

Afgiftekantoor
Antwerpen X
P209602

Toelating – gesloten verpakking

Retouradres: Natuurpunt,
Coxiestraat 11,
2800 Mechelen

Natuur.focus

Natuurontwikkeling
in het Lippenbroek



Macroinvertebraten
voor en na drooglegging



Opmerkelijke flora
langs de E40



Natuurontwikkeling in het Lippenbroek

Herstel van estuariene natuur via een gecontroleerd gereduceerd getij

TOM MARIS, TOM COX, SANDER JACOBS, OLIVIER BEAUCHARD, JOHNNY TEUCHIES, CHRIS VAN LIEFFERINGE, STIJN TEMMERMAN, WOUTER VANDENBRUWAENE & PATRICK MEIRE

Door inpoldering en havenuitbreiding is de oppervlakte intergetijdengebieden in het Schelde-estuarium stelselmatig afgenomen. In combinatie met de uitdieping van de Schelde leidt dit tot een sterk toegenomen tij en een verhoogd risico op overstromingen. In het Sigmaplan maakt de uitbreiding van intergetijdengebieden deel uit van de strategie om het overstromingsrisico te beheersen. In dit kader werd onlangs het pilootproject Lippenbroek opgestart, het eerste functionele 'gecontroleerd gereduceerd getij'-gebied ter wereld.

Inleiding

Herstel van intergetijdengebieden, slikken en schorren, is een actueel en gevoelig thema. Kustzones, en vooral estuaria, liggen immers in de drukst bevolkte gebieden en herbergen belangrijke economische activiteiten. De menselijke impact op intergetijdenecosystemen is bijgevolg zeer groot. Wereldwijd zijn grote oppervlakten aan estuarien habitat verloren gegaan door inpoldering en havenuitbreiding. De resterende habitats staan vaak onder zware druk ten gevolge van sterke vervuiling enerzijds en veranderende hydrologie (stijgende waterstanden en stroomsnelheden) anderzijds.

Door verlies en degradatie van intergetijdengebieden gaan ook vele bijhorende ecosystemefuncties verloren. Dissipatie van getijdenenergie en bescherming tegen stormtijden (Mitsch & Gosselink 2000), nutriëntverwijdering en -cyclering (o.a. Struyf et al. 2006, Gribsholt et al. 2005), voedselproductie (visserij) en een hoge habitatdiversiteit zijn enkele van de belangrijke, waardevolle functies die onder druk staan (Meire et al. 2007). Verder verlies wordt echter aan banden gelegd door tal van nationale en internationale regelgevingen zoals de Kaderrichtlijn Water en de Habitat- en Vogelrichtlijnen. Het bereiken van een goed ecologisch poten-

tieel en een goede staat van instandhouding staan centraal.

Bij herstel van intergetijdengebieden draait de discussie doorgaans rond ontpoldering (French 2006). Hoewel deze techniek veelvuldig wordt toegepast, vaak met succes, zijn er vele tegenkantingen. Nochtans bestaat er een optie die vele knelpunten van ontpoldering kan omzeilen: het gecontroleerd gereduceerd getij (GGG). In dit artikel lichten we de eerste resultaten toe van het pilootproject Lippenbroek, het eerste functionele GGG ter wereld, en illustreren hoe een GGG een rol kan spelen in het herstel van estuariene systemen.

Het Schelde-estuarium ontworicht

Veiligheidsprobleem

Net als in vele andere estuaria, wordt in het Schelde-estuarium natuurbehoud en -herstel gekoppeld aan een masterplan tegen overstromingen. De uitdagingen voor de Schelde zijn groot. Reeds vanaf de Middeleeuwen heeft de mens getracht het estuarium naar zijn hand te zetten via grote inpolderingen. Zelfs de voorbije eeuw nog kromp de Zeeschelde (het Vlaamse deel van het Schelde-estuarium) met 781 ha in tot 4.923 ha (Meire et al. 2005). Deze verliezen, in

hoofdzak ten gevolge van dijkwerken en inpolderingen (voor landbouw en havenuitbreiding), troffen vooral de slikken en schorren. Het aandeel van deze intergetijdengebieden in de Zeeschelde daalde dan ook van 38 naar 28% tussen 1900 en 1990. Dit betekent een belangrijk verlies aan habitat en bijhorende veiligheidsfuncties. Grote oppervlakten schor zijn immers een natuurlijke waterbuffer, ze temperen de getijdenenergie en beschermen het achterliggende land (of dijk). Dit oppervlakteverlies, samen met andere morfologische veranderingen (o.a. verdieping), gaven aanleiding tot een sterke toename van het getij (*Figuur 1*) en dus verhoging van het overstromingsgevaar. Om het bekken van de Zeeschelde te behoeden voor dit gevaar, en om een antwoord te bieden aan de algemene stijging van het zeeniveau, werd het Sigmaplan opgestart, de Vlaamse tegenhanger van de Deltawerken (<http://www.sigmaplan.be>).

Ecologische achteruitgang

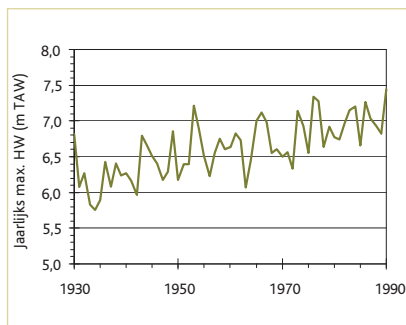
Verlies van slikken en schorren betekent een rechtstreeks verlies aan waardevol habitat en vormt een bedreiging voor enkele typische plant- en diersoorten. De Schelde is als gebied van internationaal belang voor 21 soorten watervogels (Van den Bergh et al.

2005) en meer dan honderd vogelsoorten maken als broedvogel of als doortrekker gebruik van het estuarium. Bijna het volledige intergetijdengebied van de Zeeschelde werd dan ook aangeduid als Vogel- of Habitatrichtlijngebied.

Door de achteruitgang van intergetijdengebieden, zowel in kwaliteit (o.a. door de slechte waterkwaliteit in de Zeeschelde) als in kwantiteit, komen ook de bijhorende ecologische functies in het gedrang. Door continue uitwisseling van water met het estuarium bij eb en vloed, spelen slikken en schorren een belangrijke beluchtende rol en vormen ze een elementaire schakel in de nutriëntenhuishouding van het gehele estuariene ecosysteem. Schorren leveren immers een belangrijke bijdrage tot de omzetting, retentie en verwijdering van stikstof (N; Gribsholt et al. 2007), en hebben een regulerende en recyclerende functie in de siliciumcyclus (Si; Struyf et al. 2006). Het is vooral de verhouding Si/N die van groot belang is binnen een aquatisch systeem, omdat deze verhouding bepalend is voor de samenstelling van de fytoplanktongemeenschap. Bij tekorten aan silicium zal namelijk de populatie aan diatomeeën (kiezelwieren), die de basis vormt van de ganse voedselketen, in het gedrang komen. Diatomeeën gebruiken opgelost silicium voor de opbouw van hun skelet. Schorbodems spelen een essentiële rol in het opnieuw vrijstellen van dit vastgelegde silicium (Struyf et al. 2005).

Geactualiseerde Sigmoplan

Het vrijwaren en herstellen van het estuariene ecosysteem en in het bijzonder de intergetijdengebieden vergt, naast inspanningen inzake waterkwaliteit, voldoende ruimte. Ruimte is echter schaars en dus kostbaar in het dichtbevolkte Vlaanderen. Het Geactualiseerde Sigmoplan, met focus op veiligheid en natuurlijkheid, biedt echter nieuwe perspectieven voor slik- en schorherstel. Het



Figuur 1. Stijging van de jaarlijkse maximale hoogwaterstand te Temse tussen 1930 en 1990 (gegevens: Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout).

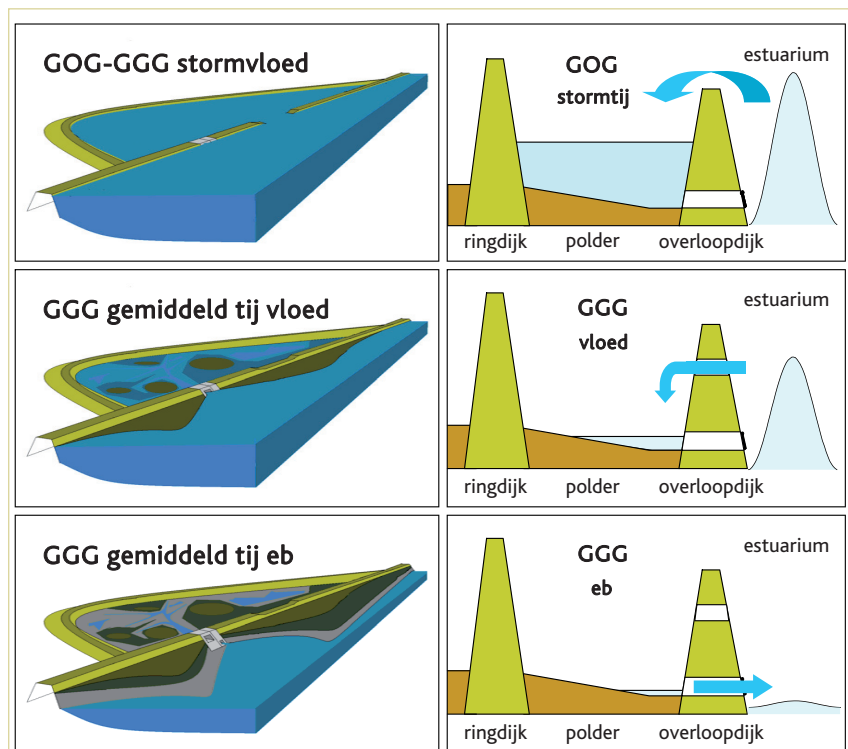


Overgangshabitats in het GGG Lippensbroek worden gekoloniseerd door wetlandsoorten (foto: Ecobe).

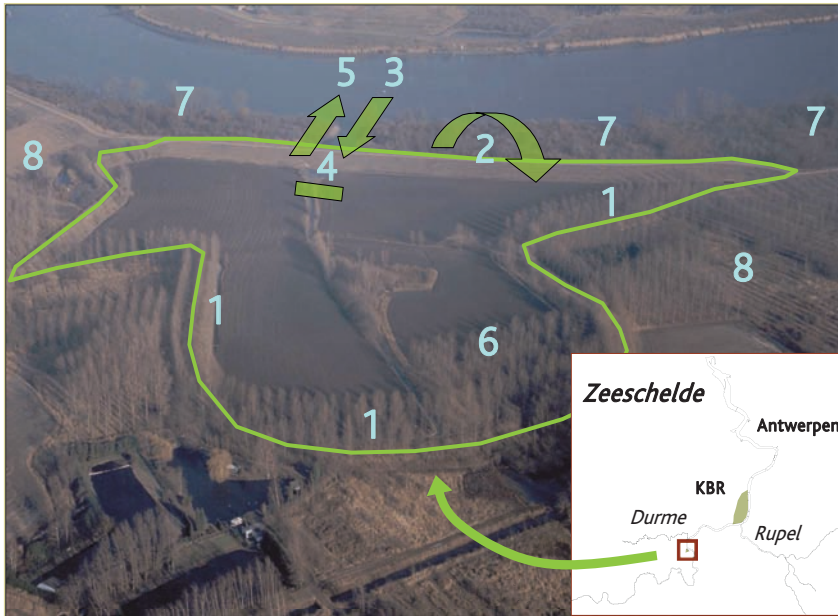
Sigmoplan voorziet namelijk in de aanleg van verschillende gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG). Deze gebieden, met in de eerste plaats een veiligheidsfunctie, kunnen mits een aangepast sluisensysteem bijdragen tot een herstel van het estuariene ecosysteem: we spreken van een gecontroleerd overstromingsgebied met gecontro-

leerd gereduceerd getij (GOG-GGG) (Meire et al. 2005). Door het creëren van de juiste randvoorwaarden (vooral een gepast tijregime), wordt gestreefd naar een duurzaam slik- en schorrensysteem met de natuur zelf als belangrijkste sturende factor.

De gecontroleerde overstromingsgebieden zijn laaggelegen polders, gescheiden van het



Figuur 2. Werking van een GOG-GGG bij stormvloed (boven), bij vloed gemiddeld tij (midden) en bij eb gemiddeld tij (onder). Bij stormtij vult de polder zich via de overlooptdijk met enkele decimeter tot enkele meter stormwater. Wanneer de Schelde bij gemiddeld getij het drempelpeil van de sluis bereikt, vult de polder zich partieel. Bij eb stroomt het water terug naar het estuarium via de lager gelegen uitwatering.



Figuur 3. Zicht op het Lippenbroek en situering in het estuarium (inzet). KBR (inzet) is het geplande GOG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde, waar in Kruibeke het GGG-principe op grote schaal (ca 180 ha) zal worden toegepast. De foto toont het Lippenbroek voor aanvang van de werken, met duidelijke sporen van landbouwactiviteit en een populierenaanplant (6). De werken omvatten de bouw van een ringdijk (1), een overlooptdijk (2), een inlaatsluis (3) en een woelkom met staalnamebrug (4). (5) is de bestaande uitwateringsluis, (7) zijn de schorren van de 'De Plaat'. Het landgebruik in de omliggende polders (8) is momenteel in hoofdzaak akkerbouw of populierenaanplant.

estuarium via een verlaagde overlooptdijk. Bij stormtij, wanneer in het estuarium gevaarlijk hoge waterstanden dreigen, wordt het peil van de overlooptdijk overschreden en vult de polder zich met stormvloedwater (Figuur 2). Door het grote waterbergende vermogen van de GOG-polders kunnen zij de waterstand in het estuarium significant verlagen en zo andere gebieden vrijwaren van overstromingen. Zo daalt de overstromingskans van 1 op 70 jaar nu naar 1 op 350 met de aanleg van het 600 ha grote GOG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (werk in uitvoering; pers. med. S. Nollet).

Om een slik- en schorecosysteem te introduceren in een GOG-polder, die normaal slechts een- tot tweemaal per jaar onderloopt bij stormvloed, is een sluiensysteem vereist dat dagelijkse uitwisseling van Scheldewater mogelijk maakt. Slikken zullen zich ontwikkelen in die delen van de polder die dagelijks overspoeld worden met Scheldewater, schorren daarentegen overspoelen enkel bij springtij. Voor de ontwikkeling van een divers slik-schor ecosysteem is het dus van essentieel belang dat de differentiatie in overstromingsfrequenties op het polderoppervlak vergelijkbaar is met deze in de natuurlijke slik- en schorgebieden.

Met een eenvoudige duiker doorheen de dijk kan het getij geïntroduceerd worden in een GOG, maar wordt ook de essentiële variatie in waterstanden tussen spring- en doottijd gedempt. Een systeem met hoge inlaatsluizen en lage uitlaat kan het getij reduceren

met behoud van de springtij-doottij variatie (Maris et al. 2007, Cox et al. 2006). De werking is eenvoudig (Figuur 2): stijgt het water in het estuarium boven het drempelpeil van de inlaat, dan stroomt het water vrij de polder in. De instroom duurt net zo lang tot het waterpeil weer onder het drempelpeil zakt. Uitstroom gebeurt gravitair via een klassieke poldersluis, waarbij een klep open is bij eb en wordt dichtgeduwd bij vloed.

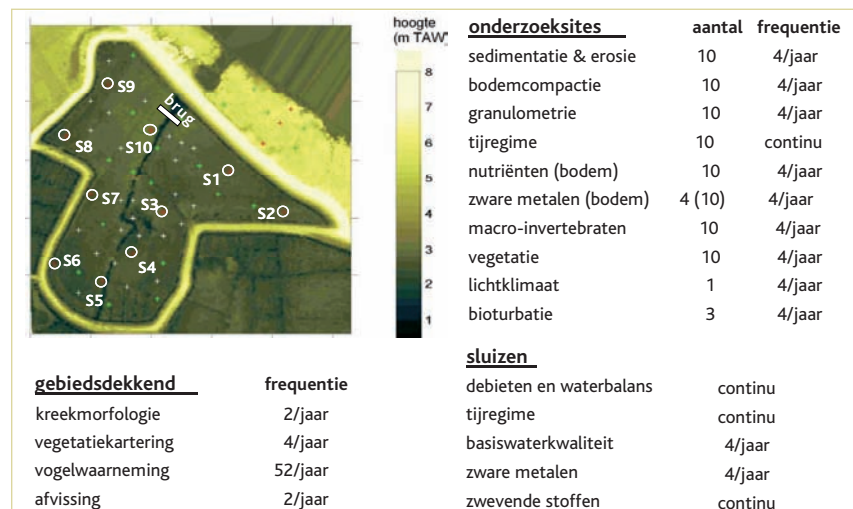
Pilootproject Lippenbroek

Het concept GOG-GGG is uniek. Systemen met een gedempt getij werden reeds beproefd (bv. Pelletier et al. 2004), maar deze vertonen niet dezelfde abiotiek (weinig

tot geen springtij-doottijvariatie) als de buitendijkse slikken en schorren. Een getij reduceren tot op polderniveau met behoud van springtij-doottijvariatie is nieuw. In het pilootproject Lippenbroek werd het GOG-GGG-principe de voorbije twee jaar uitvoerig getest. Dit pilootproject, opgestart in maart 2006, moet uitwijzen of GOG-GGG's duurzame ecologische structuren en functies kunnen ontwikkelen, kwalitatief en kwantitatief gelijkwaardig aan deze van buitendijkse slikken en schorren.

Lippenbroek (ca 10 ha) is gelegen langs de linker Scheldeoever nabij Driegoten, Hamme (Figuur 3), met een hoogteligging van 2,5-3,0 m TAW (de buitendijkse schorren voor Lippenbroek, 'De Plaat', liggen op 5,5-6,0 m TAW). Lippenbroek bevindt zich in het zoete getijdengebied, zo'n 10 km stroomopwaarts van Rupelmonde. Lippenbroek ontvangt hierdoor bij vloed een deel van de vuilvracht van de Zenne en kent hoge nutriëntconcentraties en een lage zuurstofverzadiging bij instroom. Dit was echter geen argument om de start van Lippenbroek uit te stellen: GGG's moeten immers bijdragen in het herstel van de waterkwaliteit van het estuarium.

Lippenbroek was een typische Scheldepolder in landbouwgebruik met maïs en aardappelen als voornaamste teelten en met een kleine populierenaanplant. In 2004 startten de werken om het gebied om te vormen tot GOG-GGG: bouw van de nieuwe ringdijk, verlagen van een overlooptdijk aan de Scheldezijde en de constructie van een nieuwe inlaatsluis voor de GGG-werking. Tijdens de werken veroverden pioniers (vooral Harig wilgenroosje *Epilobium hirsutum* en Grote brandnetel *Urtica dioica*) de polder, welke deels weer verdwenen bij latere graafwerken. De inlaatsluizen werden voorzien van schotbalken voor een fijnstelling van het sluis-



Figuur 4. Ruimtelijk-temporeel monitoringsopzet. Het kaartje geeft de ligging van de 10 onderzoeksites weer.

drempelpeil. Verschillende 'proefinwateringen' lieten toe de meest geschikte sluisconfiguratie te vinden, met name dat sluisdrempelpeil waarbij het getij in de polder optimaal het getij op de schorren benadert. In maart 2006 werden de sluisen permanent geopend.

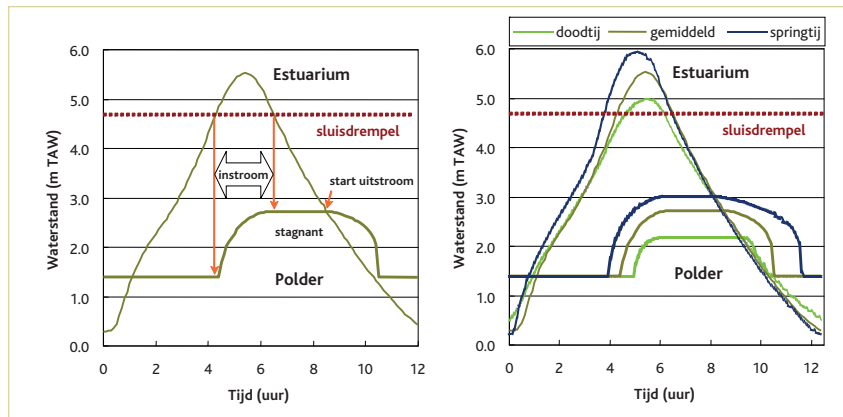
Een omvangrijk monitoringprogramma werd opgestart om na te gaan hoe de constructie van een GGG leidt tot de ontwikkeling van slikken en schorren. Negen onderzoeksgroepen van verschillende universiteiten en onderzoeksinstellingen werken samen binnen eenzelfde ruimtelijk-temporele opzet om alle resultaten optimaal met elkaar te linken (Figuur 4).

Lippenbroek werd gebouwd door nv Waterwegen en Zeekanaal (W&Z) in opdracht van het Agentschap voor Natuur en Bos, eigenaar en financier. De monitoring is onderdeel van het OMES-programma (Onderzoek Milieu-Effecten Sigmaplan). GOG-GGG's vormen immers een belangrijke schakel in het vernieuwde Sigmaplan. Binnen dit kader is er opvolging van getijkarakteristieken, water- en massabalansen basiswaterkwaliteit, zware metalen, sedimentatie, vegetatie (inclusief fytoplankton en -benthos), zoöplankton, lichtklimaat en primaire productie. OMES dekt echter niet de volledige monitoringbehoefte, zodat bijkomend onderzoek wordt verricht naar fauna (zoöbenthos, vogels, vissen). Alle onderzoek wordt gecoördineerd door de onderzoeksgroep Ecosystembeheer van de Universiteit Antwerpen.

Resultaten en bespreking

Een getij onafhankelijk van de hoogteligging

Het instellen van de juiste getijdendynamiek vormt de bepalende factor bij schorherstel, aangezien hydrologie de voornaamste motor is achter fysische, biologische en chemische processen in intertidale gebieden (Zedler et al. 2000). De overstromingsfrequentie en -duur in natuurlijke schorren worden bepaald door de hoogteligging van het gebied ten opzichte van het getij. Hoogteligging is daarom een van de belangrijkste criteria bij de selectie van gebieden voor ontpoldering (= het (gedeeltelijk) verwijderen van dijk tussen polder en estuarium) (French 2006). Een goede uitgangssituatie is een hoogteligging net onder het niveau van hoogwater. Door jarenlange ontwatering en compactie liggen de meeste sites langsheen estuaria echter veel lager dan de aangrenzende schorren, die langzaam blijven ophogen met stijgende waterstanden. Vele sites komen hierdoor niet in aanmerking voor ontpoldering.



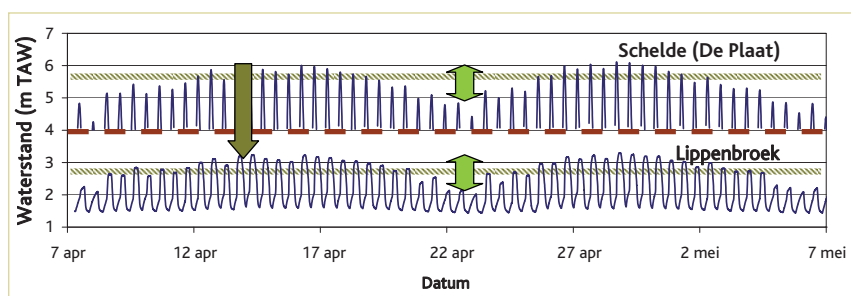
Figuur 5. Modellerings (1D) van het getij in het GGG Lippenbroek voor een gemiddeld getij (links), met aanduiding van de instroom en een uitstroom. Het tijdsverschil tussen het einde van instroom en start van uitstroom geeft aanleiding tot de stagnante fase. Rechts dezelfde modellerings voor doodtij, gemiddeld tij en springtij. Enkel met hoge inlaatsluis is het verschil in instroom voldoende groot om te leiden tot grote springtij-doodtij variatie.

Dit probleem kan omzeild worden. Ten eerste kan de polder opgehoogd worden tot een goed uitgangsniveau voor ontpoldering. Echter, een kunstmatig bodemprofiel is de meest voorkomende oorzaak van falen bij herstelprojecten (Quammen 1986, Perry et al. 2001). Alternatief voor ontpolderen is het getij in de polder dempen door middel van een beperkte instroomopening (het zogenaamde 'restricted tidal exchange'). Het voordeel is dat je de getijdeslag kan aanpassen aan de polderhoogte, maar dit ten koste van springtij-doodtij variatie, variatie aan overstromingsfrequenties en bijgevolg kansen op een divers schorrenstelsel. Het nieuwe GGG-principe laat wel toe in gebieden die geen geschikte hoogteligging hebben voor ontpoldering toch intertidale habitat te creëren. Modellerings toonde aan dat dankzij het systeem met hoge inlaat en lage uitlaat een grote variatie aan overstromingsfrequenties mogelijk is (Cox et al. 2006, Maris et al. 2007), zij het wel dat de tijcurve niet meer sinusoidaal is maar een stagnante fase kent (Figuur 5). Deze is het gevolg van de tijdsperiode tussen einde inwatering en start uitwatering bij een hoge inlaat en een

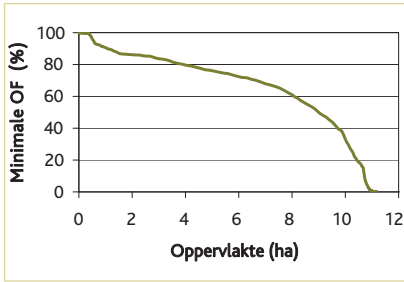
lage uitlaat. De inlaatconstructie moet wel voldoende hoog gesitueerd worden (4,70 m te Lippenbroek), omdat er enkel dan voldoende verschil is in inwateringsduur en -volume om in de polder de grote variatie aan waterstanden teweeg te brengen.

Metingen van de waterstand in het Lippenbroek en op het referentieschor 'De Plaat', tonen aan dat de sluisconstructie het hoogwaterpeil reduceert met ca 3 meter zonder te raken aan de variatie tussen doodtij en springtij (Figuur 6). De tijslag is teruggebracht tot het niveau van de polder. Lippenbroek wordt hierdoor niet dagelijks overspoeld, maar kent een ruime waaier aan overstromingsfrequenties (Figuur 7). Deze worden in hoofdzaak bepaald door de sluisconfiguratie, niet meer door de hoogteligging ten opzichte van het Scheldepeil, wat kansen biedt voor schorontwikkeling in laag gelegen gebieden.

De sluisconstructies van een GGG zorgen wel voor een vervorming van de tijbeweging. De hoogste laagwaterstanden komen in een GGG, in tegenstelling tot het buitendijkse Scheldegetij, niet voor bij doodtij maar bij springtij, een gevolg van onvolledige ontwa-



Figuur 6. Waterstanden in Schelde (schor 'De Plaat') en in het Lippenbroek (ter hoogte van meetbrug) voor twee springtij-doodtij cycli in april-mei 2006. Voor het estuarium is enkel dat deel van de tijcurve weergegeven dat de 4 m TAW overschrijdt. De hoogwaterstand in Lippenbroek is duidelijk met ca 3 m verlaagd (donkergroene pijl), terwijl de variatie tussen springtij hoogwater en doodtij hoogwater behouden blijft (lichtgroene pijlen). De bruinroene band duidt de gemiddelde hoogteligging van het schor 'De Plaat' en het Lippenbroek aan.



Figuur 7. Minimale overstromingsfrequentie (OF) te Lippenbroek uitgezet tegenover de oppervlakte.

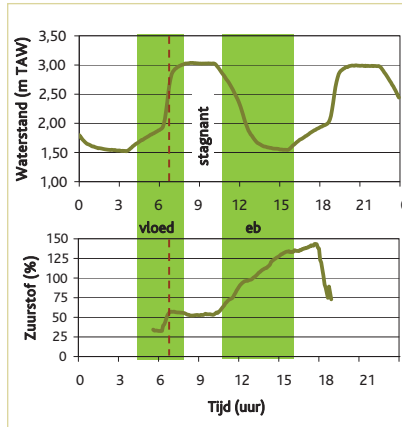
tering van de polder na zeer hoge waterstanden.

Detailmetingen van individuele tijcycli tonen, zoals reeds modellering aangaf, dat de vorm van het getij gewijzigd is (Figuur 8). Een tijclus in het GGG kent nu drie fasen: vloed, stagnant en eb. Tijdens de vloed stijgt het water in de kreek eerst langzaam (nasijpeling uit de polder plus insijpeling van Scheldewater via de uitwateringssluis). Van zodra het Scheldepeil de hoge inwateringsdrempel overschrijdt, zet de vloed zich krachtig door. Na de inwatering treedt de stagnante fase in. Zakt het Scheldepeil onder het waterniveau in het Lippenbroek, dan kan de ebfaase van start gaan.

De stagnante fase, die gemiddeld 2 tot 2,5 uur aanhoudt, is een belangrijk artefact van een GGG. Bij een gelijkaardige overstromingsfrequentie kennen GGG's hierdoor een verlengde overstromingsduur. In Lippenbroek wordt nagegaan wat de ecologische implicaties hiervan kunnen zijn.

Sedimentatie en erosie

Sedimentatie is vaak een heikel punt bij schorherstel. Enerzijds is sedimentatie gewenst: input van vers sediment staat mee in voor de opbouw van een typische schormorfologie (o.a. kreekruigen) en de typische



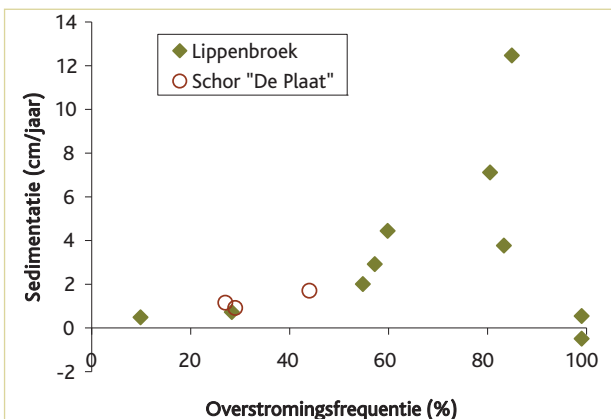
Figuur 8. Detailverloop van de waterstand (boven) en de zuurstofverzadiging (onder) in het Lippenbroek ter hoogte van de meetbrug, met aanduiding van vloed, stagnante fase en eb gedurende een tijcyclus. Tijdens vloed stijgt het waterpeil eerst langzaam (nasijpeling en beperkte instroom via de uitwatering). Van zodra de hoge inwatering start (rode streeplijn) stijgt het waterpeil sterk.

schorbodem, welke de vestiging van estuariene vegetatie en bodemfauna bevorderen. Gebrekkige sedimentatie bij ontpolderingen kan leiden tot louter slikvorming zonder schoropbouw. Te hoge tijndynamiek of golfslag, met erosie tot gevolg, liggen vaak aan de basis.

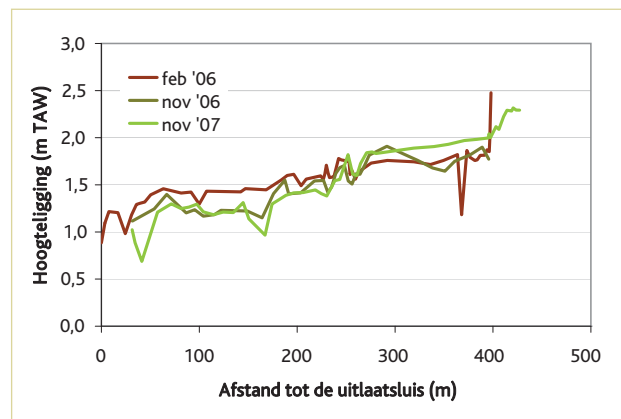
Anderzijds moet in GOG-GGG's, waar natuur gekoppeld is aan een veiligheidsfunctie, te sterke sedimentatie vermeden worden. Doorgedreven sedimentatie leidt immers tot verlies aan waterbergend vermogen, waardoor de bescherming tegen overstromingen in het gedrang kan komen.

Door het omsloten karakter van een GGG (volledig omringd door dijken) en het gereduceerde getij, kent een GGG minder dynamiek en dus meer kans op sedimentatie. Tijdens de stagnante fase staat het water gedurende enkele uren stil wat uitzakking van

zwevende stof in de hand werkt. Op 10 lokaties in de polder en op drie referentiesites op 'De Plaat' worden daarom zeer nauwkeurig de kleinste topografische wijzigingen gedetecteerd met een zogenaamde 'surface elevation table' (Cahoon et al. 2002). Op alle lokaties, behalve site 8, werd tijdens de meetperiode maart 2006 - november 2007 netto sedimentatie vastgesteld, variërend van 0,5 tot 12,5 cm/jaar (Figuur 9). Deze sedimentatie is sterk gerelateerd aan de overstromingsfrequentie (OF, percentage van de getijden die gebied overspoelen): hoge OF leidt tot snellere sedimentatie. Bij lage OF wordt in het Lippenbroek eenzelfde relatie waargenomen tussen OF en sedimentatie als op de referentiesites. Sites 8 en 9 zijn gelegen in een getijdenpoel die permanent blank staat (100% OF). Hier wordt slechts zeer beperkte sedimentatie, tot zelfs beperkte daling van het polderpeil waargenomen. De gemiddelde sedimentatiesnelheid op de 10 sites in de polder ligt momenteel nog vrij hoog (ca 4 cm/jaar), net doordat de meeste lokaties een hoge overstromingsfrequentie kennen. De laagst gelegen sites, met de hoogste overstromingsfrequentie binnen de polder, hogen echter duidelijk sneller op waardoor zich een afvlakking van het polderreliëf voordoet. Op de buitendijkse schorren zorgt een stijging van de hoogteligging voor afname van de overstromingsfrequentie, zodat bijgevolg ook sedimentatie afneemt en er een evenwicht wordt bereikt. In een GGG daarentegen is overstromingsfrequentie niet rechtstreeks gekoppeld aan hoogteligging. Het instroomvolume wordt immers bepaald door de sluisconfiguratie. Daarom is het, met de beperkte gegevens van slechts één meetjaar, nog niet mogelijk om een voorspelling te doen van sedimentatie op langere termijn.



Figuur 9. Sedimentatie in functie van de overstromingsfrequentie voor de 10 sites in het Lippenbroek en drie sites op het referentieschor 'De Plaat'. De twee sites met overstromingsfrequentie 100 zijn sites 8 en 9, beide gelegen in een getijdenpoel en permanent onder water.



Figuur 10. Evolutie van de hoofdkreek tussen februari 2006 (t0 situatie) en november 2007.

Naast sedimentatie en erosie op het polderoppervlak wordt ook de geomorfologische ontwikkeling van geulen in kaart gebracht. Ondanks de gereduceerde getijdendynamiek, is een duidelijke ontwikkeling van een dens krekensysteem waarneembaar. Tijdens het eerste jaar nam de krekensiteit toe van 150 m/ha tot 325 m/ha. **Figuur 10** toont de evolutie van de hoofdgeul in de lengterichting. Proximaal is er erosie, distaal wisselen sedimentatie en erosie elkaar af.

Om een netto balans op te maken van alle sedimentatie- en erosieprocessen, waaruit moet blijken of de komberging van het gebied significant gewijzigd werd, is het te vroeg. Omdat de polder zich nog in een overgangsfase bevindt, zijn langetermijnprognoses onmogelijk.

Bevloeiing van polders langs de Schelde heeft in het verleden vele gebieden, inclusief Lippenbroek, sterk aangerijkt met zware metalen, die binnenspoelden met het Scheldeslib. De laatste decennia is de slijkwaliteit in de Schelde echter sterk verbeterd, zodat door GGG-werking de vervuilde bodemlagen begraven worden onder een laagje slib met beduidend lagere metaalconcentraties. De eerste metingen wijzen bovendien uit dat de overstromingen in het gebied de bodemomstandigheden zodanig veranderen dat de biologische beschikbaarheid van de aanwezige metalen kan verminderen.

Waterkwaliteit

Ter hoogte van de sluisconstructie werden over alle seizoenen meetcampagnes verricht gedurende een volledige tijcyclus om de invloed van GGG-werking op waterkwaliteit (o.a. zuurstof en nutriënten) na te gaan. Het beluchtende effect is overduidelijk (**Figuur 8**). Bij de start van een tijcyclus in het

Datum	NO ₃ -N (mg/L)		NH ₄ -N (mg/L)		Totaal anorganisch N (mg/L)		Silicium (mg/L)	
	in	uit	in	uit	in	uit	in	uit
16 mei 2006	4.0	3.6	0.54	0.63	5.0	4.7	7.1	6.8
3 juli 2006	4.2	3.7	0.08	0.09	4.5	4.0	0.8	2.0
11 september 2006	3.6	3.3	0.50	0.42	4.5	4.2	9.6	8.8
25 oktober 2006	4.4	4.2	0.29	0.21	4.8	4.5	8.6	8.3

Tabel 1. Gemiddelde, debietsgewogen concentratie aan nitraatstikstof, ammoniumstikstof, totale anorganische stikstof en opgelost silicium, in mg/l, tijdens instroom en uitstroom. Staalname aan de meetbrug, ter hoogte van in- en uitlaatsluizen.

GGG stroomt langzaam zuurstofarm Scheldewater de polder binnen, gevolgd door een spectaculaire stijging van de zuurstofverzadiging. In eerste instantie werken de sluisen als belangrijke beluchters met een onmiddellijke stijging tot ca 60% zuurstofverzadiging als gevolg. Daarna volgt oppervlaktebeluchting: door water te spreiden in een dunne laag over het polderoppervlak ontstaat een goed contact met lucht voor de overdracht van zuurstof. In alle seizoenen en weersomstandigheden wordt zo minimaal 60 tot 80% zuurstofverzadiging bereikt. Op warme, zonnige dagen bereikt zuurstof nog hogere waarden. In de dunne waterlaag in de polder vormt lichtlimitatie geen probleem en leidt de zuurstofproductie door primaire producenten tot oververzadiging. Problemen door anoxie zijn dus niet aan de orde in het GGG.

Net als natuurlijke schorren, speelt ook Lippenbroek een belangrijke rol als sink voor stikstof en bron voor opgelost silicium (**Tabel 1**). Wanneer opgelost silicium in overvloed aanwezig is in de Schelde, zal Lippenbroek silicium opnemen. Echter tijdens periodes van algenbloei in het estuarium, wanneer silicium limiterend wordt, stijgen de concentraties aan opgelost silicium in het uitstromende water sterk.

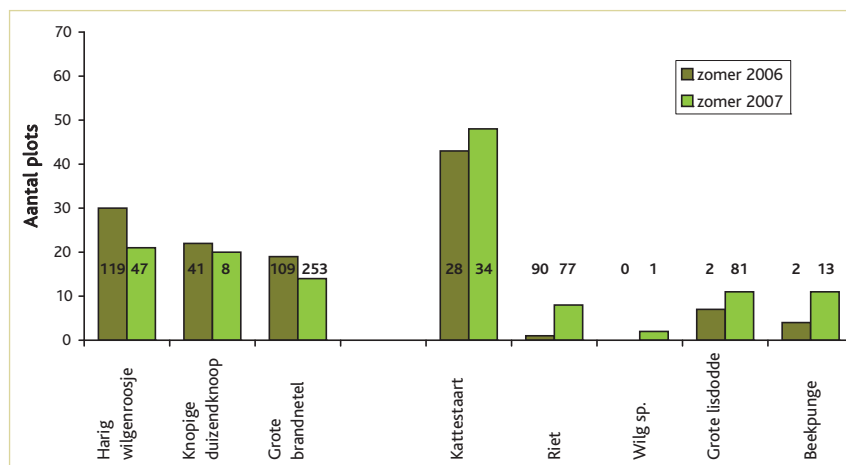
Fauna en flora

Succesvol habitat herstel vereist volledige fauna en flora ontwikkeling om een stabiele voedselketen te vormen. Vegetatie, zoöbenthos en vis worden systematisch opgevolgd sinds maart 2006, de vogelpopulatie sinds najaar 2006.

De vegetatiemonitoring toont een drastische verschuiving in de richting van waterminnende soorten. Met enige vertraging worden zelfs stressbestendigere soorten als Grote brandnetel en Harig wilgenroosje vervangen door echte wetlandsoorten. Kolonisatie door Kattenstaart *Lythrum salicaria*, Grote lisdodde *Typha latifolia*, Ereprijssoorten *Veronica*, Riet *Phragmites australis* en wilgen *Salix* is ingezet (**Figuur 11**), terwijl op andere plaatsen het vegetatiedek heeft plaatsgemaakt voor slikzones. Een gelijkaardige evolutie wordt waargenomen bij de macroinvertebraten: verdwijnen van terrestrische en verschuiven naar meer aquatische en estuariene soorten.

Ondanks de hoge verstoringgraad (terreinbezoeken, meetcampagnes, fietsers en wandelaars op de dijk), werd een duidelijke evolutie in aantallen en soorten vogels in Lippenbroek waargenomen. 30% van alle observaties (4089 individuen, 61 soorten) betreffen aquatische benthivoren (19 soorten), 54% wetland-generalisten (11 soorten), 8% terrestrische generalisten (18 soorten) en 8% bosvogels (13 soorten). Occasioneel werden reeds Kwak *Nycticorax nycticorax* en Lepelaar *Platalea leucorodia* als pleisteraars waargenomen.

Voor vissen vervullen overstromingsgebieden een belangrijke functie als paai-, foerageer- of opgroei gebied. Opdat een GGG deze rol zou kunnen vervullen is een veilige passage van de sluis noodzakelijk. Monitoringcampagnes wijzen uit dat vrijwel alle vis die werd waargenomen in de Schelde ter hoogte van Lippenbroek, ook reeds werd waargenomen in de polder, vaak zelfs in grote aantallen. Gerichte fuikvangsten tonen aan dat vis niet in grote aantallen de polder binnen komt via de inwatering, langs deze weg wordt eerder een vrij beperkte passieve migratie vastgesteld. Toch vindt de vis zijn weg in en uit de polder, en dit via de uitwa-



Figuur 11. Voorkomen (aantal plots) van een aantal kenmerkende soorten in het Lippenbroek voor de zomer 2006 en 2007. In totaal zijn 70 plots opgenomen (10 sites met elk 7 plots). Links staan terrestrische soorten, rechts de meer zoet-estuariene. Het getal bij elke staaf geeft de gemiddelde bedekkingsgraad weer. Voor de berekening van dit gemiddelde zijn enkel de plots waar de soort voorkomt gebruikt.

teringsluis (mond. med. Simoens et al.). Wellicht wordt vis aangetrokken door de zuurstofrijke lokstroom die bij uitwatering de polder verlaat. Vis migreert zo tegen de uitstroom in van de Schelde naar de polder.

Besluit

Lippenbroek toont aan dat estuarien herstel in laag gelegen polders zeer snel kan gaan via GGG-constructie. Door het creëren van

geschikte tijmstandigheden volgt een spontane, snelle evolutie richting functioneel slik- en schorecosysteem. Zuurstofaanrijking en nutriëntencyclering werden aangetoond. De verlengde overstromingsduur van een GGG blijkt geen belemmering te vormen voor de kolonisatie door fauna en flora.

Effecten van Lippenbroek op de waterkwaliteit van de Schelde zelf zijn echter niet meet-

baar: het pilootproject is te klein om van invloed te zijn. Modelberekeningen wijzen echter uit dat grote GGG-gebieden zoals Kruikeke-Bazel-Rupelmonde wel een significante bijdrage leveren aan het Schelde-ecosysteem. Met de aanleg van honderden hectare GGG binnen het nieuwe Sigmaplan krijgt het Schelde-estuarium een stevige duw in de rug.

SUMMARY BOX:

MARIS T., COX T., JACOBS S., BEAUCHARD O., TEUCHIES J., VAN LIEFFERINGE C., TEMMERMAN S., VANDENBRUWAENE W. & MEIRE P. 2008. Restoration of estuarine ecosystems in the Lippenbroek (Belgium) by controlled reduced tide. *Natuur.focus* 7(1): 21-27. [in Dutch]

Most intertidal zones in estuaries, situated in densely populated areas, suffer from human pressure. Intertidal areas have been claimed for urban, agricultural or industrial expansion, the remaining habitat is often degraded by strong anthropogenic pollution or changing

hydrodynamics. Loss of valuable habitat results in loss of associated function, from energy dissipation and mitigation of floods to recycling, removing or regulating nutrients. When considering restoration, managed realignment is not always an option, due to site characteristics, safety considerations or social acceptance. In this article we present the first results of estuarine restoration in a flood control area, using a controlled reduced tide. This new technique offers opportunities for tidal marsh restoration in combination with safety measures.

DANK:

Het Schelde- en Lippenbroekonderzoek aan de Universiteit Antwerpen dankt veel aan Leo Meyvis en Wim Dauwe (Waterwegen en Zeekanaal nv) voor de ondersteuning van het Omes programma en aan het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek. Het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout stelde tijgegevens voor de Schelde en waterbalansen ter beschikking. Labo-analysen van nutriënten werden uitgevoerd door Lieve Clement en Eva De Bruyn (Universiteit Antwerpen, Ecosysteembeheer). Tot slot danken we Stefaan Nollet (Waterwegen en Zeekanaal nv) voor zijn gedreven inzet bij het realiseren van de projecten Lippenbroek en Kruikeke-Bazel-Rupelmonde.

AUTEURS:

Tom Maris is wetenschappelijk medewerker in de onderzoeksgroep Ecosysteembeheer van de Universiteit Antwerpen. Tom Cox, Sander Jacobs, Olivier Beauchard en Johnny Teuchies werken eveneens in deze onderzoeksgroep, onder leiding van professor Patrick Meire. Stijn Temmerman en Wouter Vandenbruwaene zijn onderzoekers binnen de groep Polaire Ecologie, Limnologie en Geomorfologie aan dezelfde universiteit. Chris Van Liefferinge is visserijbioloog bij het Agentschap voor Natuur en Bos.

CONTACT:

Tom Maris, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, Departement Biologie, Universiteit Antwerpen, Universiteitsplein 1C, 2610 Antwerpen. E-mail: tom.maris@ua.ac.be

Referenties

- Cahoon D.R., Lynch J.C., Perez B.C., Sequra B., Holland R., Stelly C., Stephenson G. & Hensel P. 2002. A device for high precision measurement of wetland sediment elevation: II. The rod surface elevation table. *Journal of Sedimentary Research* 72: 734-739.
- Cox T., Maris T., De Vleeschauwer P., De Mulder T., Soetaert K. & Meire P. 2006. Flood Control Areas as an opportunity to restore tidal habitat. *Ecological Engineering* 28: 55-63.
- French P.W. 2006. Managed realignment - The developing story of a comparatively new approach to soft engineering. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 409-423.
- Gribsholt B., Struyf E., Trammer A., de Brabandere L., Brion N., van Damme S., Meire P., Dehairs F., Middelburg J.J. & Boschker H.T.S. 2007. Nitrogen assimilation and short term retention in a nutrient-rich tidal freshwater marsh: a whole ecosystem ¹⁵N enrichment study. *Biogeosciences* 4: 11-26.
- Maris T., Cox T., Temmerman S., De Vleeschauwer P., Van Damme S., De Mulder T., Van den Bergh E. & Meire P. 2007. Tuning the tide: creating ecological conditions for tidal marsh development in a controlled inundation area. *Hydrobiologia* 588: 31-43.
- Struyf E., Dausse A., Van Damme S., Bal Kris, Gribsholt B., Boschker H.T.S., Middelburg J.J. & Meire P. 2006. Tidal marshes and biogenic silica recycling at the land-sea interface. *Limnology and oceanography* 51: 838-846.
- Struyf E., Van Damme S., Gribsholt B. & Meire P. 2005. Freshwater marshes as dissolved silica recyclers in an estuarine environment (Schelde estuary, Belgium). *Hydrobiologia* 540:69-77.
- Meire P., Ysebaert T., Van Damme S., van den Bergh E., Maris T. & Struyf E. 2005. The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia* 540: 1-11.
- Meire P., Van Damme S., Struyf E., Maris T. & Backx H. 2007. Ecosystem services: a key element in protecting biodiversity of wetlands, rivers and estuaries. In: Bourdeau P. (Red.), e.a. The millennium ecosystem assessment: implications for Belgium: proceedings of a conference held in Brussels, Belgium, 27 October 2006. Royal Academies of Sciences and the Arts of Belgium Brussel, p. 41-56.
- Mitsch W.J. & Gosselink J. 2000. *Wetlands*, third ed. John Wiley & Sons, New York.
- Pelletier H., Wanningen H., Speelman B. & Esselink P. 2004. Resultaten van een gedempt getijdenregime in polder Breebaart. *De Levende Natuur* 105: 191-194.
- Perry J.E., Barnard T.A., Bradshaw J.G., Friedrichs C.T., Havens K.J., Mason P.A., Priest W.I. & Silberhorn G.M. 2001. Creating tidal salt marshes in the Chesapeake Bay. *Journal of Coastal Research* 27: 170-191.
- Quammen M.L. 1986. Measuring the success of wetland mitigation. *National Wetlands Newsletter* 6-8.
- Van den Bergh E., Ysebaert T. & Meire P. 2005. Water bird communities in the Lower Zeeschelde: long-term changes near an expanding harbour. *Hydrobiologia* 540: 237-258.
- Zedler J.B. 2000. Progress in wetland restoration ecology. *Trends In Ecology & Evolution* 15: 402-407.