

Advies betreffende vismigratie bij een noodpompgemaal aan het Camerlinckxcomplex te Oostende

Nummer:	INBO.A.2013.81
Datum advisering:	8 november 2013
Auteur(s):	Maarten Stevens, David Buysse, Johan Coeck
Contact:	Lieve Vriens (lieve.vriens@inbo.be)
Kenmerk aanvraag:	e-mail op datum van 29 augustus 2013
Geadresseerden:	Agentschap voor Natuur en Bos T.a.v. Floris Verhaeghe Buitendienst West-Vlaanderen Koning Albert I-laan 1.2 bus 74 8200 Brugge floris.verhaeghe@lne.vlaanderen.be
Cc:	Agentschap voor Natuur en Bos Carl De Schepper (Carl.deschepper@lne.vlaanderen.be) Vlaamse Milieumaatschappij Rik Dehaemers (r.dehaemers@vmm.be)

AANLEIDING

Bij hoogwater op zee kan de waterafvoer aan het Camerlinckxcomplex niet doorgaan, met wateroverlast in Oostende tot gevolg in perioden van hoge neerslagafvoer op de waterlopen. De Vlaamse Milieumaatschappij wil hieraan verhelpen door het plaatsen van een noodpompemaal inclusief hoogspanning. Het lijkt opportuun om bij deze uitbreiding de nodige aanpassingen te doen om vismigratie te bevorderen en zodoende de hoge mortaliteit van paling op deze plaats te verminderen.

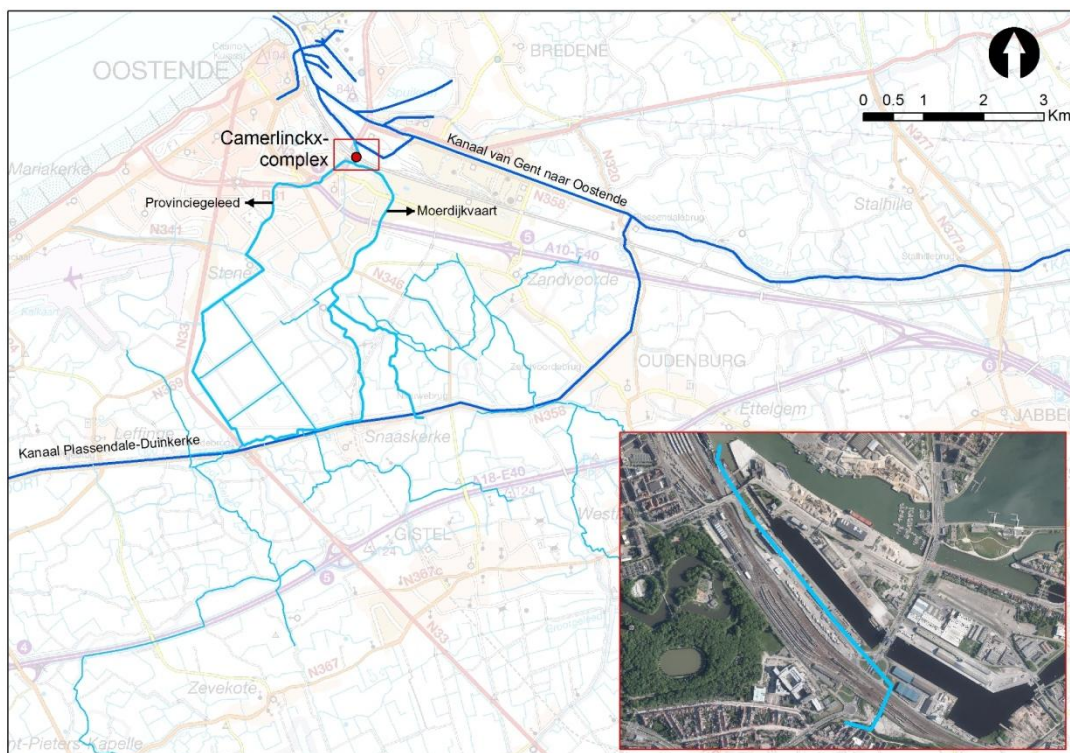
VRAAGSTELLING

In welke mate zijn investeringen in visvriendelijke aanpassingen bij het noodpompemaal lonend en praktisch uitvoerbaar, wetende dat er maximaal gravitair geloosd wordt en dat er weinig beschikbare ruimte is?

TOELICHTING

1. Probleemstelling

Paling groeit op in brakke en zoete waterlopen en plant zich voort in de Sargassozeë (zie bijlage 1 voor een beschrijving van de levenscyclus). Polderwaterlopen zijn daarbij belangrijke opgroeigebieden voor paling omdat (1) ze dichtbij zee gelegen zijn en bijgevolg gemakkelijk koloniseerbaar zijn, (2) omwille van hun hoge productiviteit (voedselbeschikbaarheid) en (3) hun relatief goede structuurkwaliteit (Stevens *et al.*, 2009). Voor de migratie naar zee ondergaat paling een metamorfose van gele paling tot zilverpaling. De stroomafwaartse migratie van deze zilverpalingen uit rivieren en kanalen kan daarbij belemmerd worden door obstakels zoals pompgebouwen. Afhankelijk van het pomptype en de aanwezigheid van vispassages vormen pompgebouwen al dan niet een dodelijke hindernis voor zilverpalingen. In dit advies wordt de schadelijkheid van het Camerlinckxcomplex voor paling besproken en worden mogelijke oplossingen aangereikt om het knelpunt passeerbaar te maken in stroomafwaartse richting. De meeste bevindingen van het advies zijn gebaseerd op de resultaten van de inventarisatiestudie voor pompgebouwen, die werd uitgevoerd i.h.k.v. de opvolging van het palingbeheerplan (Stevens *et al.*, 2011; Vlietinck *et al.*, 2010). Het complex vormt ook een knelpunt voor de stroomopwaartse migratie van glasalen vanuit zee naar de polderlopen. De problematiek van stroomopwaartse migratie van glasaal verschilt echter sterk van die van sterfte bij zilverpaling door pompgebouwen en wordt hier slechts beperkt besproken.



Figuur 1 - Afwateringsgebied van het Camerlinckxcomplex (lichtblauwe waterlopen) met monding in de voorhaven van Oostende. Inzet: detail van het Camerlinckxcomplex.

1.1. Situering

Het Camerlinckxcomplex in Oostende is een hoofdzakelijk overwelfde waterloop vanaf de samenvloeiing Provinciegeleed en de Moerdijkvaart tot de havengeul (Figuur 1). Een kleine 100 m na de samenvloeiing is het Camerlinckxgeleed voor de rest van zijn loop overwelfd en loopt onder het havengebied van Oostende door, parallel met het Vlotdok, om uit te monden in de Voorhaven ter hoogte van de Desmet-de Naeyerbrug. De overwelfing eindigt in twee kokers van elk 2.5 m breed, die elk voorzien zijn van twee seriële schuiven (1 functioneel, 1 reserve) en een dompelschroefpomp. Deze waterlopen ontwateren een groot deel van de polders ten zuiden en zuidwesten van Oostende. Bij laag tij in de voorhaven wordt het water gravitair geloosd. Het normale peil op het Camerlinckxgeleed schommelt rond de 1.1 m - 1.2 m TAW. Tot een peil van 1.8 m TAW verloopt de afwatering uitsluitend gravitair (getijgebonden). Bij hevige neerslag kan het echter voorkomen dat de gravitaire lozingscapaciteit te beperkt is. Hiervoor werden twee noodpompen geïnstalleerd om het water ook bij hoog tij te kunnen afvoeren. Beide pompen zijn dompelschroefpompen (merk: Flygt) met elk een debiet van 5400 m³/u. Vanaf een peil van 1.8 m TAW wordt de eerste pomp geactiveerd, vanaf een peil van 1.9 m TAW de tweede pomp. Het pompstation is uitgerust met een krooshekken met een spijlbreedte van 10 cm (Stevens *et al.*, 2011). Naar aanleiding van het CIW rapport over de globale evaluatie van de overstromingen in november 2010, wordt voorgesteld om twee bijkomende noodpompen te installeren t.h.v. het Camerlinckxcomplex (CIW, 2011).

Het Camerlinckxcomplex en de twee hoofdwaterlopen in het bemalingsgebied, het Provinciegeleed en de Moerdijkvaart, zijn opgenomen in de prioriteringskaart vismigratie (Stevens & Coeck, 2010). Het zijn waterlopen van prioriteit 2, wat betekent dat de migratieknelpunten op deze waterlopen uiterlijk tegen 2027 opgelost moeten zijn. Daarnaast moeten de meest schadelijke pompgemalen in Vlaanderen echter tegen 2015 passeerbaar zijn voor vis. Het pompgemaal van het Camerlinckxcomplex staat gerangschikt als een van de meest schadelijke pompgemalen van het IJzerbekken (zie verder) en moet dus tegen 2015 vispasseerbaar zijn.

1.2. Paling in het bemalingsgebied

In het kader van het meetnet zoetwatervis werden drie locaties in het bemalingsgebied van het pompgemaal Camerlinckxcomplex bemonsterd (Galle & Van Thuyne, 2013). Op twee locaties in het Provinciegeleed en het Camerlinckxgeleed werden telkens 2 palingen per 100 m gevangen. Deze aantallen zijn laag in vergelijking met andere locaties in het IJzerbekken (<http://vis.milieuinfo.be/>). Waarschijnlijk is dit te wijten aan een beperkte kolonisatiemogelijkheid vanuit zee naar het gebied. Het Camerlinckxcomplex ligt op een prioritaire waterloop van de prioriteringskaart vismigratie en vormt waarschijnlijk een migratiebarrière voor stroomopwaarts migrerende glasalen (Stevens & Coeck, 2010).

Voor de meeste pompgemalen zijn onvoldoende gegevens beschikbaar over de visstand om een betrouwbare uitspraak te doen over de densiteit van paling in het bemalingsgebied. Daarom werd voor de inventarisatiestudie van pompgemalen een inschatting van de visstand gemaakt op basis van metingen in een groot aantal waterlopen in Vlaanderen die door het INBO bemonsterd worden in het kader van het meetnet zoetwatervis (<http://vis.milieuinfo.be/>). Deze metingen werden gegroepeerd per bekken en beektype om voor elke combinatie (bekken x beektype) een gemiddelde vissamenstelling op te stellen (Stevens *et al.*, 2011). Vervolgens kon op basis van deze schattingen aan elke waterloop in een bemalingsgebied een visgemeenschap toegewezen worden. Voor het bemalingsgebied van het Camerlinckxcomplex werden de schattingen voor een polderwaterloop in het IJzerbekken gebruikt (1.4 palingen per 100 m²). Op basis van die schattingen en de lengtefrequentieverdeling van paling in het gebied, wordt de totale jaarlijkse productie van zilverpaling in het bemalingsgebied geschat op 63 kg (Stevens *et al.*, 2011). Dit betekent dat in theorie jaarlijks tot 63 kg zilverpalingen uit het gebied naar zee moet kunnen migreren. De zilverpalingproductie onder natuurlijke omstandigheden wordt in het palingbeheerplan berekend op basis van een constante productie per oppervlakte-eenheid (10 kg per ha). De oppervlakte van de waterlopen in het bemalingsgebied wordt geschat op 78 ha (Stevens *et al.*, 2011). De totale zilverpalingproductie in afwezigheid van menselijke invloeden wordt bijgevolg geschat op 780 kg per jaar voor het bemalingsgebied van het Camerlinckxcomplex.

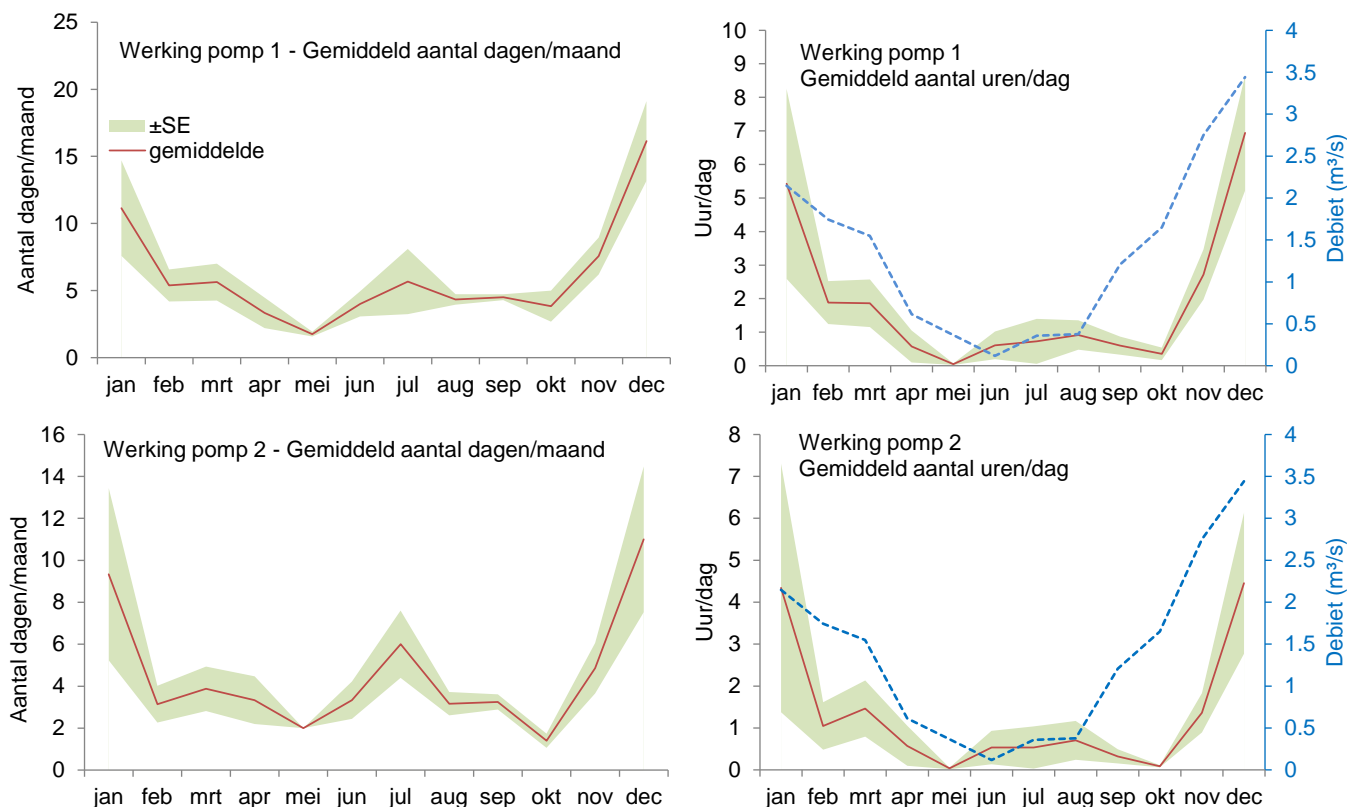
1.3. Geschatte schade zilverpaling

Schroefpompen behoren tot de meest schadelijke pomptypes. Afhankelijk van de specifieke eigenschappen van de schroefpomp varieert de sterfte van zilverpaling bij passage door een schroefpomp tussen 32% en 100%. In de meeste gevallen geldt dat de schadelijkheid toeneemt bij een hogere rotatiesnelheid, een hoger aantal schoepen en een kleinere ruimte tussen de schoepen (Kunst *et al.*, 2008). Bij een evaluatie van de schadelijkheid van het spiedamgemaal in Rieme (Oost-Vlaanderen), dat

uitgerust is met schroefpompen, bleek dat 98% van de passerende palingen de passage van de pompen niet overleefde (Buysse et al., 2010).

In het kader van de inventarisatiestudie voor pompgemalen werd de schadelijkheid van alle pompgemalen in Vlaanderen bepaald (Stevens et al., 2011). Voor elk van de pompgemalen werd op basis van het pomptype, de oppervlakte van het bemalingsgebied, de visstand in het bemalingsgebied en de pompwerking een inschatting gemaakt van de sterfte van zilverpaling bij passage door de pompen. Vervolgens werd deze impactschatting gebruikt om een prioritering op te stellen voor de sanering van de pompgemalen. Binnen het IJzerbekken is het Camerlinckxcomplex gerangschikt als het derde meest prioritaire pompgemaal. Op basis van de gehanteerde methode in deze studie wordt de sterfte bij zilverpaling ter hoogte van het Camerlinckxcomplex geschat op 20–63 kg per jaar onder de huidige omstandigheden. Onder natuurlijke omstandigheden (afwezigheid van menselijke invloed en vrij van migratiebarrières) wordt de sterfte echter geschat op 250–780 kg per jaar (Stevens et al., 2011).

Zilverpalingen migreren in het najaar hoofdzakelijk bij hoge debieten (Bruijs & Durif 2009; Durif & Elie, 2008). Dit zijn echter ook de periodes waarin het meeste water verpompt wordt (Figuur 2). Bij pompgemalen waar gravitaire afwatering mogelijk is, kunnen palingen het bemalingsgebied ook verlaten via deze uitwatering. We hebben echter geen zicht op het percentage palingen dat het bemalingsgebied zal verlaten via de gravitaire uitwatering. Hierdoor wordt het percentage van de mortaliteit bij pompgemalen, waar gravitaire lozing mogelijk is, waarschijnlijk overschat.



Figuur 2 - Benaderde werking van de pomp 1 (boven) en pomp 2 (onder) op basis van de waterstanden in het Camerlinckxcomplex. Voor elke pomp wordt de gemiddelde werking (+/- SE) gegeven i.f.v. het aantal dagen per maand (links) en het aantal uren per dag (rechts). De blauwe lijn geeft het maandgemiddeld debiet in de Moerdijkvaart weer voor de periode 2006-2012 (rechtse as – data <http://www.hydronet.be/>).

Op basis van de peilgegevens van het Camerlinckxgeleed tussen 2006 en 2013 werd een inschatting gemaakt van de werking van beide pompen op het Camerlinckxcomplex. De eerste pomp treedt in werking als het peil 1.8 m TAW overschrijdt en de tweede pomp slaat aan vanaf 1.9 m TAW. Figuur 2 geeft een overzicht van de gemiddelde werking van beide pompen in de periode 2006-2013. De hoogste pompwerking wordt geregistreerd in de wintermaanden, zowel wat betreft het aantal pompdagen per maand, als wat betreft de duur van de pompwerking. Op de rechtse as van figuur 2 wordt het maandgemiddeld debiet van de Moerdijkvaart in Gistel weergegeven voor de periode 2006-2012. De Moerdijkvaart maakt deel uit van het waterlopenstelsel in het bemalingsgebied van het

Camerlinckxcomplex en we beschouwen het debiet ervan als indicatief voor het debiet van het Camerlinckxgeleed.

De figuur toont aan dat het maandgemiddeld debiet het hoogste is in het voor- en najaar. De pompwerking in het najaar is echter lager dan wat verwacht wordt op basis van de debieten in de Moerdijkvaart. Dit wijst er op dat in die periode een hoger percentage van het debiet gravitair geloosd wordt. Voor zilverbalingen betekent dit dat ze dan minder kans hebben om tijdens hun migratie naar zee in het pompgemaal beschadigd te geraken. De reële sterfte van zilverbaling t.h.v. het pompgemaal ligt waarschijnlijk dan ook lager dan de bovenstaande schatting uit het palingbeheerplan (20–63 kg per jaar - zie Stevens et al., 2011).

2. Passeerbaarheid voor zilverbaling

Zoals eerder geschetst kan zilverbaling het pompgemaal veilig passeren tijdens periodes van gravitaire afwatering. Bij hoge piekafvoeren en hoogwater op zee, wordt het water echter verpompt en passeren de zilverbalingen noodgedwongen via de pompen. Gezien het pomptype (schroef), kan de sterfte tijdens passage variëren tussen 32% en 100%. Aangezien de sterfte van zilverbalingen t.h.v. een pompgemaal stijgt met toenemende rotatiesnelheid van de pomp, kan de sterfte verlaagd worden door met een laag toerental te pompen. Er is echter weinig informatie beschikbaar over de exacte relatie tussen toerental en palingsterfte en met dit pomptype (schroef) zal er, ook met een verlaagd toerental, steeds een bepaald percentage sterfte bij de migrerende zilverbalingen zijn. Daarnaast is het onzeker of de pompen ook bij hoge waterstanden met een laag toerental zullen kunnen blijven draaien. Indien het toerental verhoogd moet worden om meer water te evacueren bij hevige neerslag, zal dit interfereren met de migratie van zilverbaling, die vooral plaatsvindt bij hoge afvoeren. Omwille van voorgaande redenen, lijkt een verlaging van het toerental geen afdoende oplossing om het Camerlinckxcomplex veilig passeerbaar te maken voor zilverbalingen. Om het pompgemaal passeerbaar te maken voor zilverbalingen kunnen twee alternatieve pistes bewandeld worden:

- Ofwel worden de bestaande schroefpompen en de nieuw te plaatsen pompen vervangen door visvriendelijke pompen (optie 1).
- Ofwel worden de bestaande schroefpompen volledig afgeschermd voor paling en worden de palingen afgeleid naar een nieuw te plaatsen visdoorgang (optie 2).

2.1. Optie 1 - Volledige vervanging van de pompen

In de meest wenselijke oplossing worden alle pompen vervangen door vispasseerbare pompen. Op die manier kunnen stroomafwaarts migrerende palingen het pompgemaal onder alle omstandigheden veilig passeren en moet er geen visafschrikstelsel voorzien worden.

De aandacht voor de vispasseerbaarheid van pompen is relatief recent, waardoor er slechts weinig objectieve informatie beschikbaar is over de efficiëntie van de beschikbare pompsystemen. De onderstaande bespreking van pompen is niet limitatief en biedt slechts een beperkt overzicht van de visvriendelijke pompen die op de markt beschikbaar zijn. De STOWA gemalenwijzer (zie kader) geeft een meer uitgebreid overzicht van de beschikbare pomptypes. Zie ook de bijlage van het INBO rapport over de inventarisatie van pompgemalen in Vlaanderen voor een overzicht van visvriendelijke pomptypes (Stevens et al., 2011).

STOWA Gemalenwijzer

Naar aanleiding van een onderzoek naar de visvriendelijkheid van pompgemalen, werd door STOWA een gemalenwijzer ontwikkeld die als leidraad kan gebruikt worden bij de keuze van een pomptype. De gemalenwijzer is gebaseerd op studies waarbij de vis(on)vriendelijkheid van een groot aantal pomptypes geëvalueerd werd en wordt jaarlijks geüpdatet met de resultaten van nieuwe evaluatiestudies. De rekentool geeft een rangschikking van de meest geschikte pomptypes op basis van de technische randvoorwaarden (capaciteit en opvoerhoogte) en de gewenste visvriendelijkheid. Aangezien voor de meeste pomptypes meestal maar één evaluatiestudie beschikbaar is en het aantal geëvalueerde vissen dikwijls beperkt is, moet het resultaat van de gemalenwijzer met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. De gemalenwijzer kan gedownload worden via <http://vismigratie.stowa.nl/>.

De gewenste pompcapaciteit bepaalt in sterke mate welk systeem geschikt is. Voor de volledige vervanging van de bestaande schroefpompen door visvriendelijke pompen, moeten de pompen een minimale capaciteit hebben van 1.5 m³/s (5400 m³/u). Voor dergelijke grote pompdebieten is er keuze tussen buisvijzels, aangepaste vijzelgemalen (De Witvijzel) of visvriendelijke axiaalpompen. Gezien de beperkte

ruimte die beschikbaar is op de site van het Camerlinckxcomplex, moeten de visvriendelijke pompen inpasbaar zijn in de bestaande infrastructuur. Visvriendelijke vizzels, zoals buisvizzels en De Witvizzels, hebben een heel andere behuizing nodig dan schroefpompen en kunnen dus niet in de bestaande infrastructuur geplaatst worden.

Recent werd door Nijhuis Pompen BV en FishFlow Innovations een visvriendelijke axiaalpompe ontwikkeld, die volgens de ontwerpers geleverd kan worden met een capaciteit tot 60 m³/s (Vrieze, 2009). In de STOWA gemalenwijzer heeft dit type pompe ook de hoogste eindscore voor de situatie t.h.v. het pompgemaal aan het Camerlinckxcomplex. Daarnaast blijkt uit een Nederlandse evaluatiestudie dat ook hidrostalpompen visvriendelijk zijn en gebruikt kunnen worden om paling veilig door een pompgemaal te laten migreren (Kemper et al., 2011).

2.2. Optie 2 - Afscherming en afleiding

Indien de bestaande schroefpompen behouden blijven, moeten vissen van de schadelijke schroefpompen worden afgeschermd en afgeleid naar een visdoorgang. Als visdoorgang kunnen nieuw te plaatsen vispasseerbare pompen gebruikt worden (zie 2.1) of een vispassagesysteem dat specifiek ontworpen is voor de migratie van vissen (bv. de gemaalvispassage – zie bijlage 2). Gezien de beperkte beschikbare ruimte t.h.v. het complex en de geplande uitbreiding met twee extra pompen, lijkt de plaatsing van een bijkomende aparte constructie voor vispassage echter moeilijk realiseerbaar. De randvoorwaarden voor de plaatsing van een bijkomend vispassagesysteem moet verder bekeken worden i.f.v. de beschikbare ruimte en de plaatsings- en operationele kosten.

Vissen kunnen afgeschrikt worden met een mechanische barrière of een gedragsbarrière. Om zilverpalingen efficiënt tegen te houden met een mechanische barrière is een maximum spijlafstand nodig van 0.9 cm voor mannetjes en 1.5 cm voor vrouwtjes (ICES, 2007). Fijnroosters raken echter snel verstopt en vragen continue reiniging. Wanneer het fijnrooster daarenboven te dicht bij de pompen geplaatst wordt, kan de aanzuiging ter hoogte van het rooster te groot zijn, waardoor vissen tegen het rooster gekneld geraken. Indien het technisch mogelijk is om fijnroosters te plaatsen, de roosters vrij te houden en de stroomsnelheid t.h.v. het roosteroppervlak laag genoeg te houden, gaat de voorkeur uit naar een mechanische barrière als afscherming omdat de effectiviteit meestal groter is dan bij gedragsbarrières.

Gedragsbarrières

Geluid - Bij afschrikking met geluid worden er onder water aan de instroom van pompen luidsprekers geplaatst die geluid uitzenden. Meestal ligt de frequentie van het uitgezonden signaal tussen 20 – 600 Hz, maar er zijn ook systemen die ultra- en infrasonen tonen gebruiken. Het afschrikkingseffect is sterk soortafhankelijk (zie Maes et al., 2004 voor een overzicht). Goede afschrikresultaten worden bekomen als geluid gecombineerd wordt met luchtbellen (zie hieronder). In dergelijke systemen wordt het geluid als het ware opgesloten in de luchtbellen.

Luchtbellen - Bij een afschrikstelsel met luchtbellen wordt een gordijn van luchtbellen aangelegd voor de instroom van de pompen of turbines, waarbij de vissen worden afgeleid naar een visdoorgang. Het bellengordijn wordt gecreëerd via een geperforeerde buis die op de bodem van de waterloop geplaatst wordt en waardoor perslucht geblazen wordt. De beste resultaten voor de afschrikking van vis worden echter bekomen als luchtbellen gecombineerd worden met een andere gedragsbarrière zoals geluid of fel licht. Een bellengordijn alleen is niet effectief om palingen af te schrikken (Turnpenny & O'Keefe, 2005). De effectiviteit van een luchtbellensysteem is lager in stilstaande, traag of snel stromende wateren.

Licht - Sommige vissoorten worden afgeschrikt door licht (bv. baars), andere soorten worden dan weer aangetrokken door licht (bv. steekbaars). Voor de afschrikking van vissen kan zowel een constante lichtbron als stroboscooplichten gebruikt worden, waarbij deze laatste het meest effectief blijken. De effectiviteit van een lichtbarrière wordt sterk gereduceerd in troebel water. De effectiviteit kan verhoogd worden door stroboscooplicht te combineren met een luchtbellengordijn en/of geluid.

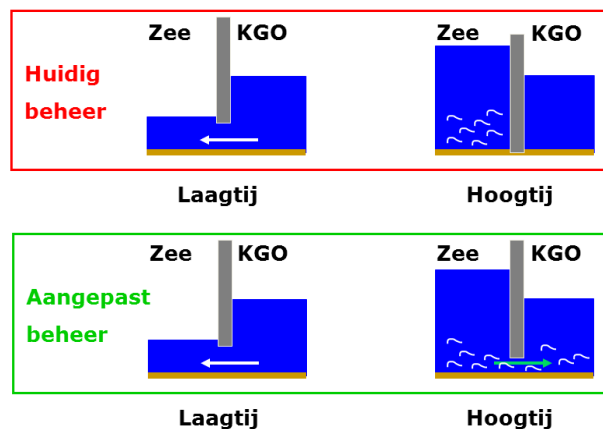
In sommige gevallen kunnen vissen afgeschrikt worden door in te spelen op hun zintuigen en zo hun gedrag te beïnvloeden. Er bestaan afschrikstelsels die werken via visuele prikkels (stroboscoopverlichting), geluid (infra- of ultrasoon), luchtbellen, stroming en elektriciteit. De effectiviteit van een gedragsbarrière is echter nooit 100% en afhankelijk van lokale en soortspecifieke elementen. Een bellengordijn blijkt bv. weinig efficiënt in stilstaande of traagstromende systemen (Turnpenny & O'Keefe, 2005). De efficiëntie van stroboscooplichten vermindert sterk in troebel water en elektrische afscherming is niet geschikt in brakke en zoute waterlopen. De gevoeligheid voor een stimulus is ook soortafhankelijk.

Zo blijkt uit een studie van Maes *et al.* (2004) over visafschrikking door geluid t.h.v. de kerncentrale van Doel dat het afschrikkingseffect varieert tussen 95% bij haringen en 38% bij bot.

3. Passeerbaarheid voor glasaal

Gezien het belang van het bemalingsgebied als leefgebied voor paling, moet naast de stroomafwaartse migratie van zilverpaling, ook de stroomopwaartse migratie van glasalen verzekerd worden. Indien het gebied niet gekoloniseerd kan worden door paling, zal paling door de emigratie van zilverpalings na verloop van tijd uit het gebied verdwijnen. De installatie van een vispasseerbare pomp aan de uitwateringsconstructie heeft dus alleen zin indien paling het gebied kan koloniseren. De waterlopen van het bemalingsgebied moeten gekoloniseerd worden via het Camerlinckxcomplex. Aangezien het complex uitwatert in de voorhaven van de Oostende en hier vooral de jongste levensstadia van paling voorkomen, zal de kolonisatie vooral door glasalen gebeuren.

Glasalen hebben een beperkte zwemcapaciteit en migreren meestal passief met de getijdenstroom. Indien het beheer en de constructie van de uitwatering het toelaten, zou in de periode van glasaalmigratie (februari-mei) een beperkte vorm van negatief spui-beheer toegepast kunnen worden. Bij negatief spui-beheer wordt de uitwateringsconstructie bij opkomend tij gedeeltelijk geopend zodat een beperkte hoeveelheid water uit de stroomafwaartse zone naar de waterlopen in het poldergebied stroomt. Samen met dat binnenstromende water zullen dan ook de glasalen mee naar het poldergebied migreren. De effectiviteit van een aangepast spui-beheer voor de stroomopwaartse migratie van glasalen werd reeds aangetoond voor de spuiconstructies van de IJzer in Nieuwpoort (Mouton *et al.*, 2009) en van het kanaal Gent-Oostende aan het Sas Slijkens (Buysse *et al.*, 2012). Indien de waterlopen afwateren in een zout- of brakwaterzone, zal ook het binnenstromende water zout zijn en mogelijk voor een (beperkte) verzilting van de polderwaterlopen zorgen. Aangezien het Camerlinckxcomplex is uitgerust met schuiven, zou de werking van de spuiconstructie aangepast kunnen worden, waarbij de schuiven bij opkomend tij gedurende een korte periode op een kier gezet worden en een beperkte hoeveelheid zeewater landinwaarts kan stromen (Figuur 3). Op die manier kunnen de glasalen, die zich voor de schuiven ophouden, samen met het binnenstromende water stroomopwaarts migreren. Het succes van deze methode hangt natuurlijk af van het aanbod van glasalen in de zone voor de schuiven. Buysse *et al.*, 2012 toonden voor het nabij gelegen Sas Slijkens in Oostende aan dat het op een kier zetten van de sluisdeur gedurende het opkomend tij een kostenefficiënte en effectieve mitigerende maatregel is om stroomopwaartse glasaalmigratie met een factor 250 te laten toenemen, zonder significante instroom van zeewater.



Figuur 3 - Schematische voorstelling van het regulier (boven) en aangepast (onder) spui-beheer ter hoogte van een spuiconstructie. Bij regulier spui-beheer worden glasalen verhinderd om stroomopwaarts (KGO) te migreren. Bij omgekeerd spui-beheer worden de glasalen bij opkomend getij met het binnenstromende water onder de schuiven getransporteerd (Buysse *et al.*, 2012).

Indien een aangepast spui-beheer technisch of beheersmatig niet mogelijk is, kan de stroomopwaartse migratie van glasalen ook hersteld worden door de constructie van een specifieke passage voor glasalen (glasaalgoot). Glasaalgoten bestaan uit lange hellende goten stroomafwaarts van de migratiebarrières, waarlangs glasaal kruipend stroomopwaarts kan migreren. Om de voortbeweging in de hellende goot te stimuleren, is deze vaak gevuld met een borstelachtig substraat. Bovendien wordt ter hoogte van de aalgoot vaak ook een zoetwaterlokstroom gecreëerd om de glasaal in de goot te lokken. Glasaalgoten worden succesvol toegepast op verschillende locaties in Europa (Nederland, Denemarken, Ierland, ...) en ter hoogte van de IJzermonding werd enige jaren geleden ook reeds een aalgoot geplaatst, die ondertussen verwijderd is. Aalgoten laten toe om een hoog peilverschil te overbruggen, vereisen geen zoutwaterinlaat,

gebruiken weinig ruimte en zijn esthetisch aanvaardbare constructies. Bovendien zijn deze goten toepasbaar bij lage debieten en kunnen ze relatief snel geconstrueerd worden. De constructie vereist echter een uitgebreid vooronderzoek. Concreet is de locatie van de aalgoot, en meer bepaald de effectiviteit van een zoetwaterlokstroom cruciaal voor de werking ervan (Mouton *et al.*, 2009).

Indien de stroomopwaartse migratie van glasaal niet hersteld kan worden, kan ook geopteerd worden voor de uitzetting van glasalen in de waterlopen van het bemalingsgebied. Hierbij wordt glasaal stroomafwaarts van de barrière gevangen, waarna de gevangen glasaal stroomopwaarts het Camerlinckxcomplex weer uitgezet wordt. Deze methode is echter zeer arbeidsintensief en weinig efficiënt om het palingbestand in de polderwaterlopen te herstellen (Mouton *et al.*, 2009).

CONCLUSIE

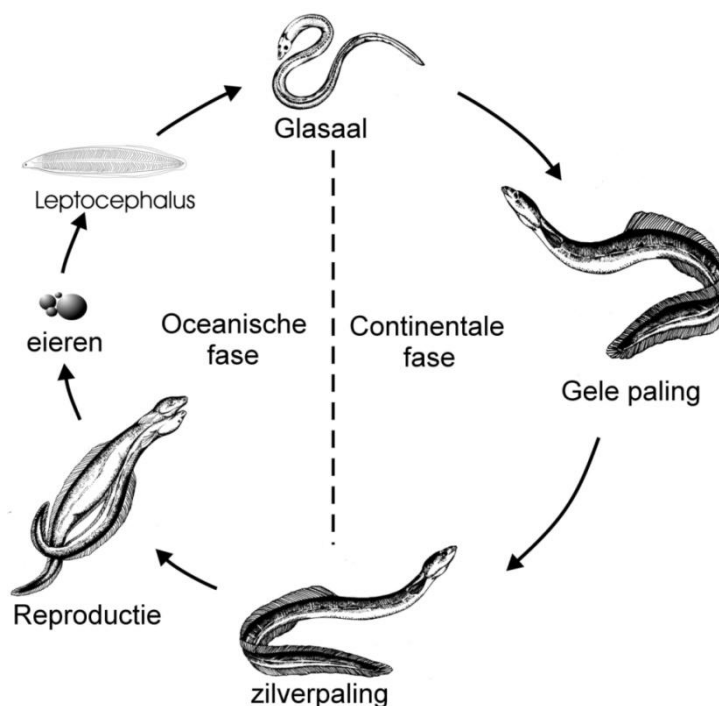
- Meestal wordt het polderwater via het Camerlinckxcomplex bij laagwater op zee gravitair afgevoerd. Alleen in geval van hoge piekafvoeren en hoogwater op zee, worden pompen gebruikt voor de afwatering. Deze periodes van hoge afvoer vallen echter samen met de zeewaartse migratie van zilverbalingen. Een aangepast beheer van de schroefpompen (bv. door het verlagen van het toerental), kan de kans op ernstige beschadiging en sterfte van palingen verminderen, maar biedt geen afdoende oplossing om het Camerlinckxcomplex veilig passeerbaar te maken voor zilverbalingen. Met dit type pomp zal steeds een aanzienlijk deel van de migrerende palingen gedood of ernstig beschadigd worden.
- Gezien het belang van het bemalingsgebied als opgroeigebied voor paling en de schadelijkheid van de schroefpompen, is het aangewezen het pompemaal onder alle omstandigheden vispasseerbaar te maken voor paling. Hierbij zijn twee oplossingen mogelijk:
 - Optie 1 - Alle pompen (incl. de bestaande schroefpompen) worden vervangen door vispasseerbare pompen. Gezien de beperkte beschikbare ruimte en het gewenste debiet lijken visvriendelijke axiaalpompen het meest aangewezen.
 - Optie 2 - De bestaande schroefpompen afschermen voor vis en de vis geleiden naar een visdoorgang. Rekening houdend met de beperkte ruimte en de geplande capaciteitsverhoging, lijkt de plaatsing van een of meerdere vispasseerbare pompen als vispassage het meest voor de hand liggend.
- De voorkeur gaat uit naar optie 1. Optie 2 is minder aangewezen om het pompemaal passeerbaar te maken omdat een visafschrikstelsel nooit 100% effectief is en er steeds een deel van de vissen toch in de schadelijke pompen terecht komen. Fijnroosters hebben een hogere effectiviteit dan gedragsbarrières, maar vragen continue reiniging en er bestaat het risico dat vissen tegen het rooster gekneld geraken. Bovendien laat de beperkte ruimte t.h.v. het Camerlinckxcomplex niet toe om de vispasseerbare pompen ver genoeg van de schadelijke schroefpompen te plaatsen. Wanneer de visonveilige en vispasseerbare pompen te dicht bij mekaar staan, kunnen vissen, ondanks de aanwezige afscherming, door aanzuiging toch in de visonveilige pompen terecht komen. Tenslotte speelt ook de kostprijs voor de installatie en het onderhoud van het visafschrikstelsel een rol.
- Gezien het belang van het bemalingsgebied als leefgebied voor paling, moet naast de stroomafwaartse migratie van zilverbaling, ook de stroomopwaartse migratie van glasalen verzekerd worden. De kolonisatie van het bemalingsgebied door paling kan hersteld worden via een beperkte vorm van negatief spuibeheer of via de constructie van een specifieke aalpassage (bv. glasaalgoot). Indien de stroomopwaartse migratie van glasaal niet hersteld kan worden, kan ook geopteerd worden voor de uitzetting van glasalen in de waterlopen van het bemalingsgebied. Deze laatste optie is echter zeer arbeidsintensief en weinig efficiënt om het palingbestand in de polderwaterlopen te herstellen.

REFERENTIES

- Brujjs M.C.M. & Durif C.M.F. (2009). Silver eel migration and behaviour. In: Van den Thillart G., Dufour S., Rankin J.C. (eds.). Spawning migration of the European eel: Reproduction index, a useful tool for conservation management. Fish & Fisheries Series 30, Springer, pp 65-95.
- Buyse D., Mouton A., Gelaude E., Baeyens R., De Maerteleire N., Jacobs Y., Stevens M., Van den Neucker T., Coeck J. (2012). Glasaalmigratie ter hoogte van het sluzencomplex Sas Slijkens (Kanaal Gent-Oostende) in Oostende. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2012.31). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Buyse 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). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2010.44). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- CIW (2011). Globale evaluatie overstromingen 2010. Rapport Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid.
- Durif C.M.F. & Elie P. 2008. Prediction of downstream migration of silver eels in a large river catchment based on commercial fishery data. Fisheries Management and Ecology 15: 127-137
- Galle L., Van Thuyne G. (2013). Visbestandopnames in het IJzerbekken 2012 – Bemonsteringsverslag. Interne Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.IR.2013.30). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- ICES (2007). Report of the 2007 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels, Bordeaux, France.
- Kemper J.H., Vis H., Vriese F.T., Hop J., Kampen J. (2011). Gemalen of vermalen worden. Subtitel: Onderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen. Bijlagenrapport 10 – Visvriendelijke Hidrostal en AmarexKRT. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_33, 76 p.
- Kunst J.M., Spaargaren B., Vriese T., Kroes M., Rutjes C., van der Pouw Kraan E. & Jonker R.R. (2008). Gemalen of vermalen worden. Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Grontmij Nederland bv, De Bilt, I&M-99065369-MK.
- Maes, J., Turnpenny, A.W.H., Lambert, D.R., Nedwell, J.R., Parmentier, A., Ollevier, F.P. (2004). Field evaluation of a sound system to reduce estuarine fish intake rates at a power plant cooling water inlet. J. Fish Biol. 64(4): 938-946.
- Mouton A., Gelaude E., Buyse D., Stevens M., Van den Neucker T., Martens S., Jacobs Y., Coeck J. (2009). Onderzoek naar glasaalmigratiemogelijkheden in de Ganzepoot (IJzermonding) in Nieuwpoort. Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2009.62). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Stevens M., Buyse D., Van den Neucker T., Gelaude E., Baeyens R., Jacobs Y., Mouton A., Coeck J. & van Vessem J. (2011). Wetenschappelijke ondersteuning van de uitvoering van het palingbeheerplan - Inventarisatie pompgemalen en inventarisatie van de technische karakteristieken en waterbeheersaspecten van prioritaire zout-zoetovergangen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2011.38). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Stevens M., Coeck J. (2010). Wetenschappelijke onderbouwing van een strategische prioriteitenkaart vismigratie voor Vlaanderen (Benelux Beschikking M(2009)01). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2010.33). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Stevens, M., Coeck, J., van Vessem, J. (2009). Wetenschappelijke onderbouwing van de palingbeheerplannen voor Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2009.40). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Turnpenny A.W.H., O'Keeffe N. (2005). Screening for intakes and outfalls: a best practice guide. Science Report CS030231, Environment Agency, Bristol. 153 pp.
- Vlietinck K., Stevens M., Coeck J., Van Vessem J., Philippart J-C., Gomez-da-Silva S., Thirion A. (2010). Council Regulation (EC) N° 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel: Eel management plan for Belgium. Brussels: Agentschap voor Natuur en Bos. 198 pp.
- Vriese F.T. (2009). Onderzoek naar de visveilige axiaalpompe en buisvijzel. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_19, 24 pp.

Bijlage 1 - Levenscyclus paling (Stevens et al., 2009)

De Europese paling is een katadrome vissoort: hij groeit op in zoet water en trekt als volwassen vis naar de zee om zich voort te planten. Hij maakt een complexe levenscyclus door (Figuur 4). De voortplantingsplaats situeert zich in de Sargasso Zee, een gebied in de Atlantische Oceaan nabij Bermuda. In de Sargasso Zee ontluiken de eieren en de larven (*leptocephalus* larven) migreren naar het Europese continent, waarbij ze gebruik maken van de Golfstroom. Voor de Europese kusten ontwikkelen ze zich tot glasaal, een langwerpige doorschijnende vorm van ongeveer 7 cm. De glasalen pigmenteren en de meeste zwemmen onze rivieren op, op zoek naar een vaste stek waar ze een groeiperiode doormaken. Dit stadium van paling wordt gele paling of gele aal genoemd. Een deel van de populatie blijft voor de kusten of groeit op in het estuarium. Er zijn duidelijke geslachtsverschillen wat grootte betreft: mannelijke palingen hebben een tragere groei en blijven duidelijk kleiner (lengte bij metamorfose: 32-46 cm) dan hun vrouwelijke soortgenoten (lengte bij metamorfose: 45-86 cm). Na gemiddeld zes (voor de mannelijke palingen) tot negen jaar (vrouwelijke) vertoont deze gele paling opnieuw een gedaanteverwisseling, ze worden zilverpaling of schieraal genoemd. In onze regio is dat respectievelijk 7 en 10 jaar. Metamorfoserende palingen krijgen een zilverachtige kleur, hun ogen worden groter, de vinnen veranderen van vorm en de geslachtsorganen beginnen te ontwikkelen. Op dit ogenblik, meestal in het najaar, trekken deze zilverpalingen onze rivieren af en beginnen ze hun paaimigratie met de Sargasso Zee als bestemming.



Figuur 4 - De levenscyclus en de belangrijkste ontwikkelingsstadia van paling.

Bijlage 2 - Gemaalvispassage

Door FishFlow Innovations werd een gemaalvispassage ontworpen die vissen de mogelijkheid biedt om het gemaal zowel in stroomop- als stroomafwaartse richting te passeren. De gemaalvispassage bestaat uit een venturipomp die het mogelijk maakt om een waterbeweging op gang te brengen in twee omloopkanalen. Het gemaal speelt in op het natuurlijke gedrag van de vis. Felle stroboscooplampen houden de vis bij de gemaalpompen weg, waardoor vissen op zoek gaan naar alternatieve stromingen. Deze worden geboden in de vorm van de donkere inlaten van de zijkanalen. De stroming in deze kanalen zal de vis aantrekken. Via de kanalen voert de stroming de vissen stroomopwaarts langs de gemaalpompen heen. De FishFlow gemaalvispassage kan in ieder gemaal ingepast worden, zowel in bestaande gemalen als bij renovatie of nieuwbouw. Voor stroomopwaarts migrerende vissen vormt het water dat door een gemaal wordt uitgemalen een lokstroom. Tijdens het pompen van het gemaal is de gemaalvispassage niet stroomopwaarts passeerbaar vanwege de hoge stroomsnelheid in de venturi. De vissen die door de lokstroom worden aangetrokken zullen zich daarom verzamelen in de uitstroombak. Zodra de gemaalpompen

stopt met pompen sluit de terugslagklep achter de vissen, waarna deze door het terugstromende water via de omloopkanalen naar de polder worden gebracht.
Het systeem zou geïnstalleerd kunnen worden in het aanvoerkanaal van de pomp die buiten werking gesteld wordt. De toepasbaarheid en de effectiviteit van het systeem ter hoogte van het pompgemaal moet verder onderzocht worden.



Figuur 5 - Werking van de gemaalvispassage. De pomp bevindt zich centraal tussen de twee inzwemopeningen en wordt afgeschermd door twee stroboscooplampen. Inzet: venturisysteem.