

Naar een duurzaam beheer van de Schelde

In het Schelde estuarium (fig. 1) kan de getijdennatuur nog overgaan van zout over brak naar zoet. Zonder sluizen of stuwen dringt het getij in de Zeeschelde, het Vlaamse deel van het estuarium, tot 160 km landinwaarts door, met een uitgestrekt zoetwatergetijdengebied als gevolg. De vorige eeuw ging deze waardevolle natuur echter sterk achteruit, zowel in oppervlakte als kwaliteit. Het Geactualiseerde Sigmaphan wil nu het tij keren.

De mens zette de Schelde naar zijn hand...

De voorbije 1000 jaren heeft de Schelde een ware metamorfose ondergaan. Reeds vanaf de vroege middeleeuwen trachtte de mens het estuarium naar zijn hand te zetten: inpolderingen en bedijkingen, gevolgd door rechttrekkingen en meer recent drie grote verruiming van de vaargeul richting Antwerpen hebben de vorm van de Schelde veranderd en vastgelegd (fig. 2). Voor landbouw en urbanisatie werden grote oppervlakten gewonnen op het estuarium; haventerreinen werden toegankelijk voor grote zeeschepen. Het areaal slikken en schorren ging sterk achteruit. In de 20ste eeuw ging nog ruim 8400 ha intertidaal habitat verloren door inpolderingen (Meire et al., 2005). Resterende habitats stonden onder grote druk door toegenomen dynamiek of slechte waterkwaliteit.

De waterkwaliteit kende in de 20ste eeuw een dramatische achteruitgang: onbeperkte lozingen van een groeiende industrie, urbanisatie en intensieve landbouw maakten van de Zeeschelde eind vorige eeuw een nagenoeg zuurstofloze, open riool. Dankzij de grote uitwisseling met Noordzeewater, ontsnapte de Westerschelde hier grotendeels aan.

... maar het systeem ontspoorde

De morfologische ingrepen bleven niet zonder gevolgen: het getij in de Schelde nam sterk toe. De hoogwaters te Antwerpen stegen de voorbije 100 jaar met meer dan een halve meter, wat aanzienlijk meer is dan de waargenomen zeespiegelstijging nabij de monding (ca 10 cm te Cadzand) (Depreiter et al., 2013). De toename in de zoete Zeeschelde is nog sterker en loopt op tot meer dan een meter. Deze toename is een gevolg van de trechtervorm van het estuarium die de getijgolf opstuwt waardoor de tijamplitude, het verschil tussen hoog- en laagwater, toeneemt. Vernauwing van die trechter door inpolderen en bedijken en verdiepen door baggerwerken en zandwinning hebben ertoe geleid dat de tijgolf zich sneller en dieper landinwaarts voortplant. De Schelde is hierin geen uitzondering: ook in andere estuaria zoals de Elbe, met Hamburg als belangrijke havenstad, hebben gelijkaardige ingrepen het getij doen toenemen.

Fig. 1. Kaart van het Schelde-estuarium. Groene vlakken zijn projectgebieden uit het Sigmaphan die in de tekst worden vermeld.

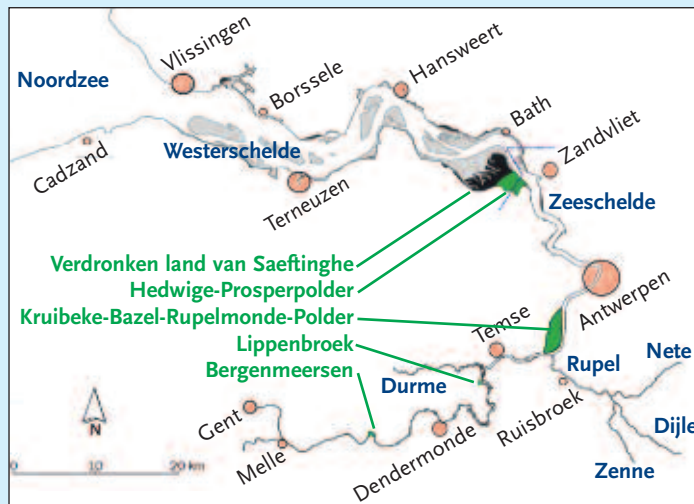


Fig. 2. Boven: Inpolderingen in de Westerschelde; Onder: verdieping van de vaargeul (km geeft afstand tot monding weer).

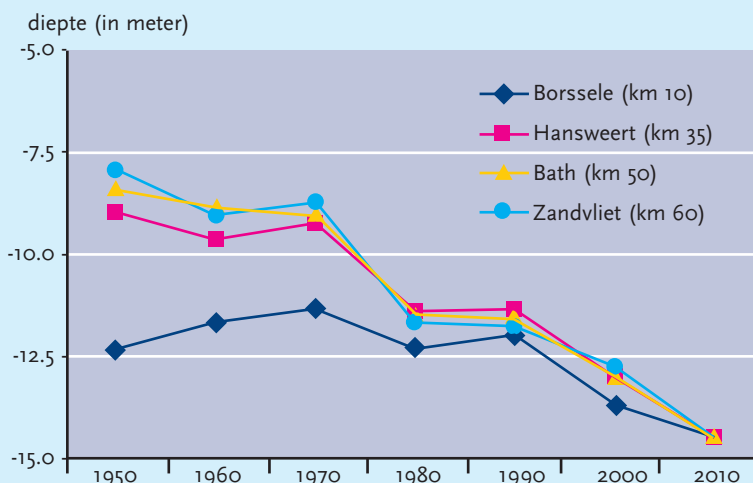
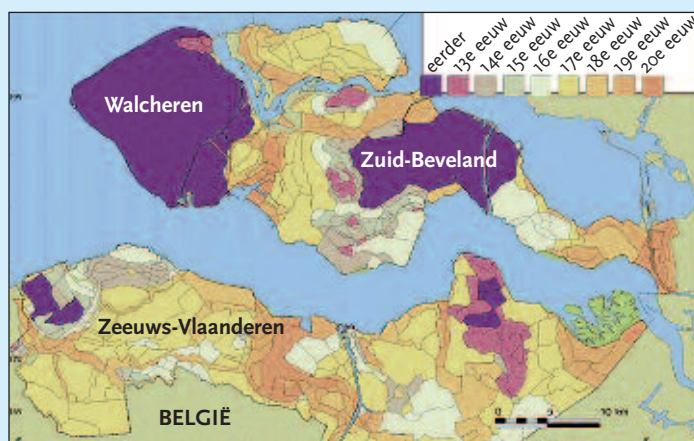
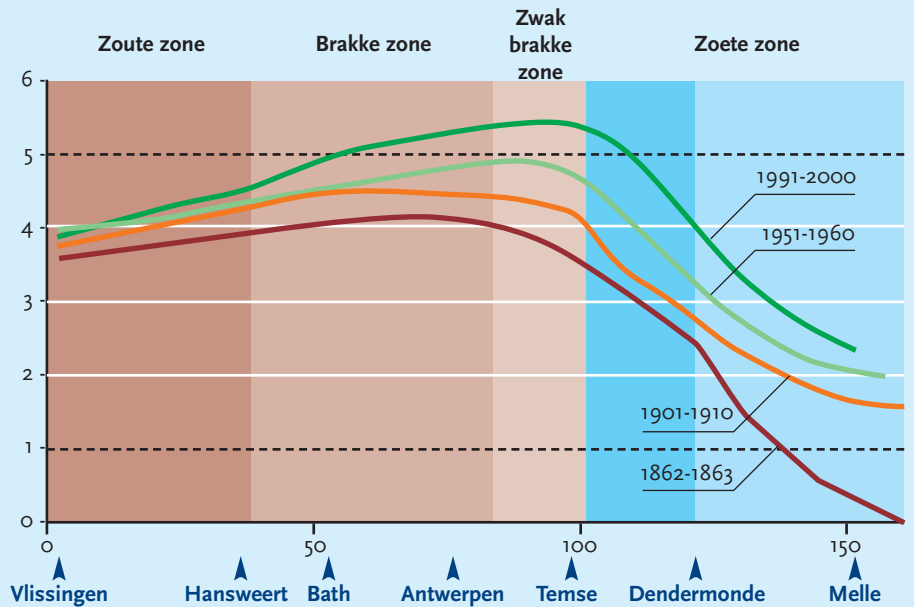


Fig. 3. Verloop van de tijamplitude tussen 1860 en nu in de Schelde (de Munter et al., 2010).



Figuur 3 toont hoe de tijamplitude toenam in het gehele estuarium, maar toch vooral in de Zeeschelde. Het getijmaximum kwam steeds verder landinwaarts te liggen. De hoogste waterstanden worden nu nabij Temse bereikt, op ca 100 km van de monding.

De gevolgen van stijgende hoogwaters bleven niet uit. In 1953 was er de rampzalige watersnood in Zeeland. In 1976 werd vooral Vlaanderen getroffen, met de zwaarste overstromingen te Ruisbroek.

De toegenomen tijamplitude uit zich niet enkel in stijgende hoogwaters. De verdieping van de vaargeul tot Antwerpen zorgt ook voor een daling van de laagwaterstanden (Depreiter et al., 2013). Het effect van de verdieping wordt hier dus deels teniet gedaan bij laagwater. Meer stroomopwaarts neemt de toegankelijkheid voor binnenschepen bij laagwater zelfs af.

In het Schelde-estuarium beïnvloeden water en land elkaar voortdurend: de vorm van het estuarium, de morfologie, bepaalt hoe het getij zich door het systeem voortplant. Die veranderingen hebben op hun beurt weer een invloed op de morfologie, welke soms onmiddellijk, en soms pas na lange tijd zichtbaar worden met effecten op de leefomgeving voor dieren en planten (foto 1a en 1b).

Een eerste gevolg van stijgende waterstanden zou de verdrinking van schorren kunnen zijn. Echter, door de toename van het getij worden schorren frequenter overspoeld met het sedimentrijke Scheldewater, waardoor ook de aanslibbing toeneemt. De schorren zijn bijgevolg meegroeid met het getij en liggen nu enkele meters hoger dan omliggende polders (Temmerman et al., 2003). Hierdoor werd het Verdrongen Land van Saeftinge, op de kustduinen na, het hoogste natuurlijke punt van Zeeland.

De schorren houden dan wel het hoofd boven water, toch verliezen ze vaak terrein. De hoogteligging van schorren neemt immers toe, terwijl de geul verdiept. Dit leidt tot zeer steile oevers met afkalving als gevolg. Normaal volgt na afkalving een nieuwe cyclus van schoropbouw. Met de toegenomen dynamiek is dit echter niet



Foto 1a. Afkalvend schor door erosie (boven) en **1b.** Verlande Durme (onder) (foto's: ECOBE/ Jens Verschaeren).

meer mogelijk, zodat schorranden, net als dijken, doorgaans worden gefixeerd met steenbestortingen.

Veranderingen in de morfologie wijzigen ook de vorm van het getij: de vloed wordt krachtiger, de eb zachter. Dit leidt tot meer opstuw van sediment, met sterke opslibbing in de uithoeken van het estuarium. Dit scheidt problemen voor scheepvaart, maar ook voor afwatering van de omliggende polders.

Ook de achteruitgang van waterkwaliteit eiste zijn tol. In het zoete deel was dit het meest dramatisch. Zo bleef het Roeipootkreeftje (*Eurythemora affinis*) dat normaal het zoöplankton domineert in het zoete water, door zuurstofgebrek beperkt tot het brakke water. In deze omstandigheden werd ook het visbestand gedecimeerd. De soortenrijkdom in de bodem was zeer pover en gedomineerd door een hoge dichtheid aan borstelarme ringwormen (oligochaeten).

Elk zijn eigen oplossing

LANDBOUW EN INDUSTRIE

Economische belangen (landbouw en industrie) zijn lang de belangrijkste drijfveer geweest achter grote ingrepen in de Schelde. Hiervoor werd reeds belicht hoe urbanisatie, landbouw en industrie, eenzijdig, het estuarium naar hun hand zetten.

VEILIGHEID

De toenemende waterstanden en overstromingen dwongen de overheden tot actie. In 1953 werd na de rampzalige watersnood in Zeeland gestart met de Deltawerken. In de Zeeschelde, waar de tol van de stormvloed veel minder hoog was, duurde het tot na de storm van 1976 vooraleer het Sigmapijan werd opgesteld. Beide plannen hadden slechts één doel voor ogen: het estuarium beschermen tegen stormen met een retourperiode van eens in 10.000 jaar. De aanpak tussen beide landen verschilde echter. In de Delta werd het getij teruggedrongen uit de meeste getijdearmen, waardoor de te verdedigen kustlijn kromp van 700 tot 80 km. De Westerschelde zelf bleef als belangrijke vaarweg open maar kreeg zware dijken. In de Zeeschelde daarentegen werden geen getijdearmen afgesloten: het getij kan nog steeds vrij de zijrivieren Durme, Rupel, Grote Nete, Kleine Nete, Dijle en Zenne optrekken, zodat het estuarium in totaal zo'n 235 km getijdenrivier rijk is (Meire et al., 2005). Om dit gebied te beschermen, voorzag het Sigmapijan niet enkel in meer dan 600 km dijkwerken

en een stormvloedkering nabij Antwerpen, maar ook in de aanleg van verschillende gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG, kader 1). Tegen de eeuwwisseling waren de meeste dijkwerken en GOG's voltooid. De werkzaamheden aan het grootste GOG, dat van Kruikeke-Bazel-Rupelmonde (KBR), werden dan pas opgestart; de plannen voor de peperdure stormvloedkering waren op de lange baan geschoven.

NATUURBEHOUD

In de Schelde heeft de maatschappelijke aandacht zich lange tijd gericht op de economische ontwikkeling: natuur was mooi, maar slechts bijzaak en zeker niet nuttig. Vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw groeide echter de aandacht voor het 'natuurschoon' en nam de maatschappelijke weerstand tegen grote infrastructuurwerken toe. Een breed scala aan instrumenten

werd ontwikkeld voor de juridische bescherming van die natuur. Deze benadering was zeer sectoraal.

Door internationale richtlijnen en overeenkomsten, zoals Ramsar-Conventie en de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn, in combinatie met nationale wetgeving, zijn slikken, schorren en grote delen van het Schelde estuarium en aangrenzende vallei/polders (inter)nationaal beschermd, omwille van 'het unieke karakter en de zeldzaamheid van de volledige estuariene gradiënt' en als overwinterings-, doortrek- en broedgebied.

De Europese visserijquotering leidde in de Westerschelde onder meer tot regelgeving voor de kokkelvisserij om voldoende voedsel voor vogels te behouden en ook op het gebied van waterkwaliteit kwam meer regelgeving, o.a. door de komst van de Europese Kaderrichtlijn water.

Kader 1. GOG-GGG

Om de Schelde te beschermen tegen stormvloeden, bouwt het Sigmapijan gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's). Dit zijn ingepolderde gebieden waarvan de rivierdijk wordt verlaagd, zodat tijdens een stormtij water gebufferd kan worden en de piek van de tijgolf aan kracht inboet. Een hoge ringdijk beschermt het achterland. Grote uitwateringssluizen laten bij eb het GOG snel leegstromen, zodat het klaar is voor een volgende storm.

Omdat stormtijden doorgaans in de winter voorkomen, zijn de GOG's in de zoete Schelde voor de rest van het jaar perfect te gebruiken als landbouwgebied. In het Geactualiseerde Sigmapijan wordt echter meer de focus gelegd op een natuurinvulling als wetland, broekbos of schorgebied.

Voor dit laatste is echter een permanente tijinvloed nodig. Hiervoor zorgt het Gecontroleerd Gereduceerd Getij (GGG): een uniek systeem met hoge inlaat en lage uitlaat (fig. A). Bij hoogwater zal een beperkte hoeveelheid water de polder binnenstromen, welke bij eb terugstroomt naar de Schelde. Zo kan een polder, die vaak een stuk lager gelegen is dan de natuurlijke schorren, toch onderhevig worden aan een getij gelijkaardig aan de natuurlijke situatie. De juiste hoogte en dimensies voor de inlaat- en uitlaat zijn hierbij van groot belang. Bij doortij mag het GGG, net als natuurlijke schorren, nauwelijks water ontvangen; bij springtij daarentegen moet het gebied blank staan. Dit nieuwe sluisconcept werd voor de eerste maal met succes toegepast te Lippenbroek. Sinds 2006 ontwikkelt zich in dit laag gelegen poldergebied, dankzij het GGG principe, een waardevol zoetwatergetijdengebied.

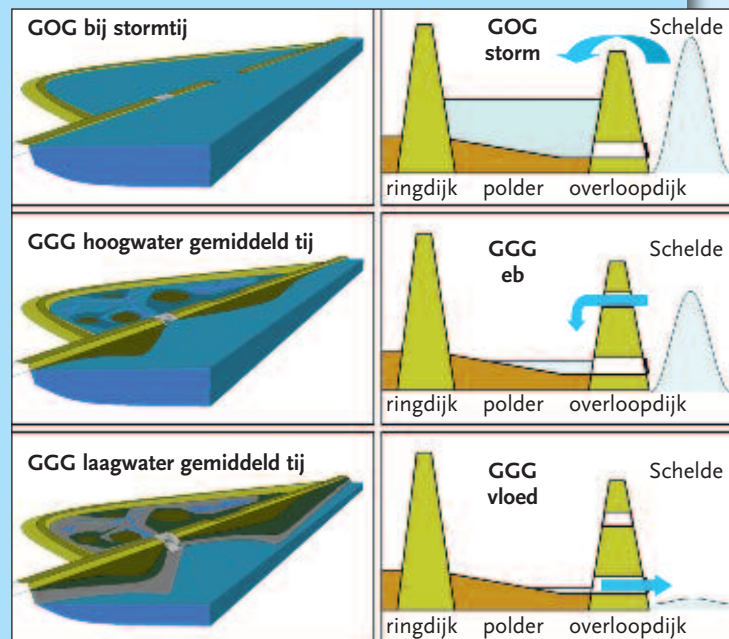


Fig. A. GOG-GGG bij stormtij, gemiddeld tij hoogwater en gemiddeld tij laagwater

Al deze wetteksten konden echter een verder verlies aan natuur niet voorkomen. De versnipperde, sectorale aanpak had geen impact op de grote trends in morfo- en hydrodynamiek, welke aan de basis lagen van de achteruitgang van de estuariene habitat. Zelfs het verlies aan oppervlakte door inpoldering of grote infrastructuurwerken kon niet volledig worden gestopt: vaak wogen economische belangen zwaarder dan ecologische en was de voorgeschreven compensatie onvolledig of versnipperd (de Haan et al., 2001). De inspanningen voor waterzuivering wierpen slechts langzaam vruchten af. Pas wanneer vanaf 2003 het zelfzuiverend vermogen van het ecosysteem herstelde, behoorden zuurstoftekorten tot het verleden (Cox et al., 2009).

Naar een integrale visie

LANGETERMIJNVISIE

Eind vorige eeuw groeide het besef dat niemand gebaat is bij een sectorale aanpak, maar dat er behoefte is aan een integrale visie voor het estuarium. Geen symptoombeheer, zoals een afkalvend schor met breuksteen beschermen, maar een integraal beheer dat de onderliggende problemen voor ecologisch herstel en natuurontwikkeling aanpakt. Dit vereist gedegen kennis van het systeem en kan enkel multidisciplinair benaderd worden. Verzoenen van water- en natuurbeheer is langzaam gegroeid. De publicatie van Plan Ooievaar en de realisatie van projecten zoals de Blauwe Kamer hebben hierbij zeer inspirerend gewerkt en geleid tot een eerste visie over een integrale benadering voor de Zeeschelde (Meire et al., 1992). Vervolgens gaven extreme waterstanden eind 1993 in Vlaanderen aanleiding tot een nood- en urgentieplan waterbeheer, met onder andere een versnelde afwerking van het Sigma-plan, maar wel volgens de principes van integraal waterbeheer. Dit betekende onder andere dat dijkverzwaringen niet meer ten koste van schorren, maar aan landzijde werden uitgevoerd. Ook de verdieping van de Westerschelde voor de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen speelde een belangrijke rol. De Vlaamse overheid en de milieubewegingen kwamen in een actieve dialoog. De gedachte van een integrale benadering werd verder uitgewerkt in maatregelen die niet alleen het ecologisch functioneren, maar ook het behoud van de karakteristieken van het ganse systeem beogen (Van den Bergh et al., 1999).

Een integraal plan ontwikkelen voor een complex systeem waarin belangen voor scheepvaart, overstromingsrisicobeheer en ecologisch herstel voor een grensoverschrijdende rivier moeten verzoend worden, is geen evidentie. Toch konden Nederland en Vlaanderen in 2001 de Lange-Termijn-Visie Schelde-estuarium (LTV) voorleggen. Bijzonder aan dit plan was niet alleen de integratie van de veiligheid, toegankelijkheid en natuurlijkheid, maar ook dat het estuarium in zijn geheel, van Vlissingen tot Gent, vanuit het ecosysteem-functioneren werd bekeken. Als vervolg hierop werd vervolgens de ontwikkelingschets 2010 gemaakt wat maatregelen voor zowel de verdieping, de veiligheid als het herstel van natuur omvatte. Ruimte voor de rivier was het leidend principe bij de invulling van het streefbeeld natuurlijkheid uit de Langetermijnvisie wat onder andere de ontpoldering van de Hedwige en Prosperpolder inhield en de afwerking van het Geactualiseerde Sigma-plan (Proses, 2005).

NATUUR IS NUTTIG ...

Naast de gedachtegang van ruimte voor de rivier en het belang van een systeembenadering, heeft ook het inzicht in het belang en nut van de natuur een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van de integrale visie. Inderdaad, natuur is nuttig: het natuurlijke Schelde-ecosysteem levert ons vele voordelen: de zogenoemde ecosystemendiensten. Denk maar aan voedsel, zoals vis of schaaldieren, en bouwstoffen, zoals zand. Maar naast het leveren van goederen, speelt het ecosysteem ook een belangrijke rol als vaarweg, het zuivert water, legt koolstof vast, reguleert getijdestroming en zorgt voor een natuurlijke buffer en bescherming. Slikken en schorren bijvoorbeeld vervullen vele essentiële ecosystemefuncties. Als habitat dragen ze bij tot de biodiversiteit van het estuarium. Ze zijn paai-, broed- of opgroeiplaats van talrijke organismen, en zijn zo essentieel habitat voor economisch belangrijke soorten, zoals de Tong (*Solea solea*). Verder dragen schorren bij tot de waterkwaliteit: ze verwijderen stikstof (Gribsholt et al., 2005) en vormen een bron aan opgelost silicium, essentieel voor de groei van kiezelwieren (Struyf et al., 2005). Vooral in de Zeeschelde, waar de oppervlakte schor relatief groot is ten opzichte van het watervolume, zijn schorren van groot belang voor het aquatische ecosysteem. Ook in de bescherming tegen

overstromingen zijn grote schorgebieden essentieel. Toch wordt de rol van intertidale gebieden en vooral ontpolderingen nog sterk onderschat. Bovendien zou het positieve effect op veiligheid sterk afnemen naarmate het gebied opslibt. Niets is minder waar. Voor het Verdronken Land van Saeftinge wijzen modelstudies uit dat dit gebied bij hevige stormtijden de waterstand bij Antwerpen zo'n 20 cm kan verlagen. Naarmate Saeftinge opslibde, vergrootte bovendien dit effect. Door de relatief hoge ligging zal immers enkel de top van een stormtijgolf het Verdronken Land overspoelen. Dus bij de meest kritische waterstand komt er plots een groot schoroppervlak beschikbaar om de energie van de tijgolf te temperen. Ook kleine schorren bewijzen hun nut in de strijd tegen het water; ze beschermen immers de achterliggende dijk tegen golfslag en erosie.

... EN VOORDELIG!

De diensten die de natuur ons levert, kosten bovendien nagenoeg niets en worden daarom onvoldoende naar waarde geschat. Nemen we terug het voorbeeld van de schorren: zet deze om in poldergrond en je wint waardevolle landbouwgrond, die ogenschijnlijk meer kan opbrengen dan het oorspronkelijke natuurlijke habitat. Landbouwgebieden teruggeven aan het estuarium wordt dan ook ervaren als een verlies, waar enkel een aantal planten en dieren wel bij varen. Niets is minder waar. Neem het voorbeeld van de omstreden Hedwigepolder: wanneer alle kosten en baten worden vergeleken, is ontpolderen hier een gunstige zaak. De huidige polder kent uiteraard een belangrijke landbouwopbrengst. Ook landschappelijk en ecologisch heeft het gebied een waarde. Maar het gebied kent vandaag ook kosten: CO₂-uitstoot, fijn stof en watervervuiling afkomstig van de landbouw. Wordt het gebied ontpolderd, verdwijnen die nadelen natuurlijk, maar ook de opbrengst. In ruil komen er bijdragen aan waterzuivering, CO₂-vastlegging, biodiversiteit, voedselketen, veiligheid, ... Maken we de slotsom, dan blijkt een ontpoldering meer baten te bieden dan het huidige landbouwgebruik.

Geactualiseerd Sigma-plan

In 2005 was het originele Sigma-plan aan herziening toe. Het Geactualiseerde Sigma-plan brengt nu de gevolgen van de zeespiegelstijging mee in rekening en vertrekt vanuit de nieuwe inzichten inzake integraal

waterbeheer. De focus van het plan verschoof van een strikt veiligheidsplan naar een integraal plan waarin veiligheid en natuur samengaan. Vanuit deze filosofie wordt de bouw van de stormvloedkering afgevoerd. In ruil worden extra GOG's toegevoegd, welke in vele gevallen een invulling krijgen als wetland of slik- en schor gebied via het GGG principe (kader 1). Dankzij het herstel van verschillende ecosysteemdiensten wees een maatschappelijke kosten-baten analyse uit dat dit plan

met zowel veiligheids- als natuurmaatregelen een kortere terugverdientijd kent dan varianten met louter een veiligheidsfunctie. Het Geactualiseerde Sigmaphan voorziet in meer dan 2500 ha GOG's en 500 km dijkverzwaringen. Deze dijkversterkingen zijn grotendeels voltooid en een tiental GOG's is reeds in werking (Coen et al., 2010), waarvan intussen twee succesvol met GGG werking: Lippenbroek (Maris et al., 2008) en Bergenmeersen (De Beukelaer-Dossche & Decleyre, 2013). De komende

tien jaar zullen nog 12 GOG's aangelegd worden, waarvan de helft met gereduceerd getij. In het zoete deel alleen al, zal het Sigmaphan in totaal zo'n 1000 ha slikken en schorren creëren in GOG-GGG's en 600 ha door ontpolderingen. Hierdoor zal de oppervlakte van deze zeldzame maar inzake ecosysteemdiensten zeer nuttige habitattypes, meer dan verdubbelen. Het succes van de maatregelen uit het Sigmaphan, zowel op ecologisch vlak als voor veiligheid, overtuigen ons dat de benade-



Kader 2. Sinterklaasstorm

Hoe veilig is het Geactualiseerde Sigmaphan in de praktijk? Het bewijs kan enkel geleverd worden tijdens een echt stormtij: de zogenaamde Sinterklaasstorm op 6 december 2013. In de nacht van 5 op 6 december ging een stevige noordwesterstorm op zee gepaard met een springtij. Deze zorgde aan de monding van het estuarium voor de hoogste

waterstanden sinds 1953 en stelde daarmee het Sigmaphan duidelijk op de proef. De overstromingsgebieden echter werkten zoals voorzien en vrijwaarden de Schelde van wateroverlast (foto A). Toch is er nog geen reden voor euforie: de Sinterklaasstorm was slechts een storm met een retourperiode van 1 op 20 jaar aan de kust, in het estuarium zelfs 1 op 10 jaar. Gelukkig was het regengebied

op 6 december zeer laag; bij hoge afvoer waren de waterstanden, zeker in de meest stroomopwaartse zoete delen, een stuk hoger geweest. Bovendien is de kans op extreme waterstanden zoals in 1953, door de gestage toename van de tilslag in de Schelde, toegenomen naar eens in 20 à 30 jaar. Een snelle afwerking van het Sigmaphan is dus meer dan noodzakelijk.

Foto A. Overstromingsgebieden Bergenmeersen (voorground) en Paardeweide (achtergrond) in werking tijdens stormtij (Flanders Hydraulics Research, Hydrological Information Center).

ring vanuit ecosysteemdiensten niet enkel haalbaar is, maar ook de meest duurzame oplossing biedt (Temmerman et al., 2013; kader 2).

Literatuur

Bergh, E. Van den, P. Meire, M. Hoffmann & T. Ysebaert, 1999. Natuurherstelplan Zeeschelde: drie mogelijke inrichtingsvarianten. Rapport IN 99.18.

Beukelaer-Dossche, M. De & D. Decleyre (red.), 2013. Bergenmeersen: bouw van een gecontroleerd overstromingsgebied met gecontroleerd gereduceerd getij in het kader van het Sigmaplan. Waterwegen en Zeekanaal/ Agentschap voor Natuur en Bos: Antwerpen. ISBN 9789040303395.

Coen, L., E. Taverniers, P. Peeters & F. Mostaert, 2010. Inschatting GOG-werking langs Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren. Periode 1981-2005. Versie 2_0. WL Rapporten, 713_15d. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Cox, T.J.S., T. Maris, K. Soetaert, D.J. Conley, S. Van Damme, P. Meire, J.J. Middelburg, M. Vos & E. Struyf, 2009. A macro-tidal freshwater ecosystem recovering from hypereutrophication: the Schelde case study. *Biogeosciences* 6(12): 2935-2948.

Depreiter, D., J. Cleveringa, T. van der Laan, T. Maris, T. Ysebaert & S. Wijnhoven, 2013. T2009-rapport Schelde-estuarium. IMDC/Arcadis/Universiteit Antwerpen/Imares/NIOZ: Belgium & Netherlands.

Gribsholt, B., H.T.S. Boschker, E. Struyf, M. Andersson, A. Trammer, L. De Brabandere, S. Van Damme, N. Brion, P. Meire, F. Dehairs, J.J. Middelburg & C.H.R. Heip, 2005. Nitrogen processing in a tidal freshwater marsh: a whole-ecosystem ¹⁵N labeling study. *Limnol. Oceanogr.* 50(6): 1945-1959.

Haan, W.A.M. de, E. Van den Bergh & C. Jacobs, 2001. Bescherming en beheer van het Schelde-estuarium. *De Levende Natuur* 102(2): 88-91.

Maris, T., T. Cox, S. Jacobs, O. Beauchard, J. Teuchies, C. van Liefveringe, S. Temmerman, W. Vandenbruwaene & P. Meire, 2008. Natuurontwikkeling in het Lippenbroek. Herstel van estuariene natuur via een gecontroleerd gereduceerd getij. *Natuur.focus* 7(1): 21-27.

Meire, P., G. Rossaert, N. De Regge, T. Ysebaert & E. Kuijken, 1992. Het Schelde-estuarium: ecologische beschrijving en een visie op de toekomst. Rapport RUG-WWE no 28/IN A 92.57.

Meire, P., T.J. Ysebaert, S. Van Damme, E. Van den Bergh, T. Maris & E. Struyf, 2005. The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia* 540(1-3): 1-11.

Munter, E. de, T. Maris, E. Van den Bergh & B. Vandevoorde, 2010. De Schelde: een stroom natuurtalent. Agentschap voor Natuur en Bos: Brussel.

PROSES, 2005. De Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium: Besluiten van de Nederlandse en Vlaamse regering. Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium (Proses) in opdracht van de Technische Scheldec commissie. Bergen op Zoom.

Struyf, E., S. Van Damme, B. Gribsholt & P. Meire, 2005. Freshwater marshes as dissolved silica recyclers in an estuarine environment (Schelde estuary, Belgium). *Hydrobiologia* 540(1-3): 69-77.

Temmerman, S., G. Govers, P. Meire & S. Wartel, 2003. Modelling long-term tidal marsh growth under changing tidal conditions and suspended sediment concentrations, Scheldt estuary, Belgium. *Mar. Geol.* 193(1-2): 151-169.

Temmerman, S., P. Meire, T. Bouma, P. Herman, T. Ysebaert & H. De Vriend, 2013. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature* 504: 79-83.

Summary

Towards a sustainable management of the Scheldt estuary

The Scheldt estuary, still having the full salinity gradient, from salt over brackish to freshwater habitats, is facing enormous ecological pressure. Major human induced morphological changes have altered the tidal wave. In the past, no integrated management existed: measures like land reclamation, dredging, flood protection or habitat restoration were taken independently, without looking at the entire functioning of the system. Now, an integrated vision has been worked out, with ecosystem functioning as a starting point. This new approach has been elaborated in the Actualized Sigmaplan for the Zeeschelde.

Ir. T. Maris
ECOBE – Universiteit Antwerpen
Campus Drie Eiken
Universiteitsplein 1
B-2610 Wilrijk, België
tom.maris@uantwerpen.be

L. Coen
Waterbouwkundig Laboratorium,
Vlaamse Overheid
Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen, België
leen.coen@mow.vlaanderen.be

Ir. W. Dauwe
Waterwegen & Zeekanaal (W&Z),
afdeling Zeeschelde
Anna Bijns-gebouw
Lange Kievitstraat 111-113 bus 44
B-2018 Antwerpen, België
wim.dauwe@wenz.be

W. Mertens
Agentschap voor Natuur en Bos (ANB),
Vlaamse overheid
Kliniekstraat 25
B-1070 Brussel, België
wim.mertens@inbo.be

Dr. E. Van den Bergh
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
(INBO)
Kliniekstraat 25
B-1070 Brussel, België
erika.vandenbergh@inbo.be

Prof. Dr. P. Meire
ECOBE – Universiteit Antwerpen
Campus Drie Eiken
Universiteitsplein 1
B-2610 Wilrijk, België
patrick.meire@uantwerpen.be

**Doe mee
met de
lezersenquête!**

www.delevendenatuur.nl

