In totaal kunnen we dus stellen dat in de bemonsterde pompen (pompen 1 en 3) **minstens 275 schieralen** werden gevangen.

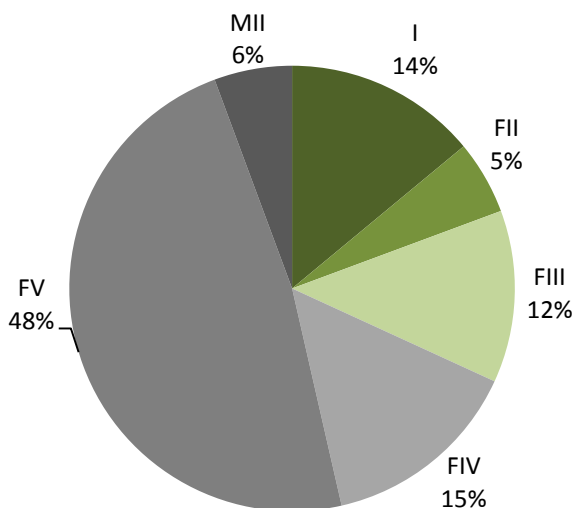


Fig. 26. Verdeling van de gevangen paling over de verschillende mogelijke schieraalstadia (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroefase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase, n = 336).

Negentien procent van de gevangen palingen zijn volgens de Durif-classificatie residente dieren (I en FII). Tot de pre-migratorische groep (FIII) behoren 12% van de gevangen individuen terwijl 69% vertegenwoordigd wordt door palingen met migratiekenmerken (FIV, FV en MII). Opmerkelijk is ook dat er bij de migrerende dieren slechts iets minder dan 6% mannetjes zijn.

Van mei tot juli 2012 worden er proportioneel meer palingen gevangen die nog geen echte migratiekenmerken vertonen (I, FII) of vrouwtjes in de pre-migratorische fase (FIII). Toch worden er ook al vanaf mei mannelijke en vrouwelijke palingen gevangen met echte schieraalkenmerken (FIV, FV en MII). In het najaar worden hoofdzakelijk migrerende (vrouwelijke) schieralen gevangen. Er worden ook mannelijke schieralen gevangen, doch deze zijn sterk ondervetegenwoordigd in vergelijking met het aantal vrouwelijke schieralen (Fig. 26).

Om het totaal aantal schieraal dat migreerde te kwantificeren, werd de formule uit 2.4.1.1.2 toegepast. Er waren echter slechts pompgegevens beschikbaar voor de periode tussen 08/06/2012 en 22/03/2013. Hieruit bleek dat voor het eerst een hoger debiet werd waargenomen en bijgevolg met meer dan twee pompen (dus ook met pompen 2, 4 en/of 5) werd gepompt op 24/10/2012. Bijgevolg veronderstellen we dat in het eerste deel van de studieperiode (tussen 19/03/2012 en 08/06/2012) alle water (en dus ook alle paling) met pompen 1 en/of 3 werd verpompt.

Uit de berekeningen volgt dat er tijdens de werking van de andere pompen nog 70 extra schieralen verpompt werden. Bijgevolg migreerden er **in totaal 345 schieralen** via het gemaal naar zee.

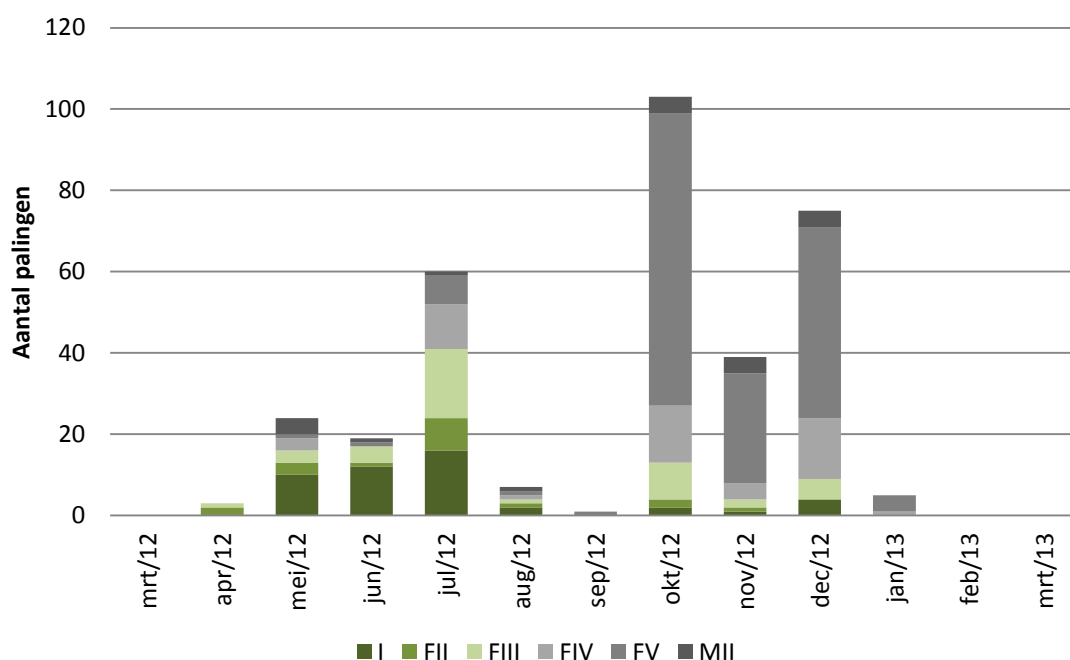


Fig. 27. Seizoenspatronen in de verschillende schieraalstadia van paling welke het Isabellagemaal passeerden van 19 maart 2012 tot en met 22 maart 2013 (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroefase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase, n = 336).

Opmerkelijk migreert de helft (134) van de waargenomen 271 schieralen tussen juni en augustus en in december/januari, en bijgevolg buiten de periode die algemeen wordt aangenomen als de piekperiode van de schieraalmigratie (september – oktober – november). De huidige periode waarbinnen de palingvangst wordt verboden, beschermt dus slechts 50% van de uittrekkende schieralen. Verdere uitbreiding van deze periode met december leidt reeds tot bescherming van 77 % van de schieralen, terwijl verdere uitbreiding met de periode juli/augustus tot 92 % van de schieralen beschermt (Fig. 28). Hierbij wordt opgemerkt dat in juli/augustus enkel bij hoge debietspieken migratie werd waargenomen. Mogelijks kan een debietsafhankelijke vangstbeperking, waarbij enkel een vangstverbod geldt bij hoge debieten in juli en augustus en een algemeen vangstverbod van september tot en met december, toch eveneens tot 92 % van de schieralen beschermen.

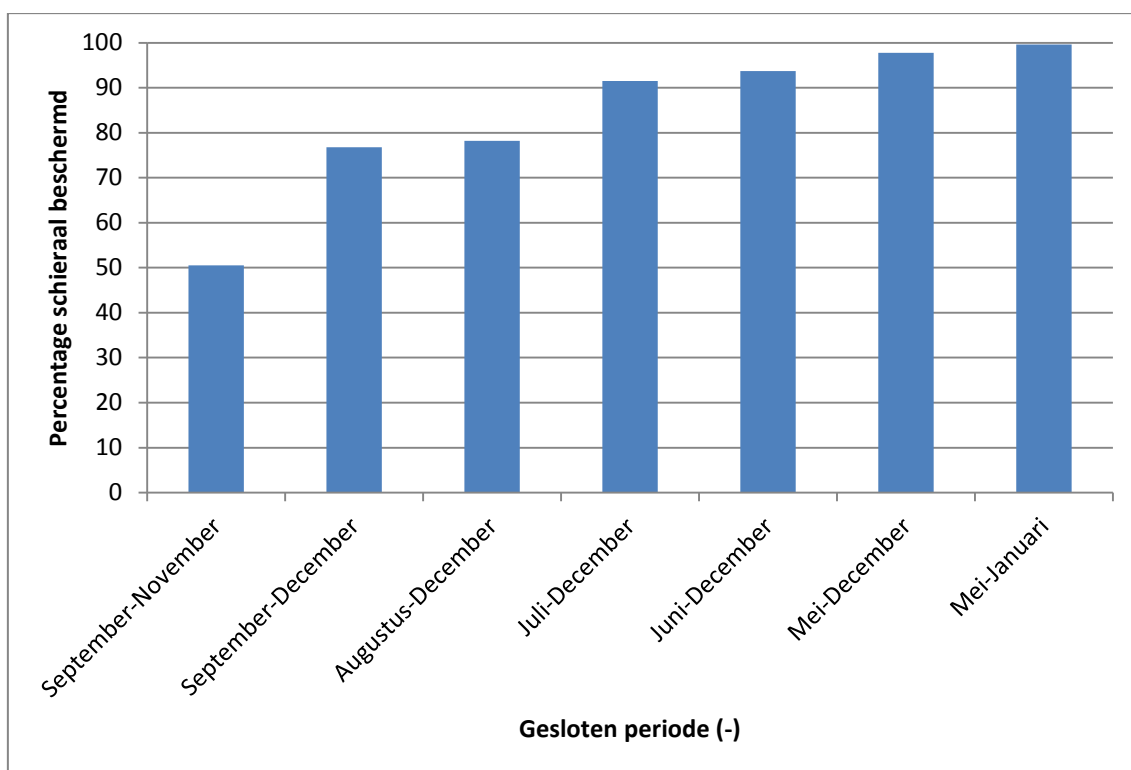


Fig. 28. Percentage schieraal dat uittrekt en beschermt wordt in functie van de duur van de gesloten vangstperiode. De huidige gesloten periode is september-november.

3.3.1.2 Passage via de De Wit vistrap

In totaal migreerden 87 palingen via de De Wit vistrap (79 stroomopwaarts en 8 stroomafwaarts). De 8 palingen die stroomafwaarts migreerden, deden dit tussen 20/04/2012 en 31/08/2012. Van 5 palingen werd het schieraalstadium bepaald. De volgende stadia werden waargenomen: I (2), FII (2) en MII (1). Aangezien de ongedetermineerde palingen allen uittrokken tussen 20/04/2012 en 02/05/2012, gaat het hier vermoedelijk niet om schieralen. We kunnen dus besluiten dat de schieraaluittrek die we in de De Wit vistrap hebben waargenomen, verwaarloosbaar is.

Het is echter niet onmogelijk dat er palingen ook via de De Wit vistrap gepasseerd zijn, aangezien we daar eveneens één gezenderd individu (gezenderd en uitgezet thv. het gemaal) hebben waargenomen. Dit individu werd uitgezet stroomaf het gemaal op 10/10/2012, werd in de De Wit vistrap (stroomopwaarts trekkend) gevangen op 12/10 en terug uitgezet stroomopwaarts het gemaal. Vervolgens verbleef deze paling zeven dagen in de polder om dan terug stroomaf te zwemmen en (zonder waarneming in de gemaalhuizen) op 19/10/2012 het gemaal te passeren. Hierbij dient opgemerkt dat de waarneming in de De Wit vistrap vermoedelijk het indirecte gevolg is van het sluiten van de schuiven stroomafwaarts van het gemaal. Hierdoor kwam de gezenderde paling vast te zitten in de gemaalkom, waarna hij door zoekgedrag in de De Wit vistrap terecht kwam.

3.3.1.3 Passage via gravitaire lozing

Zoals eerder vermeld hebben twee palingen die het gemaal passeerden op 23/12/2012 en 26/12/2013 (en niet in de gemaalnetten werden gevangen), dit mogelijk via de gravitaire weg gedaan. Vermoedelijk is de uittrek via gravitaire lozing dus eerder beperkt, maar daarom niet noodzakelijk verwaarloosbaar. Verder onderzoek moet hier uitsluitsel geven.

3.3.1.4 Herhaaldelijke passage op basis van floy tag merkexperimenten

In totaal werden 103 palingen na passage door het gemaal gemerkt met een floy tag. In totaal werden 28 palingen (27 %) teruggevangen in de De Wit vistrap: 25 palingen die stroomopwaarts trokken, en 3 palingen die stroomafwaarts trokken.

Bovendien werden 4 gemerkte palingen teruggevangen in het gemaal zonder dat ze in de De Wit vistrap werden waargenomen. Samen met de drie palingen stroomafwaarts door de De Wit vistrap trokken, zijn deze palingen mogelijk tijdens gravitaire lozing terug stroomopwaarts getrokken. De palingen die stroomopwaarts door de De Wit vistrap trokken, vertoonden mogelijk zoekgedrag terwijl de schuiven van de pompkom gesloten waren. Dit wordt bevestigd door de waarneming van één gezenderde paling die na passage door het gemaal werd gezenderd (10/10/2013) en na 2 dagen werd gevangen in de De Wit vistrap (zezijde; 12/10/2013). Vervolgens werd dit individu uitgezet in de polder om op 19/10/2013 het gemaal terug te passeren. Op dit moment stonden de schuiven in de pompkom dicht, wat aantoont dat op dat moment stroomopwaartse migratie van schieraal niet is uitgesloten. In die situatie stroomt het water door de vistrap immers in de richting van de polder, en zal een zoekende schieraal hier dus mogelijk door worden aangetrokken. Dergelijk beheer is dan ook te vermijden.

Algemeen kunnen we stellen dat de meeste palingen na passage door het gemaal verder stroomafwaarts migreren. De resultaten van de telemetriestudie bevestigden deze waarnemingen, aangezien slechts twee gezenderde palingen na passage door het gemaal in de De Wit vistrap werden gevangen.

3.3.2 Inschatting op basis van telemetriegegevens

Zoals eerder vermeld werd geen enkele paling waargenomen die in de richting van Zeebrugge wegtrok. Vijf palingen vertoonden wel zoekgedrag ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins. Analyse van het peilverschil stroomop- en afwaarts van deze stuw leert dat er slechts 15 % van de tijd water over deze stuw passeert. Meestal gaat het hier slechts over een dunne waterlaag van een 5-tal cm, terwijl de stuw de rest van de tijd minstens 30 cm boven het wateroppervlak uitsteekt.

Van de 16 palingen die het gemaal passeerden (gezenderd in de polder), werden er slechts 2 palingen (12.5 %) teruggevonden in onze gemaalnetten. Twee andere palingen passeerden het gemaal op het moment dat er op pompen 2, 4 en 5 werd gepompt. Het is onduidelijk hoe de andere 12 palingen het gemaal passeerden. Sommigen passeerden zelfs op momenten dat er geen pompactiviteit werd gelogd. Zoals eerder vermeld wezen tests uit dat het onmogelijk was om de gekozen migratieroute ter hoogte van het gemaal (via welke pomp, via de De Wit vistrap of gravitair) gedetailleerd op te volgen met de huidige telemetrieopzet. Migratie via het gemaal is echter het meest plausibele scenario. Door de handmatige bediening van het gemaal, waarbij de pompen niet automatisch gelogd werden, is het immers onmogelijk om met zekerheid een beeld te krijgen van de activiteit van het gemaal.

In elk geval werd 75% van de paling (12 individuen) die in de polder werd gezenderd en het gemaal passeerde, dus niet in onze netten gedetecteerd, waarbij 5 palingen het gemaal passeerden zonder dat er gemaalactiviteit gelogd werd.

Op basis van de vangstaantallen van de dagen waarop de 12 gezenderde palingen het gemaal ongemerkt passeerden, werd een inschatting gemaakt van de gemiste hoeveelheid schieraal. In totaal passeerden op de dagen dat de gezenderde palingen het gemaal ongemerkt passeerden 189 palingen het gemaal. Er van uit gaande dat de densiteit van paling gelijk blijft in het verpompte water en dat de ongemerkt gepasseerde paling via pompen 2, 4 en 5 (= $\frac{1}{4}$ van het door de pompen 1 en 3 verpompte volume zoals vermeld in 2.4.2) uittrekt, kunnen we dus stellen dat er nog minstens 47 palingen het gemaal passeerden op momenten dat de activiteit van pompen 2, 4 en 5 niet geregistreerd werd. Dit

brengt het **totaal aantal schieralen die het gemaal passeerden op 392** (= 47 + 345 op basis van de berekeningen uit 3.3.1.1).

Op basis van de procentuele verdeling van de pompvangsten over de verschillende schieraalklassen (7.4 % mannelijke en 92.6 % vrouwelijke schieralen; Fig. 26) volgt dus dat er in totaal 29 mannelijke en 363 vrouwelijke schieralen het gemaal passeerden.

3.3.3 Inschatting van de hoeveelheid uittrekkende schieraal op basis van fuikvangsten in het studiegebied (methode B)

3.3.3.1 *Inschatting op basis van de waargenomen percentages schieraal*

Op basis van de oppervlaktes van alle waterlopen en de vangstgegevens van paling in het studiegebied werd een inschatting gemaakt van de hoeveelheid schieraal die in het gebied aanwezig was. Enkel de grote polderwaterlopen, de kreken en het kanaal werden in rekening gebracht aangezien in de kleine polderwaterlopen geen palingen werden waargenomen. Hieruit volgt dat er 1909 schieralen in het gebied aanwezig waren. Gelet op de proportionele verdeling van de verschillende schieraalklassen in de verschillende waterlopen zijn 1906 van deze schieralen vrouwtjes. Het percentage mannetjes is immers lager dan 1 % (0.2 %; Tabel 6).

Tabel 14. Het type waterloop, type beheer, type verbinding, de categorie, de oppervlakte, palingdensiteit, het totaal aantal palingen, het percentage schieraal en het totaal aantal schieraal van de waterlopen in het studiegebied (* het diepste meest stroomafwaartse stuk dat niet elektrisch kon worden bevestigd. Dit stuk wordt bijgevolg als vergelijkbaar met de aangrenzende waterlopen (het Leopoldkanaal en de Zwarte Sluisbeek) gezien en de densiteit wordt dan ook geschat als het gemiddelde van de densiteit van deze twee waterlopen; ** slechts recent geopend, bijgevolg werd deze kreek nog als "gesloten" beschouwd.

Waterloop	Type	Type beheer	Type verbinding	Categorie	Oppervlakte (m ²)	Palingdensiteit (m ⁻²)	Totaal aantal palingen	Percentage schieraal	Totaal aantal schieraal
Rode Geul	Kreek	Natuurgebied	Gesloten	KNG	84800	0.002057	174	76.7	134
Grote Geul	Kreek	Natuurgebied	Gesloten	KNG	88356	0.002057	182	76.7	139
Grote Kil	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	66393	0.00321	213	57.6	123
Kleine Kil	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	31973	0.003611	115	46.4	54
Bentillekreek	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	39884	0.00281	112	68.8	77
Boerekreek	Kreek	Natuurgebied	Open	KNO	315752	0.00587	1854	9.5	177
Mesurekreek	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	18367	0.00321	59	57.6	34
Hollandersgatcreek	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	123561	0.00321	397	57.6	228
Blokkreek	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	119328	0.00321	383	57.6	221
Vrouwkenshoekcreek	Kreek	Recreatievisserij	Gesloten	KRG	10983	0.00321	35	57.6	20
Oostpoldercreek	Kreek	Recreatievisserij	Open**	KRO	33982	0.00321	109	57.6	63
Molenkreek	Kreek	Natuurgebied	Gesloten	KNG	14849	0.002057	31	76.7	23
Roeselarekreek	Kreek	Natuurgebied	Open	KNO	14212	0.009584	136	9.5	13
Zwartesluisbeek	GPW	/	Open	GPZ	44729	0.012963	580	33.3	193
Legemeersbeek	GPW	/	Open	GPL	5682	0.001756	10	30.8	3
Isabellawatering stroomaf stuw	GPW	/	Open	GPI	3228	0.001756	6	30.8	2
Isabellakanaal *	GPW	/	Open	KAN/GPZ	9829	0.012161	120	33.3	40
Leopoldkanaal	Kanaal	/	Open	KAN	164533	0.008702	1432	25.5	365
Totaal							5948		1909

3.3.4 Inschatting op basis van het palingmodel (Dekker et al. 2008; Methode C)

Berekening van het aantal schieralen op basis van het palingmodel vereist een berekening van de verdeling van de aanwezige palingen over de verschillende lengteklassen. Dit kon op basis van de waargenomen lengteklassen en de ingeschatte hoeveelheid paling per waterloop (Tabel 14). Hieruit volgde dat er volgens het model 1623 palingen in het studiegebied aanwezig waren, waarvan het grootste deel mannetjes (1528). Het aandeel vrouwtjes werd geschat op 95 vrouwelijke schieralen.

Tabel 15. Het aantal mannelijke (M) en vrouwelijke (V) schieralen per waterloop in het studiegebied, berekend op basis van de waargenomen procentuele verdeling van lengteklassen en het berekend aantal palingen per waterloop.

Waterloop	Lengteklasse												M	V
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
Rode Geul	0	0	0	4	32	45	73	20	0	0	0	0	53	7
Grote Geul	0	0	0	4	34	47	76	21	0	0	0	0	56	7
Grote Kil	0	0	0	19	73	77	24	15	0	5	0	0	64	5
Kleine Kil	0	0	0	10	39	42	13	8	0	3	0	0	34	3
Bentillekreek	0	0	0	10	38	41	13	8	0	3	0	0	34	3
Boerekreek	0	33	234	835	284	351	100	0	0	17	0	0	402	17
Mesurekreek	0	0	0	5	20	21	7	4	0	1	0	0	17	1
Hollandersgatcreek	0	0	0	36	135	144	45	27	0	9	0	0	118	9
Blokkreek	0	0	0	35	131	139	44	26	0	9	0	0	114	9
Vrouwkenshoekkreek	0	0	0	3	12	13	4	2	0	1	0	0	10	1
Oostpoldercreek	0	0	0	10	37	40	12	7	0	2	0	0	32	2
Molenkreek	0	0	0	1	6	8	13	4	0	0	0	0	10	1
Roeselarekreek	0	2	17	61	21	26	7	0	0	1	0	0	29	1
Zwartesluisbeek	0	0	46	198	168	92	61	15	0	0	0	0	144	7
Legemeersbeek	0	0	2	3	1	3	0	0	0	0	0	0	2	0
Isabellawatering stroomaf stuw	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	2	0
Isabellakanaal *	0	0	9	34	37	26	12	2	0	0	0	0	31	2
Leopoldkanaal	0	0	102	322	475	398	127	8	0	0	0	0	376	20
Totaal													1528	95

3.3.5 Vergelijking van de verschillende methodes

Vergelijking van de verschillende methodes (Tabel 16) toont dat de dichtheitsbevissingen (methode B) en het palingmodel (methode C) een totaal aantal schieraal berekenen van dezelfde grootte-orde, maar dat de verhouding mannetjes/vrouwtjes wel helemaal tegengesteld is. Het aantal schieraal berekend volgens deze methodes (B+C) is 5 à 6 maal hoger dan het aantal schieraal waargenomen bij de uittrek door het gemaal (methode A). De dichtheitsbevissingen geven wel net als de gemaalbemonsteringen aan dat in het studiegebied een hoger aantal mannetjes dan vrouwtjes aanwezig zijn.

Tabel 16. Aantal geschatte mannelijke (M) en vrouwelijke (V) schieralen in het gebied volgens de verschillende methodes.

Methode	M	V	Totaal
Methode A	29	363	392
Methode B	3	1906	1909
Methode C	1528	95	1623
Methode B + telemetrie	17	507	524

Uit de telemetriestudie volgt echter dat niet alle palingen in het schieraalstadium ook effectief uittrekken naar de Sargassozee (Tabel 17). Bijgevolg kunnen we de schieraalaantallen die werden geschat op basis van de dichtheitsbevissingen omzetten in een aantal schieraal dat effectief uittrekt (Tabel 18). Hieruit blijkt dat obv. de dichtheitsbevissingen uiteindelijk 524 schieralen het gebied verlaten, wat qua grootte-orde overeenkomt met het aantal schieraal dat in het gemaal werd gevangen.

Tabel 17. Het percentage van de gezenderde schieraal dat effectief uittrok per schieraalstadium.

Stadium	Aantal gezenderd	Aantal vertrokken	Percentage vertrokken (%)
MII	0	0	-
FIII	42	9	21
FIV	5	4	80
FV	10	2	20

De verhouding tussen de verschillende schieraalstadia verschilt tussen beide methodes (Fig. 26, Tabel 14), met een hoger aantal pre-migratorische vrouwtjes (FIII) op basis van methode B en een hoger aantal wijfjes in de migratorische fase (vooral FV) op basis van methode A. Het is echter niet uitgesloten dat een aantal FIII vrouwtjes die in juli/augustus werden waargenomen, uiteindelijk nog transformeerden tot FIV of FV vooraleer uit te trekken via het gemaal.

Bijgevolg lijken methode A en methode B (+ telemetrie) vergelijkbare resultaten te geven. Het palingmodel (methode C) berekent echter een veel lager aantal uittrekkende vrouwtjes dan waargenomen. Verder onderzoek moet uitwijzen of het hoog aantal berekende schieraalmannetjes realistisch is. De dichtheitsbevissingen en de gemaalbemonsteringen geven hier geen uitsluitsel aangezien de schieraalmannetjes mogelijks door de mazen van de gebruikte fuiken kunnen migreren (Fig. 8).

Tabel 18. Het aantal vertrokken schieralen per schieraalstadium op basis van de gemaalbemonsteringen en de densiteitsbevissingen.

Waterloop	Categorie	Aantal schieraal	Percentage schieraalstadium				Aantal schieraal per stadium				Aantal vertrekkende schieralen				Totaal vertrokken
			FIII	FIV	FV	MII	FIII	FIV	FV	MII	FIII	FIV	FV	MII	
Rode Geul	KNG	134	100	0	0	0	134	0	0	0	28.14	0	0	0	28
Grote Geul	KNG	139	100	0	0	0	139	0	0	0	29.19	0	0	0	29
Grote Kil	KRG	123	83	17	0	0	102.09	20.91	0	0	21.4389	16.728	0	0	38
Kleine Kil	KRG	54	83	17	0	0	44.82	9.18	0	0	9.4122	7.344	0	0	17
Bentillekreek	KRG	77	83	17	0	0	63.91	13.09	0	0	13.4211	10.472	0	0	24
Boerekreek	KNO	177	82	9	0	9	145.14	15.93	0	15.93	30.4794	12.744	0	15.93	59
Mesurekreek	KRG	34	83	17	0	0	28.22	5.78	0	0	5.9262	4.624	0	0	11
Hollandersgatcreek	KRG	228	83	17	0	0	189.24	38.76	0	0	39.7404	31.008	0	0	71
Blokkreek	KRG	221	83	17	0	0	183.43	37.57	0	0	38.5203	30.056	0	0	69
Vrouwkenshoekcreek	KRG	20	83	17	0	0	16.6	3.4	0	0	3.486	2.72	0	0	6
Oostpoldercreek	KRO	63	83	17	0	0	52.29	10.71	0	0	10.9809	8.568	0	0	20
Molenkreek	KNG	23	100	0	0	0	23	0	0	0	4.83	0	0	0	5
Roeselarekreek	KNO	13	82	9	0	9	10.66	1.17	0	1.17	2.2386	0.936	0	1.17	4
Zwarteluisbeek	GPZ	193	73	9	18	0	140.89	17.37	34.74	0	29.5869	13.896	6.948	0	50
Legemeersbeek	GPL	3	48	26	26	0	1.44	0.78	0.78	0	0.3024	0.624	0.156	0	1
Isabellawatering	KAN	2	79	3	18	0	1.58	0.06	0.36	0	0.3318	0.048	0.072	0	0
Isabellakanaal *	KAN/GPZ	40	77	5	18	0	30.8	2	7.2	0	6.468	1.6	1.44	0	10
Leopoldkanaal	KAN	365	79	3	18	0	288.35	10.95	65.7	0	60.5535	8.76	13.14	0	82
Totaal											335	150	22	17	524

3.4 Inschatting van de intrek van paling in het gebied

3.4.1 Intrek via de De Wit vistrap

Tussen 30/04/2012 en 25/05/2013 migreerden 73 palingen stroomopwaarts via de De Wit vistrap. Van 66 palingen werd het schieraalstadium bepaald. De volgende stadia werden waargenomen: I (29), FII (18), FIII (13) en FV (6). Zoals verwacht werden geen migrerende stadia FIV en MII aangetroffen. We kunnen dus besluiten dat er via de De Wit vistrap toch een aantal jonge palingen het gebied in trekken, maar dat er zoals verwacht geen trekkende schieralen terugkeren naar de polder via de De Wit vistrap.

3.4.2 Intrek via de palinggoot in Boekhoute

In totaal migreerden 4 juveniele palingen via de palinggoot in Boekhoute (Tabel 19). Alle palingen werden gevangen tussen juli en september. Hoewel de gegevens beperkt zijn en er dus moeilijk conclusies kunnen getrokken worden, is het plausibel dat de piek in opwaartse migratie hier iets vroeger valt dan thv. de stuw van Sint-Laureins, gezien de kortere afstand tussen het gemaal van Boekhoute en de zee/Westerschelde.

Tabel 19. Palingen die werden gevangen in de palinggoot te Boekhoute.

Datum	Lengte (mm)	Gewicht (g)
18/07/2013	94	1
20/07/2013	231	22
31/08/2013	92	1
19/09/2013	113	3

3.4.3 Intrek via de palinggoot in Sint-Laureins

In totaal migreerden 4 juveniele palingen via de palinggoot in Sint-Laureins (Tabel 20). Alle palingen werden gevangen in september en oktober. Door een technisch defect van de pomp werd de bemonstering wel onderbroken tussen 24/09/2012 en 28/09/2012.

Tabel 20. Palingen die werden gevangen in de palinggoot te Sint-Laureins.

Datum	Lengte (mm)	Gewicht (g)
03/09/2012	359	54
03/09/2012	492	193
19/09/2012	234	17
15/10/2012	246	18

3.4.4 Inschatting van de grootte van de palingpopulatie op basis van de intrek in het gebied

Op basis van de bemonstering van de De Wit vistrap volgt dat er 47 jonge palingen het gebied binnentrokken tijdens de bemonsteringsperiode. Mogelijks is het reële aantal juveniele paling dat binnentrekt nog een stuk hoger aangezien er soms gravitair wordt geloosd en aangezien sommige palingen mogelijks door de mazen van de fuiken zijn geglipt.

De bemonsteringen met de glasaalgoten tonen echter aan dat zowel ter hoogte van de stuw van Sint-Laureins (intrek vanuit Zeebrugge) als ter hoogte van het Isabellagemaal (intrek vanuit de Braakman) het aanbod aan juveniele paling zeer laag is. Dit kan mogelijks te wijten zijn aan een lage vangstefficiëntie van de palinggoot, maar eerder onderzoek in de UK wees toch uit dat wanneer er een groot aanbod aan juveniele paling aanwezig is, dit met grote zekerheid wordt waargenomen in palinggoten van het gebruikte type (Environment Agency, 2012).

Om te begroten welke populatiegrootte een jaarlijkse juveniele palinginstroom zoals waargenomen tijdens de studieperiode oplevert, gaan we er optimistisch van uit dat er jaarlijks 100 juveniele palingen het gebied binnentrekken. We gaan er bovendien vanuit dat deze palingen reeds eenjarig (1+) zijn. Zelfs volgens dit optimistisch scenario berekent het palingmodel hier een totale productie van 19 mannelijke en 0 vrouwelijke schieralen. Hieruit blijkt dat de waargenomen instroom aan juveniele paling ruim onvoldoende is om een duurzame palingpopulatie te onderhouden.

Vermoedelijk is de huidige waargenomen uittrek zelfs het gevolg van eerdere uitzettingen van glasaal in het gebied, en niet zozeer van jonge palingen die het gebied binnentrokken. Zo werd er de laatste jaren verscheidene keren glasaal in het studiegebied uitgezet (Tabel 21).

Tabel 21. Historiek van de glasaaluitzettingen in het studiegebied tussen 2005 en heden.

Waterloop	Jaartal	Hoeveelheid (kg)
Boerekreek	2006	1
	2009	1
	2011	2
	2013	2
Hollandersgatkreek	2006	1
	2009	1
	2011	2
	2013	2
Roeselarekreek	2011	2
	2013	1
Nieuwe Roeselarekreek	2009	1
	2013	1
Molenkreek	2011	1
	2013	1

De resultaten tonen aan dat het palingmodel vermoedelijk minder goed toepasbaar is op de situatie in het studiegebied. Desalniettemin is het aantal juveniele paling dat jaarlijks het gebied intrekt vermoedelijk zeer laag, en valt hier nog grote winst te boeken door aangepast beheer. Verder onderzoek moet uitwijzen in hoeverre aangepast beheer van spuiconstructies hier een uitweg kan bieden.

3.5 Factoren die migratie beïnvloeden

3.5.1 Relevante factoren obv. de pompgehaalstudie

Naast de resultaten in dit rapport werd in de pompgehaalstudie (het eerste luik van dit onderzoek) de relatie tussen temperatuur, neerslag, debiet en palingmigratie besproken. Opvallend is dat de eerste palingen reeds door het gemaal migreren eind april en de eerste helft van mei, met op 30 april en 11 mei 2012 respectievelijk 7 en 15 verpompte individuen. Naast verhoogde **pompactiviteit** heeft een verhoging in de **watertemperatuur** in deze periode vermoedelijk ook een invloed. Tussen 20 april en 11 mei 2012 stijgt de watertemperatuur gevoelig van 10°C tot 16°C. Ook in juli werd aanzienlijke uittrek van paling geregistreerd. Vooral in het najaar zorgt verhoogde neerslag voor een verhoging in de watertemperatuur, dit is bijvoorbeeld opvallend in de dagen voorafgaand op de piekvangst van 28 december 2012 waarbij de watertemperatuur terug stijgt van 2 à 3°C op 13 december tot 9°C op 24 december.

Op basis van de pompgehaalstudie kunnen we besluiten dat vooral het debiet en in mindere mate de temperatuur een invloed heeft op de migratie van paling. We zien dat het gros van de paling migreert tussen april en december, met een zwaartepunt in de periode oktober-december. De temperatuurswaarden waarbij palingmigratie wordt waargenomen variëren hierbij tussen 3 en 16 °C voor de periode oktober-december, en tussen 3 en 17 °C voor de volledige vangstperiode. De relatie tussen palingmigratie en debiet is duidelijker: elke passage van paling door het gemaal wordt binnen de vijf dagen voorafgegaan door één of meerdere debietspieken.

De pompgehaalstudie leert ook dat het **debiet** (= het verpompte volume water), en niet zozeer de neerslag, een invloed heeft op de palingmigratie. Zo zien we eind augustus een significante neerslagspiek, maar leidt deze niet tot substantiële palingmigratie, vermoedelijk omdat er in deze periode nagenoeg niet gepompt werd. Op dit moment hoefde er inderdaad niet gepompt te worden omdat de waterstand door de droogte sterk verlaagd was en dus na neerslag de alarmdrempel niet overschreed. De hoogste CPUE werd genoteerd op 5 oktober 2012 na een periode waarin er relatief weinig of niet gepompt werd. Dit kan wijzen op wachtgedrag ter hoogte van het gemaal.

3.5.2 Relevante factoren obv. de telemetriestudie

Analyse van het migratiegedrag op basis van de telemetriegegevens toonde aan dat er zes types gedrag te onderscheiden zijn in het studiegebied: hominggedrag, zoekgedrag in de polder, zoekgedrag ter hoogte van het gemaal, wachtgedrag ter hoogte van het gemaal, zoekgedrag in de Braakman en wachtgedrag ter hoogte van de suatiesluis in de Braakman.

Van de 51 palingen die **hominggedrag** vertonen blijkt de start van het hominggedrag vaak samen te vallen met een stijging van de watertemperatuur (Fig. 29). Hogere debietswaarden lijken het hominggedrag eerder te beëindigen, wat ook wordt bevestigd door de relatie van de start van de uittrek en het debiet (Fig. 30). Uit deze laatste figuur blijkt dat palingen vooral bij een verhoogd debiet uittrekken.

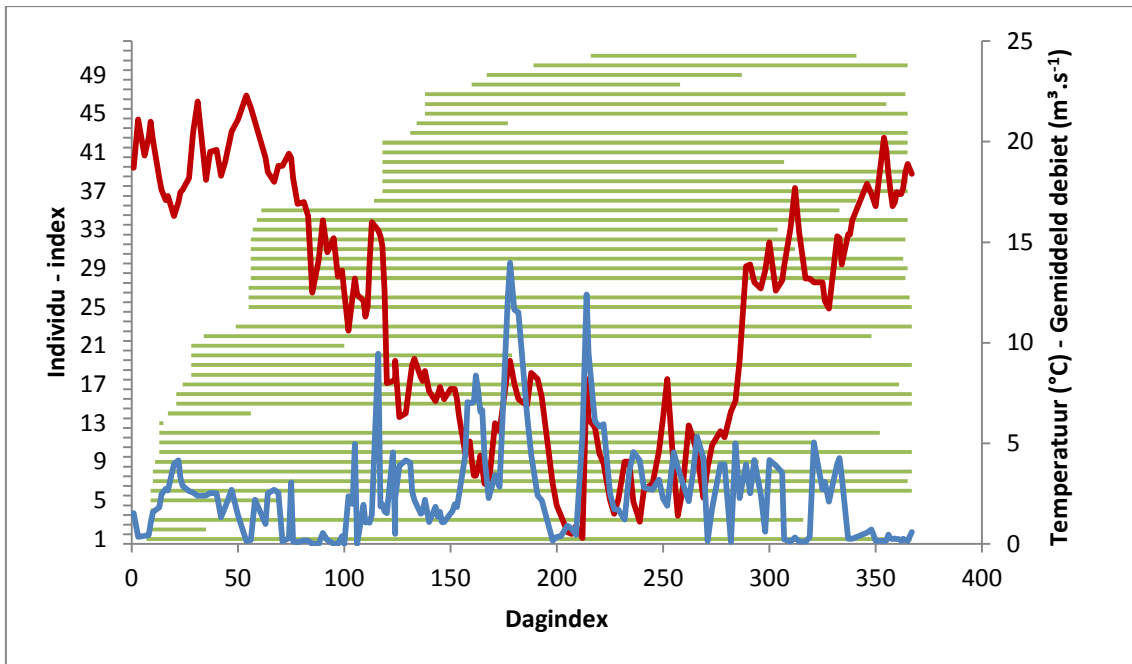


Fig. 29. Relatie tussen het hominggedrag (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.

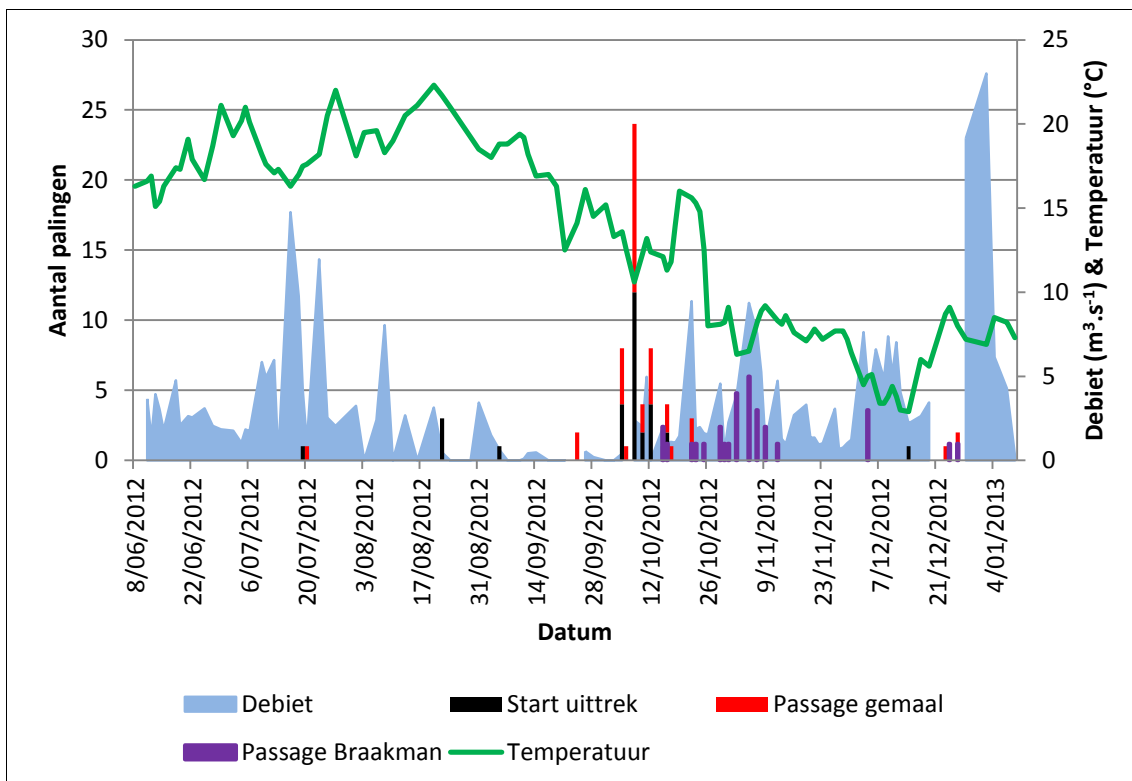


Fig. 30. Relatie tussen het aantal gezenderde individuen dat de uittrek start, het geaual of de Braakmansluis passeert, en de watertemperatuur en het debiet dat verpompt werd.

Analyse van het **zoekgedrag in de polder** toont dat de gezenderde individuen vooral bij een verhoging van het debiet beginnen zoeken, en dat deze zoektocht vaak aanhoudt tijdens drogere periodes. Mogelijks is er in deze periodes onvoldoende continu debiet om de palingen toe te laten zich in het gebied te oriënteren (Fig. 31).

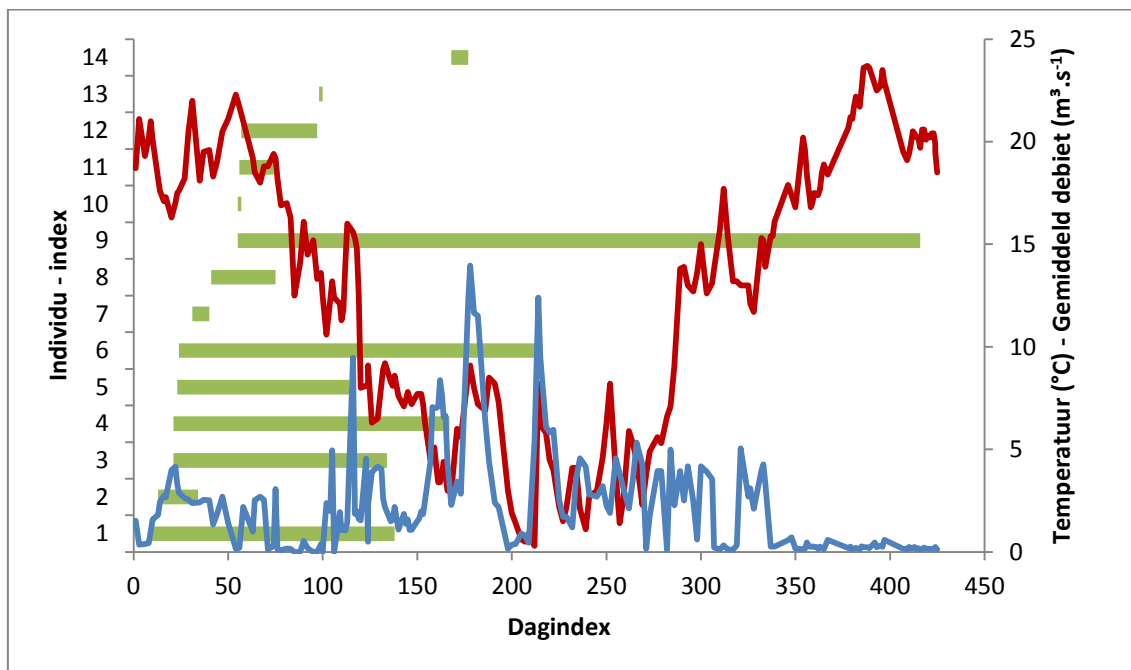


Fig. 31. Relatie tussen het zoekgedrag in de polder (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.

De meeste palingen die **zoekgedrag vertonen ter hoogte van het gemaal** (Fig. 32), vinden dit gemaal wel tijdens een periode van verhoogde afvoer (rond dag 60), maar slagen er niet meteen in het gemaal te passeren en blijven bijgevolg zoeken tot de volgende debietspiek begin oktober (dag 100). Analyse van het **wachtgedrag ter hoogte van het gemaal** (Fig. 33) toont eveneens dat palingen afhankelijk zijn van de werking van het gemaal om te passeren en er dus niet in slagen andere routes (bijv. de De Wit vistrap) te vinden. Zo vinden een aantal palingen begin oktober het gemaal na een debietspiek, maar duurt het tot de volgende debietspiek vooraleer de palingen er in slagen het gemaal te passeren.

Dit komt overeen met de resultaten van de pompgehaalstudie, waarbij een hoge CPUE waarde wordt waargenomen op 5 oktober na een lange periode van lage pompactiviteit. De hoge neerslagpieken van eind september en begin oktober hebben er mogelijk voor gezorgd dat er al relatief veel palingen in de buurt van het gemaal waren op het moment dat de eerste volumes water verpompt werden.

Een analoge situatie wordt bij het **zoekgedrag in de Braakman** waargenomen, waar palingen er pas in slagen om de uitwatering te vinden en te passeren bij voldoende hoge afvoer (Fig. 34 en Fig. 35). Anderzijds valt er eveneens een temperatuurspiek tijdens de periode dat de meeste palingen zoekgedrag vertonen. Mogelijks zorgt deze piek ervoor dat sommige palingen op dat moment hun migratie nog uitstellen, wat kan overeenstemmen met de waargenomen relatie tussen hominggedrag en verhoogde temperatuur.

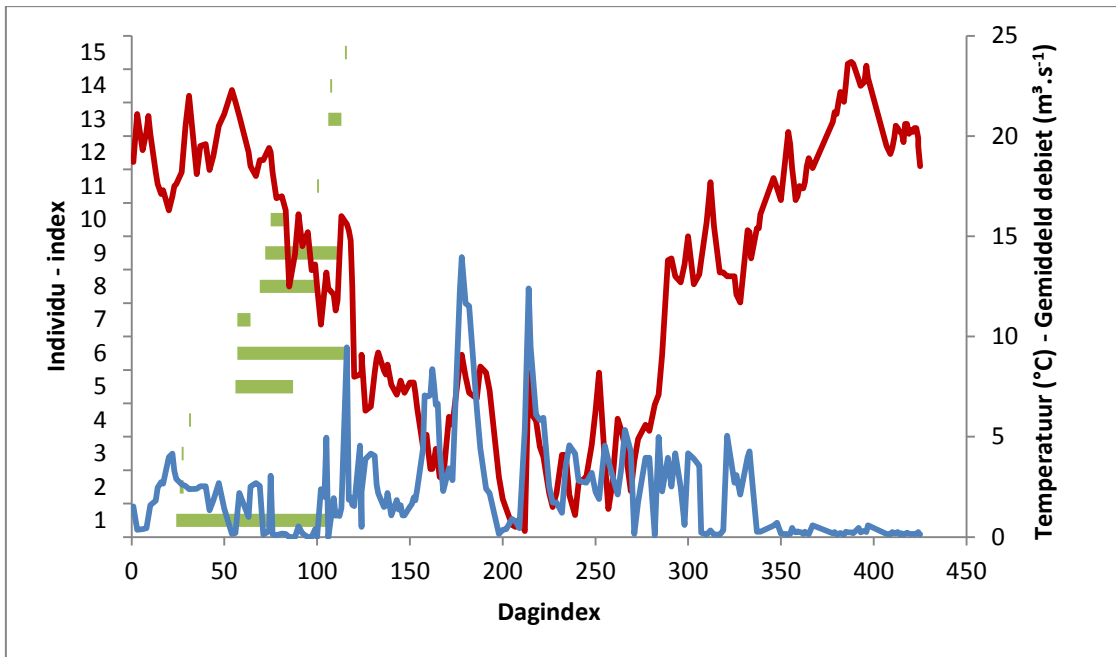


Fig. 32. Relatie tussen het zoekgedrag ter hoogte van het gemaal (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.

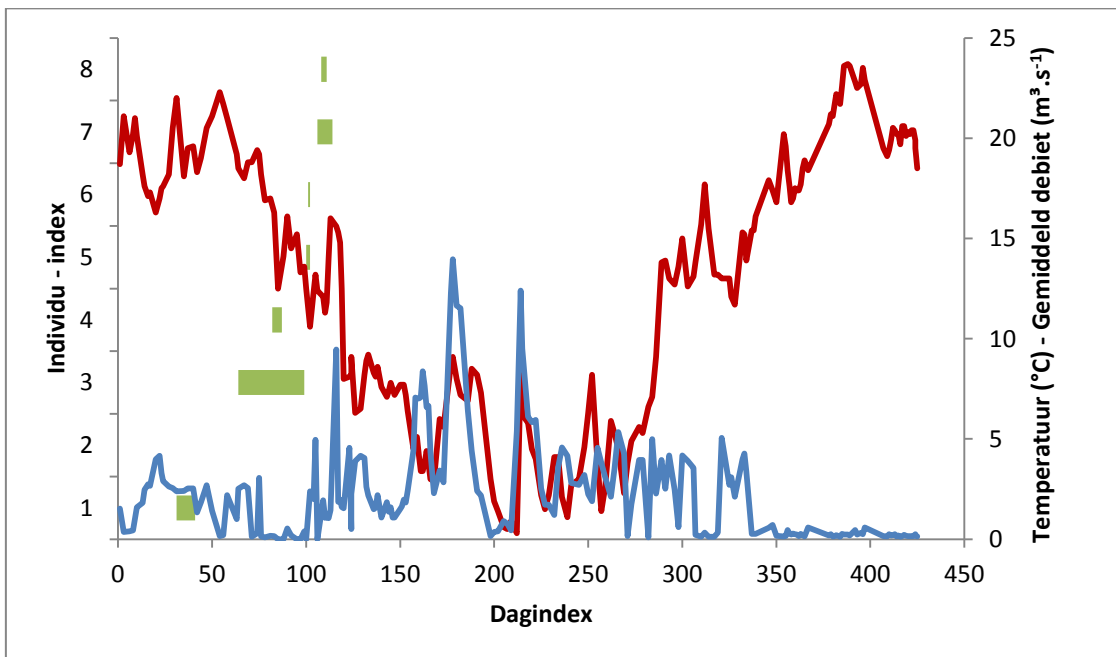


Fig. 33. Relatie tussen het wachtgedrag ter hoogte van het gemaal (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.

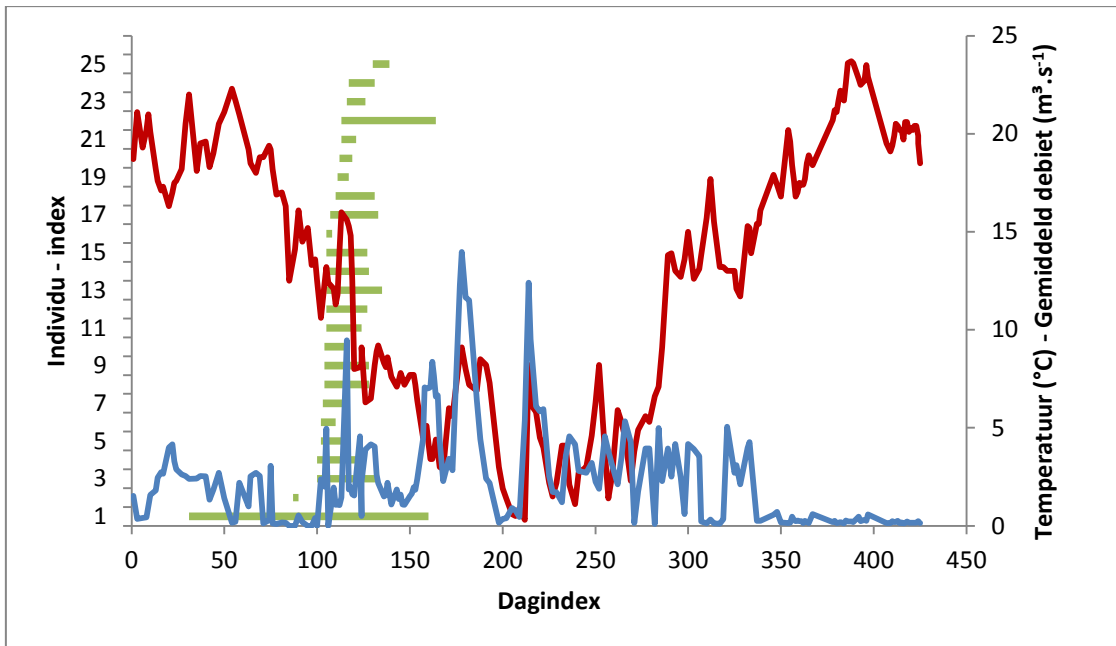


Fig. 34. Relatie tussen het zoekgedrag in de Braakman (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.

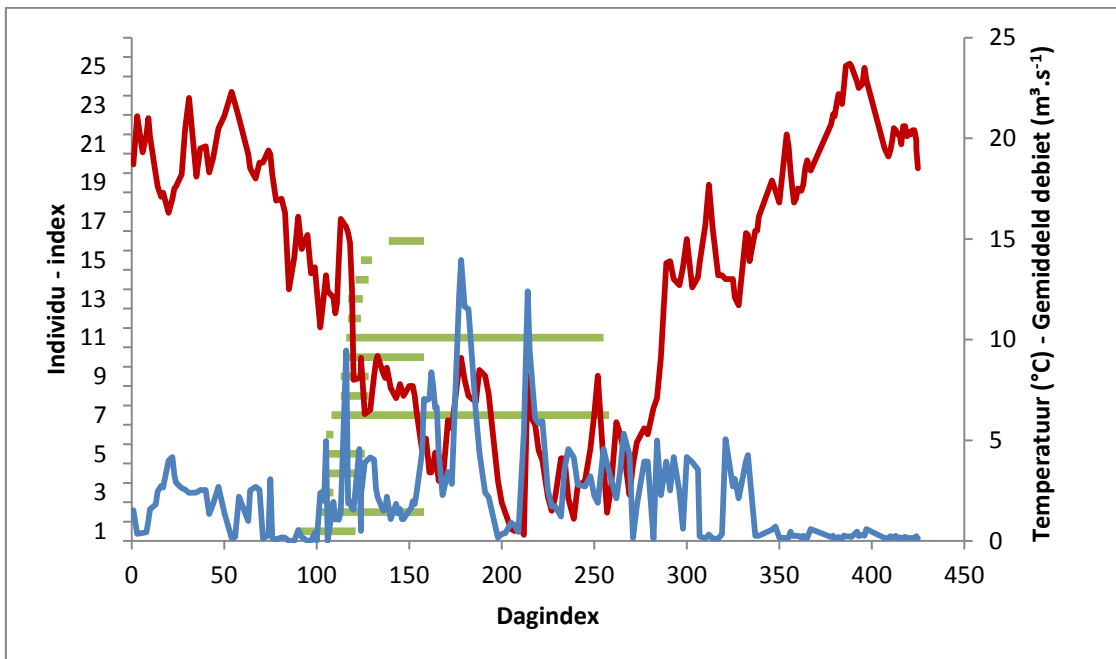


Fig. 35. Relatie tussen het wachtgedrag ter hoogte van de uitwatering van de Braakman (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.

4 Conclusie

4.1 Densiteit van schieraal in het gebied

In alle kanaalhabitats, krekens en grote polderwaterlopen werd paling aangetroffen, terwijl de kleine polderwaterlopen geen paling bleken te bevatten. Er werden grote verschillen waargenomen in densiteiten tussen de verschillende waterlooptypes en binnen hetzelfde type. Algemeen werden krekens en grote polderwaterlopen gekenmerkt door een lagere densiteit dan de kanaalhabitats. Krekens die in open verbinding stonden met het Leopoldkanaal kenden een hogere densiteit. Verder onderzoek moet uitwijzen welke factor (afwezigheid bevissingsdruk, beheer als natuurreserveat, connectiviteit met andere waterlopen, ...) hier het sterkst speelt. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit enkel indicatieve resultaten zijn aangezien het om een beperkt aantal waarnemingen gaat. Het doel van deze studie was dan ook om een algemeen beeld te krijgen van de palingdensiteit in het studiegebied, en niet om de impact van bevissingsdruk op palingdensiteit na te gaan. Dit zou een aangepaste proefopzet met meer herhalingen en een aantal verschillende niveaus van bevissingsdruk vereisen, wat buiten het kader van deze studie valt.

In tegenstelling tot de palingdensiteiten bleken de schieraaldensiteiten (uitgedrukt in aantal.m⁻²) in het studiegebied weinig te verschillen tussen de verschillende waterlooptypes waar paling werd waargenomen (kanaalhabitats, krekens en grote polderwaterlopen). Het gemiddelde gewicht per schieraal verschilde echter significant tussen de verschillende habitattypes, en bijgevolg verschilde de densiteit uitgedrukt in kg.ha⁻¹ eveneens sterk, zowel tussen verschillende habitattypes als binnen hetzelfde habitatype. Algemeen waren de migratorische schieraalstadia (MII, FIV en FV) sterk ondervertegenwoordigd tov. de andere stadia.

Waar mogelijk werden voor de verschillende bemonsterde locaties de waargenomen populatiegroottes en densiteit gerelateerd aan de abundanties van naburige meetpunten van het Meetnet Zoetwatervis (VIS). Hoewel het aantal bemonsterde locaties dat in de buurt van een VIS meetpunt lag te beperkt was om grote conclusies te trekken, lijkt er toch een zekere relatie tussen de populatiegrootte, de densiteit en de abundanties van VIS, zowel voor paling als voor schieraal.

4.2 Migratiegedrag van paling in het studiegebied

Van de 99 gezenderde palingen werden er 90 opnieuw gedetecteerd tussen juli 2012 en juli 2013. Er bleven 50 individuen in de polder (residente paling), 7 palingen bereikten de Braakman en 33 palingen trokken naar de Westerschelde.

De palingen in de polder migreren vlot binnen het Leopoldkanaal en de Zwarte Sluisbeek. Geen enkele paling migreert over de stuw van Sint-Laureins, noch over de stuw op de Isabellawatering. Er zijn geen aanwijzingen dat palingen uit de hoofdloop ook de nevenlopen (Legemeersbeek, Isabellawatering, Isabellakanaal en het stroomopwaartse deel van de Vlietbeek) gebruiken. Geen enkele paling gebruikte zelfs de Isabellawatering, het Isabellakanaal en het stroomopwaartse deel van de Vlietbeek. De connectiviteit met de Boerekreek (die niet door een visrooster was afgescheiden) blijkt goed. Ondanks het tijdelijk plaatsen van een visrooster en het transloceren van enkele palingen uit de Kleine Kil in de Vlietbeek, blijken palingen toch in staat om van de Vlietbeek naar de Kleine Kil te migreren. Migratie in de andere richting werd nog niet waargenomen.

Algemeen kunnen we dus stellen dat de connectiviteit in de polder goed is binnen de zone die niet wordt onderbroken door kunstmatige constructies. Sommige palingen vertonen wel zoekgedrag en vinden bijv. het gemaal moeilijk, mogelijks door de onregelmatige afvoerregeling. Uit de resultaten van de gemerkte en gezenderde palingen blijkt ook dat paling die het gemaal gepasseerd is kan terugkeren naar de polder via de De Wit vistrap. Dit valt vermoedelijk enkel voor wanneer de schuiven van de pompkom gesloten worden.

Na passage van het gemaal migreren deze palingen vlot doorheen de Braakman. Ondanks het feit dat er geen noemenswaardige hindernissen werden waargenomen op deze route, vertonen palingen wel zoekgedrag, vermoedelijk door het onregelmatig afvoerbeheer. Algemeen vinden de palingen in de Westerschelde vlot de weg naar zee. Ze maken hier gebruik van de Pas van Terneuzen, de geul ter hoogte van de Paulinapolder, of een combinatie van beide. Twee palingen verdwijnen in de richting van Antwerpen en worden later niet meer gedetecteerd. Algemeen worden in de Westerschelde dus geen noemenswaardige obstakels waargenomen. Wel "verdwijnen" 4 palingen kort na passage van de suatiesluis in de Braakmanhaven. Mogelijks zijn deze palingen overleden door schade die na passage van de noodpompen ter hoogte van de suatiesluis werd toegebracht.

Tijdens de studieperiode bereikten enkel palingen uit de Boerekreek, de locatie Leopoldkanaal 2, de Zwartesluisbeek en de Grote Geul de Westerschelde. Van de 50 individuen die in de polder blijven vertonen 45 palingen hominggedrag. De duur van het hominggedrag van de 45 palingen varieert tussen de 2 en de 394 dagen, met een gemiddelde van 247 ± 109 dagen. De minimum lengte van de home range varieert tussen 400 en 3100 m, met een gemiddelde van 1024 ± 724 m. Deze resultaten suggereren dat sommige zones eerder als opgroei/verblijf habitat worden gebruikt (krekens, Leopoldkanaal ter hoogte van stuw Sint-Laureins en (ter hoogte van de) Legemeersbeek), terwijl andere locaties eerder als passagehabitat worden gebruikt.

Op hun weg van de polder naar de Braakman ondervinden de meeste palingen zoekgedrag of vertraging. Hierbij dient opgemerkt dat een deel van de palingen die het gemaal passeren mogelijks de uitstroom nooit bereiken (en daar in elk geval niet gedetecteerd zijn). Analyse van de duur van het zoekgedrag en van de vertraging wijst uit dat palingen gemiddeld het meeste tijd verliezen in hun zoektocht naar het gemaal en naar de uitstroomopening van de Braakman. Eenmaal in de Westerschelde vinden de palingen echter vrij snel de weg naar zee. Algemeen zijn de vertragingen en het zoekgedrag van de palingen die de Westerschelde bereikten lager dan van de palingen die slechts de Braakman bereikten.

4.3 Inschatting van het aantal uittrekende schieralen

In totaal werden 375 palingen gevangen tussen 19 maart 2012 en 22 maart 2013. Uit de berekeningen volgt dat er tijdens de werking van de andere pompen nog 70 extra schieralen verpompt werden. Bijgevolg migreerden er op basis van de gemaalbemonsteringen (methode A) in totaal 345 schieralen via het gemaal naar zee. De uittrek via de De Wit vistrap bleek verwaarloosbaar, terwijl verder onderzoek moet uitwijzen of een substantieel deel van de palingen via gravitaire lozingen migreert. Op basis van de vangstaantallen van de dagen waarop de gezenderde palingen het gemaal ongemerkt passeerden, werd een inschatting gemaakt van de gemiste hoeveelheid schieraal. Dit brengt het totaal aantal schieralen die het gemaal passeerden op 392 (= 47 + 345). Op basis van de procentuele verdeling van de pompvangsten over de verschillende schieraalklassen (7.4 % mannelijke en 92.6 % vrouwelijke schieralen) volgt dus dat er in totaal 29 mannelijke en 363 vrouwelijke schieralen het gemaal passeerden. De vangst-hervangst experimenten tonen dat de meeste palingen na passage door het gemaal verder stroomafwaarts (en niet terug naar de polder) migreren. De resultaten van de telemetriestudie bevestigden deze waarnemingen, aangezien slechts twee gezenderde palingen na passage door het gemaal in de De Wit vistrap werden gevangen.

Op basis van de oppervlaktes van alle waterlopen en de vangstgegevens van paling in het studiegebied (methode B) werd eveneens een inschatting gemaakt van de hoeveelheid schieraal die in het gebied aanwezig was. Hieruit volgt dat er 1909 migrerende schieralen in het gebied aanwezig waren. Gelet op de proportionele verdeling van de verschillende schieraalklassen in de verschillende waterlopen zijn 1906 van deze schieralen vrouwtjes.

Een derde inschatting van de hoeveelheid schieraal in het gebied gebeurde op basis van het palingmodel (methode C) en berekende dat er 1623 palingen in het studiegebied aanwezig

waren, waarvan het grootste deel mannetjes (1528). Het aandeel vrouwtjes werd geschat op 95 vrouwelijke schieralen.

Vergelijking van de drie verschillende methodes toont dat de densiteitsbevissingen en het palingmodel een totaal aantal schieraal berekenen van dezelfde grootte-orde, maar dat de verhouding mannetjes/vrouwtjes wel helemaal tegengesteld is. Het aantal schieraal berekend volgens deze methode is 5 à 6 maal hoger dan het aantal schieraal waargenomen bij de uittrek door het gemaal. De densiteitsbevissingen geven wel net als de gemaalbemonsteringen aan dat in het studiegebied een hoger aantal mannetjes dan vrouwtjes aanwezig zijn.

Op basis van de telemetriestudie kunnen we echter het aantal schieraal dat effectief uittrekt per stadium bepalen, en zo de schieraalaantallen die werden geschat op basis van de densiteitsbevissingen (methode B) omzetten in een aantal schieraal dat effectief uittrekt. Hieruit blijkt dat uiteindelijk 524 schieralen het gebied verlaten wat qua grootte-orde overeenkomt met het aantal schieraal dat in het gemaal werd gevangen (methode A).

Bijgevolg lijken de gemaalbemonsteringen (methode A) en de densiteitsbevissingen (methode B) vergelijkbare resultaten te geven. Het palingmodel (methode C) berekent echter een veel lager aantal uittrekkende vrouwtjes dan waargenomen. Verder onderzoek moet uitwijzen of het hoog aantal berekende schieraalmannetjes realistisch is. De densiteitsbevissingen en de gemaalbemonsteringen geven hier geen uitsluitel aangezien de schieraalmannetjes mogelijks door de mazen van de gebruikte fuiken kunnen migreren.

Opmerkelijk migreert de helft van de in het gemaal waargenomen schieralen tussen juni en augustus en in december/januari, en bijgevolg buiten de periode die algemeen wordt aangenomen als de piekperiode van de schieraalmigratie (september – oktober – november). De huidige periode waarbinnen de palingvangst wordt verboden, beschermt dus slechts 50% van de uittrekkende schieralen. Verdere uitbreiding van deze periode met december leidt reeds tot bescherming van 77 % van de schieralen, terwijl verdere uitbreiding met de periode juli/augustus tot 92 % van de schieralen beschermt. Hierbij wordt opgemerkt dat in juli/augustus enkel bij hoge debietspieken migratie werd waargenomen. Mogelijks kan een debietsafhankelijke vangstbeperking, waarbij enkel een vangstverbod geldt bij hoge debieten in juli en augustus en een algemeen vangstverbod van september tot en met december, toch eveneens tot 92 % van de schieralen beschermen.

4.4 Inschatting van het aantal intrekkende palingen

We kunnen besluiten dat er via de De Wit vistrap toch een aantal jonge palingen het gebied in trekken, maar dat er zoals verwacht geen trekkende schieralen terugkeren naar de polder via de De Wit vistrap. In de aalgoten werd eveneens een beperkt aantal intrekkende juveniele paling gevangen. Algemeen zijn deze aantallen echter te beperkt om een duurzame palingpopulatie in het gebied in stand te houden.

4.5 Factoren die migratie beïnvloeden in het studiegebied

De pompemaalstudie (Baeyens et al., 2013) toonde aan dat verhoogde pompactiviteit en watertemperatuur de migratie van paling beïnvloeden. Op basis van de pompemaalstudie kunnen we besluiten dat vooral het debiet en in mindere mate de temperatuur een invloed heeft op de migratie van paling. De pompemaalstudie leert ook dat het debiet (= het verpompte volume water), en niet zozeer de neerslag, een invloed heeft op de palingmigratie.

De telemetriestudie toont dat bij de palingen die hominggedrag vertonen de start van het hominggedrag vaak samenvalt met een stijging van de watertemperatuur. Hogere debietswaarden lijken het hominggedrag eerder te beëindigen, wat ook wordt bevestigd door de relatie van de start van de uittrek en het debiet. Analyse van het zoekgedrag in de polder toont dat de gezenderde individuen vooral bij een verhoging van het debiet beginnen

zoeken, en dat deze zoektocht vaak aanhoudt tijdens drogere periodes. Mogelijks is er in deze periodes onvoldoende continu debiet om de palingen toe te laten zich in het gebied te oriënteren.

De meeste palingen die zoekgedrag vertonen ter hoogte van het gemaal, vinden dit gemaal wel tijdens een periode van verhoogde afvoer, maar slagen er niet meteen in het gemaal te passeren en blijven bijgevolg zoeken tot de volgende debietspiek. Analyse van het wachtgedrag ter hoogte van het gemaal toont eveneens dat palingen afhankelijk zijn van de werking van het gemaal om te passeren en er dus niet in slagen andere routes (bijv. de De Wit vistrap) te vinden. Dit komt overeen met de resultaten van de pompgemaalstudie, waarbij een hoge CPUE waarde wordt waargenomen na een lange periode van lage pompactiviteit. Een analoge situatie wordt bij het zoekgedrag in de Braakman waargenomen, waar palingen er pas in slagen om de uitwatering te vinden en te passeren bij voldoende hoge afvoer. Anderzijds valt er eveneens een temperatuurspiek tijdens de periode dat de meeste palingen zoekgedrag vertonen. Mogelijks zorgt deze piek ervoor dat sommige palingen op dat moment hun migratie nog uitstellen, wat kan overeenstemmen met de waargenomen relatie tussen hominggedrag en verhoogde temperatuur.

5 Literatuurlijst

Baeyens R., Buysse D., Stevens M., Mouton A., Gelaude E., Martens S., Jacobs Y. & Coeck J. (2011). Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een pompgemaal met vijzels. Isabellagemaal (Boekhoute). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (INBO.R.2011.7). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, 38 pp.

Baeyens R., Buysse D., Stevens M., Mouton A., Gelaude E., De Maerteleire N., Robberechts K., Jacobs Y., Van den Neucker T., Stevens M. & Coeck J. (2013). Evaluatie van een 'De Wit'-aanpassing bij een conventioneel vijzelgemaal: Isabellagemaal (Boekhoute). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (INBO.R.2013.14), 31 pp.

Bagenal, T.B. (1978) *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (3rd Edition). Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 365 pp.

Buysse D., Mouton A., Stevens T., Van den Neucker & Coeck J. (in press). Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations. *Fisheries Management and Ecology*.

Dekker, W., Deerenberg, C.M. en Jansen, H.M. (2008). Duurzaam beheer van de aal in Nederland: onderbouwing van een beheersplan. IMARES (Rapport / Imares C041/08).

Durif C., Dufour S. & Elie P. (2005) The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. *Journal of Fish Biology* 66: 1025–1043.

Durif C.M.F. & Elie P. (2008) Prediction of downstream migration of silver eels in a large river catchment based on commercial fishery data. *Fisheries Management and Ecology* 15: 127-137.

Environment Agency (2012). Elver and eel passes. A guide to design and implementation of passage solutions at weirs, tidal gates and sluices. *The Eel Manual – GEHO0211BTMV-E-E*. Environment Agency, Bristol, UK, 101 pp.

Germonpré E., Denayer B., Belpaire C. & Ollevier F. (1994). Inventarisatie van pompgemalen in het vlaamse gewest en preliminair onderzoek naar schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer: Groenendaal: Belgium. 63 pp.

Laffaille P., Baisez A., Rigaud C. & Feunteun E. (2004). Habitat preferences of different european Eel size classes in a reclaimed Marsh: a contribution to species and ecosystem conservation. *Wetlands* 24, 642-651.

Lasne E., Acou A., Vila-Gispert A. & Laffaille P. (2008). European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity. *Ecology Of Freshwater Fish* 17, 567–576.

Laurant, M., Lamarque, P. (1975). Utilisation de la methode de captures successives pour l'évaluation des peuplements piscicoles. *Bulletin Français de Pisciculture* 259 : 66-77.

Stevens M., Coeck J. & van Vessem J. (2009). Wetenschappelijke onderbouwing van de palingbeheerplannen voor Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2009 (INBO.R.2009.40). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, 85 pp.

Stevens M., Buysse D., Van den Neucker T., Gelaude E., Baeyens R., Jacobs Y., Mouton A., Coeck J., van Vessem J. (2011). Wetenschappelijke ondersteuning van de uitvoering van het

palingbeheerplan: Inventarisatie pompgemalen en inventarisatie van de technische karakteristieken en waterbeheersaspecten van prioritaire zout-zoetovergangen. INBO.R.2011.38. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. 89 pp.

Yseboodt, R., Coeck, J., Verheyen, R.F. 1991. Onderzoek naar de bijdrage van herbepoting tot de visstand van het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten. UIA Antwerpen, 29 pp.

Lijst van figuren

Fig. 1. Situering van het studiegebied: het afwateringsgebied van het Isabellagemaal in België.	18
Fig. 2. Migratiemogelijkheden binnen het studiegebied.	19
Fig. 3. De stuw op het Leopoldkanaal in Sint-Laureins. Het grootste deel van de tijd gaat er geen water over de stuw. Wanneer er toch water over de stuw gaat, gebeurt dit bij klein hoogteverschil (< 15 cm; A) of wanneer de stuw volledig verzonken is (B).	20
Fig. 4. Migratiemogelijkheden ter hoogte van het gemaal in Boekhoute: de De Wit vistrap (A,B), het gemaal (A) en de schuiven voor gravitaire lozing (3 rechtse schuiven, B).....	21
Fig. 5. De suatiesluis op de Braakman aan de Braakmanzijde (A) en de Westerscheldezijde (B).	22
Fig. 6. De noodpompen ter hoogte van de suatiesluis op de Braakman (A en B; foto's Marius van Wingerden, Waterschap Scheldestromen).....	23
Fig. 7. Opmeting van de verschillende schieraalkenmerken: lengte (A), lengte van de borstvin (B) en oogdiameter horizontaal (C).	26
Fig. 8. Close-up van een migrerend mannetje dat werd gevangen in de gemaalhuizen van het Isabellagemaal.....	26
Fig. 9. Een vrouwelijke (boven) en mannelijke (onder) schieraal gevangen in het gemaal te Boekhoute tijdens de studieperiode.	27
Fig. 10. Zenderen van een paling. De paling wordt verdoofd en er wordt een zender in de buikholte aangebracht, waarna de wonde wordt dichtgenaaid en de paling eenmaal terug bij bewustzijn wordt teruggezet op de vangstlocatie. De hele operatie neemt een 20-tal minuten in beslag.	29
Fig. 11. Dichtgenaaide wonde na aanbrengen van een zender in de buikholte van de paling. ...	30
Fig. 12. VIE kleurmerk waaraan de gezenderde palingen tijdelijk kunnen herkend worden. Dit kleurmerk werd tijdens de operatie aangebracht in de boven- of onderlip, maar verdwijnt na een zestal maand opnieuw.	30
Fig. 13. Herstelde wonde van een paling die opnieuw werd gevangen een drietal weken na de operatie.	31
Fig. 14. Locatie van de receivers in het studiegebied, de Braakman, de Westerschelde en het Leopoldkanaal ten westen van de stuw in Sint-Laureins.	32
Fig. 15. Constructie waarmee de akoestische receivers werden bevestigd aan de scheepvaartboeien in de Westerschelde.	33
Fig. 16. Scheepvaartboei met akoestische receiver.....	34
Fig. 17. Het aantal gezenderde schieralen per vangstlocatie.	35
Fig. 18. Indeling van het gedrag van de gezenderde palingen in homing, zoekgedrag, vertraginggedrag en migratiegedrag.....	38
Fig. 19. De verschillende pompen van het Isabellagemaal. Pompen 1 en 2 zijn kleine vijzels, de andere 3 pompen zijn grote vijzels. Pompen 1 en 3 worden bemonsterd mbv. fuiken en een Noors leefnet (vierkante vangstconstructie tussen de vier oranje boeien). De witte pijl duidt de stroomrichting aan; RECHTER = rechteroever;LINKER = linkeroever.	40
Fig. 20. Schematische weergave van het tweedelig gemaalnet.	41
Fig. 21. Ruime bewaarnetten waarin paling 48 of 72 uur bewaard werd.	42

Fig. 22. De compartimenten van de De Wit vistrap waarin een fuik wordt geplaatst. De fuiken bemonsteren de stroomopwaarts (compartiment 2) en stroomafwaarts (compartiment 1) migrerende vissen. De witte pijl duidt de stroomrichting aan; RECHTER = rechteroever; LINKER = linkeroever.	43
Fig. 23. De vistrapfuik die in een compartiment van de De Wit vistrap wordt geplaatst met de fuikopening tegen de opening van de vistrap.	44
Fig. 24. Locatie van de aalgoot ter hoogte van de stuw te Sint-Laureins. De stroomopwaarts migrerende paling volgen de groene pijl. De witte pijl duidt de stroomrichting aan; RECHTER = rechteroever; LINKER = linkeroever.	47
Fig. 25. Zijaanzicht (a) en bovenaanzicht (b) van het bovendeel en de opvangbak van de aalgoot.	48
Fig. 26. Verdeling van de gevangen paling over de verschillende mogelijke schieraalstadia (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroeifase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase, n = 336).	64
Fig. 27. Seizoenspatronen in de verschillende schieraalstadia van paling welke het Isabellagemaal passeerden van 19 maart 2012 tot en met 22 maart 2013 (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroeifase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+FV = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase, n = 336).	65
Fig. 28. Percentage schieraal dat uittrekt en beschermt wordt in functie van de duur van de gesloten vangstperiode. De huidige gesloten periode is september-november.	66
Fig. 29. Relatie tussen het hominggedrag (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.	77
Fig. 30. Relatie tussen het aantal gezenderde individuen dat de uittrek start, het gemaal of de Braakmansluis passeert, en de watertemperatuur en het debiet dat verpompt werd.	77
Fig. 31. Relatie tussen het zoekgedrag in de polder (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.	78
Fig. 32. Relatie tussen het zoekgedrag ter hoogte van het gemaal (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.	79
Fig. 33. Relatie tussen het wachtgedrag ter hoogte van het gemaal (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.	79
Fig. 34. Relatie tussen het zoekgedrag in de Braakman (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.	80
Fig. 35. Relatie tussen het wachtgedrag ter hoogte van de uitwatering van de Braakman (weergegeven per individu door een groene balk), de watertemperatuur en het gemiddeld debiet in het Leopoldkanaal. De dagindex start op 27/06/2012 en toont het aantal dagen dat is verstreken vanaf deze datum.	80

Lijst van tabellen

Tabel 1. Diepte, breedte en stromingskarakteristieken van de verschillende habitattypes in het studiegebied.....	24
Tabel 2. De bemonsterde waterlopen, het nummer van de staalnamelocatie op (NR), het type waterloop, de bevissingsdruk, bemonsteringsmethode en -periode. De bevissingsdruk wordt ingeschat als laag, gemiddeld en hoog obv. objectieve kenmerken (aanwezigheid visclub, openbaar water, ...) en subjectieve kenmerken (waarneming stropersfuiken, mondelinge communicatie met vissers). Sommige waterlopen werden tweemaal bemonsterd (in de zomer van 2011 en van 2012). F = fuik, E = elektrisch.....	25
Tabel 3. Schieraalstadium van de verschillende gezenderde schieralen per locatie (I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroeifase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+V = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase).	36
Tabel 4. De verschillende tijdsintervallen die beschouwd worden om het aandeel van zoekgedrag en vertraging in de migratie van paling na te gaan.	39
Tabel 5. Grootte van de palingpopulaties en palingdensiteit van de verschillende waterlopen in het studiegebied. Bij de testbemonsteringen in de zomer van 2011 werden geen schieraalkenmerken bepaald. Van de waarnemingen in de Kleine Kil en de Bentillekreek konden geen foutenvlaggen berekend worden omdat er in deze waterlopen slechts één vangst-hervangst event plaatsvond.	51
Tabel 6. Percentage van de verschillende schieraalstadia waargenomen in de bemonsterde waterlopen tijdens de zomer van 2012. Bij de testbemonsteringen in de zomer van 2011 werden geen schieraalkenmerken bepaald. I = seksueel ongedifferentieerde fase, FII = wijfjes in sedentaire opgroeifase, FIII = wijfjes in pre-migratorische fase, FIV+V = wijfjes in migratorische fase en MII = mannetjes in migratorische fase.....	52
Tabel 7. De verschillende zones waar paling werd gevangen, de locatie waar de gevangen palingen werden teruggevonden en het schieraalstadium van deze palingen (M = missing/niet teruggevonden, P, B, W = respectievelijk teruggevonden in de polder, Braakman of Westerschelde).....	57
Tabel 8. De verschillende schieraalstadia van de palingen die niet werden teruggevonden (M), in de polder bleven (P) of naar de Braakman (B) of de Westerschelde (W) trokken.	58
Tabel 9. Het type gedrag van de verschillende individuen die naar de Braakman migreerden...	60
Tabel 10. Minimale, maximale, gemiddelde en totale duur van homing-, zoekgedrag en vertraging (in dagen) tijdens de migratie van palingen uit de polder naar de Braakman, voor de palingen die de Braakman bereikten maar niet de Westerschelde.....	60
Tabel 11. De verschillende types gedrag van de palingen die de Westerschelde bereikten. Zwart = paling vertoont dit gedrag. Onderaan de tabel wordt het totaal aantal palingen weergegeven die een bepaalde combinatie van gedragstypes vertoont. * = deze palingen werden gezenderd en teruggezet stroomafwaarts het Isabellagemaal bijgevolg kan over de grijze zone in de tabel geen uitspraak worden gedaan voor deze palingen, † = één van deze 12 palingen was afkomstig uit de polder.	61
Tabel 12. Minimale, maximale, gemiddelde en totale duur van homing-, zoekgedrag en vertraging (in dagen) tijdens de migratie van palingen uit de polder naar de Braakman, voor de palingen die de Westerschelde bereikten.	62

Tabel 13. Minimale, maximale en gemiddelde duur (in dagen) van de verschillende migratiestappen die een paling onderneemt op zijn weg naar de Westerschelde. Achtereenvolgens worden weergegeven: de totale duur van de migratie tot in de Westerschelde, de totale tijd in de polder, de totale tijd in de Braakman, de totale tijd in de Westerschelde, de totale tijd dat zoekgedrag wordt vertoond, de totale tijd dat het individu zoekgedrag vertoont en de netto migratie. Groep P = de palingen die in de polder gezenderd zijn; Groep G = de palingen die ter hoogte van het Isabellagemaal gevangen, gezenderd en uitgezet zijn.	63
Tabel 14. Het type waterloop, type beheer, type verbinding, de categorie, de oppervlakte, palingdensiteit, het totaal aantal palingen, het percentage schieraal en het totaal aantal schieraal van de waterlopen in het studiegebied (* het diepste meest stroomafwaartse stuk dat niet elektrisch kon worden bevestigd. Dit stuk wordt bijgevolg als vergelijkbaar met de aangrenzende waterlopen (het Leopoldkanaal en de Zwarte Sluisbeek) gezien en de densiteit wordt dan ook geschat als het gemiddelde van de densiteit van deze twee waterlopen; ** slechts recent geopend, bijgevolg werd deze kreek nog als "gesloten" beschouwd.	69
Tabel 15. Het aantal mannelijke (M) en vrouwelijke (V) schieralen per waterloop in het studiegebied, berekend op basis van de waargenomen procentuele verdeling van lengteklassen en het berekend aantal palingen per waterloop.	70
Tabel 16. Aantal geschatte mannelijke (M) en vrouwelijke (V) schieralen in het gebied volgens de verschillende methodes.	71
Tabel 17. Het percentage van de gezenderde schieraal dat effectief uittrok per schieraalstadium.	71
Tabel 18. Het aantal vertrokken schieralen per schieraalstadium op basis van de gemaalbemonsteringen en de densiteitsbevissingen.	72
Tabel 19. Palingen die werden gevangen in de palinggoot te Boekhoute.	73
Tabel 20. Palingen die werden gevangen in de palinggoot te Sint-Laureins.	73
Tabel 21. Historiek van de glasaaluitzettingen in het studiegebied tussen 2005 en heden.	75

Bijlage 1: Vangsten van andere soorten

Tijdens de dichtheidsbemonsteringen met dubbele schietfuisen werden ook een aantal andere soorten gevangen. Deze soorten werden niet gemeten of gewogen, maar volledigheidshalve geven we hieronder een beschrijving van de voornaamste soorten die werden gevangen.

Zwarte Sluisbeek

Enkele grote zeelten en kleine brasempjes (+/-10cm). Het voorbestand bestond voornamelijk uit ruisvoorn (5-20cm), blankvoorns werden minder gevangen (zelfde grootte klasse als ruisvoorn). Ook werden er een stuk of 3 karpers gevangen (max 3kg). Er werden daarnaast een stuk of 2 giebels gevangen (+/- 40cm). Gevangen roofvissen waren kleine baarsjes (10cm), 2 snoeken van 40cm en een paar kleine snoekjes (20cm). Er werden redelijk wat palingen gevangen, waarvan de grootte sterk varieerde. Vooral in de fuik tussen de takken werden de grotere gevangen dacht ik.

Kleine Kil

Heel veel kleine baarzen en snoekbaarzen (visjes van rond de 5cm). Een stuk of 3 kleine snoekjes, wat blankvoortjes, klein en niet veel. Ook een stuk of 18 palingen, vooral grote. Een stuk of 6 brasems en ik dacht 1 karper. Ik vermoed zo weinig brasem en karper omdat er vooral aan fuikbevising werd gedaan op plaatsen waar er weinig gevist wordt met de hengel, dus waar er relatief gezien minder voedsel te vinden is voor die vissen.

Boerekreek

Op deze staalnameplaats is veel en grote vis gevangen. Een redelijk bestand aan blankvoorn (tot 20cm) en kolblei (tot 35cm). Er is heel veel brasem (tot 1.5kg) en karper (ik schatte zelfs een vis van +/- 9kg) gevangen. Daarnaast ook heel wat snoekbaars (vooral 15-25cm en 1 van +/- 80cm). Kleine baarsjes werden ook regelmatig gevangen. Er zat 1 grote snoek van +/- 70cm in de fuik. Ook is er een schildpad gevangen. Een groot bestand aan paling. Vooral veel kleinere palingen, maar ook enkele grotere/dikkere. Er is 1 blauwbandgrondel gevangen.

Benthillekreek

Meer blankvoorns dan ruisvoorns werden gevangen, vooral vissen van 5-15cm. Grote zeelt en giebels leken de dominante vissoorten, naast een paar karpers. Kleine baarsjes en snoekbaarsjes werden eveneens gevangen, maar eerder in kleinere aantallen. Er werd 1 grote snoek gevangen (+/- 80cm). De weinige palingen die werden gevangen waren van het grotere formaat.

Isabellawatering

Zeer weinig vis gevangen. Enkele blank- en ruisvoortjes en dan meestal niet groter dan 10cm. Er zijn een stuk of 8 zeelten gevangen,, 4 brasems en 2 giebels. Naast 1 paling zijn er geen roofvissen gevangen. Ook is er 1 visje gevangen, waarvan we vermoeden dat het een vetje was.

Grote Geul

Om te beginnen is dit water heel helder, de scholen blankvoortjes (+/-5cm; 0+) en snoeken zag je zwemmen van op de kant. Op dit water domineerden blankvoorn en zeelt, ook enkele giebels in de fuiken. Karper en brasem is er niet gevangen. Ruisvoorn wel, maar in mindere mate. Kleine baarsjes (5cm) zijn er ook gevangen, het viel op dat deze in een grote school in de fuik zaten. Waarschijnlijk nog meer school gebonden tegen predatie in het toch wel extreem heldere water. Kleinere snoekbaars (tot 25cm) is er eveneens gevangen. In de fuik is 1 snoek gevangen, maar vanuit de boot hebben we in de kant 2 grote snoeken (+/- 60 – 70 cm) gezien en verschillende snoekjes van 20 cm. De palingvangst varieerden van dag tot dag sterk. Enkele exemplaren van +/- 500gr en een aantal kleinere formaten zijn gevangen.

Leopoldkanaal 'Fred's café', zone 9

In deze zone werden veel blankvoorns en ruisvoorns gevangen van +/- 15cm. Af toe ook kleine baarsjes en snoekbaarsjes. Pos werd eveneens regelmatig aangetroffen in de netten. Er zijn enkele vetjes gevangen. Grote brasems, giebels en zeelt werden gevangen, maar in mindere mate. De Palingvangst lagen rond de 6 stuks per dag.

Leopoldkanaal zone 10

Zoals in zone 9 veel blank- en ruisvoorns van 15cm. Brasems, zeelt en giebels werden regelmatig aangetroffen in de netten. Zo ook kleine baars en snoekbaars. Snoeken van +/- 60cm werden ook gevangen (1 dag waarop we 5 snoeken hadden). Op dat stuk is er heel veel paling gevangen, waarbij veel grotere, maar ook hele kleine.