



Evaluatie van een 'de Wit' visdoorgang ter hoogte van het pompemaal in Boekhoute

Karen Robberechts, David Buysse, Ine Pauwels , Ans Mouton, Nico De Maerteleire, Emilie Gelaude,
Raf Baeyens, Yves Jacobs & Coeck Johan

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Karen Robberechts, David Buysse, Ine Pauwels , Ans Mouton, Nico De Maerteleire, Emilie Gelaude , Raf Baeyens, Yves Jacobs & Coeck Johan,
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:

karen.robberrechts@inbo.be

Wijze van citeren:

Robberechts K., Buysse D., Pauwels I., Mouton A., De Maerteleire N., Gelaude E., Baeyens R., Jacobs Y. & Coeck J.(2015). Evaluatie van een 'de Wit' visdoorgang ter hoogte van het pompgemaal in Boekhoute. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.11376082). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2015/3241/388

INBO.R.2015.11376082

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

de Wit' visdoorgang ter hoogte van het pompgemaal te Boekhoute

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ

**VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ**



Evaluatie van een ‘de Wit’ visdoorgang ter hoogte van het Isabellagemaal in Boekhoute

Robberechts Karen, Buysse David, Pauwels Ine, Mouton Ans, De Maerteleire Nico, Gelaude Emilie, Baeyens Raf, Jacobs Yves & Coeck Johan

INBO.R.2015.11376082

Dankwoord/Voorwoord

Graag willen wij een woordje van dank richten aan enkele personen, dankzij hen hebben we dit onderzoek tot een goed einde gebracht.

Peter Jolie, Nico Gaelens, Jurgen Duym en Michel Desmet van de Zwarte Sluispolder voor hun inzet en hun hulp.

De volgende studenten Eva Bellemans, Lander Wantens, Daan Biemans, Wilco Rinkens, Pieter-Jan Verhelst, Dan Sloodmaekers en Jan Ostermeyer voor hun inzet en hulp bij uitvoeren van deze studie.

Tenslotte willen we alle techniekers en wetenschappers danken die een jaar lang drie maal per week naar Boekhoutte kwamen om de vangkooien te legen. Dit zowel in goede weersomstandigheden als slechte, op gewone werkdagen als ook feestdagen.

Tijdens het afwerken van dit rapport vernamen wij het overlijden van Dhr. Robert De Decker, de behulpzame altijd goedlachse buurman en voormalig pompbediende van het Isabellagemaal. Graag dragen wij dit rapport op ter nagedachtenis aan Robert.

Samenvatting

In deze studie werd onderzocht of de toepassing van een 'de Wit' vispassage of 'de Wit' visdoorgang naast een pompgemaal een goede oplossingsmaatregel is voor veilige stroomop- en stroomafwaartse vismigratie langs gemalen. De 'de Wit' visdoorgang werd initieel ontworpen voor het herstel van vrije vismigratie langs polderstuwen, waarbij water uit het stroomopwaarts of bovenstrooms stuwpand via de visdoorgang naar het stroomafwaarts of benedenstrooms stuwpand stroomt.

Het Isabellagemaal in Boekhoute, op de grens tussen Vlaanderen en Nederland, zorgt er voor dat het overtollig water van het Leopoldkanaal opgepompt wordt naar het Isabellakanaal. Aangezien het waterpeil stroomafwaarts of benedenstrooms van het gemaal (Isabellakanaal) doorgaans hoger is dan het peil stroomopwaarts het gemaal (Leopoldkanaal), vloeit het water benedenstrooms van het gemaal via de visdoorgang terug naar het bovenstrooms pand. Dit heeft als gevolg dat stroomaf- of zeewaarts migrerende vissen in het Leopoldkanaal een korte stroomopwaartse migratie door de 'de Wit' visdoorgang moeten uitvoeren vooraleer ze hun stroomaf- of zeewaartse migratie in het Isabellakanaal kunnen verderzetten. Voor stroomopwaartse migratie vanuit het Isabellakanaal richting Leopoldkanaal (polder) geldt het omgekeerde. De passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang zowel in stroomop- als stroomafwaartse richting werd gedurende een jaar onderzocht met behulp van twee vangkooien.

Er werden gedurende de bemonsteringsperiode van 20 april 2012 tot 3 juni 2013 meer dan 16400 vissen gevangen in de visdoorgang. In totaal werden 18 verschillende soorten aangetroffen. Er migreerden 6596 vissen en 15 vissoorten van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal en 9807 vissen en 17 vissoorten in omgekeerde richting. Kolblei, blankvoorn, baars en brasem waren dominant aanwezig maar ook van rietvoorn, tiendoornige stekelbaars, karper, snoekbaars en karper werden tientallen individuen gevangen. Met paling, driedoornige stekelbaars (trachurus-type) en bot maakten ook drie diadrome soorten van de visdoorgang gebruik. Winde, gibel, pos, zeelt, vetje en brakwatergrondel werden in kleinere aantallen gevangen. Er werden duidelijke seizoenale migratiepatronen vastgesteld, met name migratie van zowel karperachtigen als baars in functie van voortplanting (april/mei) als overwintering (december/januari). De talrijke individuen worden door de lokale en beperkte lokstroom aangetrokken met het idee dat ze hogerop in het stroomgebied kunnen migreren op zoek naar geschikte habitats (vb. paaiplassen). Door de onnatuurlijke peilverschillen t.h.v. het gemaal migreren deze vissen in werkelijkheid stroomafwaarts in het stroomgebied waardoor ze potentieel in een gebied terecht komen dat minder geschikt is als functioneel habitat. Hetzelfde geldt ook voor vissen die zich in de andere richting door de visdoorgang verplaatsen. Buiten de vastgestelde migratieperiodes waren de vangsten in de visdoorgang gedurende meerdere maanden beperkt tot nihil.

De toepassing van de 'de Wit' visdoorgang naast het Isabellagemaal creëert enerzijds wel mogelijkheden voor stroomop- en stroomafwaartse uitwisseling tussen de (deel)populaties van de soorten maar zorgt er anderzijds wel voor dat vissen in een ander dan gewenst deel van het stroomgebied terechtkomen.

Samen met deze evaluatie werd er in een gelijklopende en gerelateerde studie onderzocht hoeveel en welke vissoorten er via de vijzelpompen stroomafwaarts door het Isabellagemaal migreerden (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015). Zo kon de migratieroute die de zeewaartse migrerende zilverbalingen kiezen bepaald worden (d.i. visdoorgang of vijzelpompen) en op basis van de verhouding van hun vangstaantallen in de visdoorgang en het gemaal een zeer goede inschatting gemaakt worden van de effectiviteit van de 'de Wit' visdoorgang voor stroomafwaartse palingmigratie. In de vijzelmalestudie, waarbij twee van de 5 vijzelpompen permanent gemonitord werden, werden in totaal 375 palingen gevangen. Deze vangsten werden hoofdzakelijk genoteerd in periodes van sterk verhoogde neerslag en bijgevolg in periodes waarin er veel en langdurig gepompt werd. De hoogste aantallen stroomafwaarts migrerende palingen werden gevangen in juli, oktober en december 2012 met respectievelijk 75, 105 en 75 palingen (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015). Door de 'de Wit' visdoorgang migreerden amper 8 palingen. Deze lage aantallen werden gevangen tussen april en augustus 2012. Het betrof bovendien individuen die niet of nauwelijks kenmerken vertoonden die aangaven dat het zilverbalingen betrof. Tussen september 2012 en maart 2013 werden er in de visdoorgang bovendien geen palingen gevangen. Tijdens de verschillende opvallende stroomafwaartse migratiepieken van palingen door het gemaal waren de vangsten in de visdoorgang nul. De resultaten uit beide studies tonen aan dat (zilber-) palingen niet stroomafwaarts migreren via de 'de Wit' visdoorgang maar via de vijzelpompen.

De toepassing van een 'de Wit' visdoorgang is geen effectieve ecologische oplossingsmaatregel voor stroomafwaartse zilverbalingmigratie langs pompgemalen. De ineffectieve werking van de 'de Wit' visdoorgang wordt veroorzaakt door het feit dat de visdoorgang geen attractiviteit heeft voor stroomafwaarts migrerende palingen waardoor de toegang tot de visdoorgang niet gevonden wordt. De verklaring hiervoor is dat de zilverbalingen hun paaimigratie zodanig gericht en ingesteld is om stroomafwaarts met de stroming mee te migreren richting zee. Om vanuit het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal te migreren via de visdoorgang zouden palingen een korte gedragsswitch moeten maken en zich stroomopwaarts verplaatsen tegen de stroming van de visdoorgang in om het Isabellakanaal te bereiken vooraleer ze verder zeewaarts kunnen migreren. Een stroomopwaartse migratiebeweging staat voor paling echter gelijk aan een verplaatsing naar hogerop in het stroomgebied. De resultaten tonen dat zilverbalingen deze onnatuurlijke en onlogische kortstondige omkering van hun migratierichting niet uitvoeren. De enkele individuen die toch in de visdoorgang gevangen zijn betreffen 'gefopte' palingen die door de lokstroom werden aangetrokken met het idee en dat ze zich hogerop in het stroomgebied aan het verspreiden waren.

De 'de Wit' visdoorgang is passeerbaar voor de aanwezige standvissoorten maar is vanuit ecologisch oogpunt geen geschikte mitigerende maatregel voor gerichte stroomaf- en stroomopwaartse vismigratie.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

- De 'de Wit' vispassage of 'de Wit' visdoorgang is geen goede oplossingsmaatregel voor het faciliteren van gerichte stroomaf- en stroomopwaartse vismigratie langs pompgemalen met een onnatuurlijk peilverschil (d.i. het stroomafwaarts peil is hoger dan het stroomopwaarts peil).
- De 'de Wit' visdoorgang werd initieel ontworpen voor het herstel van vrije vismigratie langs polderstuwen. De vangstaantallen in en de passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang tonen dat dit wel een goede oplossingsmaatregel kan zijn voor het faciliteren van vismigratie bij (polder-)stuwen (d.i. het stroomafwaarts peil is lager dan het stroomopwaarts peil).
- De stroomopwaartse verspreiding en kolonisatie van vissen vanuit het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal is een potentieel aandachtspunt. Een effectievere vismigratiefaciliteit zal meer kansen bieden voor stroomopwaartse vismigratie langs het Isabellagemaal. De aanwezige zoetwatervissoorten (o.a. karperachtigen) maar vooral ook de zout-zoet migratoren zoals paling (glasaal en gele paling), bot en driedoornige stekelbaars zouden hierbij gebaat zijn. Een oplossingsmaatregel is mogelijks de toepassing van een "omgekeerde 'de Wit' visdoorgang".
- Een grensoverschrijdende aanpak voor het herstel van vismigratie voor de zout-zoet migratoren tussen de Westerschelde, het Isabellakanaal en het Leopoldkanaal is nodig. Aangepast beheer van de uitwateringssluizen tussen de Braakman en de Westerschelde in Nederland in functie van het vergroten van de stroomopwaartse intrekbaarheid van glasaal, bot en driedoornige stekelbaars is wenselijk.

English abstract

Pumping stations (PSs) have been constructed worldwide for centuries. These PSs play an important role in wetland drainage, irrigation, water diversion, agriculture, drinking water provision, flood protection, water level control and the conservation of polder areas. However PSs can cause damage and mortality to downstream migrating fish. Safe passage at PSs could be achieved by installing fish bypass facilities, though these fishways often have been designed to mitigate fish migration at barriers other than PSs.

In this study up- and downstream fish migration through a Dutch pool and orifice fishway adjacent to the Isabella pumping station (PS) was monitored. In a related research program and during the same study period downstream fish migration was studied through two Archimedes screw pumps of the PS (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015).

The fishway connects the Leopold Canal with the Isabella Canal while the Isabella PS pumps water from the Leopold Canal (1,40 m asl) to the Isabella Canal (1,97 m asl in summer, 1,42 m asl in winter). Due to the unnatural water level difference at the PS the water flows back through the fishway from the Isabella canal into the Leopold canal. Therefore eel (*Anguilla anguilla*) and other fish species have to switch their 'downstream migrating modus' into an 'upstream swimming movement' (i.e. against the water current through the fishway). The fishway consists of a 21 m long channel with 17 regularly spaced weirs with incorporated underwater orifices and a series of 16 step-like pools. This type of fishway, often applied at low head weirs, is mainly intended for freshwater fish with a burst velocity $u \leq 1.00$ m/s that migrate in small rivers and streams. It is often selected as fishway due to its relatively low flow requirement, low velocities and relatively low turbulence in the fishway.

Fish were caught in the fishway by placing two fyke cages in two pools with the cage openings, mounted on orifices, respectively facing the Leopold Canal and the Isabella Canal. The cage mesh size was 0.6 cm and therefore suitable to catch small fish species, yellow eel and large elvers. A funnel in the cage opening prevented fish swimming back through the orifice into the fishway. Fish migration through the fishway was studied during more than 13 months from April 20th 2012 till June 3th 2013. The fish were routinely sampled every Monday, Wednesday and Friday.

Fish migrating downstream of the pumping station

During the several marked downstream eel migration runs through the PS (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015) catches of downstream migrating eel at the fishway were always insignificant or nil. In total 375 eel were caught at the PS (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015). Although catadromous eel were practically absent (i.e. 8 individuals) a total 6 581 individuals of potamodromous species, mainly roach (*Rutilus rutilus*), perch (*Perca fluviatilis*), silver bream (*Blicca bjoerkna*) and bream (*Abramis brama*) swam against the flow through the fishway. These fish were attracted into the fishway by the attraction flow. Our results show the Dutch pool and orifice fishway at the Isabella PS did not mitigate the downstream silver eel migration passed the PS and is no solution to bypass catadromous fish species passed PS's in general. First eel cannot find the very small fishway entrance and second and more importantly there is a behavioral design error. Our results suggest they do not switch their 'downstream migrating modus' into a brief 'upstream swimming movement' which is needed to migrate against the flow through the fishway. The few individuals that were caught were probably motivated to disperse upstream in the canal catchment but they got tricked by the fishway attraction flow and the unnatural water level difference at the PS, so it is doubtful they were actually motivated to migrate towards the Isabella Canal.

Fish migrating upstream of the pumping station

In total 9 806 fish, mainly silver bream, bream, roach, three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) and perch swam with the flow through the fishway into the Leopold Canal upstream of the PS. The fishway facilitated upstream passage only for a small number of elvers and yellow eel. No marked elver runs 'with the flow' were observed in the fishway thus natural colonisation of the Leopold Canal upstream of the PS is low. These elvers and yellow eel have to switch their 'upstream dispersing modus' into a 'go with the flow swimming movement'. Another reason for these low numbers is due to a recruitment failure and thus low elver densities downstream of the PS.

The Dutch pool and orifice fishway adjacent to the Isabella PS creates opportunities for dispersal and exchange between the species populations in both canals. On the other hand and more importantly the fishway did not mitigate downstream silver eel migration. The fishway facilitated upstream passage only for a small number of

elvers and yellow eel. To achieve the targets set in the eel management plans more efficacious pumping station bypass solutions are needed.

Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord.....	4
Samenvatting	5
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	7
English abstract.....	8
Lijst van figuren	12
Lijst van tabellen.....	13
1 Inleiding en doelstellingen	14
2 Materiaal en methode.....	16
2.1 Studiegebied	16
2.1.1 Waterschap ‘Krekenland’	16
2.1.2 Het Leopoldkanaal en het Isabellakanaal.....	16
2.1.3 Het Isabellagemaal.....	17
2.1.4 De ‘de Wit’ visdoorgang	17
2.2 Dataverzameling	18
2.2.1 Vis.....	18
2.2.2 Paling.....	19
2.2.3 Abiotiek	19
3 Resultaten.....	21
3.1 Soortensamenstelling.....	21
3.1.1 Passeerbaarheid van de ‘de Wit’ visdoorgang van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (uit de polder).....	21
3.1.2 Passeerbaarheid van de ‘de Wit’ visdoorgang van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (naar de polder)	22
3.1.3 Migratie van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal versus migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal.....	24
3.2 Populatiestructuur van de meest frequent voorkomende vissoorten in de visdoorgang	25
3.2.1 Blankvoorn	25
3.2.2 Kolblei	27
3.2.3 Brasem	28
3.2.4 Baars.....	29
3.2.5 Driedoornige stekelbaars	30
3.2.6 Paling.....	31
3.3 Migratiepatronen.....	32
3.3.1 Vangstevolutie	32
3.3.2 Invloed van de watertemperatuur	34
3.4 Vergelijking met het visbestand in het Leopoldkanaal.....	34
4 Bespreking	36
4.1 Algemene passeerbaarheid van de ‘de Wit’ visdoorgang	36
4.1.1 Passeerbaarheid van de ‘de Wit’ visdoorgang van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (uit de polder).....	36
4.1.2 Passeerbaarheid van de ‘de Wit’ visdoorgang van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (naar de polder)	37
4.2 Efficiëntie en effectiviteit van de visdoorgang	37
4.2.1 Vismigratie van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (uit de polder)	38
4.2.1.1 Paling.....	38
4.2.1.2 Karperachtigen en baars	38
4.2.2 Vismigratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (naar de polder)	39
4.2.2.1 Paling.....	39

4.2.2.2	Bot.....	39
4.2.2.3	Driedoornige stekelbaars	39
4.2.2.4	Karperachtigen en baars	39
5	Besluit.....	40
6	Referenties.....	41

Lijst van figuren

Figuur 1: Situering van het Leopoldkanaal en Isabellagemaal in het waterschap 'Krekenland' (rood; Vlaanderen).	16
Figuur 2: 'de Wit' visdoorgang te Boekhoute (RECHTER: rechter oever, LINKER: linker oever).	17
Figuur 3: Illustratie van de twee mogelijke stroomrichtingen door de 'de Wit' visdoorgang te Boekhoute. Rood: waterpeil stroomopwaarts (polderzijde; Leopoldkanaal) staat hoger dan stroomafwaarts (zeezijde; Isabellakanaal) en het water loost gravitair door de schuiven. Blauw: waterpeil stroomopwaarts (polderzijde; Leopoldkanaal) staat lager dan stroomafwaarts (zeezijde; Isabellakanaal), het pompemaal pompt water stroomafwaarts en het water loopt gravitair terug stroomopwaarts door de visdoorgang (situatie te Boekhoute). LINKER: linker oever. RECHTER: rechter oever.	18
Figuur 4: De vangkooi die in een compartiment van 'de Wit' visdoorgang geplaatst wordt.	20
Figuur 5: De bekken van 'de Wit' visdoorgang waarin de vangkooi werd geplaatst. de witte pijl duidt de stroomrichting aan van het verpompte water; de groene pijl duidt de stroomrichting aan in de visdoorgang; RECHTER = rechteroever; LINKER = linkeroever; 1= vangkooi langs polderzijde; 2 = vangkooi langs zeezijde.	20
Figuur 6: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (% aantal)	22
Figuur 7: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (% biomassa)	22
Figuur 8: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (% aantal)	23
Figuur 9: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (% biomassa)	23
Figuur 10: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen blankvoorn langs polderzijde.	26
Figuur 11: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen blankvoorn langs zeezijde.	26
Figuur 12: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen kolblei langs polderzijde.	27
Figuur 13: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen kolblei langs zeezijde.	27
Figuur 14: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen brasem langs polderzijde.	28
Figuur 15: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen brasem langs zeezijde.	28
Figuur 16: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen baars langs polderzijde.	29
Figuur 17: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen baars langs zeezijde.	29
Figuur 18: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen driedoornige stekelbaars langs polderzijde.	30
Figuur 19: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen driedoornige stekelbaars langs zeezijde.	30
Figuur 20: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen paling langs zeezijde.	31
Figuur 21: Aantal stroomopwaarts migrerende palingen per levensstadium: (I) sedentaire, sexueel ongedifferentieerde paling; (FII) sedentaire paling; (FIII) wijfjes in de premigratorische fase en (FV) wijfjes in de migratorische fase.	32
Figuur 22: Aantal gevangen vis per vangstdag tussen 20 april 2012 en 3 juni 2013 langs zeezijde, met aanduiding van de watertemperatuur (°C). De primaire y-as van figuur (b) is aangepast om een beter beeld te krijgen van de kleinere vangstaantallen.	33
Figuur 23: Aantal gevangen vis per vangstdag tussen 20 april 2012 en 3 juni 2013 langs polderzijde, met aanduiding van de watertemperatuur (°C).	34

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van het aantal vissen en biomassa van de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal.....	21
Tabel 2: Overzicht van het aantal vissen en de biomassa vissen van de vissen die migreren van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal.....	23
Tabel 3: Overzicht van het aantal vissen gevangen in de visdoorgang en de vangsten tijdens andere studies in het Leopoldkanaal (Baeyens et al.2013; Van Thuyne, 2009).....	35

1 Inleiding en doelstellingen

Vissen houden hun populatie in stand op basis van enkele belangrijke biologische aspecten: voortplanting, voeding, groei en zelfbescherming. Bij al deze biologische aspecten speelt migratie een belangrijke rol. Vissen moeten in stroomop- en stroomafwaartse richting kunnen migreren over kleine tot middel grote afstanden op zoek naar paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden (Northcote 1978, Coeck 2002). De meest opvallende migratie gebeurt in functie van de voortplanting, maar ook andere redenen kunnen aanzetten tot migratie: bescherming tegen predatie, vlucht voor verontreiniging, wisselend winter- en zomerverblijf, wisselende eisen aan het biotoop bij wisselende levensstadia, uitwisseling van genetisch materiaal tussen populaties en uitbreiding van populaties (Northcote 1978). Er is een toenemende behoefte om te begrijpen en te voorspellen wat de menselijke invloeden zijn op de verschillende vismigraties (Fjeldstad et al. 2012) en wat de gevolgen hiervan zijn op vispopulaties en ecosystemen (Metcalfe & Craig 2012). Wereldwijd wint de bescherming van stroomafwaarts trekkende vissen aan belang (Stuart et al. 2010).

Vrije migratie is van essentieel belang voor elke vissoort om de levenscyclus te volbrengen. Een goed voorbeeld van een vis die gedwongen is te migreren om zijn levenscyclus succesvol te volbrengen is paling (*Anguilla anguilla* L.). De paling maakt tweemaal in zijn leven een lange reis. De eerste reis start in het geboortewater, vermoedelijk in de Sargassozee. Van daaruit laat de pasgeboren aal zich als larve op de Golfstroom meevoeren naar Europa om hier als doorzichtig glasaaltje de rivieren op te trekken. In de zoete wateren groeien ze dan op tot gele paling. Eenmaal geslachtsrijp veranderen ze in schieralen en trekken ze terug richting oceaan om zich voort te planten (Laffaille et al. 2004, Lasne et al. 2008). Het blijft een uitdaging om alle aspecten van de migratie van de paling, een van de meest bedreigde diadrome vissoorten, te begrijpen.

Tal van kunstwerken zoals stuwen, watermolens, sluizen en pompgemalen verdelen het waterloppennetwerk in aparte trajecten. Levensgemeenschappen die via het water moeten migreren, worden op die manier belemmerd tijdens hun verplaatsing tussen potentiële leefgebieden. Om deze migratiebarrière te kunnen overwinnen worden er visdoorgangen aangelegd.

In dit rapport onderzoeken we een heel specifieke visdoorgang, namelijk een 'de Wit' visdoorgang. Deze visdoorgang is een manier om op een klein oppervlak toch een vrije migratie voor vissen en andere waterdieren mogelijk te maken. Onderzoek naar migratie van vissen door een 'de Wit' visdoorgang werd nog maar beperkt uitgevoerd in Vlaanderen. In Nederland toonde onderzoek aan dat de 'de Wit' visdoorgang door verschillende soorten van verschillende lengteklasse gebruikt kan worden (Heuts 2005).

Een 'de Wit' visdoorgang (genoemd naar zijn uitvinder ing. W.G.J. de Wit) wordt meestal geplaatst langs een stuw met een klein verval om een kunstwerk passeerbaar te maken voor vissen. Het bestaat uit een compacte rechthoekige goot met daarin tussenschotten die de bak verdelen in bekkens. In ieder tussenschot is aan de onderzijde een onderwateropening aangebracht. Deze openingen lopen door tot op de bodem en bevinden zich altijd volledig onder water. Hierdoor is er een constante minimale hoogte van de waterkolom beschikbaar voor vismigratie. De openingen verspringen telkens zodat er voor extra stromingsweerstand wordt gezorgd. De stroomsnelheid door de opening hangt af van het verschil tussen de waterpeilen stroomopwaarts en stroomafwaarts van het schot.

Een 'de Wit' visdoorgang werkt niet met overlaten en reageert daarom goed op sterk wisselende debieten en peilverschillen (Boiten 2004). De peilverschillen worden volgens het principe van de communicerende vaten over de verschillende bekkens uitgemiddeld. In een normale situatie, waarbij het waterpeil stroomopwaarts in de waterloop hoger is dan het waterpeil stroomafwaarts, ontstaan de grootste stroomsnelheden in de visdoorgang tijdens de hoogste afvoeren in de waterloop. Bij de 'de Wit' visdoorgang die hier onderzocht werd ontstaat de grootste stroomsnelheid in de doorgang echter tijdens de laagste afvoeren in de waterloop, omdat het waterpeil stroomopwaarts lager is dan het waterpeil stroomafwaarts. Bij lage afvoer is het peilverschil over het pompgemaal het grootst, waardoor meer water terugvloeit door de visdoorgang. Het peilverschil dat overbrugd moet worden door de visdoorgang en de maximale gewenste stroomsnelheid bepaalt het aantal compartimenten en het peilverschil dat per kamer noodzakelijk is. Ook de afmetingen van de doorzwemopening zijn hierbij van belang.

Op de bodem van de bak wordt een laag breuksteen zodanig aangebracht, dat een hellende, traploze bedding ontstaat. Een gevarieerd stromingspatroon op de bodem bevordert de passage van zowel goede als slechte zwemmers. Door de lage stroomsnelheid laat dit type visdoorgang toe om ook kleine vissen en andere waterdieren deze doorgang te gebruiken. De constructie is zodanig samengesteld dat verstopping door drijvend materiaal bijna niet mogelijk is. De randen van de openingen zijn afgerond zodat geen materiaal kan blijven haken. Bovendien kunnen passerende vissen zich niet verwonden.

In deze studie wordt de 'de Wit' visdoorgang langs het Isabellagemaal in Boekhoute geëvalueerd. Specifiek wordt daarvoor ten eerste onderzocht welke soorten zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts de visdoorgang gebruiken, met hoeveel ze zijn en wat hun totale biomassa is. Om een idee te krijgen van het belang van de visdoorgang voor het succesvol toelaten van het natuurlijke trekgedrag van de soorten tijdens de verschillende levensstadia, wordt de populatiestructuur onderzocht van de gevangen vissen en wordt onderzocht of er temporele verschillen zijn in het gebruik van de visdoorgang. Hierbij wordt vooral gefocust op de alom gekende trek richting paaigebied door volwassenen, paairijpe vissen en anderzijds de verplaatsing die juveniele en subadulte vissen maken richting opgroeigebied.

De onderzoeksvragen van deze studie kunnen als volgt samengevat worden:

- Hoeveel en welke vissoorten migreren er tijdens de studieperiode stroomopwaarts en stroomafwaarts doorheen de visdoorgang?
- Welke levensstadia / lengteklassen (subadulten en adulten) migreren doorheen de visdoorgang?
- In welke periode wordt deze visdoorgang het meest gebruikt?
- Is de 'de Wit' visdoorgang een effectieve oplossingsmaatregel voor stroomop- en stroomafwaartse migratie langs pompgemalen voor paling en andere vissoorten?

2 Materiaal en methode

2.1 Studiegebied

2.1.1 Waterschap 'Krekenland'

Het waterschap 'Krekenland' is één van de 5 waterschappen van het deelbekken 'Gentse kanalen' in het Scheldebekken. Het omvat vier polders namelijk Zwarte sluispolder, Generale vrije polders, Slependammpolders en de Isabellapolder. De totale afwateringsoppervlakte bedraagt iets meer dan 20.000 hectare en spreidt zich uit over de gemeenten Sint - Laureins, Assenede, Eeklo en Kaprijke. De ontwatering van deze polders gebeurt via het Leopoldkanaal, dat bij een bepaald waterpeil haar water via het Isabellagemaal overpompt naar het Isabellakanaal. Dit kanaal voert het water noordwaarts naar Nederland en mondt uit in de Braakmankreek.



Figuur 1: Situering van het Leopoldkanaal en Isabellagemaal in het waterschap 'Krekenland' (rood; Vlaanderen).

2.1.2 Het Leopoldkanaal en het Isabellakanaal

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 19^{de} 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 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. Om redenen van natuurbehoud en recreatie werd het waterpeil van de Zeeuwse Braakmankreek in de jaren 1970 verhoogd, zodanig dat de zwaartekracht niet langer volstond om het Leopoldkanaal via het aanwezige schuivencomplex in Boekhoute af te voeren. Een pompstation (gemaal) was noodzakelijk om het water af te voeren en daarom werd midden jaren 1980 het Isabellagemaal gebouwd. Het gemaal zorgt er voor dat het overtollig water van het Leopoldkanaal ten

oosten van de stuw in Sint Laureins opgepompt wordt naar het Isabellakanaal. Vervolgens wordt het polderwater via het Isabellakanaal en de Braakman afgevoerd naar de Westerschelde (Figuur 1).

2.1.3 Het Isabellagemaal

Het Isabellagemaal in Boekhoute, op de grens tussen Vlaanderen en Nederland, zorgt er voor dat het overtollig water van het Leopoldkanaal opgepompt wordt naar het Isabellakanaal. Het pompgemaal bestaat uit drie grote ($3.6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en $21 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$) en twee kleinere vijzels ($1.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 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.

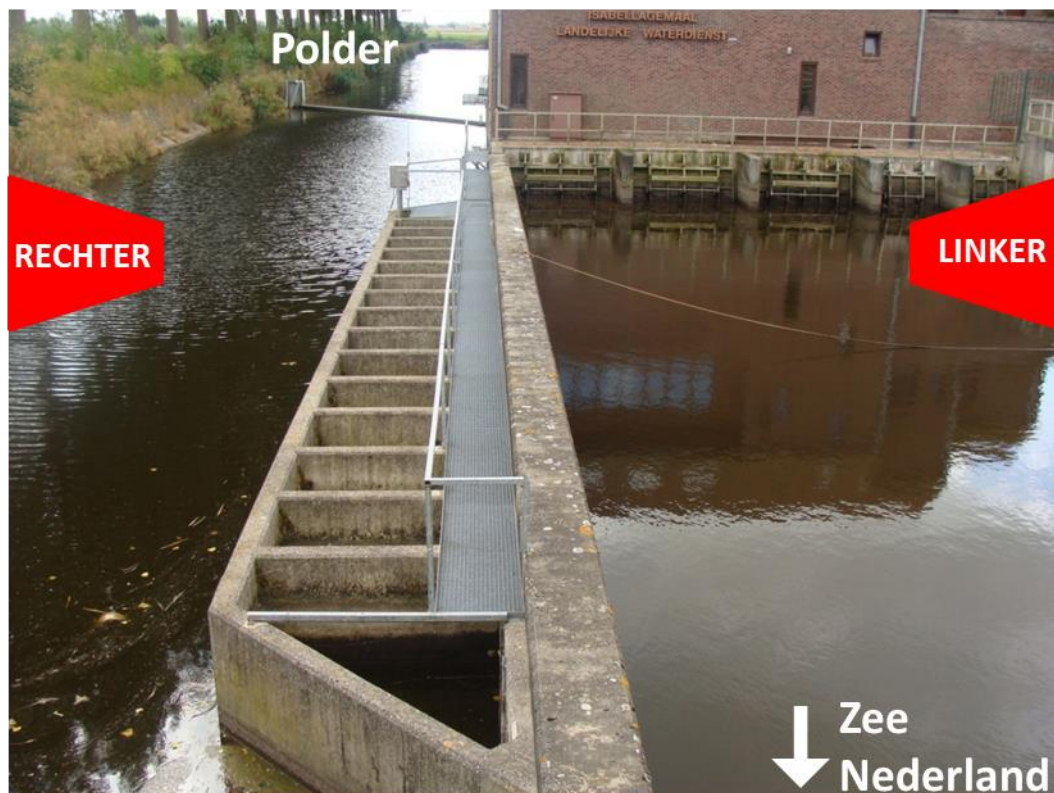
Door het plaatsen van een pompgemaal is vrije vismigratie verhinderd. De passeerbaarheid voor vis bij een 'de Wit' aanpassing van het vijzelgemaal te Boekhoute werd eerder onderzocht. De resultaten van dit onderzoek toonden aan 19% van de paling die langs de grote vijzel passeert sterft. Van de paling die passeert via de kleine vijzel sterft 14%. (Baeyens et al. 2012; Buysse et al. 2015). Dit pompgemaal vormt grotendeels een barrière en verhindert vrije vismigratie. Om de vismigratie tussen het Leopold- en Isabellakanaal te bevorderen werd ter hoogte van het Isabellagemaal in Boekhoute een 'de Wit' visdoorgang geplaatst.

2.1.4 De 'de Wit' visdoorgang

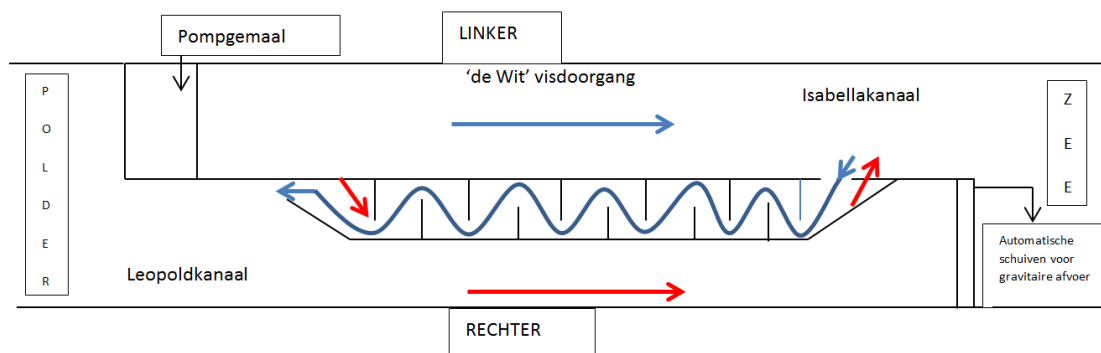
De visdoorgang te Boekhoute bestaat uit een compacte rechthoekige goot van 21m met daarin tussenschotten die de bak verdelen in 16 bekkens (breedte 1.80 m en een lengte 1,00 m). In ieder tussenschot is aan de onderzijde een onderwateropening (breedte 0,20 m en hoogte 0,5 m) aangebracht.

Bij een 'de Wit' visdoorgang, zoals initieel ontworpen voor het herstel van vrije vismigratie langs polderstuw, stroomt het water in de visdoorgang onder normale omstandigheden van stroomopwaarts naar stroomafwaarts. Aangezien in Boekhoute het waterpeil stroomafwaarts het gemaal hoger staat dan het peil stroomopwaarts het gemaal verloopt de stroming in deze visdoorgang omgekeerd (Figuur 3).

Bijgevolg moet vis die stroomafwaarts door deze 'de Wit' visdoorgang zwemt (dus van het Leopoldkanaal naar het Isabellagemaal) tegen de stroming in zwemmen, terwijl vis die stroomopwaarts migreert (van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) met de stroom mee moet zwemmen. Dit is vermoedelijk verwarrend voor zowel de stroomop- als stroomafwaarts migrerende vissen, daarom is het interessant om te onderzoeken of de visdoorgang functioneel is.



Figuur 2: 'de Wit' visdoorgang te Boekhoute (RECHTER: rechter oever, LINKER: linker oever).



Figuur 3: Illustratie van de twee mogelijke stroomrichtingen door de 'de Wit' visdoorgang te Boekhoute. Rood: waterpeil stroomopwaarts (polderzijde; Leopoldkanaal) staat hoger dan stroomafwaarts (zeezijde; Isabellakanaal) en het water loost gravitair door de schuiven. Blauw: waterpeil stroomopwaarts (polderzijde; Leopoldkanaal) staat lager dan stroomafwaarts (zeezijde; Isabellakanaal), het pompemaal pompt water stroomafwaarts en het water loopt gravitair terug stroomopwaarts door de visdoorgang (situatie te Boekhoute). LINKER: linker oever. RECHTER: rechter oever.

2.2 Dataverzameling

2.2.1 Vis

Om zowel de stroomop- als stroomafwaarts migrerende vissen in de visdoorgang te vangen, werden vangkooien (Figuur 4) geplaatst in twee bekkens van de visdoorgang (Figuur 5). De vangkooien werden in de visdoorgang geplaatst met de fuikopening naadloos aansluitend op de onderwateropening van het bekken waar ze ingeplaatst werden (Figuur 5). De vangkooien werden driemaal per week (maandag, woensdag en vrijdag) geleegd tussen 20 april 2012 en 3 juni 2013.

Verder in het rapport wordt steeds zeezijde vermeld voor de resultaten van de kooi die de stroomopwaarts migrerende vissen ving, dit zijn de vissen die van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal migreren. Polderzijde wordt vermeld voor de resultaten van de kooi die de stroomafwaarts migrerende vissen ving, dit zijn de vissen die migreerden van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal.

De gevangen vissen werden gedetermineerd, gemeten (vorklengte tot op 0.1 cm) en gewogen (tot op 0.1 g; m.b.v. mettlert toledo weegschaal). Driedoornige stekelbaars werd tot op levensvorm gedetermineerd. De drie gekende levensvormen zijn trachurus, semiarmatus en leiurus. De trachurus vorm paait en groeit op in zee, de leiurus leeft uitsluitend in zoet water, en de semiarmatus is de tussensoort tussen trachurus en leiurus en is doorgaans anadroom.

Een enkele keer werd er zeer veel vis gevangen, zodanig dat de vangkooi overvol zaten. Van een aantal soorten werd in die uitzonderlijke omstandigheden de biomassa niet opgemeten, waardoor deze een kleine onderschatting is van de werkelijke biomassa. Deze onderschatting wordt verder in dit rapport als volgt aangegeven: >.

Om de vis migratie in de visdoorgang als gevolg van de bemonstering zo min mogelijk te verstoren werden de vissen die gevangen werden langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) na meten, wegen en determineren stroomafwaarts van het gemaal uitgezet. Zo kon de vis zijn normale trekroute verder zetten. De vis die gevangen werd langs zeezijde werd stroomopwaarts van het gemaal opnieuw uitgezet.

Indeling vissoorten op basis van het migratiegedrag

Vissoorten kunnen op basis van hun migratiegedrag worden onderscheiden in twee groepen: potadrome en diadrome vissoorten.

- Potamodrome vissoorten leven uitsluitend in zoet water en kunnen over korte en lange afstanden migreren. Voorbeelden hiervan zijn: snoek, winde, rietvoorn, bankvoorn,...
- Diadrome vissoorten migreren tijdens hun levenscyclus van zoet naar zout water (Northcote, 1998). Diadroom migratiegedrag kan verder worden onderverdeeld in anadrome, katadrome en amfidrome migratie (Northcote, 1998).
 - Anadrome vissoorten leven als oudere juvenielen en subadulten in de zee maar trekken bij rijpheid de rivier op om te paaien. Voorbeelden hiervan zijn driedoornige stekelbaars, rivierprik, zalm, zeeforel,...
 - Katadrome vissoorten planten zich voort in zout water maar groeien op in zoet water. Voorbeelden hiervan zijn paling en bot.
 - Amfidrome vissoorten vertoeven zowel in zoet als in zout water. Migratie gebeurt niet met het oog op reproductie maar heeft te maken met het zoeken naar voedsel- of schuilgebieden.

2.2.2 Paling

We besteden specifiek aandacht aan de paling. Het palingbestand is dramatisch (Moriarty & Dekker 1997) afgenomen. Over de oorzaken van deze achteruitgang bestaan verschillende wetenschappelijke hypothesen, maar wellicht spelen meerdere elementen een rol (overbevissing, algemene verslechtering van de waterkwaliteit, verontreiniging door toxische stoffen, habitatverlies, migratiebarrières, pompgemalen en waterkrachtcentrales, verandering in klimaat en oceanische factoren, predatie). Bij gebrek aan doorslaggevend bewijs blijft de werkelijke oorzaak echter onduidelijk. Om de dramatische achteruitgang van de bestanden van de Europese paling (*Anguilla anguilla*) te stoppen, heeft de Europese ministerraad in 2007 de aalverordening uitgevaardigd (EG/1100/2007). De verordening stelt dat de lidstaten de nodige maatregelen moeten treffen om ervoor te zorgen dat op termijn minstens 40% van de volwassen zilverpaling (t.o.v. een natuurlijke referentiesituatie zonder menselijke impact) de open zee kan bereiken om zich voort te planten.

Ook werd deze soort ter hoogte van het gemaal onderzocht met behulp van telemetrie, wat aanvullende interessante informatie oplevert.

Paling werd behalve gemeten en gewogen ook geanalyseerd op schieraalkenmerken. Durif. et al. (2009) hebben een methode ontwikkeld waardoor de paling op basis van uitwendige kenmerken met vrij grote zekerheid ingedeeld kan worden in een aantal groepen. De zes groepen worden ingedeeld op basis van het geslacht, de geslachtsontwikkeling en het levensstadium (sedentair vs. migratorisch). Op deze manier worden volgende groepen onderscheiden:

- Sedentaire en sexueel ongedifferentieerde paling (I)
- Sedentaire paling (FII)
- Wijfjes met premigratorische fase (FIII)
- Wijfjes in migratorische beginfase (FIV)
- Wijfjes in migratorische fase (FV)
- Mannetjes in migratorische fase (MII)

2.2.3 Abiotiek

Naast de vangsten werd tijdens de studieperiode ook de watertemperatuur opgemeten. De watertemperatuur werd gemeten met behulp van een Tidbit v2 thermologger (Onset, Bourne, MA, USA).



Figuur 4: De vangkooi die in een compartiment van 'de Wit' visdoorgang geplaatst wordt.



Figuur 5: De bekens van 'de Wit' visdoorgang waarin de vangkooi werd geplaatst. de witte pijl duidt de stroomrichting aan van het verpompte water; de groene pijl duidt de stroomrichting aan in de visdoorgang; RECHTER = rechteroever; LINKER = linkeroever; 1= vangkooi langs polderzijde; 2 = vangkooi langs zeezijde.

3 Resultaten

3.1 Soortensamenstelling

3.1.1 Passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (uit de polder)

Er werden gedurende de bemonsteringsperiode van 20 april 2012 tot 3 juni 2013 15 verschillende vissoorten aangetroffen, in totaal meer dan zesduizend vissen (Tabel 1). De grootste vangst, 594 vissen, werd op 29 april 2013 genoteerd. Deze opmerkelijke vangst bestond voor 95% uit blankvoorn.

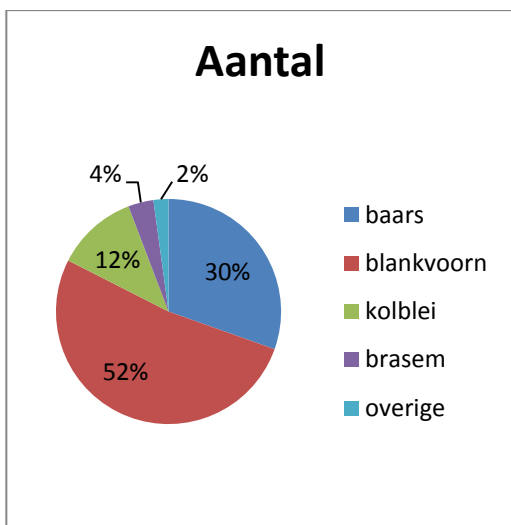
Tabel 1: Overzicht van het aantal vissen en biomassa van de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal.

	Soort	Aantal	Biomassa (g)
1	blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	3434	115999
2	baars (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	2007	74390
3	kolblei (<i>Blicca bjoerkna</i> L.)	773	55066
4	brasem (<i>Abramis brama</i> L.)	240	19340
5	driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i> L.)	42	67
6	rietvoorn (<i>Scardinius eurythrophthalmus</i> L.)	42	3030
7	winde (<i>Leuciscus idus</i> L.)	16	7230
8	karper (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	12	15343
9	paling (<i>Anguilla anguilla</i> L.)	8	2047
10	bot (<i>Platichthys flesus</i> L.)	7	339
11	tiendoornige stekelbaars (<i>Pungitius pungitius</i> L.)	5	6
12	giebel (<i>Carassius gibelio</i> Bloch)	3	2717
13	pos (<i>Gymnocephalus cernua</i> L.)	3	146
14	zeelt (<i>Tinca tinca</i> L.)	3	2985
15	snoekbaars (<i>Sander canadensis</i> Griffith & Smith)	1	26
	Totaal	6596	298730

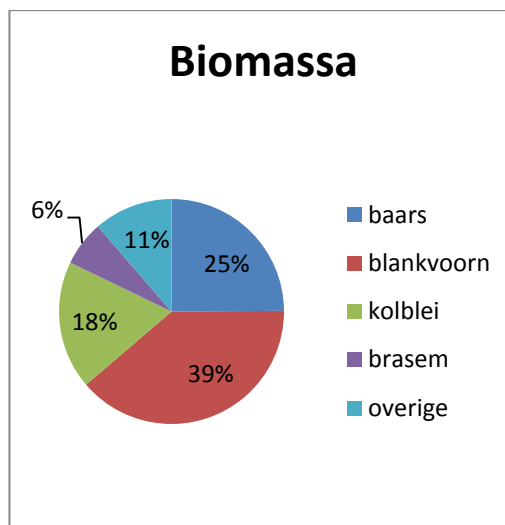
Blankvoorn (52%) werd het vaakst aangetroffen in de kooi. Baars (30%), kolblei (12%) en brasem (4%) vertegenwoordigen samen een 46%. De overige 11 soorten kwamen elks in veel lagere aantallen voor (<1%) en waren samen goed voor 2% van de totale hoeveelheid gevangen stroomafwaarts migrerende vis (Figuur 6).

In totaal werd 299 kg vis gevangen. Blankvoorn (39%) vertegenwoordigde hiervan het grootste aandeel, naast baars (25%), kolblei (18%) en brasem (6%). De overige 11 vissoorten zorgden samen voor 2% van de totale biomassa.

Karper, zeelt en winden vertegenwoordigden qua aantal < 1% van het totaal aantal gevangen vissen maar het betrof hoofdzakelijk grote individuen wat zich weerspiegelde in een relatief grote hoeveelheid biomassa. Zo zorgden de 12 karpers voor een gewicht van meer dan 15 kg. De 3 zeelten voor een biomassa van bijna 3 kg en de 16 windes zorgden voor 7 kg biomassa. Het individu met de grootste biomassa was een karper van 2464g.



Figuur 6: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (% aantal)



Figuur 7: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (% biomassa)

Het kleinste individu dat in de vangkooi werd aangetroffen was een pos met een lengte van 33 mm. Het grootste exemplaar dat doorheen de visdoorgang zwom betrof een paling met een lengte van 685 mm.

3.1.2 Passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (naar de polder)

Er werden gedurende de bemonsteringsperiode van 20 april 2012 tot 3 juni 2013 17 verschillende vissoorten aangetroffen, en in totaal meer dan negenduizend vissen (Tabel 2). Op 19 oktober 2012 werd het grootste aantal vis aangetroffen. Deze opmerkelijke vangst bestond uit 2111 vissen, waarvan 80% kolblei.

Kolblei (30%) en brasem (22%) werden het vaakst aangetroffen, naast blankvoorn (16%), driedoornige stekelbaars (16%) en baars (12%). De andere vissoorten kwamen in veel kleinere aantallen voor. Opmerkelijk was de aanwezigheid van bot.

In totaal werd meer dan 144 kg vis gevangen. Brasem (25%) en baars (26%) vertegenwoordigde hiervan het grootste deel. Kolblei (15%), blankvoorn (13%) en paling (13%) vertegenwoordigden ook een aanzienlijk deel terwijl de rest van de vissoorten samen 6% van de biomassa omvatten.

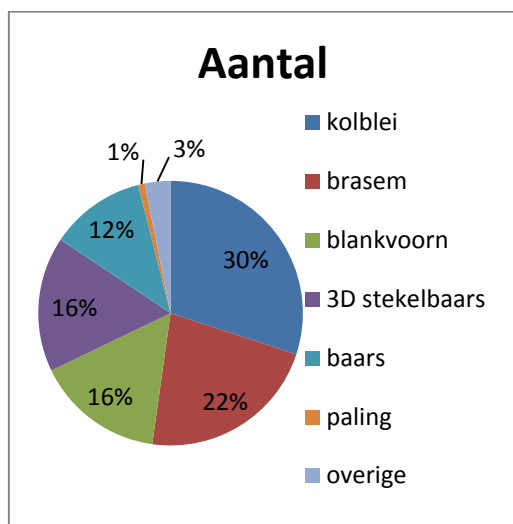
26% van de totale biomassa was baars, terwijl baars in aantal beduidend minder voorkwam dan kolblei en brasem. Kolblei zorgde voor 15% biomassa hoewel de soort 30% van het totaal aantal vissen betrof.

De grote hoeveelheid (1617 individuen) driedoornige stekelbaars vertegenwoordigde slechts 1% van de biomassa. Er werden 79 palingen gevangen die samen meer dan 18 kg wogen. Het zwaarste individu dat gevangen werd was een brasem van 2143 g.

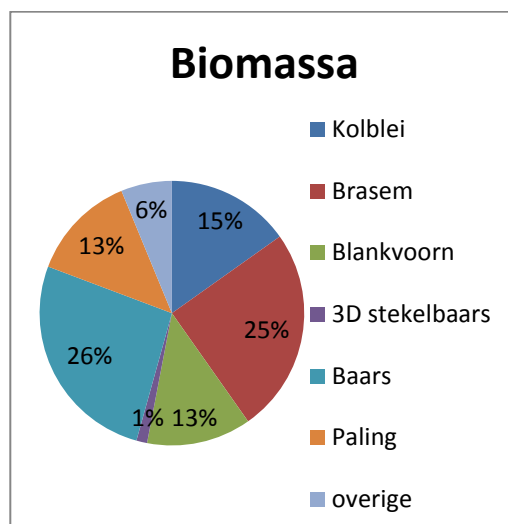
Het kleinste individu dat in de vangkooi werd aangetroffen was een karper met een lengte van 30 mm. Het grootste exemplaar dat doorheen de visdoorgang zwom betrof een paling met een lengte van 791 mm.

Tabel 2: Overzicht van het aantal vissen en de biomassa vissen van de vissen die migreren van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal.

	Soort	Aantal	Biomassa (g)
1	kolblei (<i>Blicca bjoerkna</i> L.)	2945	> 21799
2	brasem (<i>Abramis brama</i> L.)	2175	> 36017
3	blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i> L.)	1536	> 18363
4	driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i> L.)	1617	> 1887
5	baars (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	1147	> 37940
6	bot (<i>Platichthys flesus</i> L.)	134	2233
7	paling (<i>Anguilla anguilla</i> L.)	79	18749
8	snoekbaars (<i>Sander canadensis</i> Griffith & Smith)	55	3403
9	karper (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	34	1471
10	tiendoornige stekelbaars (<i>Pungitius pungitius</i> L.)	46	42
11	rietvoorn (<i>Scardinius eurythrophthalmus</i> L.)	15	745
12	giebel (<i>Carassius gibelio</i> Bloch)	6	576
13	pos (<i>Gymnocephalus cernua</i> L.)	9	294
14	winde (<i>Leuciscus idus</i> L.)	4	75
15	vetje (<i>Leucaspius delineatus</i> Heckel)	2	3
16	brakwatergrondel (<i>Pomatoschistus microps</i> Kroyer)	1	1
17	snoek (<i>Esox lucius</i> L.)	1	104
	Totaal	9806	> 143699



Figuur 8: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (% aantal)



Figuur 9: Samenstelling vangsten van de vissen die migreren van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (% biomassa)

3.1.3 Migratie van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal versus migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal

Het totaal aantal vissen die migreerden van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal is 9806. Dit is ongeveer de helft meer dan de vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (nl 6596). Hoewel het aantal vissen die migreren van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal in aantal veel minder is dan het aantal dat migreert in de andere richting hebben ze wel een veel groter biomassa.

De meeste vissoorten werden langs beide zijden gevangen. Toch kunnen er enkele opmerkingen gemaakt worden. Bot, paling, snoekbaars, driedoornige stekelbaars en tiendoornige stekelbaars worden vaker gevangen migrerend van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal. Blankvoorn, baars, rietvoorn en winde daarentegen worden vaker gevangen migrerend van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal.

Er kan verder opgemerkt worden dat vissen die migreerden van Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal duidelijk groter waren dan de vissen die migreerden naar de andere richting. Dit vooral voor blankvoorn, brasem en kolblei. Bij baars en driedoornige stekelbaars kan hiervan geen conclusie getrokken worden. De gemiddelde groottes en lengtes zijn vergelijkbaar.

3.2 Populatiestructuur van de meest frequent voorkomende vissoorten in de visdoorgang

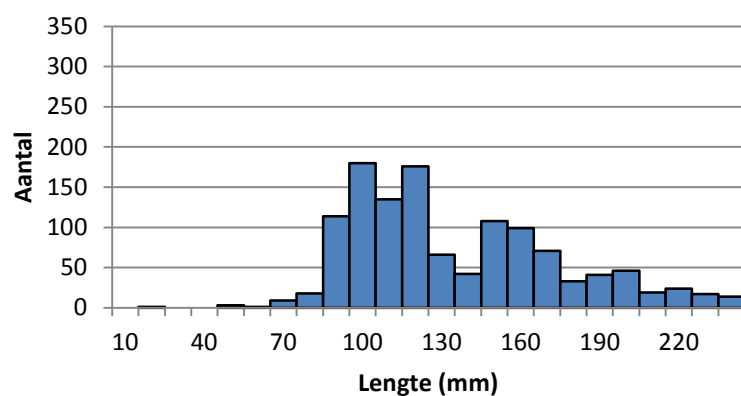
Om een beeld te verkrijgen van de populatiestructuur van de vissoorten die meer dan 3 % van de totale vangst betroffen in de 'de Wit' visdoorgang, werden de individuele lengtes van de verschillende individuen in lengteklassen samengebracht. De lengte-frequentiegrafieken tonen of er verschillende leeftijdsklassen onderscheiden kunnen worden. De vissoorten waarvoor de lengtefrequentiegrafieken geanalyseerd werden zijn blankvoorn, kolblei, brasem, baars, driedoornige stekelbaars en paling.

3.2.1 Blankvoorn

Langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) werden hoofdzakelijk (tussen 50 en 170 individuen) blankvoorns gevangen die 90-120 mm groot zijn (dit komt overeen met een leeftijd van twee jaar), en 140 tot 170 mm groot zijn (komt overeen met een leeftijd van drie jaar). De populatiestructuur van de blankvoorn gevangen langs polderzijde toont dus voornamelijk twee en driejarige blankvoorn (Figuur 10). Verder werden ook tussen 10 en 30 individuen gevangen die groter zijn dan 170 mm.

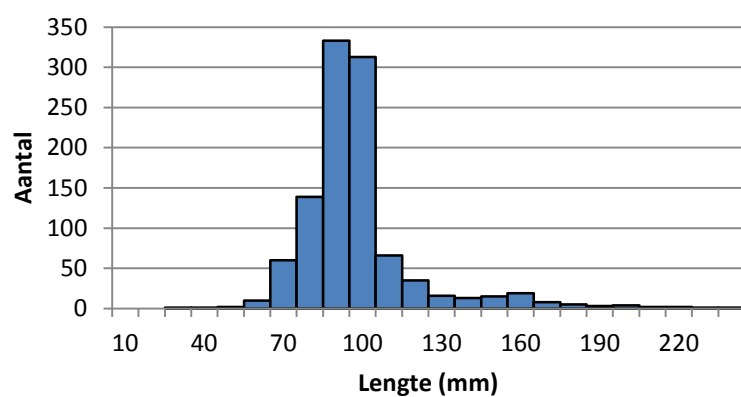
Langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) werden hoofdzakelijk individuen gevangen tussen 80 en 100 mm groot, tot meer dan 300. Verder werden tussen 50 en 150 individuen gevangen in de lengteklasse 70, 80 en 110 mm. Blankvoorn van 80-100 mm groot is een tot twee jaar oud. Van de overige leeftijdsklassen werden minder dan 30 individuen gevangen (Figuur 11).

Polderzijde



Figuur 10: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen blankvoorn langs polderzijde.

Zeezijde

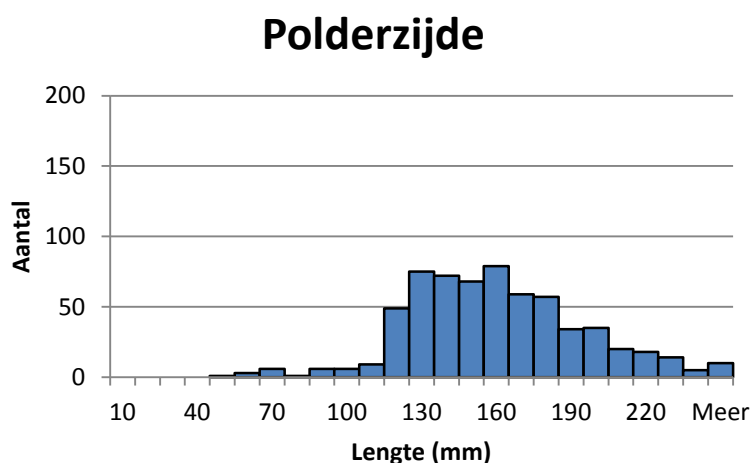


Figuur 11: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen blankvoorn langs zeezijde.

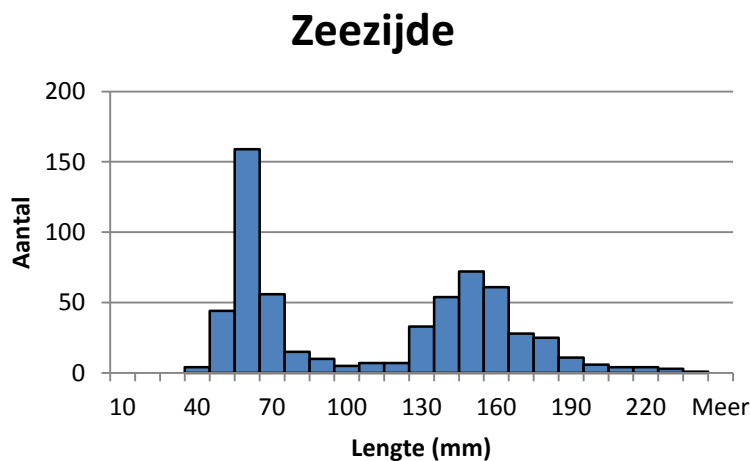
3.2.2 Kolblei

De kolblei gevangen langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) behoorde grotendeels tot de leeftijdsklasse rond 120 – 180 mm of twee tot drie jaar. Van deze leeftijdsklasse werden meer dan 50 individuen gevangen. In mindere maten werden ook individuen van 50 tot 120 en van 180 tot meer dan 280 mm gevangen (Figuur 12).

Langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) werd opvallend veel (meer bepaald > 150 individuen) kolblei van 60 mm gevangen, dat is kolblei van ongeveer één jaar oud. Toch kwam de lengte van 130 - 160 mm ook nog vaak voor (Figuur 13). Deze lengte komt overeen met een leeftijd van ongeveer 3 jaar oud. Net zoals langs de polderzijde werden relatief veel vissen gevangen tussen 140 en 160 mm (Figuur 13). Er werd langs zeezijde wel minder kolblei gevangen die groter is dan 160 mm, dan langs de polderzijde. Hetzelfde geldt voor kolblei van 120 mm.



Figuur 12: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen kolblei langs polderzijde.

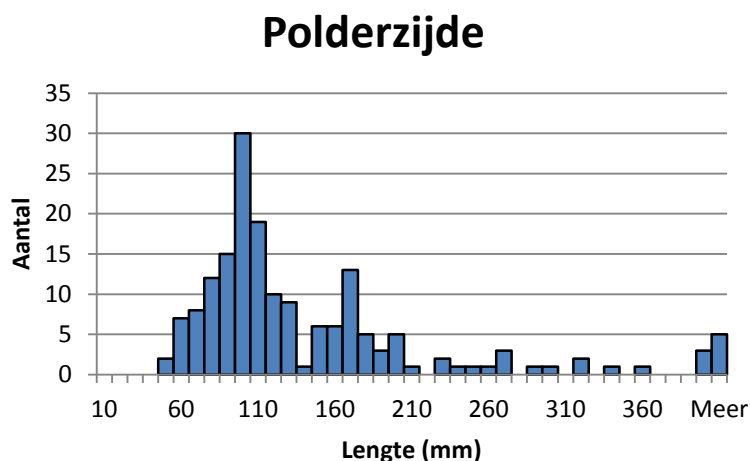


Figuur 13: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen kolblei langs zeezijde.

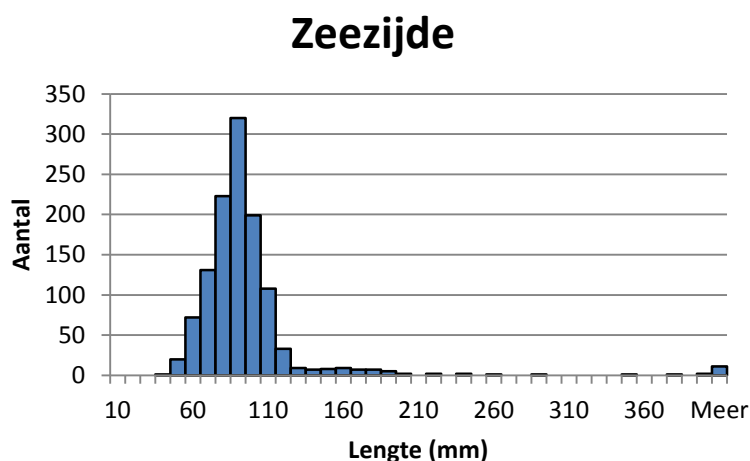
3.2.3 Brasem

De meeste brasems die langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) gevangen werden waren 90-110 mm groot, wat overeenkomt met een leeftijd van ongeveer twee jaar. Er werden ongeveer 49 individuen van deze leeftijd gevangen langs polderzijde. Een tweede piek in aantal brasems (> 10 individuen) werd gevonden voor brasem van 80 en 170 mm groot. Een brasem van 170 mm is ongeveer drie jaar oud (Figuur 14). Er werden ook oudere individuen gevangen, maar telkens minder dan 5 individuen per lengteklassen. Het aantal gevangen brasem langs polderzijde was beduidend minder dan het aantal langs zeezijde.

Langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) werden telkens meer dan 50 individuen gevangen van de lengteklassen tussen 60 en 110 mm. Dit zijn brasems van ongeveer één jaar oud (Figuur 15). Er werden sporadisch ook oudere individuen gevangen.



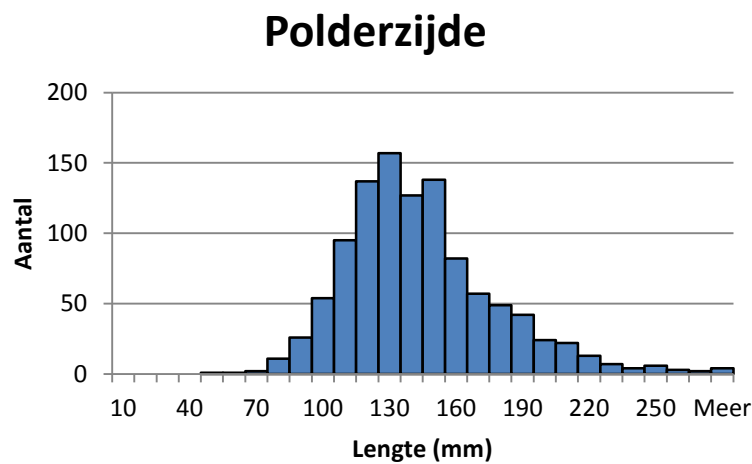
Figuur 14: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen brasem langs polderzijde.



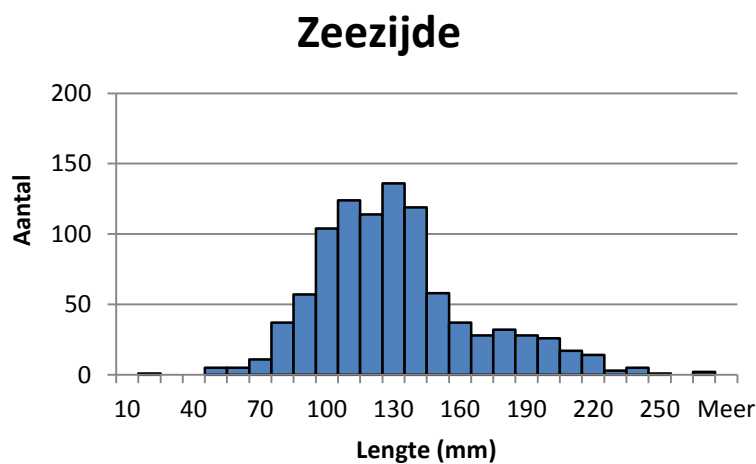
Figuur 15: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen brasem langs zeezijde.

3.2.4 Baars

De populatiestructuur van de gevangen baars verschilde weinig. De lengtefrequentie verdeling vertoonde een normale verdeling met een piek van tussen 100 en 150 baarzen rond 130 mm groot en minima van één tot twee baarzen van 50 mm groot en 250 mm of groter (Figuren 16 en 17).



Figuur 16: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen baars langs polderzijde.

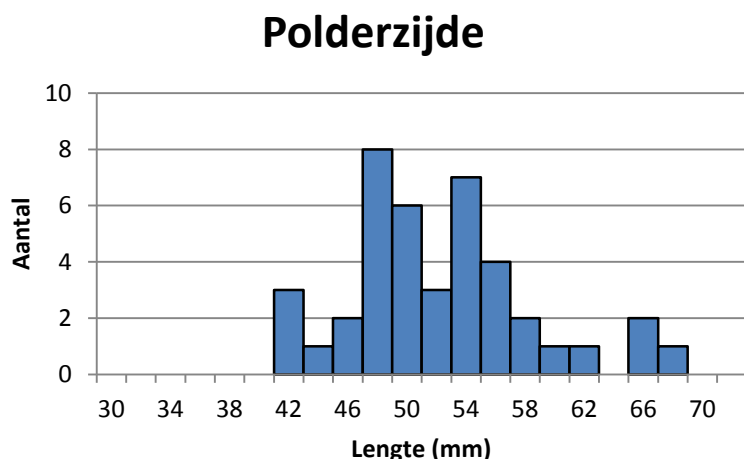


Figuur 17: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen baars langs zeezijde.

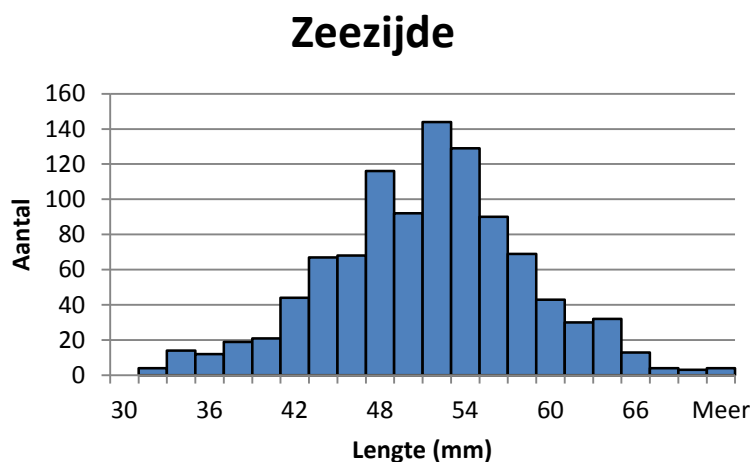
3.2.5 Driedoornige stekelbaars

Langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) werden opvallend weinig kleine (< 40 mm) driedoornige stekelbaarzen gevangen. Het grootste aantal was 47 mm (8 individuen) en 54 mm (7 individuen) groot (Figuur 18), wat overeenkomt met een leeftijd van minder dan een jaar.

De lengtefrequenties langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) waren normaal verdeeld tussen 40 en 72 mm lengte, met een piek van > 14 individuen van 52 mm groot (Figuur 19).



Figuur 18: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen driedoornige stekelbaars langs polderzijde.



Figuur 19: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen driedoornige stekelbaars langs zeezijde.

De driedoornige stekelbaars werd langs beide zijden gevangen. Het grote verschil was vooral zichtbaar in de aantallen. Langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) werden er slechts 42 driedoornige stekelbaarzen gevangen, terwijl er langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) 1617 gevangen werden.

Er werden langs polderzijde 42 driedoornige stekelbaarzen gevangen waarvan er 2 niet tot op de ondersoort werden gedetermineerd. Bij die 40 driedoornige stekelbaarzen komen de 3 ondersoorten voor. 50% van de driedoornige stekelbaarzen behoort tot de ondersoort trachurus, 28% tot de semiarmatus en 23% tot de leiurus. De ondersoort trachurus komt hier beduidend meer voor dan de andere 2 ondersoorten.

Langs zeezijde werden er 1617 driedoornige stekelbaarzen gevangen waarvan er 1018 tot op de ondersoort gedetermineerd werden. Ook hier komen alle 3 de ondersoorten voor. 56% behoort tot de ondersoort trachurus,

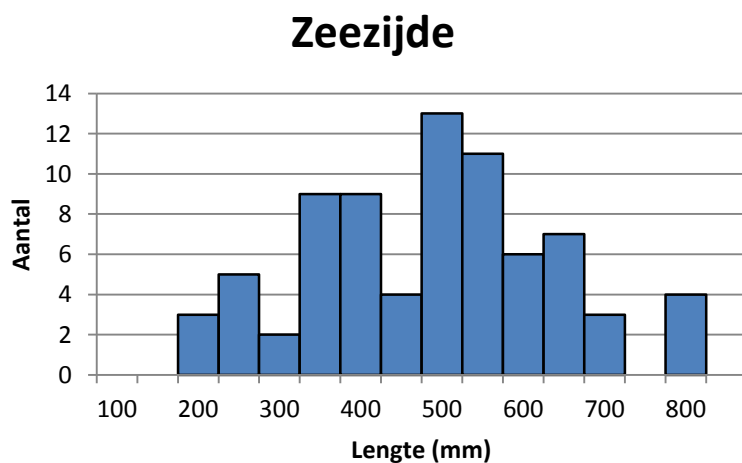
26% behoort tot *semiarmatus* en 17% behoort tot *leiurus*. De ondersoort *trachurus* komt ook hier beduidend meer voor dan de andere 2 ondersoorten.

3.2.6 Paling

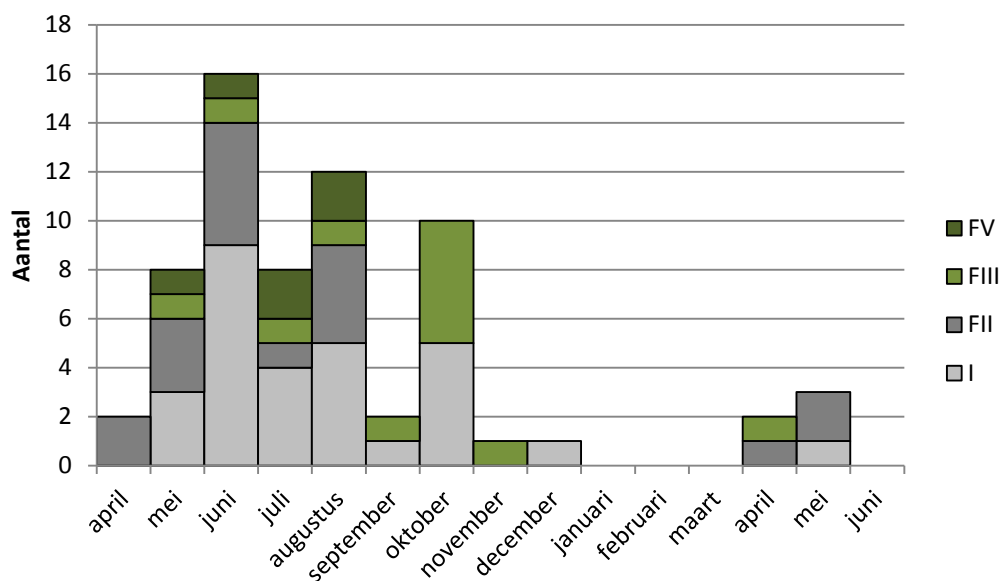
Paling kan het poldergebied verlaten en binnenzwemmen via de 'de Wit' visdoorgang. In totaal migreerden 81 palingen via de 'de Wit' visdoorgang (79 stroomopwaarts en 8 stroomafwaarts).

De 8 palingen die migreerden van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal waren tussen 115 en 685 mm lang. De palingen migreerden 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). Drie palingen werden niet gedetermineerd tot op levensstadium, aangezien deze uittrokken tussen 20/04/2012 en 02/05/2012, gaat het hier vermoedelijk niet om schieralen.

Langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) werden er 79 palingen gevangen, deze waren tussen 155 en 791 mm groot. Wanneer er gekeken wordt naar de lengtefrequentiegrafiek van zeezijde (Figuur 20) zien we dat er palingen van verschillende lengteklassen onderschept worden. Tussen 30/04/2012 en 25/05/2013 migreerden 79 palingen stroomopwaarts via de 'de Wit' visdoorgang. Van 66 palingen werd het schieraalstadium bepaald. De volgende stadia werden waargenomen: I (29), FII (18), FIII (13) en FV (6) (Figuur 21). Er werden geen migrerende stadia FIV en MII aangetroffen.



Figuur 20: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen paling langs zeezijde.



Figuur 21: Aantal stroomopwaarts migrerende palingen per levensstadium: (I) sedentaire, seksueel ongedifferentieerde paling; (FII) sedentaire paling; (FIII) wijfjes in de premigratorische fase en (FV) wijfjes in de migratorische fase.

3.3 Migratiepatronen

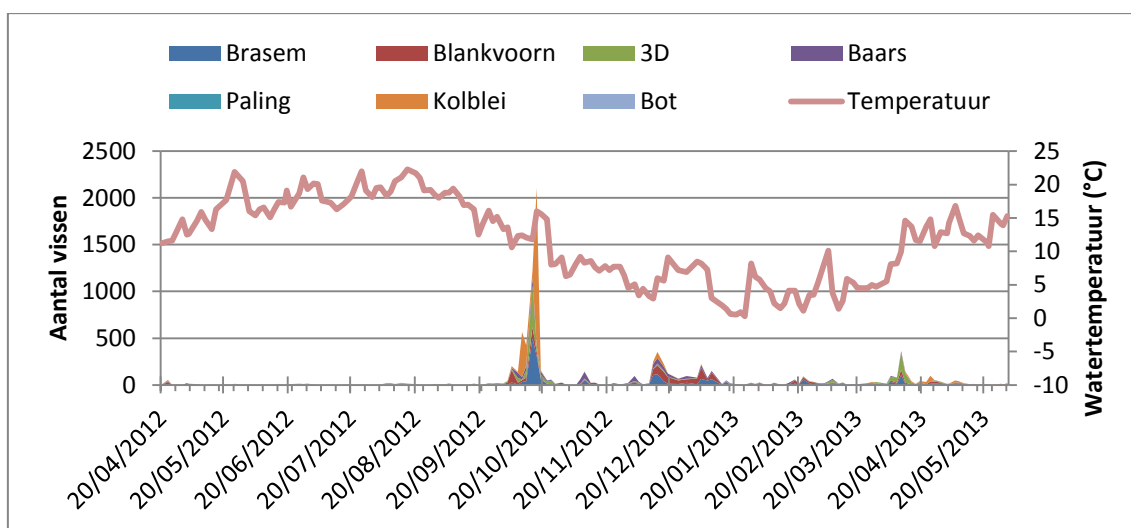
3.3.1 Vangstevolutie

Er werden langs beide zijden periodes van verhoogde migratieactiviteit waargenomen (Figuur 22 en 23). Langs polderzijde (migratie van Leopoldkanaal naar Isabellakanaal) valt de eerste periode eind april, begin mei 2012, een tweede eind december 2012, begin januari 2013 en een derde piek april 2013, mei 2013. Gedurende de rest van de onderzoeksperiode werd er veel minder of geen vis gevangen. In april 2012 werd er vooral blankvoorn en kolblei in hoge aantallen gevangen. Daarna valt de migratieactiviteit even stil tot er in december 2012 een nieuwe kleinere migratiepiek kan waargenomen worden. Deze piek bestaat voornamelijk uit baars, blankvoorn en brasem. Een derde migratiepiek valt opnieuw in april 2013, mei 2013 waarin baars en blankvoorn zorgen voor grote getallen. Een piekvangst van 534 vissen werd op 26 april 2013 vastgesteld. Deze vangst bestond uit 401 blankvoorn, 117 baars, 7 kolblei, 7 rietvoorn en 2 brasem. Drie dagen later op 29 april 2013 bestond de vangst (594 vissen) uit 567 blankvoorn, 19 baars, 4 brasem, 3 kolblei en 1 rietvoorn.

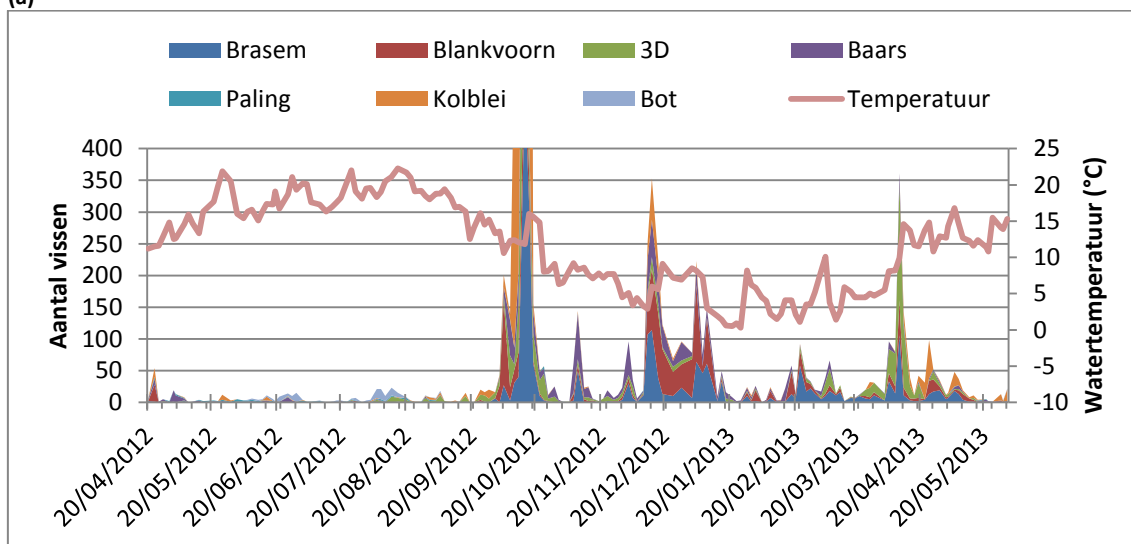
De vangsten langs zeezijde (migratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal) vertonen niet alleen op dezelfde momenten een migratiepiek. Ook eind september 2012, begin oktober 2012 wordt er een sterk verhoogde migratieactiviteit waargenomen (Figuur 22). De rest van het jaar vertoont de grafiek weinig activiteit. De piek eind september 2012, begin oktober 2012 is duidelijk een veel hogere migratiepiek dan de twee andere.

Tijdens de migratiepiek, eind september 2012 – begin oktober 2012, worden vooral kolblei, brasem, blankvoorn en driedoornige stekelbaars in grote hoeveelheden gevangen. Tijdens de piek in december 2012 is het voornamelijk brasem, baars, blankvoorn en kolblei. Daarentegen in de migratiepiek in april 2013 worden enkel brasem en driedoornige stekelbaars in grote hoeveelheden gevangen.

Enkele keren per jaar zijn meer dan 100 vissen gevangen langs zeezijde (Figuur 22). Een piekvangst van 2111 vissen werd op 19 oktober 2012 vastgesteld. In deze migratiepiek is kolblei het meest vertegenwoordigd (1683 exemplaren). De meeste kolblei heeft een lengte van 50-80 mm.

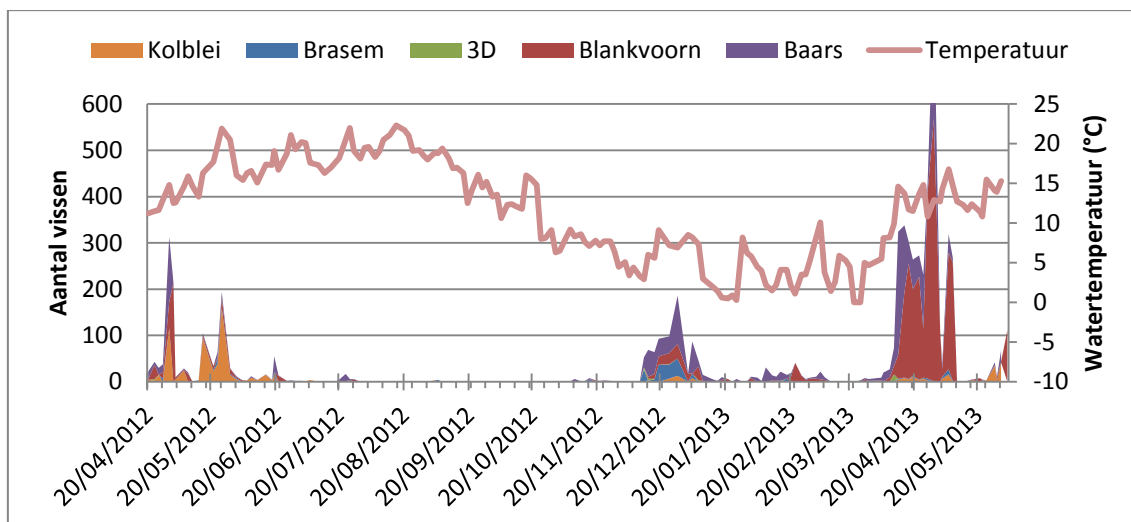


(a)



(b)

Figuur 22: Aantal gevangen vis per vangstdag tussen 20 april 2012 en 3 juni 2013 langs zeezijde, met aanduiding van de watertemperatuur (°C). De primaire y-as van figuur (b) is aangepast om een beter beeld te krijgen van de kleinere vangstaantallen.



Figuur 23: Aantal gevangen vis per vangstdag tussen 20 april 2012 en 3 juni 2013 langs polderzijde, met aanduiding van de watertemperatuur (°C).

3.3.2 Invloed van de watertemperatuur

Tijdens de evaluatieperiode van 20 april 2012 t.e.m. 3 juni 2013 werden bij het ophalen van de vangkooien gemiddeld 39 vissen aangetroffen langs polderzijde. Grote vangsten werden doorgaans vooraf gegaan door een gevoelige stijging van de watertemperatuur. Een gevoelige daling van de watertemperatuur had vaak een daling in de vangsten tot gevolg (Figuur 22 en 23).

3.4 Vergelijking met het visbestand in het Leopoldkanaal

Gelijktijdig met deze studie werd er ook onderzoek uitgevoerd naar de visschade van de vizels van het Isabellagemaal met behulp van gemaalnetten (Baeyens et al, 2013). Uit uitgebreid onderzoek van Buysse et al (2010) blijkt dat de soortensamenstelling in een gemaalnet geplaatst aan een gemaal een goede weerspiegeling geeft van de visgemeenschap opwaarts het gemaal. De vangsten bieden met andere woorden een goed beeld van de aanwezige visfauna in het Leopoldkanaal opwaarts het Isabellagemaal.

We vergelijken in Tabel 3 de vangsten van deze studie met de studie naar de schade en de visstandopnames van het Leopoldkanaal in 2009 (Van Thuyne, 2009)

De dominante soorten die in dit onderzoek gevangen worden zijn vergelijkbaar met de dominante soorten in de andere studies. Baars, brasem kolblei en driedoornige stekelbaars komen ook in de andere studies vaak voor. Bij de visstandopnames komt pos veelvuldig voor. Dit zien we niet terugkomen in dit onderzoek. Pos wordt wel gevangen maar komt niet als dominante soort naar voren in deze studie.

Tabel 3: Overzicht van het aantal vissen gevangen in de visdoorgang en de vangsten tijdens andere studies in het Leopoldkanaal (Baeyens et al.2013; Van Thuyne, 2009)

Vissoorten	Leopoldkanaal - onderzoek vijzel (2012 – 2013)		Leopoldkanaal visstandopname (2009)	Visdoorgang (Isabellakanaal naar Leopoldkanaal)	Visdoorgang (Leopoldkanaal naar Isabellakanaal)
	grote vijzel	kleine vijzel			
baars	38,04%	38,07%	12,45%	11,70%	30,43%
brasem	20,18%	6,28%	6,50%	22,18%	3,64%
kolblei	17,04%	13,25%	1,52%	30,03%	11,72%
blankvoorn	8,01%	11,95%	13,33%	15,66%	52,06%
snoekbaars	3,97%	5,71%	0,33%	0,56%	0,02%
driedoornige stekelbaars	3,28%	5,20%	-	16,49%	0,64%
paling	2,53%	10,21%	12,13%	0,81%	0,12%
bot	2,12%	3,65%	0,11%	1,36%	0,11%
rietvoorn	1,27%	1,39%	0,54%	0,15%	0,64%
karper	1,23%	1,36%	0,54%	0,35%	0,18%
snoek	0,96%	0,89%	0,33%	0,01%	-
pos	0,44%	0,51%	51,35%	0,09%	0,05%
winde	0,38%	0,13%	0,11%	0,04%	0,24%
giebel	0,24%	1,27%	0,22%	0,06%	0,05%
tiendoornige stekelbaars	0,17%	0,13%	-	0,47%	0,08%
vetje	0,10%	0,03%	-	0,02%	-
alver	0,03%	-	-	-	-
brakwater- grondel	-	-	-	0,01%	-
zeelt	-	-	0,65%	-	0,05%

4 Bespreking

De belangrijkste redenen voor het aanleggen van visdoorgangen zijn het kunnen bereiken van voor de vis essentiële leefgebieden of habitats. Voor diadrome of zoet-zoutmigrerende soorten zoals paling is dit het meest duidelijk, maar ook bij potamodrome vissen (migrerend binnen één of tussen riviersystemen) hebben adulten en juvenielen dikwijls verschillende voorkeuren voor leefgebied (Kroes & Monden, 2005). Elk individu heeft in zijn levenscyclus immers verschillende habitats met geschikte micro-habitat condities nodig, die aangepast zijn aan het specifieke levensstadium. Geslachtsrijpe dieren zoeken in de paaiperiode geschikte paaigronden. Deze kunnen vlakbij de adulte leefgebieden liggen, maar om hun reproductief succes te verhogen, ondernemen veel vissen vaak grote migraties, bv. naar zijrivieren of bovenlopen waar ze zelf geboren zijn, plaatsen die vaak een heel eind van hun opgroei/foerageergebieden liggen. Andere oorzaken voor migraties of verplaatsingen zijn: optimale foerageer strategieën, het vermijden van ongunstige omstandigheden (te lage of hoge debieten, verontreinigingen, ...) of kolonisatie van nieuwe gebieden (dispersie) (Coeck et al., 2000).

Pompgemalen kunnen een knelpunt vormen voor stroomafwaarts migrerende vissen en bovendien kunnen ze stroomafwaarts migrerende vissen, zilverpalen in het bijzonder, verwonden. Daarenboven vormen gemalen ook barrières voor stroomopwaartse vismigratie (Buysse et al., 2014). In deze studie werd onderzocht of de toepassing van een 'de Wit' vispassage of 'de Wit' visdoorgang naast een pompgemaal een goede oplossingsmaatregel is voor veilige stroomop- en stroomafwaartse vismigratie langs gemalen. De 'de Wit' visdoorgang werd initieel ontworpen voor het herstel van vrije vismigratie langs polderstuwen, waarbij water uit het stroomopwaarts of bovenstrooms stuwpand via de visdoorgang naar het stroomafwaarts of benedenstrooms stuwpand stroomt.

Het Isabellagemaal in Boekhoute, op de grens tussen Vlaanderen en Nederland, zorgt er voor dat het overtollig water van het Leopoldkanaal opgepompt wordt naar het Isabellakanaal. Aangezien het waterpeil stroomafwaarts of benedenstrooms van het gemaal (Isabellakanaal) doorgaans hoger is dan het peil stroomopwaarts het gemaal (Leopoldkanaal), vloeit het water benedenstrooms van het gemaal via de visdoorgang terug naar het bovenstrooms pand. Dit heeft als gevolg dat stroomaf- of zeewaarts migrerende vissen in het Leopoldkanaal een korte stroomopwaartse migratie door de 'de Wit' visdoorgang moeten uitvoeren vooraleer ze hun stroomaf- of zeewaartse migratie in het Isabellakanaal kunnen verderzetten. Voor stroomopwaartse migratie vanuit het Isabellakanaal richting Leopoldkanaal (polder) geldt het omgekeerde. De passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang zowel in stroomop- als stroomafwaartse richting werd gedurende een jaar onderzocht met behulp van twee vangkooien.

4.1 Algemene passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang

Er werden gedurende de bemonsteringsperiode van 20 april 2012 tot 3 juni 2013 meer dan 16400 vissen gevangen in de visdoorgang. In totaal werden 18 verschillende soorten aangetroffen.

Kolblei, blankvoorn, baars en brasem waren dominant aanwezig maar ook van rietvoorn, tiendoornige stekelbaars, karper, snoekbaars en karper werden tientallen individuen gevangen. Met paling, driedoornige stekelbaars (trachurus-type) en bot maakten ook drie diadrome soorten van de visdoorgang gebruik. Winde, gibel, pos, zeelt, vetje en brakwatergrondel werden in kleinere aantallen gevangen.

Zonder al een uitspraak te doen over de effectiviteit kunnen we stellen dat vermoedelijk nagenoeg alle aanwezige vissoorten in het Leopold- en Isabellakanaal in meer of mindere mate ook in de 'de Wit' visdoorgang worden gevangen waarna ze zich respectievelijk af- en opwaarts van het gemaal kunnen verspreiden.

4.1.1 Passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (uit de polder)

In totaal migreerden er 6596 vissen en 15 vissoorten van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal. Hiervoor moesten ze, aangetrokken door de lokstroom uit de visdoorgang, een korte stroomopwaartse migratiebeweging uitvoeren tegen de lokstroom en stroming in de visdoorgang.

Er werden langs polderzijde een aantal periodes met verhoogde migratie door de visdoorgang waargenomen wat zich vertaalt zag in piekaantallen van een aantal dominante vissoorten. Zowel in 2012 als in 2013 werden er in de periode april/mei grote aantallen karperachtigen en baars in de vangkooi langs de polderzijde aangetroffen. Het betrof hier duidelijk paaimigratie, zij het dat de paaimigratie van karperachtigen in 2012 voor een groot deel gemist werd door de opstart van de studie eind april. Ter illustratie, van blankvoorn en baars werden tussen 5 april 2013 en 8 mei 2013 respectievelijk 2629 en 1102 gevangen, hoofdzakelijk meerjarige paairijpe individuen ($\geq 2+$) met

duidelijke paaienmerken (aanwezigheid van paaiuitslag, hom, ei). In diezelfde periode werden er 31 brasem en 67 kolblei gevangen. Van kolblei werd in beide jaren ook in de tweede helft van mei nog paaimigratie vastgesteld, getuige hiervan waren de verhoogde vangsten op 16 mei 2012 met 335 individuen en op 21 mei 2013 met 86 individuen.

Ook in de winter was er een periode met verhoogde vangstaantallen van de dominante karperachtigen en baars. Tussen 14 december 2012 en 7 januari 2013 werden er 143 brasem, 137 blankvoorn en 33 kolblei gevangen. Tussen 14 december 2012 en 14 januari 2013 werden er 339 baars gevangen. De verhoogde vangsten in de winter bestonden voornamelijk uit kleinere individuen (juveniel, subadult), maar ook meerjarige individuen werden aangetroffen. De verhoogde vangsten waren vermoedelijk migratiebewegingen in functie van een zoektocht naar geschikt overwinteringshabitat. De verhoogde wintervangsten werden tevens genoteerd in een periode waarin de watertemperatuur door neerslag enkele graden was gestegen van 2,9 °C op 14 december 2012 tot maximum 9,1 °C op 24 december 2012 wat vermoedelijk een gunstige invloed had op de mobiliteit van deze dieren.

Het is opvallend dat gedurende meer dan 5 maanden, van juli t.e.m. november 2012, de vangsten op een enkele uitzondering na bijzonder laag tot nihil zijn. Er is dus weinig passage door de visdoorgang buiten het paaiseizoen van de karperachtigen en baars en buiten de migratieperiode in de winter.

De resultaten tonen dat verschillende vissoorten met verschillende zwemcapaciteiten en hun adulte en subadulte levensstadia de visdoorgang kunnen passeren in stroomopwaartse richting. Dit toont aan dat de stroomsnelheden in de visdoorgang voor deze soorten en levensstadia niet kritisch zijn.

4.1.2 Passeerbaarheid van de 'de Wit' visdoorgang van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (naar de polder)

In totaal migreerden er 9807 vissen en 17 vissoorten van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal. Hiervoor moesten ze een korte stroomafwaartse migratiebeweging uitvoeren met de stroming mee in de visdoorgang. Gedurende de herfst en winter konden er langs de zeezijde een aantal periodes met verhoogde migratie door de visdoorgang waargenomen worden. In oktober 2012 werden grote aantallen karperachtigen gevangen, met name 2509 kolblei, 993 brasem en 418 blankvoorn. In diezelfde periode werden er ook 792 driedoornige stekelbaars en 313 baars gevangen. Het betrof vaak kleinere individuen wat ook geïllustreerd werd door de analyse van de lengteklassen per vissoort. Ook in de opeenvolgende maanden december 2012 en januari 2013 werden verhoogde vangsten genoteerd van dezelfde vissoorten (met opnieuw veel kleinere individuen), met name 701 blankvoorn, 582 brasem, 402 baars, 139 kolblei en 110 driedoornige stekelbaars. De verhoogde vangsten waren vermoedelijk migratiebewegingen in functie van een zoektocht naar geschikt overwinteringshabitat.

Naast de vangsten van bovenvermelde potamodrome soorten werd er ook migratie van drie diadrome soorten vanuit het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal vastgesteld. Diadrome vissoorten migreren tussen zout en zoet om hun levenscyclus te voltooien. In totaal migreerden er 1617 driedoornige stekelbaars (inclusief de diadrome trachurus-vorm en de potamodrome semi-armatus- en leiurus-vorm), 126 bot en 79 paling met de stroming mee door de visdoorgang naar het Leopoldkanaal. Driedoornige stekelbaars deed dit met 792 individuen vooral in oktober 2012 en in maart en april 2013 (537 individuen). De stroomopwaartse trek van driedoornige stekelbaars is o.a. in functie van de voortplanting. Bot trok vooral in de periode juni t.e.m. augustus 2013 richting Leopoldkanaal. De stroomopwaartse migratie hogerop in het stroomgebied van bijna uitsluitend juveniele bot is o.a. in functie van opgroei. Het maximum aantal paling dat op een vangstdag werd genoteerd bedroeg amper 4 individuen.

Het is opvallend dat gedurende meer dan 5 maanden, van mei t.e.m. september 2012, de vangsten op enkele uitzonderingen na bijzonder laag tot nihil zijn.

Aangezien vissen vanuit het Isabellakanaal zich met de stroming mee door de visdoorgang naar het Leopoldkanaal kunnen laten voeren stelt de fysieke passage van de visdoorgang geen problemen.

4.2 Efficiëntie en effectiviteit van de visdoorgang

Een belangrijke onderzoeksdoelstelling bij de evaluatie van visdoorgangen is de bepaling van de efficiëntie of rendement van de migratiefaciliteit. Hiermee wordt de ratio bedoeld van het aantal vissen dat zich aandient ter hoogte van het knelpunt en daadwerkelijk gemotiveerd is om langs het knelpunt te migreren ten opzichte van het aantal dat effectief passeerde door de visdoorgang. Visdoorgangen die goed scoren voor 'passeerbaarheid' kunnen een laag rendement hebben doordat de attractiviteit te klein is. Dit kan optreden doordat de lokstroom te beperkt is of doordat deze niet op de goede locatie ingeplant is. Onderzoekstechnisch, zoals ook in deze studie, is het vaak

echter bijzonder moeilijk of soms onmogelijk om het aanbod migrerende vissen te bepalen. Daarnaast is 'de motivatie van vissen om door een visdoorgang te migreren' doorgaans niet of nauwelijks meetbaar. Echter, samen met deze evaluatie werd er in een gelijklopende en gerelateerde studie onderzocht hoeveel en welke vissoorten er via de vijzelpompen stroomafwaarts door het Isabellagemaal migreerden (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015). Zo kon de migratieroute die de zeewaartse migrerende zilverbalingen verkiezen bepaald worden (d.i. visdoorgang of vijzelpompen) en op basis van de verhouding van hun vangstaantallen in de visdoorgang en het gemaal een zeer goede inschatting gemaakt worden van de effectiviteit of doeltreffendheid van de 'de Wit' visdoorgang voor stroomafwaartse palingmigratie. Bovendien kan gesteld worden dat de gevangen palingen bij verhoogde afvoer vermoedelijk zeer gemotiveerde individuen zijn omdat het hun zeewaarts gerichte paaitrek betreft ter voltooiing van hun levenscyclus.

4.2.1 Vismigratie van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal (uit de polder)

4.2.1.1 Paling

Tegelijkertijd met deze evaluatie van de 'de Wit' visdoorgang werd in een tweede studie onderzocht hoeveel schade en vissterfte de visvriendelijk aangepaste vijzelpompen van het Isabellagemaal nog veroorzaken bij stroomafwaarts migrerende vissen vanuit het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal. De gemaalstudie stelde ons in staat om de timing, omvang en seizoensale stroomafwaartse migratiepatronen van paling uit het Leopoldkanaal te evalueren. In deze studie, waarbij twee van de 5 vijzelpompen permanent gemonitord werden, werden in totaal 375 palingen gevangen. Vanaf april 2012 t.e.m. 2 januari 2013 werden er uittrekkende palingen gevangen achter de twee vijzelpompen. Deze vangsten werden hoofdzakelijk genoteerd in periodes van sterk verhoogde neerslag en bijgevolg in periodes waarin er veel en langdurig gepompt werd. De hoogste aantallen stroomafwaarts migrerende palingen werden gevangen in juli, oktober en december 2012 met respectievelijk 75, 105 en 75 palingen (Baeyens et al., 2012 & Buysse et al., 2015).

Door de 'de Wit' visdoorgang migreerden amper 8 palingen met een lengterange tussen 115 en 685 mm. Deze lage aantallen werden gevangen tussen april en augustus 2012. Het betrof bovendien individuen die niet of nauwelijks kenmerken vertoonden die aangaven dat het zilverbalingen betrof. Tussen september 2012 en maart 2013 werden er in de visdoorgang bovendien geen palingen gevangen.

Tijdens de verschillende opvallende stroomafwaartse migratiepieken van palingen door het gemaal waren de vangsten in de visdoorgang nul. De resultaten uit beide studies tonen aan dat (zilber-) palingen niet stroomafwaarts migreren via de 'de Wit' visdoorgang maar via de vijzelpompen. Algemeen kunnen we stellen dat toepassing van een 'de Wit' visdoorgang geen effectieve ecologische oplossingsmaatregel is voor stroomafwaartse zilverbalingmigratie langs pompgemalen. De ineffektieve werking van de 'de Wit' visdoorgang wordt veroorzaakt door het feit dat de visdoorgang geen attractiviteit heeft voor stroomafwaarts migrerende palingen waardoor de toegang tot de visdoorgang niet gevonden wordt. De verklaring hiervoor is dat de zilverbalingen hun paaimigratie zodanig gericht en ingesteld is om stroomafwaarts met de stroming mee te migreren richting zee. Om vanuit het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal te migreren via de visdoorgang zouden palingen een korte gedragsswitch moeten maken en zich stroomopwaarts verplaatsen tegen de stroming van de visdoorgang in om het Isabellakanaal te bereiken vooraleer ze verder zeewaarts kunnen migreren. Een stroomopwaartse migratiebeweging staat voor paling echter gelijk aan een verplaatsing naar hogerop in het stroomgebied. De resultaten tonen dat zilverbalingen deze onnatuurlijke en onlogische kortstondige omkering van hun migratierichting niet uitvoeren. De enkele individuen die toch in de visdoorgang gevangen zijn betreffen 'gefopte' palingen die door de lokstroom werden aangetrokken met het idee en dat ze zich hogerop in het stroomgebied aan het verspreiden waren. Hierbij vertoonde geen enkele van deze acht palingen migratorische kenmerken.

Ook uit het telemetrie-onderzoek van Mouton et al. (2013b) blijkt dat de meeste palingen die zoekgedrag vertonen ter hoogte van het gemaal er niet in slagen om via de 'de Wit' visdoorgang verder zeewaarts te migreren. De meeste palingen die zoekgedrag vertonen ter hoogte van het gemaal trekken door de vijzelpompen tijdens periodes met verhoogde afvoer. Analyse van het wachtgedrag ter hoogte van het gemaal toont eveneens dat palingen er niet in slagen andere routes zoals een de 'de Wit' visdoorgang te vinden en dus afhankelijk zijn van de werking van het gemaal om te passeren.

4.2.1.2 Karperachtigen en baars

Onder paragraaf 4.1.1 werd reeds vermeld dat er langs de polderzijde een aantal periodes waren met verhoogde migratie door de visdoorgang wat zich vertaalde in relatief grote vangstaantallen van karperachtigen en baars. Het betrof hier duidelijk migratie in functie van de voortplanting (aanwezigheid van paaiuitslag, hom, ei). Net als de acht palingen worden ook deze karperachtigen en baars 'gefopt'. De talrijke individuen worden door de lokstroom

aangetrokken met het idee dat ze hogerop in het stroomgebied kunnen migreren op zoek naar geschikte paaiplaatsen. Omvangrijke stroomopwaartse migratiebewegingen van karperachtigen in visdoorgangen in het voorjaar worden getriggerd door een sterke stijging van de watertemperatuur is algemeen gekend (Buysse et al., 2006a, 2006b & 2009). Door de onnatuurlijke peilverschillen t.h.v. het gemaal migreren deze vissen in werkelijkheid stroomafwaarts in het stroomgebied waardoor ze potentieel in een leefgebied terecht komen dat minder geschikt is als voortplantingshabitat.

4.2.2 Vismigratie van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal (naar de polder)

4.2.2.1 *Paling*

Om vanuit het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal te migreren moeten palingen een korte gedragsswitch maken en zich stroomafwaarts verplaatsen met de stroming mee door de visdoorgang vooraleer ze verder stroomopwaarts kunnen migreren en de polder koloniseren om op te groeien. Er werden slechts enkele tientallen jonge palingen in de visdoorgang gevangen.

Aangezien er slechts een beperkt aantal palingen via de visdoorgang de polder achter het pompstation kan bereiken is de natuurlijke kolonisatie van het Leopoldkanaal stroomopwaarts van het pompstation klein. Een andere verklaring voor het lage aantal palingen is de vermoedelijk lage dichtheden van paling stroomafwaarts het pompstation. De stroomopwaartse migratie van glasalen in het Isabellakanaal wordt ernstig beperkt door de sluisdeuren (suatiesluis) in de Braakman in Nederland. Beperkte opening van deze barrière tijdens hoogwater kan een positief effect hebben op de intrek van glasalen (Mouton et al. 2010 & 2012 & 2013a)).

4.2.2.2 *Bot*

De vangst van juveniele bot toont dat via de visdoorgang het Leopoldkanaal in beperkte mate bereikbaar is als opgroeihabitat. Net als bij de stroomopwaartse migrerende jonge palingen moet ook deze diadrome soort een korte onnatuurlijke gedragsswitch maken om de polder te bereiken.

4.2.2.3 *Driedoornige stekelbaars*

De vangst van honderden driedoornige stekelbaars toont dat via de visdoorgang het Leopoldkanaal in meer of mindere mate bereikbaar wordt o.a. als voortplantingshabitat. Net als bij de stroomopwaartse migrerende gele paling en bot moet ook driedoornige stekelbaars een korte onnatuurlijke gedragsswitch maken om de polder te bereiken.

4.2.2.4 *Karperachtigen en baars*

Gedurende de herfst en winter werden er langs het Isabellakanaal een aantal periodes met verhoogde migratie van hoofdzakelijk jonge(re) leeftijdsklassen van karperachtigen en baars door de visdoorgang waargenomen. De verhoogde vangsten in de herfst en winter waren vermoedelijk migratiebewegingen in functie van een verplaatsing naar geschikt overwinteringshabitat, waarbij vaak diepere habitats worden opgezocht. Deze vissen komen echter hogerop in het stroomgebied terecht terwijl het doel van hun stroomafwaartse verplaatsing vermoedelijk in het teken stond van een stroomafwaartse migratiebeweging naar benedenstroomse diepere habitats.

5 Besluit

- Met 18 vissoorten werden vermoedelijk de meeste soorten voorkomend in het Leopold- en Isabellakanaal in de 'de Wit' visdoorgang gevangen:
 - 15 vissoorten en 6596 vissen kwamen via de visdoorgang in het Isabellakanaal terecht (stroomafwaarts van het Isabellagemaal),
 - 17 vissoorten en 9807 vissen kwamen via de visdoorgang in het Leopoldkanaal terecht (stroomopwaarts van het Isabellagemaal).
- Er werden duidelijke seizoenale migratiepatronen vastgesteld:
 - Paaimigratie van karperachtigen en baars in april en mei getriggerd door o.a. een sterke stijging van de watertemperatuur,
 - Migratie van karperachtigen en baars in functie van overwintering in oktober en de winter (december/januari),
 - Buiten een aantal duidelijke migratiegolven tijdens de paaiperiode en winterperiode was de vismigratie in beide richtingen door de visdoorgang beperkt tot nihil gedurende meerdere maanden.
- De resultaten tonen dat de (sub)adulte levensstadia van op zijn minst de dominante vissoorten (blankvoorn, brasem, kolblei en baars) de visdoorgang kunnen passeren in stroomopwaartse richting, d.i. tegen de stroming in (van het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal). Hieruit kunnen we besluiten dat de stroomsnelheden in de 'de Wit visdoorgang' voor deze soorten en levensstadia niet kritisch zijn.

De talrijke individuen worden door de lokale en beperkte lokstroom aangetrokken met het idee dat ze hoger op in het stroomgebied kunnen migreren op zoek naar geschikte habitats (vb. paaiplaatsen). Door de onnatuurlijke peilverschillen t.h.v. het gemaal migreren deze vissen in werkelijkheid stroomafwaarts in het stroomgebied waardoor ze potentieel in een gebied terecht komen dat minder geschikt is als functioneel habitat.

- Bij stroomafwaartse passage, d.i. met de stroming mee, worden de zwemcapaciteiten van vissoorten minder op de proef gesteld. De resultaten tonen dat enkele duizenden kleinere en grotere individuen van 17 verschillende vissoorten, in hoofdzaak blankvoorn, brasem, kolblei en baars, zich met de stroming mee stroomafwaarts door de visdoorgang verplaatsen (van het Isabellakanaal naar het Leopoldkanaal).

Door de onnatuurlijke peilverschillen t.h.v. het gemaal migreren deze vissen in werkelijkheid stroomopwaarts in het stroomgebied waardoor ze potentieel in een gebied terecht komen dat minder geschikt is als functioneel habitat.

De toepassing van de 'de Wit' visdoorgang naast het Isabellagemaal creëert enerzijds wel mogelijkheden voor stroomop- en stroomafwaartse uitwisseling tussen de (deel)populaties van de soorten maar zorgt er anderzijds wel voor dat vissen in een ander dan gewenst deel van het stroomgebied terechtkomen.

- Tijdens de verschillende opvallende stroomafwaartse migratiepieken van palingen door de vijzelpompen van het gemaal (Baeyens et al. 2012; Buysse et al. 2015) waren de vangsten in de visdoorgang nul. De resultaten uit beide studies tonen aan dat (zilver-) palingen niet stroomafwaarts migreren via de 'de Wit' visdoorgang maar via de vijzelpompen.

De toepassing van een 'de Wit' visdoorgang is geen effectieve ecologische oplossingsmaatregel voor stroomafwaartse zilverpalingmigratie langs pompgemalen. De verklaring hiervoor is dat de zilverpalingen hun paaimigratie zodanig gericht en ingesteld is om stroomafwaarts met de stroming mee te migreren richting zee. Om vanuit het Leopoldkanaal naar het Isabellakanaal te migreren via de visdoorgang zouden palingen een korte gedragsswitch moeten maken. Met name zich stroomopwaarts verplaatsen, d.i. tegen de stroming van de visdoorgang in, om het Isabellakanaal te bereiken vooraleer ze verder stroomafwaarts/zeewaarts kunnen migreren. **De 'de Wit' visdoorgang is passeerbaar voor de aanwezige standvissoorten maar is vanuit ecologisch oogpunt geen geschikte mitigerende maatregel voor gerichte stroomaf- en stroomopwaartse vismigratie (vb. migratie van zilverpaling).**

6 Referenties

Baeyens, R. ; Martens, S.; Buysse, D. & Coeck, J. (2006). Evaluatie van de V-vormige bekkenvistrap in de Mark in Meersel-Dreef. INBO.R.2006.30. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 31pp.

Baeyens, R.; Buysse, D.; Martens, S.; Mouton, A.; Gelaude, E.; Martens, S.; Jacobs, Y.; Coeck, J. (2011), Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met vijzels: Isabellagemaal (Boekhoute), INBO.R.2011.7. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 38 pp.

Baeyens, R.; Buysse, D.; Mouton, A.; Gelaude, E.; De Maerteleire, N.; Robberechts, K.; Jacobs, Y.; Coeck, J. (2012) Evaluatie van een 'de Wit'-aanpassing bij een conventioneel vijzelgemaal: Isabellagemaal (Boekhoute). INBO.R.2013.14. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 37pp.

Boiten, W. (2004). The Dutch pool and orifice fishway. Fifth international symposium hydraulics, Madrid.

Buysse, D.; Baeyens, R.; Martens, S. & Coeck, J. (2006a). Evaluatie van 3 vistrappen in de Grote Gete in Tienen. INBO.R.2006.18. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 28pp.

Buysse, D.; Baeyens, R.; Martens, S. & Coeck, J. (2006b). Evaluatie van de V-vormige bekkenvistrap in de Kleine Nete in Herentals. INBO.R.2006.21. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 17pp.

Buysse, D.; Baeyens, R.; Martens, S. & Coeck, J. (2007). Evaluatie van de visnevengeul langs de Ter Biestmolen in de Zwalm in Nederzwalm. INBO.R.2007.49. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 37pp.

Buysse, D.; Martens, S.; Baeyens, R.; Jacobs, Y.; Gelaude, E.; Coeck, J. (2008). Evaluatie van vismigratie vanuit de grensmaas naar de Bosbeek. INBO.R.2008.31. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 75 pp.

Buysse, D.; Baeyens, R.; Martens, S. & Coeck, J. (2009). Evaluatie van de V-vormige bekkenvistrap aan de voorste Luysmolen in de Abeek in Bocholt. INBO.R.2009.33. Instituut voor Natuur – en Bosonderzoek, Brussel. 82pp.

Buysse, D., Stevens, M., Mouton, A., Gelaude, E., Baeyens, R., Martens, S. Jacobs, Y. & Coeck, J. (2010). Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met schroefpompen: Spiedamgemaal (Rieme). INBO.R.2010.44. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 72pp.

Buysse, D., A. M. Mouton, M. Stevens, T. Van den Neucker & J. Coeck (2014). "Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations." *Fisheries Management and Ecology*. " **21**, 13-21.

Buysse, D., A. M. Mouton, R. Baeyens & J. Coeck (2015). "Evaluation of downstream migration mitigation actions for eel at an Archimedes screw pump pumping station. *Fisheries Management and Ecology*." **22**, 286–294.

Coeck J., Colazzo S., Meire P., Verheyen R.F. (2000). Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus cephalus*) in het Vlaamse Gewest. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2000.15. Brussel.

Coeck, J. (2002). Het verschijnsel vismigratie in Vlaamse waterlopen. Referaat Studiedag Vismigratie, 14 juni 2000, Institute of Nature and Forest Research-INBO: 1-11.

De zoetwatervissen van Nederland. Sportvisserij Nederland

Durif, C., Guibert, A. & Elie, P. (2009). Morphological discrimination of the silvering stages of the European eel. In: Casselman, J.M., Cairns, D.K. (eds) *Eels at the edge: science, status, and conservation concerns*. American Fisheries Society Symposium 58: 103-111. Bethesda, Maryland.

Fjeldstad H. P., Uglem I., Diserud O. H., Fiske P., Forseth T., Kvingedal E., Hvidsten N. A., Økland F. & Järnegren J. (2012) A concept for improving Atlantic salmon *Salmo salar* smolt migration past hydro power intakes. *Journal of Fish Biology* **81**, 642–663.

Heuts P. (2005). Verbeterde "De Wit" vispassage voor laaglandwateren. In Vissennetwerk 2004-2005. Publicatie Vismigratie, secretariaat OVB, postbus 433 3430 AK Nieuwegein.

Huysecom, S.; Mouton, A.; Buysse D.; Baeyens R.; Jacobs, Y.; Stevens, M.; Van den Neucker, T.; Robberechts, K.; Coeck, J. (2012) Evaluatie van de visnevengeulen bij de stuwen van Asper en Oudenaarde in de Bovenschelde. INBO.R.2012.66. Instituut van natuur- en bosonderzoek, Brussel. 78pp.

Kroes, M.J. & Monden, S. (2005). Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland.

Laffaille, P., et al. (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., et al. (2008). "European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity." *Ecology of Freshwater Fish* **17**: 567-576.

Metcalfe J. & J. F. Craig (2012) "Fish Migration in the 21st Century: opportunities and challenges." *Journal of Fish Biology* **81**, 361-364.

Moriarty, C., and Dekker, W. 1997. Management of the European Eel. *Fisheries Bulletin* **15**, 110 pp.

Mouton A., Gelaude E., Jacobs, Y., Buysse D., Stevens M., Van den Neucker T., Martens S., Baeyens R., Coeck J. (2010). Optimalisatie van glasaalmigratie in de Ganzepoot (IJzermonding) in Nieuwpoort. Studie in opdracht van W&Z, Afdeling Bovenschelde. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Brussel, 35pp.

Mouton A. Huysecom S., Buysse D., Stevens M., Van den Neucker T., Coeck J. (2012) Optimisation of adjusted barrier management to improve glass eel migration at an estuarine barrier. *Journal of coastal conservation*. **18**, 111-120.

Mouton A., Buysse D., Van den Neucker T., Gelaude E., Baeyens R., De Maerteleire N., Robberechts K., Stevens M. & Coeck J. (2013a). Optimalisatie van omgekeerd spui-beheer voor glasaalmigratie vanuit de Ganzepoot te Nieuwpoort naar de IJzer. INBO.R.2013.46. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 38pp

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. (2013b). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer - Wetenschappelijk onderzoek en ondersteuning van de implementatie en opvolging van het Palingbeheerplan. INBO.R.2013.734090. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 92pp

Northcote, T. G. (1978). "Migratory strategies and production in freshwater fish." in: Gerking, S.D, ed. *Ecology of freshwater fish production* Oxford: Blackwell: 326-259.

Northcote, T.G. (1998). Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. p.3-18. In: *Fish migration and fish bypasses*. Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S. Fishing News Books, Cambridge. 438 p.

Stuart I.G., Koehn J.D., O'Brien T.A., McKenzie J.A. & Quinn G.P. (2010) Too close for comfort: a fishway exit and a hydro-power station inlet. *Marine and Freshwater Research* **61**, 23–33.

Van Kerckvoorde, A.; Decler, K.; (2009). Verkennende ecologische gebiedsvisie voor het Leopoldkanaal en omgeving. INBO.R.2009.36. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 320 pp

Van Thuyne, G. ; Vrielynck, S. ; Samsoen, L.; Breine, J. (2004). Visstandopnames in het Leopoldkanaal (2003). IBW.Wb.V.R.2004.129. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Provinciale Visserijcommissie West-Vlaanderen, Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek Oost-Vlaanderen en Provinciale Visserijcommissie Oost-Vlaanderen. 10pp.

Van Thuyne, G.; Galle, L. (2010). Visstandopnames in het Leopoldkanaal (2009). INBO.IR.2010.27. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel. 27pp.