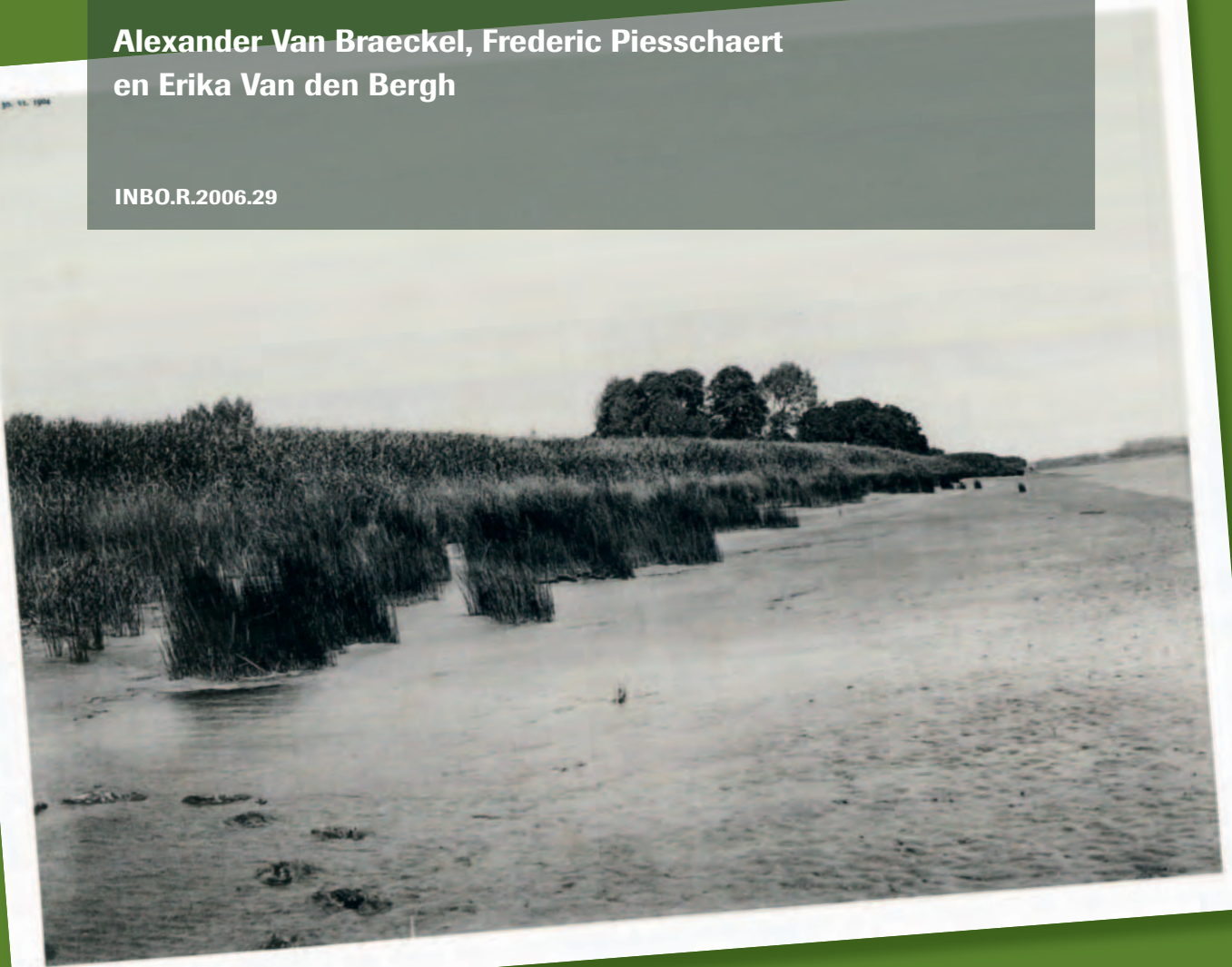


# Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19e eeuw tot heden.

Alexander Van Braeckel, Frederic Piesschaert en Erika Van den Bergh

INBO.R.2006.29



**Auteurs:**

Alexander Van Braeckel, Frederic Piesschaert en Erika Van den Bergh

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek  
Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse overheid

**Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek**

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is ontstaan door de fusie van het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (IBW) en het Instituut voor Natuurbehoud (IN).

**Vestiging:**

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

**e-mail:**

alexander.van.braeckel@inbo.be

**Wijze van citeren:**

Van Braeckel A., Piesschaert F. & Van den Bergh E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19e eeuw tot heden. INBO.R.2006.29. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

**D/2007/3241/115**

**INBO.R.2006.29**

**ISSN: 1782-9054**

**Foto cover:**

Jean Massart, 30 juni 1904

**Realisatie:**

Dit onderzoek gebeurde in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Maritieme Toegang

**Druk:**

Management ondersteunende diensten van de Vlaamse overheid

**Verantwoordelijke uitgever:**

E. Kuijken



**Historische analyse van de Zeeschelde  
en haar getijgebonden zijrivieren.  
*19<sup>e</sup> eeuw tot heden.***

Historical analysis of the Zeeschelde and  
tidal tributaries.  
*19<sup>th</sup> century till present.*

**Alexander Van Braeckel, Frederic Piesschaert  
en Erika Van den Bergh**

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek  
INBO.R.2006.29



## Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van een aantal belangrijke (natuurlijke) processen en antropogene ingrepen die sinds 1850 plaats vonden in het estuarium van de Zeeschelde en haar tijgebonden zijrivieren Rupel en Durme. Er wordt hiervoor gebruik gemaakt van verschillende historische kaartenreeksen (vanaf het begin van de 19e eeuw), luchtfoto's (vanaf 1944), en getij- en bathymetrische meetreeksen (vanaf het begin van de 20e eeuw). De combinatie van die verschillende bronnen maakt het mogelijk om in navolging van de Westerschelde ook voor de Zeeschelde de historische evolutie van de buitendijkse gebieden en van een aantal belangrijke abiotische parameters in kaart te brengen. Deze kennis is noodzakelijk bij de inschatting en beoordeling van de effecten van natuurlijke evoluties (zeespiegelstijging en veranderingen in neerslagpatronen) en antropogene fysische ingrepen (verdieping en verruiming van Westerschelde en Zeeschelde, zandwinning, veranderingen van bovenafvoer, rechttrekkingen, inpolderingen, bedijking en ontpolderingen) op de arealen en de kwaliteit van de estuariene habitats. Ook voor het bepalen van instandhoudingsdoelstellingen kan gebrek aan inzicht in de historie van slik- en schorgebieden langs de Zeeschelde problematisch zijn. Aangezien er in Europa weinig of geen goed bewaarde zoetwatergetijdegebieden zijn, kan een zinvolle referentietoestand voor de Zeeschelde (dwz de toestand van het intergetijdengebied vóór de belangrijke rechttrekkingen, infrastructuurwerken en wijzigingen aan de bovenafvoer) enkel vastgesteld worden door terug te gaan in de tijd.

Het rapport is opgebouwd uit drie grote delen:

1. Om de *ecotoopevolutie* in de Zeeschelde te kunnen schetsen werd, naar analogie met het zoute ecotopenstelsel (ZES) dat in de Westerschelde gebruikt wordt, een aanzet gegeven tot een ecotopenstelsel specifiek voor de brakke en zoete estuariene ecotopen van de Zeeschelde. De bespreking van de ecotoopevolutie gebeurt per 'fysiotoop' (fysisch gekarakteriseerde eenheid) dat op het eerste niveau van het voorgestelde ecotopenstelsel wordt onderscheiden: sublitorale zone (hoofdgeul), litorale zone (slik) en supralitorale zone (schorren en voormalige vloesystemen).
2. Bij de bespreking van de *evolutie van abiotische parameters* wordt dieper ingegaan op een aantal hydrodynamische en morfologische parameters van de Schelde die inzicht verschaffen in de abiotische (voornamelijk fysische) veranderingen waaraan de sublitorale, litorale en supralitorale gebieden werden blootgesteld.
3. Een belangrijke doelstelling van het project bestond erin een overzicht te geven van de *antropogene ingrepen en natuurlijke wijzigingen sinds het begin van de 19e eeuw* met mogelijke effecten op de arealen en de kwaliteit van de estuariene ecotopen in de Zeeschelde. De aard van die ingrepen is zeer divers: inpolderingen/bedijkingen, dijkwerken, aanleg infrastructuur, wijzigend landgebruik, ophogingen, ontpoldering, baggerwerken, rechttrekkingen, normalisaties en wijzigingen in de rivierdynamiek.

### Wijzigend getij

Binnen een estuarien systeem is één van de belangrijkste sturende abiotische parameters het getij, met als belangrijkste karakteristieken het gemiddeld hoog en laag water, de getij-asymmetrie en de getijamplitude. Bij de analyse van deze getijkarakteristieken werden zowel temporele (globale veranderingen doorheen de tijd) als ruimtelijke (verschillend naargelang de locatie in het estuarium) veranderingen waargenomen binnen de verschillende saliniteitszones van de Zeeschelde, Durme en Rupel.

Het gemiddeld hoogwater (GHW) stijgt in de tijd over het volledige estuarium. De stijging is het grootst in de meest stroomopwaarts gelegen zoete zone met korte verblijftijd. Het maximale GHW verschuift op honderd jaar tijd van Antwerpen naar Sint-Amands. Ook in de zijrivieren verandert het GHW sterk.

Het gemiddeld laagwater (GLW) en getijasymmetrie vertonen een minder éénduidig verloop en lijken directer te reageren op antropogene ingrepen. Langs de Rupel en in de meso- en oligohaliene zone van de Zeeschelde daalt het GLW sterk in de tijd terwijl de getijasymmetrie toeneemt. In de zoete zone met lange verblijftijd blijven het GLW en de getijasymmetrie stabiel tot 1970 – de periode van de 1e verdieping. Nadien daalt het GLW zeer sterk binnen deze zone. In de zoete zone

met korte verblijftijd stijgen GLW en getijasymmetrie tot 1970. De reductie van de bovenafvoer en de vele rechttrekkingen hebben daar zeker een rol in gespeeld. Na 1970 dalen GLW en getijasymmetrie opnieuw. In de Durme daalt het GLW aan de monding; meer stroomopwaarts stijgt het GLW door sedimentatie van de geul. Ook hierin spelen onthoofding en rechttrekkingen een belangrijke rol, wat weerspiegeld wordt in de stroomopwaarts toenemende getijasymmetrie.

Door de veranderingen in GHW en GLW treedt een stijging op van de getijamplitude in zowel de Zeeschelde als de Rupel. In de Zeeschelde verschuift de zone met maximale getijamplitude op honderd jaar tijd van Lillo naar Temse. In de Rupel stijgt de amplitude globaal in de tijd, maar in mindere mate in de meest stroomopwaartse zone. De Durme vertoont een heel gevarieerde evolutie met een dalende amplitude aan het begin van de eeuw, een stijging tot de periode 1931-1940 en daarna een stijging in het stroomafwaartse en een daling in het stroomopwaartse deel.

### Wijzigende morfologie

De evolutie van de morfologie van het estuarium verschaft een globaal inzicht in de wijzigingen die mogelijk mee aan de grondslag liggen van de evoluties in het hydrodynamisch regime. De belangrijkste wijzigingen zijn de verkorting van de rivieras (rechttrekkingen), de vermindering van de stroombergende breedte (door inpolderingen langs Wester- en Zeeschelde) en een gewijzigde verdeling van de stroomberging langs de rivier .

Rechttrekkingen van de rivier zijn rechtstreekse aantastingen van haar natuurlijke morfologie. Naast de invloed op de getijkarakteristieken heeft dit ook een ingrijpend effect op de connectiviteit van de rivier met haar vallei. Binnen de zoete zone met korte verblijftijd is de loop van de rivier 22% (10,5km) verkort. De sinuositeit daalde hierdoor sterk en de rivier ging in dit traject over van een kronkelend naar een recht verloop. De rechttrekkingen zorgden voor een rechtstreeks verlies van zowel sublitorale, litorale als supralitorale habitats. Door de bijhorende verhoging van de dijken en normalisering van de vaargeul (uitbochting en verdieping) werden de aangrenzende overstromingsgebieden van de rivier geïsoleerd. In de zoete zone met korte verblijftijd leidde dit tot een verlies van 95 % (826ha) aan potentieel overstromingsgebied. Ook de zijrivieren bleven niet gespaard van deze ingrepen. Door rechttrekkingen is de Durme 12% (2,5km) korter geworden. De connectiviteit tussen rivier en vallei verminderde ook door het onttrekken van de meeste getijgebonden zijbeken, grachten en hun aangrenzende zones aan de getij-inval. Vooral de afsluiting van de Vliet langs de Rupel, waardoor op slag 1/3 van de buitendijkse gebieden langs de Rupel verdween, is een zeer drastische ingreep geweest. Vismigratie tussen hoofdstroom en vallei werd door het afsluiten van deze beken plots een stuk moeilijker.

De grootste wijzigingen in de stroombergende breedte zijn opgetreden in de mesohaliene zone (inpolderingen Prosperpolder, Hedwigepolder, Groot Buitenschoor en Ketenisseschor), de zoete zone met korte verblijftijd (wegvallen van alluviale berging door bedijking van onder meer de Damvallei en wegvallen van de vloeisystemen in de Kalkense Meersen) en de Durme (wegvallen vloeisystemen tussen 1955 en 1990 leidde hier tot 87,4 % of 730ha minder overstromingsgebied dan in 1850). Ook aan Tielrode en St.Amands nam de breedte sterk af. Langs de Rupel gebeurde de grootste inpoldering door het afsluiten van de Vliet. Tussen 1955 en 1990 ging hier ook veel areaal verloren door infrastructuurwerken.

De stroomberging (gedefinieerd als stroombergende breedte x amplitude) steeg sterk tussen 1850 en 1920 door de stijging in getijamplitude. De maximale stroomberging gebeurde in 1850 ter hoogte van de Beneden-Zeeschelde. Door veranderingen in stroombergende breedte verschoof dit later steeds meer in stroomopwaartse richting.

### Gevolgen voor het ecosysteem

Al deze abiotische veranderingen hadden een grote impact op het ecosysteem van de Schelde. In het midden van de 19e eeuw kende het Schelde-estuarium nog een volledige gradiënt van microtidaal tot mesotidaal regime. De getij-inval reikte maar tot aan de Kalkense Meersen. Tussen midden 19e eeuw en begin 20e eeuw schoof de getij-inval tot de sluis van Gent als gevolg van de manipulatie van de bovenafvoer en/of de rechttrekkingen. Na 1970 wordt een steeds grotere zone getypeerd door een macrotidaal regime (>5m).

Binnen de sublitorale zone (hoofdgeul) van de Beneden-Zeeschelde (vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot de Rupel) is het netto-aandeel aan ecologisch waardevol ondiep water

tussen 1930 en nu sterk afgenomen ten voordele van diep water. In 1930 en 1950 vertoont het sublitoraal nog steeds een natuurlijke, geleidelijke gradiënt van diepe naar ondiepe waterzones, in tegenstelling tot de situatie in 2003. Zo zijn de bufferende, ondiepe zones voor de platen van Doel, Lillo en de Ballastplaat nagenoeg volledig verdwenen.

Het areaal aan litorale zones (slik) daalde sterk tov 1850. Verontrustend is vooral ook de snelle tendens van afslaan van slikken tussen 1990 en 2003. De evolutie van arealen en ecotopen in de litorale zone moet echter nog verder uitgewerkt worden.

De supralitorale zone (schorren en voormalige vloeisystemen) is door de eeuwen heen het sterkst bloot gesteld aan antropogene ingrepen. In de 19e en eerste helft van de 20e eeuw veroorzaakten die ingrepen vaak direct verlies aan supralitorale zones. Tijdens de laatste decennia zijn indirecte verliezen belangrijker geworden ten gevolge van de toenemende getijamplitude en –energie.

Voor de supralitorale zone werden de arealen van vier periodes met elkaar vergeleken:

- 1850 - toestand weergegeven op het gereduceerd kadaster. Het is een belangrijke historische referentie omdat ze dateert van vóór de belangrijke rechttrekkingen en normalisatiewerken aan het meest stroomopwaartse deel van de Zeeschelde.
- 1920 - toestand weergegeven op de topografische kaart Dépôt de la Guerre 3.
- 2003 - toestand weergegeven op de laatste vegetatiekartering van de Zeeschelde.
- Toekomstscenario – toestand na uitvoering van de Actualisatie Sigmaphan en het daarin voorziene Meest Wenselijk Alternatief

De oppervlakte aan supralitorale gebieden was in 1920 met 13% en in 2003 met 82% gedaald in vergelijking met de situatie in 1850. Bij de volledige realisatie van het toekomstscenario zal het areaal maximaal 71% van dat in 1850 bedragen, ondanks de sterke toename van de getij-invloed in de Zeeschelde. Enkel in het oligohalien en het zoete deel met lange verblijftijd zal méér supralitoraal gebied beschikbaar zijn dan er in 1850 was, maar elders nog steeds veel minder.

Niet alleen de schorarealen zijn sterk veranderd, ook de bedijking en het grondgebruik van de schorren veranderde sterk doorheen de tijd. In 1850 was 69% van de supralitorale zones onbedijkt (vooral in de meest stroomopwaarts gelegen zones). In 1920 is dit gedaald tot 28%. In 2003 zijn de nog resterende schorren allen onbedijkt; bedijkte vloeisystemen bestaan nog nauwelijks.

Tot 1950 waren zo goed als alle supralitorale gebieden in cultuur gebracht, behalve in de mesohaliene zone. Langs de Durme en zoete zone met korte verblijftijd gaat het bijna uitsluitend over vloeiveiden, in de andere zones ook over schorren in cultuur. Het gaat hierbij om kleinschalig extensief landbouwgebruik als hooi- en weiland. De wijmenteelt neemt sterk in belang toe van het einde van de 19e eeuw tot WOI en raakt terug in verval na 1920. Vanaf 1950 raken de vloeisystemen in onbruik door o.a. de verslechterende waterkwaliteit. In vele buitendijkse gebieden wordt niet langer aan landbouw gedaan en gaat de natuurlijke ontwikkeling op het schor haar gang. Vanaf de jaren 80 wordt op veel schorren extensief natuurbeheer opgestart.

Om niet een louter kwantitatief beeld te schetsen van de toestand van de schorren, werden de vegetatietypes uit de karteringen van 1992 en 2003 voor de grote schorgebieden in detail met elkaar vergeleken. Hieruit bleek dat het aandeel van climaxvegetaties (riet in de brakke zone en wilgenbos en –struweel in de zoete zone) sterk is toegenomen ten koste van pioniervegetaties, biezten en ruigtes. Naast een afname in de arealen treedt dus ook een afname van de habitatdiversiteit op in de schorren. Dit is enerzijds het gevolg van de natuurlijke successie op de schorren naar een climaxvegetatie, anderzijds staan pionier- en lagere schorzones onder buitengewoon hoge hydromorfologische druk in de huidige configuratie van het estuarium.

### Besluit

Deze historische analyse leidde tot de basishypothese dat met de huidige geometrie en abiotische omstandigheden in het estuarium, het areaal aan schorren, slikken en ondiepe sublitorale habitats niet op een duurzame manier in stand kan gehouden worden. De enige manier om hieraan te verhelpen is meer ruimte geven aan de rivier door de realisatie van nieuwe estuariene natuur. Daarnaast werden nog verschillende andere stellingen en hypothesen geformuleerd die verder moeten getoetst worden. Vooral de (modelmatige) analyse van concrete oorzaak -gevolg relaties tussen verschillende natuurlijke en antropogene evoluties van abiotische parameters enerzijds en de evolutie van de ecotopen anderzijds is een belangrijk proces bij het aanvaarden of verwerpen van deze hypothesen.





## Summary

The River Scheldt currently has a macrotidal estuary with a tidal reach of 160km. It covers a complete salinity gradient with a polyhaline, mesohaline and oligohaline zone and a fresh water part with long and short retention time of chloride. The estuary and its tidal tributaries Durme and Rupel have been heavily influenced by anthropogenic pressures such as land reclamation, harbour expansion, dredging activities, embankments and urbanisation. A good understanding of the impact of human interventions on the ecological functioning of the estuarine ecosystem is required. Based on this knowledge appropriate compensation or mitigation measures can be taken in response or anticipation to future negative effects of anthropogenic changes and relative sea level rise. In this study, all available data on tidal regime (1850-2000), bathymetric charts (1930, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000) historical maps from the beginning of the 19th century onwards and aerial photographs from 1944 onwards were compiled and analysed for the Zeeschelde (Belgian part of the Scheldt estuary) and the tidal tributary river sections.

The report deals with three main issues:

(1) Ecological changes during the past century are analysed using a hierarchical ecotope approach. The evolution of the acreage of the distinguished physiotopes (physically characterised units) and ecotopes such as shallow waters, tidal mudflats and marshes are analysed for each salinity zone or river section;

(2) Changes in hydrodynamic and morphological parameters are analysed over the past century;

(3) An overview of anthropogenic interventions and natural changes with potential effects on habitat acreage and quality in the Zeeschelde and its tidal tributaries in the past two centuries. The nature of the interventions is very diverse: reclamations, diking, land use change, infrastructure works, dredging activities, canalisations, discharge manipulations and changes in river dynamics.

### Changes in tidal regime

Because tidal regime is a key factor in an estuarine ecosystem, we analysed the characteristics of the ten year mean high water (MHW), mean low water (MLW), tidal asymmetry and the tidal amplitude. Temporal and spatial patterns of these parameters are examined within different salinity zones in the Scheldt, the Durme and the Rupel.

MHW shows a gradual increase in the whole Scheldt estuary. The highest rise is located in the fresh water part with short retention time. Maximum MHW shifted 32km upstream from Antwerp to Sint-Amands within one century.

MLW and tidal asymmetry show a more irregular pattern and are more sensitive to anthropogenic activities such as dredging and deepening in the navigation channel. MLW dropped in the past century in the harbour zone of the Scheldt between the Dutch-Belgian border and the confluence of the Rupel and along the Rupel. In the fresh water zone with long retention time, MLW and tidal asymmetry changed little till 1970 (1st deepening of the Scheldt). After this period MLW strongly dropped as in most other river sections. MLW and tidal asymmetry in the fresh water zone with short retention time increased between 1900 and 1970 and were presumably affected by river discharge reductions and canalisations. After the 70's MLW and tidal asymmetry decreased again. In the Durme MLW dropped at the confluence, more upstream it rised because of sedimentation in the riverbed. Discharge deviation, damming and channel straightening played an important role here as well. At the same time tidal asymmetry increased in the whole Durme.

MHW and MLW changes resulted in a high increase of tidal amplitude in the Scheldt and Rupel. In the River Scheldt the highest tidal amplitude was recorded at Lillo (62km to North Sea) around 1890, while in the last ten years the maximum occurs in Temse (98km to Sea); a shift of 36km upstream in a bit more than a century. In the Rupel the amplitude increased overall in time but less so in the upstream part. The Durme has an irregular temporal pattern with a decrease in the beginning of 20th century and an increase around the 1930's. After that period tidal amplitude showed an opposite trend at the confluence (increase) and upstream (decrease).

Although the present tidal asymmetry in the Zeeschelde upstream Antwerp and in the tributaries comes close to the situation in the 19th century, tidal amplitude and volume increased strongly as a result of morphological changes and relative sea level rise.

### Changes in morphology

Analysis of the morphological evolutions in the estuary enhances our understanding of changes and the mechanisms of its hydrodynamic regime. Channel straightening, reduced flooding area and upstream shifts of the main flood zones are the most important changes discussed.

Canalisation has a direct impact on the river ecosystem e.g. by reducing its connectivity with its valley. In the fresh water zone with short retention time the channel was shortened with 22% (10,5km). Consequently sinuosity declined and the river is now classified as straight instead of meandering. The accompanying dike normalisations induced a loss of 95% or 826 ha of the former flooding area in this zone. In the tributaries canalisations equally resulted in a significant reduction of connectivity with the surrounding valley. The Durme, shortened with 12% (2,5km) of its length compared to 1850. The disruption between the Rupel and its tidal brook the Vliet caused the loss of one third of its tidal area. Fish migration between river and valley was hampered by loss of natural flooding zones by blocking many tidal brooks.

The largest reduction of storage width in the Zeeschelde occurred in the mesohaline zone by the embankment of some vast polders (Prosperpolder, Hedwigepolder, Groot Buitenschoor and Ketenisseschor). As mentioned, huge alluvial and flooding areas such as 'Kalkense Meersen' were lost in the fresh water zone with short retention time. A reduction of storage width was also found near Tielrode and St. Amands. The decline of flooding area along the Durme from 1955 till 1990 resulted in an overall loss of 87,4% or 730 ha of the adjacent flood zones compared to 1850. Along the Rupel the major loss came along with the disruption from its tidal brook the Vliet.

The first rise in storage capacity (defined as storage width x tidal amplitude) between 1850 and 1920 is mainly attributed to the increase of the tidal amplitude. Since then changes in the storage width caused a shift upstream of the maximum storage capacity of the Zeeschelde.

### Effects on the ecosystem

All these hydrodynamic and morphological changes had a huge impact on the Scheldt estuarine ecosystem. In the 19th century the Scheldt estuary ranged from mesotidal to microtidal along the complete gradient and tidal influence only reached as far as Kalkense meersen (Wetteren). After the 70s an ever increasing section of the estuary is characterised by a high dynamic macrotidal regime (>5m).

Within the sublittoral zones of the lower Zeeschelde (between the Belgian-Dutch border and the confluence with the Rupel), there is a high net loss of the ecologically important shallow waters in favour of deep waters. In 1930 and 1950 the sublittoral zone was still characterised by gradual transitions from shallow to deep waters. At present steep slopes prevail. Shallow waters and weak slopes form a natural protection against destructive erosion for tidal mud flats and marshes. This sheltering border is almost completely lost near Doel, Lillo and the Ballastplaat.

The littoral and tidal mud flat area decreased strongly since 1850. More Recently (1990-2003) we observed retreat of tidal mudflats through erosion at several locations. More detailed information is needed to determine if this is a general trend in the estuary, caused by a 'coastal squeeze' effect, or if it is just natural dynamics .

Supralittoral zones (tidal marshes and flood systems) are most susceptible to human pressure. In the 19th and the first half of the 20th century embankments and dike enforcements caused direct loss of tidal marshes. In the last decennia indirect loss through increased tidal amplitude and energy are a bigger threat.

To analyse the evolution of supralittoral zones four different periods were compared:

- 1850 – situation of the Reduced Land Registry. This is an important historical reference because it shows the situation before major canalisations and alignments in the upstream parts of the Zeeschelde;

- 1920 – situation of the topographic map, Dépôt de la Guerre 3;
- 2003 – present situation (last vegetation mapping of the sea Scheldt);
- Future scenario – situation after the implementation of the major nature development projects that are planned within the updated Sigmoplan.

Compared to 1850 the supralitoral zone decreased with 13% by 1920, and with 82% by 2003. The future scenario will restore at the most 71% of the 1850 area, although the dynamics of the Scheldt estuary have increased significantly. In the future scenario the storage area will be bigger compared to 1850 in the oligohaline and fresh water with long retention time zones; in the other sections and in the tributaries it will remain smaller.

Besides the supralitoral extent, embankment degree and land use also changed drastically. Especially in the more upstream area only one third of the supralitoral was embanked in 1850. In 1920 only 28% was left without dikes. In 2003 almost all tidal marshes are without dike, some with breached summer dikes. The system of tidal areas with summer dikes has disappeared completely. In the future scenario similar systems will be partially restored in flood control areas.

Till 1950 almost all supralitoral areas were used as extensive pastures or hay fields. Along the Durme and the fresh water zone, most areas were flooded by breaching summer dikes in wintertime. Willow coppice was a common land use in the beginning of the 19th century until the first World War. After 1920 this trade declined. Since the 1950's flooding as agriculture practice stopped because of the deteriorating water quality. Ever since all tidal marshes are abandoned and natural succession can take place. Since 1980 some tidal marshes are managed as nature reserves.

To get a more qualitative appraisal of the evolution of the tidal marshes we combined the long term analysis with a more detailed short term investigation. The short term evolution of vegetation was studied by comparing the 1992 and 2003 vegetation maps. This revealed that most of the tidal marsh area evolves to a climax vegetation stage (reed in brackish and willow in fresh water conditions) at the expense of pioneer vegetation, *Scirpus maritimus*-vegetation and tall herb vegetation. Hence we found not only loss and retreat of tidal marsh area but also loss in habitat diversity. Evolution to a climax vegetation is a natural succession on tidal marshes. On the other hand pioneer and lower marsh vegetations are under extreme hydromorphological pressure and within the current shape of the estuary there is no space for natural erosion/sedimentation dynamics.

#### Conclusion

This historical analysis lead to the basic hypothesis that under the present geometric and abiotic conditions the shallow waters and intertidal mudflats and marshes along the Zeeschelde can not persist in a sustainable way. The only remedy is to give back space to the estuary where it is possible.

Other hypotheses were advanced to be tested in the future. A model-based analysis of the real cause-effect relationships between anthropogenic and natural evolutions of abiotic parameters and ecotopes will be especially important for their rejection or acceptance.



## Dankwoord

Zonder de inzet en bijdragen van onderstaande personen was dit rapport niet in de huidige vorm tot stand kunnen komen. Onze dank aan:

- Kathy Vandenmeersschaut, Marleen Devroye en hun medewerkers van de Afdeling Algemene Technische Ondersteuning voor het ter beschikking stellen van de nodige infrastructuur tijdens het werk in het archief en voor het inscannen van de geselecteerde foto's;
- Frank Mostaert, Eric Taverniers en Marc Wouters van het Waterbouwkundig Laboratorium – Borgerhout voor het verschaffen van tij-, bovenafvoer- en bathymetrische gegevens;
- Jean-Jacques Peters voor het aanleveren van een aantal interessante literatuurbronnen;
- Wim Dauwe van W&Z afdeling Zeeschelde voor het aanleveren van historisch fotomateriaal;
- Dick de Jong (RIKZ-RWS) en Daphne van der Wal (NIOO-KNAW) voor hun waardevolle input aan het begin van het project;
- Tom Maris en Stefan Van Damme (Universiteit Antwerpen) voor het doorspelen van de saliniteitsgegevens van de Zeeschelde;
- Leen Degezelle, Anneleen Langerock en Emma Denorme voor hun hulp bij het digitaliseren van het oude kaart- en fotomateriaal;
- Youri Meersschaut en An Govaerts als opdrachtgevers van Afdeling Maritieme Toegang voor hun logistieke en inhoudelijke ondersteuning.



# Inhoud

## Samenvatting

## Summary

## Dankwoord

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1	Aanleiding van dit onderzoek .....	1
1.2	Doelstellingen .....	2
1.3	Leeswijzer .....	3
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b> .....	<b>5</b>
2.1	Materiaal .....	5
2.1.1	<i>Studiegebied en periode</i> .....	5
2.1.2	<i>Historisch kaartmateriaal</i> .....	6
2.1.3	<i>Historische luchtfoto's</i> .....	10
2.1.4	<i>Historische getij- en bathymetrische gegevens</i> .....	11
2.1.5	<i>Historische biotische data</i> .....	13
2.2	Methode .....	13
2.2.1	<i>Georefereren kaartmateriaal en luchtfoto's</i> .....	13
2.2.2	<i>Aanzet tot een ecotopenstelsel</i> .....	13
2.2.2.1	Indelingskenmerken, klassen en klassegrenzen .....	14
2.2.2.2	Overzicht van de ecotopen .....	22
2.2.3	<i>Evolutie op macroschaal (ecotooparealen)</i> .....	23
2.2.4	<i>Evolutie op mesoschaal</i> .....	30
2.2.5	<i>Evolutie abiotische factoren</i> .....	30
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b> .....	<b>35</b>
3.1	Evolutie van ecotopen .....	35
3.1.1	<i>Sublitoraal (aquatische ecotopen van de hoofdgeul)</i> .....	35
	<i>Algemene veranderingen na 20 en 70 jaar</i> .....	35
	<i>Ruimtelijke veranderingen per traject</i> .....	37
	<i>Omzettingen van sublitorale ecotopen uit de referentieperiode 1930</i> .....	42
	<i>Korte termijn veranderingen in het sublitoraal</i> .....	42
	<i>Erosie/verdiepingen van sublitorale ecotopen uit de referentieperiode 1930</i> .....	44
3.1.2	<i>Litoraal (slikken)</i> .....	45
3.1.3	<i>Supralitoraal (schorren en vloeisystemen)</i> .....	48
3.1.3.1	Evolutie op macroschaal .....	48
	<i>Mesohaliene zone</i> .....	54
	<i>Oligohaliene zone</i> .....	55
	<i>Zoete zone met lange verblijftijd</i> .....	55
	<i>Zoete zone met korte verblijftijd</i> .....	57
	<i>Durme</i> .....	57
	<i>Rupel</i> .....	58
3.1.3.2	Evolutie op mesoschaal .....	58
	<i>Totale Zeeschelde</i> .....	58
	<i>Per Saliniteitszone</i> .....	59
	<i>Vegetatieverloop</i> .....	61
3.1.4	<i>Aquatische ecotopen</i> .....	68
3.1.4.1	Beken en grachten onder getij-invloed.....	68
	<i>Rupel</i> .....	68
	<i>Durme</i> .....	70
	<i>Mesohaliene zone</i> .....	70
	<i>Oligohaliene zone</i> .....	70
	<i>Zoete zone met lange verblijftijd</i> .....	70
	<i>Zoete zone met korte verblijftijd</i> .....	71
3.1.4.2	Nevengeulen en platen .....	73
3.2	Evolutie abiotische factoren .....	75

3.2.1	<i>Getij</i> .....	75
3.2.1.1	Gemiddeld laag- en hoogwater.....	76
	<i>Zeeschelde</i> .....	76
	<i>Zijrivieren: de Rupel en Durme</i> .....	85
3.2.1.2	Getijamplitude.....	90
	<i>Schelde</i> .....	90
	<i>Zijrivieren: Rupel en Durme</i> .....	92
3.2.1.3	Getijasymmetrie: verhouding vloed- en ebduur.....	93
	<i>Schelde</i> .....	93
	<i>Zijvieren: Rupel en Durme</i> .....	94
3.2.2	<i>Bovenafvoer</i> .....	95
3.2.3	<i>Morfologie van het estuarium</i> .....	96
3.2.3.1	Rechttrekkingen na 1850.....	96
3.2.3.2	Geometrie van het estuarium.....	107
	<i>Breedteveranderingen</i> .....	107
	<i>Veranderingen in stroomberging</i> .....	114
	<i>Breedte - Diepte veranderingen</i> .....	117
3.3	Historisch overzicht van antropogene invloeden.....	120
3.3.1	<i>Landgebruik</i> .....	120
3.3.2	<i>Riviermorfologie</i> .....	122
3.3.3	<i>Morfologisch beheer</i> .....	127
<b>4</b>	<b>Besluit en hypothesen</b> .....	<b>128</b>
4.1	Synthese en besluit.....	128
4.2	Stellingen.....	131
<b>5</b>	<b>Suggesties voor bijkomend onderzoek</b> .....	<b>134</b>
5.1	Onderzoek noodzakelijk om het historisch beeld van de Zeeschelde te vervolledigen.....	134
5.2	Begeleidende morfologische en hydrodynamische modellering voor het ecologisch, historisch onderzoek.....	135
5.2.1	<i>Stap 1: Hydrodynamische modellering van historische ingrepen op het systeemniveau van de Zeeschelde</i> .....	135
5.2.2	<i>Stap 2: Morfologische modellering op gebiedsniveau</i> .....	136
5.3	Bijkomende modelscenario's.....	136
5.3.1	<i>De abnormale stijging van het gemiddeld hoogwater na 1970 ter hoogte van de oorsprong van de Rupel is een gevolg van de afsluiting van de Vliet</i> .....	136
5.3.2	<i>Het wegvallen van de bovenafvoer heeft een grotere impact op de getijamplitude in de Boven-Zeeschelde dan de rechttrekkingen</i> .....	136
5.3.3	<i>Evolutie van storm-events</i> .....	137
<b>6</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>138</b>
<b>7</b>	<b>Bijlagen</b> .....	<b>143</b>
7.1	Lijst met figuren.....	143
7.2	Lijst met tabellen.....	152
7.3	Overzicht van de beschikbare historische luchtfoto's.....	155
7.4	Evoluties van een aantal belangrijke schorgebieden via oude luchtfoto's.....	171
7.5	Conversietabel karteringseenheden.....	176



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding van dit onderzoek

In 2004 verrichtte de "MER-commissie", een gezamenlijke Vlaams-Nederlandse adviesinstantie, een kwaliteitscontrole op de resultaten van het S-MER dat werd uitgevoerd in het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium. In haar toetsingsadvies stelde de commissie dat er nog veel onzekerheden zijn op het gebied van morfologie en aansluitend ook in de voorspellingen van de effecten op de natuur (Schelde MER-commissie, 2004). Dat geldt in het bijzonder voor de Zeeschelde, omdat binnen het S-MER nauwelijks aandacht werd geschonken aan de mogelijke effecten van de verruiming van de vaargeul naar Antwerpen op de hydromorfologie en ecologie van dat deel van de Schelde.

Een mogelijk negatief effect van vaargeulverdieping is de afname van het areaal intergetijdengebied. Hoewel dit areaal in Vlaanderen aangeduid is als Europees habitatrictlijngebied, is er weinig of geen zicht op eventuele areaalwijzigingen of andere effecten die vorige en toekomstige verdiepingen teweeg gebracht hebben of zouden kunnen brengen. Voor de Westerschelde is de evolutie van de slikken en schorren tijdens de voorbije tientallen jaren wel relatief goed in kaart gebracht (bv. Cox et al., 2003). De effecten van de verruiming 1997-1998 op de Westerschelde worden bovendien uitgebreid gemonitord in het MOVE-project. Ook voor de Zeeschelde zijn verschillende historische bronnen beschikbaar die deze analyse mogelijk maken. Naast een hele reeks historische kaarten zijn sinds eind 2004 in het archief van de afdeling Algemene Technische Ondersteuning (Departement Mobiliteit en Openbare Werken) luchtfoto's op negatief beschikbaar van gans Vlaanderen die terug gaan tot de vijftiger jaren. Op deze foto's zijn de slikken en schorren mits enige ervaring goed herkenbaar. Tot slot zijn er ook getij- en bathymetrische gegevens beschikbaar vanaf het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw. De combinatie van die verschillende bronnen maakt het mogelijk om in navolging van de Westerschelde ook voor de Zeeschelde de evolutie van de buitendijkse gebieden in kaart te brengen. Deze kennis is absoluut noodzakelijk bij de beoordeling van de effecten van antropogene ingrepen of natuurlijke processen en maakt het onderwerp uit van de huidige studie.

Ook voor andere studies, zoals de opmaak van instandhoudingsdoelstellingen voor Vogel- of Habitatrictlijngebieden, kan gebrek aan inzicht in de historiek van het slik- en schorgebied langs de Zeeschelde problematisch zijn. Er is geen zicht op de referentietoestand, dwz de toestand van het intergetijdengebied vóór de belangrijke rechtekkingen, infrastructuurwerken en wijzigingen aan de bovenafvoer. Aangezien er in Europa weinig of geen goed bewaarde zoetwatergetijdengebieden zijn, kan er alleen een idee gevormd worden van de referentietoestand door terug te gaan in de tijd.

## 1.2 Doelstellingen

De doelstellingen van het project zijn in eerste instantie beschrijvend van aard:

- De evolutie schetsen van het areaal aan en het gebruik van intergetijdengebieden vanaf 1850 langs de volledige Zeeschelde, Rupel en de getijgebonden delen van de Durme (evolutie op macroschaal);
- Een inschatting maken van de evolutie van de slik- en schortoestand tijdens de laatste tientallen jaren (evolutie op mesoschaal);
- Een overzicht geven van de evolutie van een aantal abiotische parameters die invloed kunnen hebben op het areaal of de kwaliteit van intergetijdengebieden;
- Het in kaart brengen van belangrijke antropogene ingrepen of natuurlijke veranderingen in het landgebruik en de riviermorfologie.

Daarnaast wordt ook geprobeerd om de oorzaken van eventuele areaal- en kwaliteitswijzigingen te identificeren:

- Het effect nagaan van antropogene ingrepen op de arealen en de kwaliteit van de intergetijdengebieden in de Zeeschelde. Hieronder vallen onder meer rechtekkingen, inpolderingen en de effecten van de voorbije verdiepingen in 1970 en 1997/1998;
- Effecten inschatten van natuurlijke evoluties op intergetijdengebieden, zoals de zeespiegelstijging.

Een noodzakelijke bijkomende doelstelling om dit te kunnen realiseren was de digitale ontsluiting van het luchtfotoarchief van de afdeling Algemene Technische Ondersteuning

## 1.3 Leeswijzer

Werken met historische data gaat onvermijdelijk gepaard met een zekere mate van subjectiviteit, ondermeer omdat oude kaarten en foto's soms moeilijk te georefereren zijn en omdat de interpretatie van karteringseenheden en luchtfoto's niet altijd eenduidig is. Dat geldt zeker voor buitendijkse systemen: ze werden soms onnauwkeurig in kaart gebracht, de zichtbare oppervlakte is afhankelijk van het tijdstip in de getijcyclus en de dynamiek is zeer hoog waardoor de situatie van jaar tot jaar kan wijzigen. Om de resultaten toch zo reproduceerbaar mogelijk te maken, wordt aan de beschrijving van materiaal en werkwijze uitgebreid aandacht geschonken (Hoofdstuk 2).

De resultaten (Hoofdstuk 3) werden opgesplitst in drie delen:

### (3.1) Evolutie van de ecotopen

Naar analogie met de Westerschelde werd geopteerd om de evoluties binnen de intergetijdengebieden te schetsen aan de hand van ecotopen (3.1). Ecotopen worden afgebakend op basis van standplaatsfactoren waar de mens rechtstreeks of onrechtstreeks invloed op heeft, wat ze uiterst geschikt maakt om de effecten van bepaalde ingrepen op het systeem in kaart te brengen en te beoordelen. De bespreking van de ecotoopevolutie gebeurt per ecotoopgroep die op het eerste niveau van het voorgestelde ecotopenstelsel wordt onderscheiden (macroschaal):

- sublitorale zone (aquatisch)

De combinatie van bathymetrische en getijgegevens laten toe om de sublitorale ecotopen vanaf 1930 te bespreken voor de zone van de grens tot de Rupel. Daarbij wordt vooral aandacht geschonken aan de ecologisch waardevolle ondiepe zones.

- litorale zone (slik)

De korte termijnevolutie van slikarealen voor een representatief deelgebied van de Zeeschelde wordt hierin uiteengezet. De te volgen methodiek voor de evolutie van arealen en ecotopen in de litorale zone op langere termijn wordt toegelicht en kan gemakkelijk geanalyseerd worden dankzij de gegevens die in het kader van dit project verzameld werden.

- supralitorale zone (schorren en voormalige vloeisystemen)

Voor de supralitorale zone werden de arealen van drie evenredig gespreide periodes met elkaar vergeleken (3.1.2.1)

**Rond 1850.** Dit is de toestand weergegeven op het gereduceerd kadaster. Het is een belangrijke historische referentie omdat ze dateert van vóór de belangrijke rechtstrekkingen en normalisatiewerken aan het meest stroomopwaartse deel van de Zeeschelde en de inpolderingen in de brakke zone.

**Rond 1920.** Dit is de toestand weergegeven op de topografische kaart Dépôt de la Guerre 3.

**2003.** Dit is de toestand weergegeven op de laatste vegetatiekartering van de Zeeschelde.

Omdat arealen een louter kwantitatief beeld schetsen van de toestand van de schorren, werden de vegetatietypes uit de karteringen van 1992 en 2003 voor de grote schorgebieden in detail met elkaar vergeleken (3.1.2.2) (evolutie op mesoschaal).

### (3.2) Evolutie van abiotische parameters

De bespreking van de abiotische evoluties (3.2) beperkt zich tot die factoren die gebruikt worden als criterium voor afbakening van de ecotopen of waarvan a priori verondersteld werd dat ze een rechtstreekse invloed hebben op de sublitorale, litorale en supralitorale gebieden. De getijdynamiek (3.2.1) is vanzelfsprekend de belangrijkste sturende variabele binnen een estuarien systeem, met als belangrijkste karakteristieken het gemiddeld hoog en laag water, de getij-amplitude en de getij-asymmetrie. Zowel de temporele (globale veranderingen doorheen de tijd) als de ruimtelijke (verschillen naargelang de locatie in het estuarium) evolutie van deze getijkarakteristieken wordt voor de verschillende saliniteitszones in de Zeeschelde en voor Durme en Rupel apart besproken. Stroomopwaarts laat de invloed van de bovenafvoer van de rivier zich meer en meer gelden. Wijzigingen in de bovendebieten ten gevolge van klimatologische schommelingen of antropogene ingrepen kunnen dan ook belangrijke gevolgen hebben voor de getijkarakteristieken. De

beschikbare gegevens van de bovenafvoer waren beperkt, maar volstonden toch om de belangrijkste evoluties te schetsen (3.2.2).

De morfologie van het estuarium (3.2.3) is een wat abstractere parameter die evenwel een meer globaal inzicht verschaft in de wijzigingen die in het verleden gebeurden. Eerst worden de verschillende rechtekkingen van de rivier besproken. Deze rechtstreekse ingrepen in de natuurlijke morfologie van de rivier hebben een belangrijk effect op de getijkarakteristieken en op de connectiviteit van de rivier met haar vallei. Daarna wordt de evolutie van het kombergend vermogen (breedte-diepteverhouding) en de diepte van de rivier geschetst.

### (3.3) Belangrijke antropogene ingrepen en natuurlijke wijzigingen in de Zeeschelde sinds het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw

Een belangrijke doelstelling van het project bestond erin antropogene ingrepen en natuurlijke wijzigingen die een effect kunnen hebben op ecotooparealen of -kwaliteit in kaart te brengen. In 3.3 wordt hiervan een schematisch overzicht gegeven. De relevantie van de afzonderlijke ingrepen wordt elders in de tekst toegelicht.

Om te veel herhalingen te vermijden werden de discussie en de resultaten met elkaar geïntegreerd.

In Hoofdstuk 4 tenslotte worden eerst de belangrijkste conclusies van het rapport samengevat. Daarna volgt een overzicht van een aantal hiaten en suggesties voor verder onderzoek.

## 2 Materiaal en methode

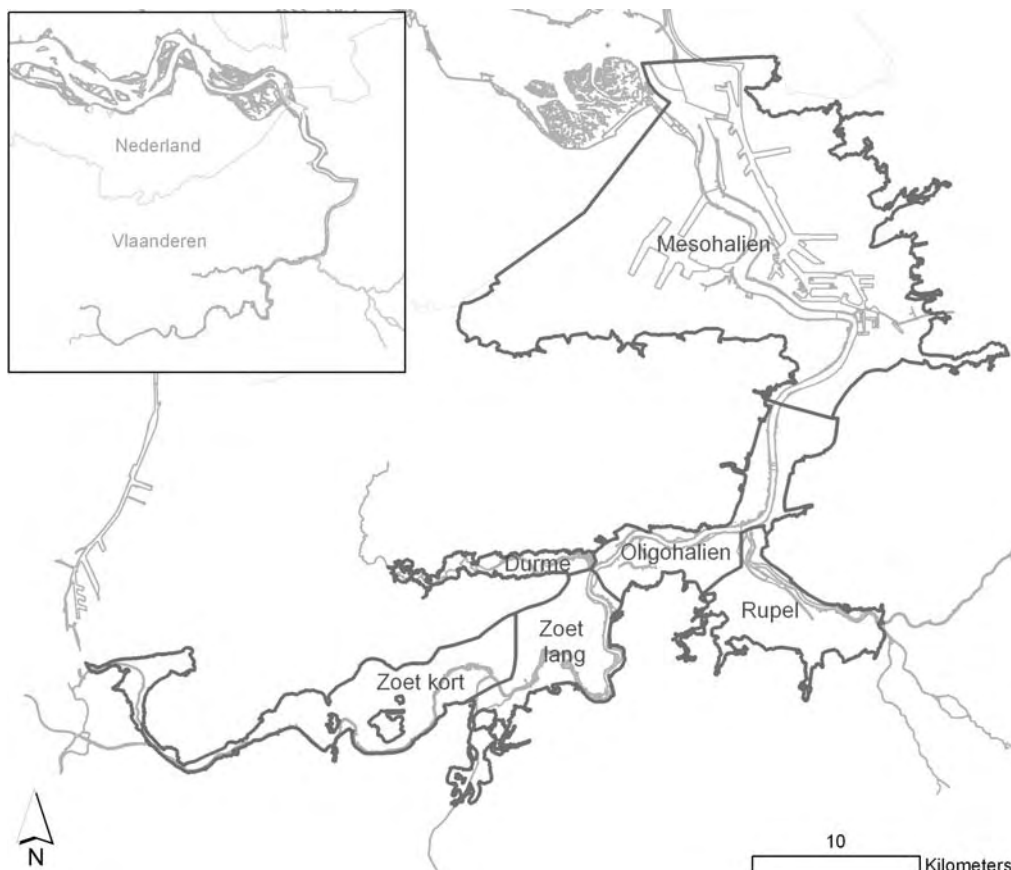
### 2.1 Materiaal

#### 2.1.1 Studiegebied en periode

Het studiegebied omvat globaal gezien de buitendijkse gedeeltes (rivierwaarts van de winterdijken of door een natuurlijke cuesta begrensd) van de Zeeschelde (van de grens met Nederland tot Gent) en de getijgebonden gedeeltes van de Durme (tot het Molsbroek in Lokeren) en de Rupel (tot in Rumst). Waar nodig zullen ook data van de Westerschelde gebruikt worden om grotere ruimtelijke tendensen te kunnen waarnemen en begrijpen.

Voor de afbakening van het valleigebied (*Figuur 2.1*) is gebruik gemaakt van de natuurlijke overstromde zones (Schelde-afzettingen en alluviaal gebied) van de Zeeschelde (Aerts et al., 2000) en van de 5mTAW hoogtegrens van het DTM Vlaanderen (5x5m), aangevuld met overstromde gebieden die tijdens deze studie gekarteerd werden (2.1.2).

De Zeeschelde wordt verder onderverdeeld in saliniteitszones, bestaande uit een mesohaliene (brakke), oligohaliene (zwak brakke) en zoete zone. De zoete zone wordt nog verder opgedeeld in een zone met korte en een zone met lange verblijftijd van chloride (Van Damme et al., 1999). Zoute ecotopen ontbreken in de Zeeschelde.



*Figuur 2.1 De valleibegrenzing van de Zeeschelde met aanduiding van de verschillende saliniteitszones die de basis vormen voor de bespreking in dit rapport / Valley boundary of the Zeeschelde and its salinity zones*

Bij de verwerking van de subtidale ecotopen wordt de Beneden Zeeschelde ook opgesplitst in deelgebieden gebaseerd op de OMES-compartimenten die ten behoeve van het OMES project (Onderzoek Milieu Effecten van het Sigma plan) afgebakend werden (Meire et al., 1997).

De exacte begrenzing voor de ecotoopvergelijking op macroschaal werd bepaald op basis van de ligging van de dijken en het landgebruik op het gereduceerd kadaster. Voor de vergelijking op

mesoschaal werden alleen de overlappende schor- en slikgebieden van de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003 beschouwd.

Deze studie beslaat de periode vanaf het midden van de 19<sup>e</sup> eeuw tot nu. Er werd geopteerd voor deze periode omdat de eerste redelijk gedetailleerde kartering van de buitendijkse gebieden het gereduceerd kadaster van rond 1850 is. De exacte periode die beschouwd wordt voor de evolutie van de individuele abiotische en biotische parameters hangt echter ook af van de beschikbaarheid van historische gegevens, die niet voor alle parameters gelijk is. De oudste getijgegevens dateren bijvoorbeeld van het einde van de 19<sup>e</sup> eeuw, terwijl bathymetrische gegevens pas vanaf 1930 beschikbaar zijn. De abiotische data bestrijken bovendien niet altijd het volledige studiegebied.

### 2.1.2 Historisch kaartmateriaal

Het kaartmateriaal dat in deze studie gebruikt werd is weergegeven in *Tabel 2.1*.

*Tabel 2.1. Overzicht van de gebruikte historische kaarten / Overview of historical maps used for this study*

Naam kaart	Jaar
Gereduceerd kadaster	Tussen 1807 en 1836
Dépôt de la Guerre 2	Tussen 1881 en 1893
Dépôt de la Guerre 3	Tussen 1902 en 1933
Topokaart 1960	
Topokaart 2005	

#### Gereduceerd kadaster (veldwerk tussen 1807 en 1836)<sup>1</sup>

De originele en zgn. "primitieve" plans van het kadaster waren op schaal 1:5.000 of 1:2.500 en werden tussen 1807 en 1836 opgesteld. Ze werden op schaal 1:20.000 verkleind (gereduceerd) en tussen 1845 en 1855 opgemaakt met het oog op de redactie van de eerste topografische kaart van het Koninkrijk België door het « Dépôt de la Guerre et de la Topographie », de voorganger van het Nationaal Geografisch Instituut. De belangrijkste bronnen, die gebruikt werden voor de opmaak van deze 'Kaart van België', zijn de Kadastrale Plannen van de gemeenten. Het is niet duidelijk of ze ook bijgewerkt werden. Het geheel van cartografische inlichtingen dat verzameld werd voor deze Kaart, is vooral van bibliografische oorsprong. Waarschijnlijk werden documenten van spoorwegcompagnies en andere overheidsdiensten gebruikt.

De afgrenzing van de kaartbladen valt samen met de gemeentegrenzen op dat ogenblik. Voor elk kaartblad is de datum van nazicht (genoteerd in de inventaris en ook weergegeven in *Tabel 2.2*) een terminus ante quem. De datum op de kaart verwijst dus naar het tijdstip waarop de kaart getekend is, niet naar het tijdstip van de inhoud. De weergegeven topografie kan niet precies gedateerd worden, evenmin als de correcties en eventuele toevoegingen die op deze kaartbladen gebeurden. Dat impliceert dat niet alle kaartbladen de toestand van hetzelfde moment weergeven, zoals we herhaaldelijk konden vaststellen langs de Zeeschelde. Een voorbeeld is het voormalige schor van Wijtvliet en de smalle zone stroomafwaarts daarvan. Op het kaartblad Kallo staat dit weergegeven als een aaneengesloten zone van slikken en schorren tot Lillo Fort. Op de kaartbladen van Lillo en Oorderen wordt het schor van Wijtvliet volledig als slik weergegeven en is de zone tussen Kruisschans en Lillo-fort aanzienlijk gewijzigd (onder andere door een dijkverschuiving). In dergelijke gevallen werd geopteerd om de oudste, meest natuurlijke toestand te karteren. Een ander voorbeeld is het schor voor het Schausselbroek, dat op het kaartblad Temse wel, maar op het kaartblad Bazel niet bedijkt is.

De kaarten van het gereduceerd kadaster geven dus een toestand weer aan het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw, waarbij op niet-systematische manier latere correcties werden toegevoegd. Voorzichtigheid is nodig bij de interpretatie. Bemerkt dat we in de verdere discussie voor het gemak over 1850 spreken als de datum van het gereduceerd kadaster, hoewel het veldwerk dus meestal van voor 1850 dateert.

<sup>1</sup>Deze paragraaf werd deels overgenomen uit de "Nota bij de Kaart van België, gemaakt a.h.v. reducties van de Kadastrale Plannen", vertaald door Mevr. Myriam Van Doorslaer, Cartograaf.

De kleurlegende van het gereduceerd kadaster is zeer beperkt:

- Vochtige zones en weiland in groen
- Tuinpercelen in roze
- Bossen als gele achtergrond
- Bebouwing in rood
- Boomgaarden in lichtgroen met regelmatige stippelijnen.
- Hydrografie in blauw
- Heide als grijs of paars bonte achtergrond.
- Landbouw als kleurloze achtergrond.
- Het tracé van het kadaster is zichtbaar als fijne lijntjes

Daarnaast zou er een schrift verloren gegaan zijn met voorbeelden van de verschillende vegetatietypes. Specifieke symbolen voor slikken en schorren zijn er niet. Schorren zijn in meestal hetzelfde groen aangegeven als wei- en hooilanden omdat ze vrijwel altijd als dusdanig in gebruik waren. Vooral langs de Rupel zijn sommige zones echter lichter groen, zwak gelig groen, grijzig of wit, wat interpretatie niet gemakkelijk maakt. In die gevallen werd teruggegrepen naar de toestand op de Vandermaelen-kaart en Dépôt de la Guerre 2 om het meest waarschijnlijke landgebruik toe te kennen.

Slikken worden niet op een uniforme manier of helemaal niet aangeduid (3.1.2).

Verharde wegen worden gesymboliseerd d.m.v. een rode lijn in het midden van de weg. De richting wordt gepreciseerd d.m.v. een geschrift. Andere wegen worden getekend volgens hun kadastrale, dus reële inplanting. De spoorwegen zijn in deze periode in volle ontwikkeling. Ze worden dikwijls aangebracht met een overtekening die niet aangepast is aan de context (sommige lijnen gaan dwars over gebouwen). Het reliëf wordt niet voorgesteld; alleen glooiingen rond versterkingen en dijken worden met een grijsblauwe gewassen tint weergegeven.

De geschreven informatie op het gereduceerd kadaster is viervoudig: namen van gemeenten, gehuchten of dorpen, namen van plaatsen of gebieden die niet precies af te bakenen zijn, namen die de richting van wegen en kanalen aangeven en tenslotte namen van puntelementen als constructies, vegetatie-elementen, heuvels en hydrografische details.

Tabel 2.2. Kaartbladen van het gereduceerd kadaster die gebruikt werden voor deze studie. Kaartbladen met een sterretje werden digitaal geleverd door het NGI, kaartbladen zonder sterretje zijn ingescande reproducties (minder goede kwaliteit) / Used map sheets from the 'Gereduceerd Kadaster'. Sheets marked with an asterix were digital maps from the National Geographic Institution,

Prov.	Arrondis- sement	N°	Gemeente	Datum
Anvers	Anvers	2	Anvers	1852
	Anvers	3	Austruweel	1851
	Anvers	4	Beirendrecht	1852
	Anvers	6	*Boom	1851
	Anvers	22	*Hemixem	1851
	Anvers	23	*Hoboken	1851
	Anvers	25	*Lillo	1852
	Anvers	30	*Niel	1851
	Anvers	32	Oorderen	1851
	Anvers	38	*Rumpst	1851
	Anvers	42	*Santvliet	1852
	Anvers	43	*Schelle	1851
	Anvers	52	Wilmarndonck	1851
	Malines	7	Bornhem	1851
	Malines	12	*Heyndonck	1851
	Malines	14	Hingene	1851
	Malines	24	Mariekerke	1851
	Malines	29	*Ruysbroeck	1851
	Malines	31	Saint-Amand	1851
Malines	37	Weert	1851	
Malines	39	*Willebroeck	1851	
Flandre orientale	Gand	10	Destelbergen	1852
	Gand	19	*Gendbrugge	1852
	Gand	25	Heusden	1852
	Gand	40	Melle	1852
	Gand	50	*Oostacker	1852
	St Nicolas	1	Basel	1852
	St Nicolas	4	Burght	1852
	St Nicolas	5	Calloo	1852
	St Nicolas	7	Cruybeke	1852
	St Nicolas	9	*Doel	1852
	St Nicolas	10	Elversele	1852
	St Nicolas	15	Lokeren	1852
	St Nicolas	16	Melsele	1852
	St Nicolas	19	Ruppelmonde	1852
	St Nicolas	25	Tamise	1852
	St Nicolas	26	Thielrode	1852
	St Nicolas	29	Zwyndrecht	1852
	Termonde	1	Appels	1852
	Termonde	3	*Baesrode	1852
Termonde	4	Berlaere	1852	
Termonde	5	*Buggenhout	1852	
Termonde	6	*Calcken	1852	
Termonde	9	Grembergen	1852	
Termonde	10	Hamme	1852	
Termonde	15	*Moerzeke	1852	
Termonde	20	Termonde	1852	
Termonde	21	Uytbergen	1852	
Termonde	22	Waesmunster	1852	
Termonde	23	Wetteren	1852	
Termonde	24	Wichelen	1852	
Termonde	26	Zelee	1852	
Termonde	19	Schellebelle	1852	

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de kaartbladen die in deze studie gebruikt werden. Het kaartblad van Audeghem hadden we niet ter beschikking, waardoor een kort traject op rechteroever tussen

Schoonaarde en Appels niet op het gereduceerd kadaster zelf kon gekarteerd worden. We baseerden ons hiervoor op de Vandermaelenkaart en Dépôt de la Guerre 2. Er vallen slechts twee kleine, smalle gebiedjes in, die als schor in cultuur gekarteerd werden.

### Dépôt de la Guerre

De kaarten van het Dépôt de la Guerre werden twee keer herzien. Er bestaan dus drie versies van: *Dépôt de la Guerre 1 (DG1, 1860)*

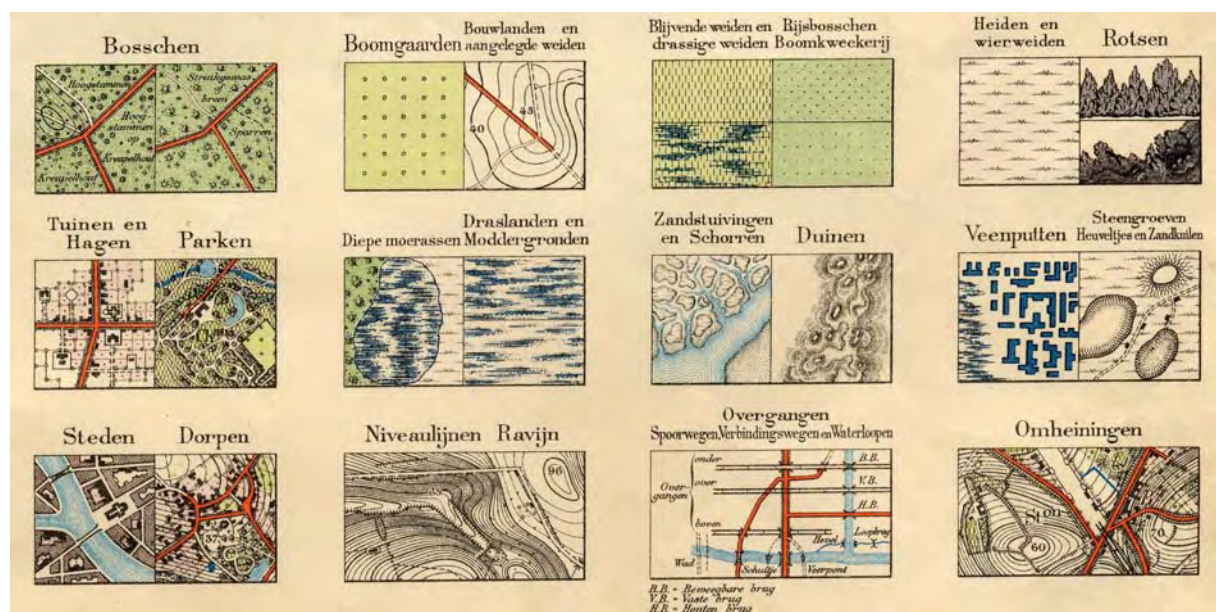
Dit is de oorspronkelijke gebiedsdekkende topografische kaart die door het Ministerie van Oorlog gemaakt werd. Ze dateert van de periode 1860-1870. De schaal is 1/20.000. Deze kaarten werden niet gebruikt in deze studie.

### *Dépôt de la Guerre 2 (DG2, 1890)*

In de periode 1880-1900 werd een bijgewerkte versie van Dépôt de la Guerre 1 gemaakt. Ze werd uitgegeven vanaf 1928. De herzieningen werden prioritair uitgevoerd bij de belangrijkste militaire stellingen. Het is een veelkleurige kaart met schaal 1/20.000. DG2 gebruikt slechts een beperkt aantal kleuren. Om de verschillende landgebruiken van elkaar te kunnen onderscheiden wordt een combinatie van kleur en symbolen gebruikt (Figuur 2.2) Weiden zijn aangeduid door arcering met verticale lijntjes, drassige graslanden door een combinatie van verticale arcering en plaatselijk horizontale lijntjes of door een schematische voorstelling van grasjes en horizontale lijntjes. Er wordt op deze kaarten ook melding gemaakt van veenputten en diepe moerassen.

Op kaarten van deze ouderdom is het verband tussen weilanden en natte, onproductieve graslanden niet evident. Drassige graslanden kunnen rechtstreeks geïnterpreteerd worden als overstroombare gebieden vanuit een waterloop. Tot op zekere afstand van de rivier waren ook gewone weilanden wellicht overstroombaar vanuit de waterloop. Hetzelfde geldt voor veenputten en diepe moerassen, maar deze eenheden komen zo zelden voor in het studiegebied dat ze weinig bijkomende informatie leveren.

Deze kaartreeks is enkele jaren ouder dan de bodemkaart en levert dus weinig informatie over de verstedelijkte gebieden.

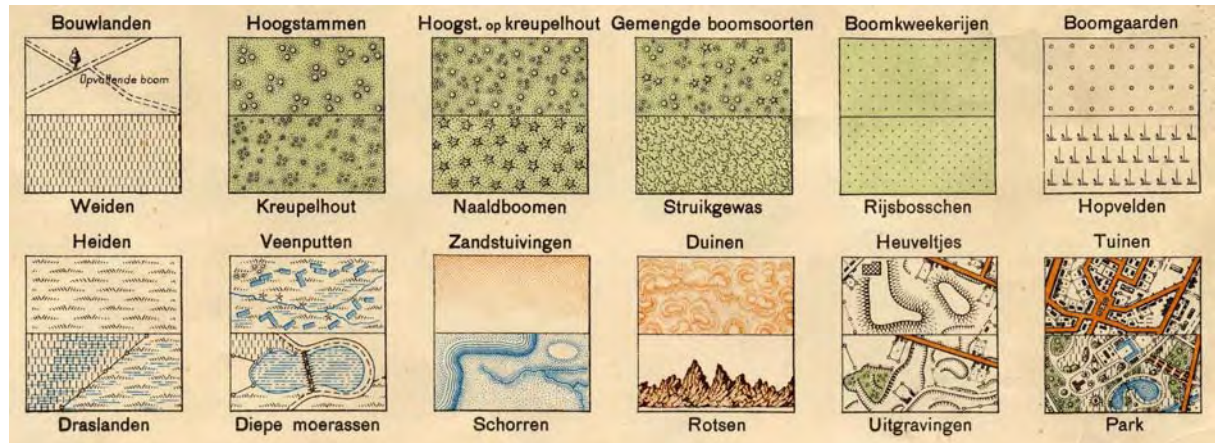


Figuur 2.2 *Legende van Dépôt de la Guerre 2 / Legend of Dépôt de la Guerre 2*

### *Dépôt de la Guerre 3 (DG3, 1920)*



In de periode 1910-1940 werden de kaarten nogmaals bijgewerkt. Ook nu was het tengevolge van oorlogsdreiging wenselijk om het gewijzigde landschap te karteren. De kaarten werden op schaal 1/20.000 gemaakt. Een beperkt aantal kaarten werd niet herzien. In dat geval werd enkel de legende van de kaarten van Dépôt de la Guerre 2 aangepast aan de standaard van Dépôt de la Guerre 3. Hoewel deze kaarten dus een ander uitzicht hebben is er voor deze kaarten inhoudelijk in principe geen verschil. Een belangrijk verschil tussen beide legendes is dat die van DG3 nog meer gebruik maakt van symbolen en minder van verschillende kleuren (*Figuur 2.3*). Het kleurgebruik beperkt zich tot 4 kleuren: zwart voor de symbolen en de meeste teksten, groen als achtergrond voor bossen en struwelen, oranje voor hoofdwegen en hoogtelijnen en blauw voor waterlopen en andere natte biotopen.



Figuur 2.3 Legende van Dépôt de la Guerre 3 / Legend of Dépôt de la Guerre 3

Tabel 2.3. Overzicht van de DG-kaarten (\* datum van verschijnen) / Overview of the maps of 'Dépôt de la Guerre'

Feuille	Planchette	Naam	DG1	DG2	DG3
7	2	Noordhoek	1863	1881	1928
7	6	Lillo	1863	1892	1928
7	7	Ekeren	1863	1892	1933
14	8	Lokeren	1863	1893	1910
15	2	Beveren	1863	1892	1903
15	3	Antwerpen	1863	1892	1902
15	5	St.-Niklaas	1863	1892	1909
15	6	Temse	1863	1892	1903
15	7	Hoboken	1863	1892	1922
22	2	Melle	1863	1893	1910
22	3	Wetteren	1863	1893	1910
22	4	Zelee	1863	1893	1910
22	6	Oosterzele	1863	1893	1910
22	7	Oordegem	1870*	1893	1910
22	8	Aalst	1869*	1893	1927
23	1	Dendermonde	1863	1893	1930
23	2	Puurs	1868*	1892	1930
23	3	Boom	1864	1892	1930

### Topografische kaarten

De topografische kaarten worden gebruikt bij het georefereren en de interpretatie van de luchtfoto's. De kaart van 1960 is afkomstig van het Militair Geografisch Instituut (MGI, 1960), dat ontstond uit het Dépôt de la Guerre. In de periode 50-1970 maakten ze een kaartreeks op schaal

1/25.000. Deze kaartreeks is grotendeels beschikbaar op het INBO als georeferencierde scan met een 3,2 m/pixel resolutie. Alleen de kaartbladen 7-2, 7-6 en 7-7 (ten Noorden van Antwerpen) ontbreken. Net zoals DG2 (1890) en DG3 (1920) is de legende van MGI (1960) gebaseerd op een combinatie van achtergrondkleuren en symbolen. Enkel op basis van kleuren zijn de volgende groepen te onderscheiden: bos (groen), boomgaard (lichtgroen), water (blauw), wegen (rood) en open terrein (wit).

#### NOG –kaarten (uit Aerts et al. 2000)

De van nature overstroombare gebieden of NOG's bestaan uit gebieden die bodemkundig in kaart zijn gebracht (ongeveer 90 % van de oppervlakte) en de overige gebieden die niet bodemkundig gekarteerd zijn.

Voor de eerste categorie van gebieden is de afbakening en differentiatie haast uitsluitend gebaseerd op de toepassing van de opgestelde vertaalsleutels op de bodemkaart legende. De kwaliteit en volledigheid worden m.a.w. nagenoeg volledig bepaald door de kwaliteit van het uitgangsdokument, de bodemkaart en deze van de gehanteerde sleutels. De kwaliteit van de bodemkaart voor Vlaanderen is niet volledig homogeen aangezien het tot stand is gekomen in een tijdspanne van meer dan 20 jaren door tientallen bodemkarterders-experten. Dit wordt bijvoorbeeld duidelijk wanneer de (geïnterpreteerde) bodemkaart gecombineerd wordt met het waterlopenbestand van de Vlaamse Hydrografische Atlas. Rond de bovenloop van beken is niet steeds in dezelfde mate alluviaal gebied afgebakend op de bodemkaart en dus ook niet in het NOG-bestand. Ook de analoog-digitaalconversie van de bodemkaart heeft ongetwijfeld aanleiding gegeven tot fouten. Toch kan gesteld worden dat de kwaliteit en volledigheid van afbakening en differentiatie hier eerder hoog is.

Er is voor geopteerd om gebieden waar oppervlaktewater kan voorkomen (bv. het winterbed van rivieren) ook tot de NOG te rekenen. Dit leidt wellicht tot enige overschatting van de NOG-oppervlakte. Het niet in rekening brengen ervan zou echter tot een onderschatting aanleiding geven.

Voor de blinde vlekken op de bodemkaart is de afbakening en differentiatie van de NOG gebeurd o.b.v. expertkennis en contextuele informatie. Met steekproeven is de kwaliteit en volledigheid nagegaan en waar nodig verbeterd.

### *2.1.3 Historische luchtfoto's*

Het archief van de ATO (Afdeling Technische Ondersteuning, Departement Mobiliteit en Openbare Werken van de Vlaamse Gemeenschap) bevat 170 kisten met oude luchtfoto's (afdrukken en negatieven) van Vlaanderen. Ze werden systematisch doorzocht en alle foto's waar het studiegebied op voorkwam werden geselecteerd. In totaal gaat het om 1351 foto's verspreid over de periode 1944-1987 (bijlage 7.3). De foto's werden ingescand door de dienst fotogrammetrie van ATO met een resolutie van 600dpi. De verdere verwerking (bijsnijden, bijwerken en eerste grove georeferentie met de 'fit-to-display'-procedure in ArcGIS) gebeurde op het INBO.

Om een gebiedsdekkend beeld te hebben van de Zeeschelde moeten fotoreeksen van verschillende jaren samengevoegd worden. Uiteindelijk konden drie series weerhouden worden rekening houdend met (1) kwaliteit en schaal van de foto's, (2) gebiedsdekkendheid, (3) opnametijdstip in de getijcyclus, (4) spreiding over de studieperiode en (5) de periode van belangrijke antropogene ingrepen:

- Periode 1954-1956
- Periode 1968-1970
- Periode 1982-1984

Deze drie series werden vervolgens nauwkeuriger georeferencierd. In dit rapport wordt alleen de periode 1954-1956 gebruikt voor de bepaling van de stroombergende breedte (3.2.3). De andere series moeten nog geïnterpreteerd worden.

De Afdeling Zeeschelde stelde een bijkomende fotoreeks van de Durme uit 1937 ter beschikking.

Voor de recente situatie waren gebiedsdekkende beelden van het studiegebied beschikbaar van 1990, 1996 en 2003.

Tabel 2.4. Overzicht van het aantal foto's per jaar dat in het archief van ATO werd geselecteerd / Overview of the number of photographs that was selected in the ATO archives.

Jaartal	#	Jaartal	#
1944	41	1966	35
1948	5	1968	13
1949	169	1969	73
1951	71	1970	16
1952	2	1971	5
1954	84	1972	23
1955	38	1973	22
1956	79	1975	52
1957	17	1977	233
1958	30	1978	16
1960	36	1981	28
1961	10	1982	110
1962	25	1983	3
1963	19	1984	37
1964	10	1985	13
1965	34	1987	2
<b>Totaal: 1351</b>			

#### 2.1.4 Historische getij- en bathymetrische gegevens

Data van bathymetrie worden door de Vlaamse overheid reeds decennia verzameld in functie van de veiligheid en de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen. De Afdeling Maritieme toegang en het Waterbouwkundig Laboratorium leverden de datareeks.

Als basis werden de Scheldekaarten van het Ministerie van Openbare Werken- Antwerpse zeediensten, later Administratie Waterwegen van de Vlaamse Gemeenschap Afdeling Maritieme Schelde, gebruikt. Het zijn gedrukte kaarten volgens de Mercator projectie door het Ministerie van Openbare Werken- Antwerpse zeediensten- Hydrografie voor 1936, vanaf 1996 door Vlaamse Gemeenschap-Afdeling Antwerpse Zeediensten en vanaf 1995 door afdeling Maritieme Schelde-Hydrografie. Op basis van deze historische peilkaarten met dieptes ten opzichte van het toenmalige referentievlak werden door digitalisatie puntgegevens verkregen. Voor 1970 is het referentievlak N.K.D. Vanaf 1970 is dit T.A.W. of de Tweede Algemene Waterpassing 1946/48 (Claessens & Meyvis, 1991). Na de digitalisatie werd door interpolatie een gebiedsdekkende rasterkaart (5m x 5m) verkregen voor de zone Belgisch-Nederlandse grens tot aan de Rupelmonding (beter bekend als de Beneden-Zeeschelde) (tabel 2.5). Voor de bathymetrie van 1930 werden peilkaarten gebruikt uit zowel 1928 als 1929. Voor 1950 zijn de peilkaarten gebruikt uit de periode 1949-1951 en voor 1960 uit de periode 1957-1962.

De horizontale nauwkeurigheid van alle bathymetrische gegevens ligt binnen de grootte-orde van de cellen (5m x 5m). De geschatte nauwkeurigheid van de verticale bathymetrie waardes varieert tussen de verschillende periodes en neemt toe met de tijd. De oude standaarden streefde naar een nauwkeurigheid van 3 dm voor periode 1930 en 1950 en rond de 2 dm voor de periode 1960 tot 1970 (mond. med. Eric Taverniers). Dit ligt in de grootte- orde van de totale toegelaten standaard error van 25cm uit van der Wal & Pye (2003). De huidige bathymetrische opnames bereiken nauwkeurigheden rond de 1,5 dm (mond.med. Eric Taverniers).

Het Waterbouwkundig Laboratorium in Borgerhout leverde getijgegevens (nauwkeurigheid van ~2cm), die werden aangevuld met literatuurgegevens (Claessens & Meyvis 1994, Stessels, z.d.). De gegevens uit Stessels vertonen een lagere nauwkeurigheid dan diegene aangeleverd door het WL en moeten dus met de nodige omzichtigheid gebruikt worden.

In onderstaande tabellen zijn de data die gebruikt werden met hun nauwkeurigheid weergegeven.

Tabel 2.5. Beschikbare bathymetrie-gegevens (bron: Afdeling maritieme toegang) / Available bathymetrical data (source: Afdeling Maritieme Toegang).

Deelgebied	Jaartal	Verwachte nauwkeurigheid
Beneden Zeeschelde	1930	3 dm
	1950	
	1960	2 dm
	1970	
	1980-81	1,5 dm
1990-91		
2002-03		
Boven Zeeschelde	-	
Durme	-	
Rupel	-	

Tabel 2.6. Beschikbare historische getijlocaties en periodes (bronnen: 1862: Stessels z.d.; 1888-1990: reeks 'Overzichten van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken' van Claessens & Meyvis; 1990-2000: getijgegevens geleverd door Waterbouwkundig labo); Eu=euhalien, Meso=mesohalien, Oligo=oligohalien, Lang=zoet met lange verblijftijd, Kort=zoet met korte verblijftijd / Lang=zoet met lange verblijftijd, Kort=zoet met korte verblijftijd / Tidal stations and periods for which historical data are available; Eu = euhalinic, Meso = mesohaline, Oligo = oligohaline, Lang = fresh water zone with long retention time, Kort = fresh water zone with short retention time

Rivier	Locatie	1862-1863	1888-1895	1901-1910	1911-1920	1921-1930	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Schelde	Viissingen	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Terneuzen	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Hansweert	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Bath	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Hedwigepolder Prosperpolder							x	x	x	x	x	x
Schelde	LilloLiefkenshoek	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Wilmarsdonk St.MarieKallosluis	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Antwerpen	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Hemiksem	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	HingeneSchelle	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Temse	x		x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Driegoten											x	
Schelde	St.Amands							x	x	x	x	x	x
Schelde	Buggenhout	x	x	x	x	X	x	x					
Schelde	Dendermonde	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Schoonaarde	x		x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Uitbergen			x	x	X	x	x	x	x	x	x	
Schelde	Wetteren	x	x	x	x	X	x	x	X	x	x	x	x
Schelde	Melle	x		x	x	X	x	x	X		x	x	x
Schelde	Gentbrugge	x	x	x	x	X	x	x	X	x	x	x	
Schelde	Merelbeke										x	x	
Schelde	Zwijnaarde										x	x	
Rupel	Boom			x	x	X	x	x	X	x	x	x	x
Durme	Tielrode	x		x	x	X	x	x	X	x	x	x	x
Durme	Hamme				x	X	x	x		x	x	x	
Durme	Waasmunster(sluis)									x			
Durme	Waasmunster(brug)	x	x	x	x	X	x	x	X	x	x	x	x
Durme	Waasmunster(manta)									x			
Durme	Zele								X	x	x	x	
Durme	Lokeren(P.P.7)								X				
Durme	Lokeren(Oude Brug)				x	X	x	x					
Durme	Daknam	x	X	x	x	X	x	x					

Tabel 2.7. Recente jaarlijkse tijgegevens (bron: Waterbouwkundig labo Borgerhout) / Recent annual tidal data

Rivier	Locatie	Saliniteit	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Schelde	Zandvlietsluis	Meso	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Kallosluis	Meso	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Antwerpen	Meso	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Schelle	Oligo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Temse	Oligo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	St. Amands	Lang	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Dendermonde	Lang	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Schoonaarde	Kort	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Wetteren	Kort	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schelde	Melle	Kort	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rupel	Boom	-	.	.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rupel	Walem	-	.	.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Durme	Tielrode	-	.	.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Durme	Waasmunster brug	-	.	.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

### 2.1.5 Historische biotische data

Langetermijngegevens voor biotische data zijn als dusdanig niet beschikbaar. Door via een ecotoopbenadering te werken hopen we hieraan tegemoet te komen. Goed afgebakende ecotopen geven immers zowel een fysische als ecologische realiteit weer (2.2.2).

Voor de reconstructie op macroschaal maken we gebruik van historische kaarten en luchtfoto's in combinatie met de bathymetrische en getijgegevens. Voor analyses op mesoschaal baseren we ons op de gedigitaliseerde vegetatiekarteringen van de volledige Zeeschelde (1992 en 2003).

## 2.2 Methode

### 2.2.1 Georefereren kaartmateriaal en luchtfoto's

Voor het historisch kaartmateriaal werd uitgegaan van analoge kaarten en van niet georeferende scans (voor een aantal kaartbladen van de gereduceerde kadasterkaart). Het georefereren van de kaarten gebeurde in ArcGis 9.0 met een eerste orde transformatie gebaseerd op 4 tot 8 goed gespreide referentiepunten. Als referentielaag werd zoveel mogelijk de topografische kaart van 2005 gebruikt. In de sterk gewijzigde zones moest soms teruggegrepen worden naar oudere topokaarten (1960, DG3 en DG2). Hoewel het aantal referentiepunten voor de kaarten relatief laag ligt in vergelijking met de adviezen van Onkelincx et al. (2004) bleek een hoger aantal op het zicht de voor dit project gewenste nauwkeurigheid niet veel te verhogen. Afwijkingen werden grotendeels door interpretatie en het gebruik van de referentielaag gecompenseerd.

De kaarten van Dépôt de la Guerre 2 en 3 waren op het INBO aanwezig als georeferende scans. De meeste luchtfoto's werden alleen voorlopig gepositioneerd via de fit-to-display-procedure. De reeksen die werden weerhouden voor verdere analyse werden op dezelfde manier georeferend als het gereduceerd kadaster, maar het aantal referentiepunten lag hoger (12-20 punten).

### 2.2.2 Aanzet tot een ecotopenstelsel

De karakterisering van schorren gebeurt meestal aan de hand van vegetatiekarteringen en dus op basis van de soortensamenstelling van een bepaalde locatie. Historisch gezien is de soortensamenstelling echter zelden te achterhalen. Daarom werd geopteerd om gebruik te maken van een ecotopenstelsel. Een ecotoop wordt gedefinieerd als 'een ruimtelijk eenheid die homogeen is qua (vegetatie-)structuur, successiestadium en de voornaamste abiotische factoren en antropogene invloeden die voor de biota van belang zijn' (bv. Stevers et al., 1987). Terwijl bij het opstellen van vegetatietypes uitgegaan wordt van de soortensamenstelling, wordt bij de afbakening van ecotopen dus uitgegaan van een standplaatsbenadering (Runhaar, 1985). Ecosystemen worden zoveel mogelijk ingedeeld op basis van zogenaamde operationele standplaatsfactoren (o.a. vochttoestand, voedselrijkdom, zuurgraad, dynamiek, beheer en successiestadium). De relatie tussen standplaatsfactoren en vegetatiesamenstelling wordt gelegd in de vorm van een ecotooptypologie, die aangeeft welk type vegetatie kan worden verwacht bij een bepaalde combinatie van standplaatsfactoren. Gezien het grote belang van de fysische context waarbinnen getijdsystemen zich moeten ontwikkelen en waarbinnen eventuele herstelmaatregelen moeten gebeuren (bv. French en Reed, 2001) is een standplaatsbenadering sterk aangewezen. Een bijkomend voordeel van ecotopen in vergelijking met een vegetatietypologie is het feit dat inter- en sublitorale delen van het getijdengebied ook kunnen gekarakteriseerd worden.

Omdat ecotopen afgebakend worden op basis van standplaatsfactoren waar de mens rechtstreeks of onrechtstreeks invloed op heeft, zijn ze uiterst geschikt om de effecten van bepaalde ingrepen op het systeem in kaart te brengen en te beoordelen (Wolfert, 1996). De voorspelling van de effecten van antropogene ingrepen of natuurlijke evoluties op de vegetatie kan in een standplaatsbenadering worden herleid tot twee stappen:

- Herleiden van de ingrepen naar veranderingen in standplaatsfactoren;
- Bepalen van de relatie tussen de standplaatsfactoren en de soortensamenstelling van de vegetatie.

Een ingreep in het watersysteem zal leiden tot een verandering in de conditionerende en operationele factoren, wat op zijn beurt resulteert in een veranderende soortensamenstelling en vegetatie.

Het ecotopenstelsel is een hiërarchisch classificatiesysteem. Het bestaat uit een aantal niveaus van verschillende ruimtelijke en temporele dimensie. De klassegrenzen die onderscheiden worden op een hoger niveau blijven bestaan op de lagere niveaus. Naarmate het niveau gedetailleerder wordt, veranderen de indelingskenmerken van weinig veranderlijke en kwalitatieve naar veranderlijke en kwantitatieve factoren (Rademakers en Wolfert, 1994). Voor de vergelijking van de historische en actuele toestand van een bepaald ecosysteem is de hiërarchische opbouw van het ecotopenstelsel een dankbaar gegeven. De lagere, meer gedetailleerde hiërarchische niveaus, die historisch vaak niet meer te achterhalen zijn, kunnen gegeneraliseerd worden tot een hoger niveau dat wel reconstrueerbaar is. Bij vergelijking van de huidige situatie met de historische toestand wordt dus gewerkt op een hogere hiërarchische orde van het stelsel.

In principe worden in een hiërarchisch systeem alle mogelijke klassen van een variabele gecombineerd met de klassen van een andere variabele (*Tabel 2.8*). Dat is niet altijd zinvol, omdat sommige combinaties in praktijk niet zullen voorkomen. Bovendien zijn er een aantal variabelen die alleen bij een bepaalde combinatie van variabelen op een hoger niveau relevant zijn. Hydrodynamische variabelen zullen bijvoorbeeld zeer bepalend zijn voor de standplaats van de sub- en intertidale gemeenschappen, terwijl bij de vloeisystemen het landgebruik van doorslaggevend belang is.

Er zijn al verschillende terrestrische en aquatische ecotopenstelsels in Vlaanderen en Nederland ontwikkeld. Voor riviersystemen zijn er bijvoorbeeld het Rivier-Ecotopen-Stelsel (Rademakers en Wolfert, 1994), het Ecotopenstelsel van de Grensmaas (Van Looy en De Blust, 1998) en het Zoute Wateren Ecotopenstelsel van de Nederlandse zoute en brakke wateren (Bouma et al., 2005). Hoewel in elk van deze systemen overeenkomsten zijn met de Zeeschelde, is geen ervan geschikt om de Zeeschelde met haar unieke zoetwatergetijdegebieden volledig te typeren. Daarenboven worden de buitendijkse gebieden langs de Zeeschelde gekenmerkt door een aantal zeer typische historische landgebruiksvormen die in geen enkel van de vermelde stelsels aan bod komen. Het was dus noodzakelijk om een eigen ecotopenstelsel te ontwikkelen voor de Zeeschelde. De ecotoopafbakening wordt wel zoveel mogelijk afgestemd op de reeds bestaande systemen. Bij de historische analyse van de Westerschelde wordt gewerkt met het ecotopenstelsel van Bouma et al. (2005). Vooral voor de brakke zone, die zowel in de Westerschelde als de Zeeschelde voorkomt, moet uniformiteit nagestreefd worden zodat later uitspraken mogelijk zijn over evoluties in het volledige Schelde-estuarium.

De voorliggende aanzet tot ecotopenstelsel is opgesteld voor alle potentieel aan het getij onderhevige gebieden langs de Zeeschelde, de Durme en de Rupel. Naast de huidige buiten de winterdijk gelegen gebieden, omvat het dus ook de oude vloeisystemen waarbij de getijdenwerking geregeld werd door de mens (*Intermezzo 2*). Dokken en haveninfrastructuur die niet rechtstreeks aan getijdenwerking onderhevig zijn, worden niet meegenomen. De uitwerking van het ecotopenstelsel is gebeurd tot op een niveau dat informatief genoeg en toch haalbaar is voor kartering van de volledige Zeeschelde. Een meer gedetailleerde opdeling is ongetwijfeld mogelijk en nuttig voor verder onderzoek in deelgebieden van de Zeeschelde. Binnen de schorren wordt bijvoorbeeld geen onderscheid gemaakt tussen kleinere krekens, oeverwallen en komgronden, terwijl dit natuurlijk totaal verschillende standplaatsen zijn. Om het aantal onderscheiden ecotopen handelbaar te houden en gezien de schaal waarop de kartering hier diende te gebeuren achtten we dit echter niet zinvol binnen het huidige project. We beschouwen dit als een aanzet tot ecotopenstelsel omdat de ecologische invulling van de onderscheiden ecotopen, zoals die gebeurde voor het ZES-stelsel, nog grotendeels dient te gebeuren

### 2.2.2.1 Indelingskenmerken, klassen en klassegrenzen

Bij het opstellen van een ecotopenstelsel wordt in eerste instantie op basis van literatuur en expertkennis nagegaan welke ecotopen er in het gebied voorkomen. Daarna wordt gekeken aan de hand van welke morfo-, hydro- en gebruiksdynamische kenmerken deze ecotopen in een classificatie kunnen ingedeeld worden. Voor elk indelingskenmerk worden een aantal relevante klassen en daarbij horende klassegrenzen gedefinieerd. Zoals eerder vermeld blijft de opsplitsing

op de hogere hiërarchische niveaus ook doorwerken op de lagere niveaus, tenminste als de gecombineerde kenmerken in de praktijk ook voorkomen.

Niet voor alle potentieel belangrijke variabelen kunnen gebiedsdekkende historische gegevens verkregen worden of is de kwaliteit van de luchtfoto's voldoende om de situatie correct te kunnen inschatten. Daarom beperken we ons voor de lange termijnevoluties tot die variabelen waarvoor dit wel binnen bepaalde grenzen mogelijk is: overstromingsduur, overstromingsfrequentie en saliniteit. De belangrijkste gegevensbronnen hierbij zijn de bathymetrie en de historische tijgegevens. In de Westerschelde konden heel wat geomorfologische karakteristieken zoals ribbelpatronen en verschillen in klei en zandgehalten via de luchtfoto's in kaart gebracht worden (de Jong, mondelinge mededeling). Daarvoor moeten de foto's wel van goede kwaliteit en bij laag tij getrokken zijn.

De belangrijkste indelingskenmerken die gebruikt werden voor de Zeeschelde staan weergegeven in *Tabel 2.8*. Op lagere niveaus werden ook nog andere kenmerken gebruikt die besproken worden bij de ecotopen zelf.

*Tabel 2.8 Indelingskenmerken gebruikt voor het ecotopenstelsel van de Zeeschelde: \*zie tekst voor verklaring; GLWS = gemiddeld laagwater bij springtij, GHWD=gemiddeld hoogwater bij doottij, GHWS=gemiddeld hoogwater bij springtij) / Classification characteristics used for the ecotope system of the Zeeschelde: see text for further explanation; GLWS = mean low water at spring tide, GHWD = mean high water at neap tide*

<b>Indelingskenmerk</b>	<b>Klasse</b>	<b>Klassegrens</b>
<b>Saliniteit en verblijftijd</b>	Mesohalien	> 3 g Cl <sup>-</sup> /l
	Oligohalien	0.3-3 g Cl <sup>-</sup> /l
	Zoet lange verblijftijd*	< 0.3 g Cl <sup>-</sup> /l
	Zoet korte verblijftijd*	< 0.3 g Cl <sup>-</sup> /l
<b>Diepte 1</b>	Sublitoraal	<GLWS
	Litoraal (slik)	GLWS-GHWD
	Supralitoraal (schor)	>GHWD
	Supralitoraal (Vloeisysteem)	Variabel getijregime
	Hoogwatervrij	<5 x overspoeld per jaar of binnendijks
<b>Diepte 2 Sublitoraal (diepte)</b>	Diep	Meer dan 5 m onder GLWS
	Matig diep	2 tot 5 m onder GLWS
	Ondiep	2 m onder GLWS tot GLWS
<b>Litoraal (overspoelingsduur )</b>	Laag	GLWS-75%
	Middel	25-75%
	Hoog	0-25%
	<b>Supralitoraal (overspoelingsfrequentie HW)</b>	Lage Pionierzone
Hoge Pionierzone		45-80%
Schorzone		< 45%
<b>Substraat</b>	Hard	
	Zacht	
<b>Dynamiek</b>	Hoogdynamisch	Goed ontwikkelde ribbelpatronen
	Laagdynamisch	
<b>Natuurlijkheid</b>	Natuurlijk	
	Antropogeen	
<b>Vegetatiestructuur/successiestadium</b>	Grasland	
	Ruigte	
	Struweel	>50% houtige opslag
	Bos	

### **Saliniteit en verblijftijd**

Binnen een estuarien systeem is saliniteit een determinerende variabele. In de Zeeschelde wordt onderscheid gemaakt tussen mesohaliene (brakke), oligohaliene (zwak brakke) en zoete ecotopen. De grenzen staan aangegeven in *Figuur 2.1*. De zoete zone wordt nog verder opgedeeld in een zone met korte en een zone met lange verblijftijd van chloride (Van Damme et al., 1999). Zoute ecotopen ontbreken in de Zeeschelde. De zoetwaterzone met korte verblijftijd wordt gekenmerkt door de combinatie van geringe rivierbreedte en –diepte, waardoor de invloed van de rivierafvoer relatief groot is. Chloride-ionen verblijven hier gemiddeld slechts 2 tot 5 dagen. Deze zone loopt van de sluizen in Merelbeke tot Appels. De zoetwaterzone met lange verblijftijd heeft een grotere breedte en diepte en loopt tot de Durmemonding. Het rivierdebiet heeft een minder grote invloed en chloride-ionen verblijven hier beduidend langer dan in de vorige zone. De oligohaliene zone loopt tot Burcht en de mesohaliene zone tot de grens.

Op vegetatiekundig niveau komt de grens brak-zwak brak ongeveer overeen met het voorkomen van wilgenstruwelen, die typisch zijn voor het zoetwatergetijdegebied. De grenzen tussen mesohalien/oligohalien en oligohalien/zoet zijn niet arbitrair maar worden onder andere gekenmerkt door duidelijke verschillen in de soortensamenstelling en de biomassa van het fytoplankton (Muylaert, 1999).

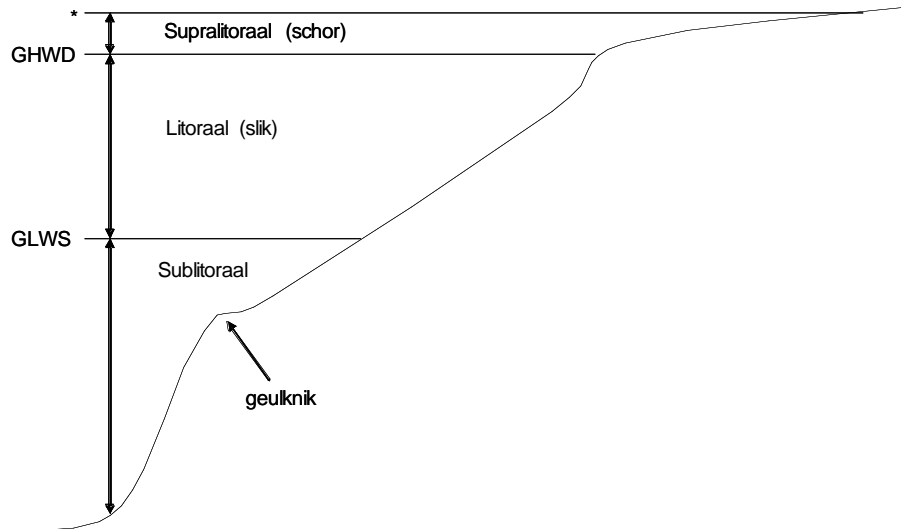
Het chloridegehalte op een bepaalde plaats is sterk afhankelijk van het jaar (afvoerschommelingen), het getij en de periode in het jaar waarin gemeten wordt (Van Damme et al., 2005). In de winter is er een grotere bovenafvoer en liggen de chloridegehalten een stuk lager dan in de zomer. Ook ten gevolge van de veranderde getijdynamiek is de brakwatergrens geen constante in de tijd. Wij opteren ervoor om de vaste grenzen te hanteren zoals gedefinieerd door Van Damme et al. (1999) omdat areaalverschuivingen moeilijk interpreteerbaar worden als de saliniteitszones variëren in de tijd.

In de Westerschelde werd vastgesteld (Bouma et al., 2005) dat de schommelingen in het zoutgehalte wellicht belangrijker zijn voor het voorkomen of ontbreken van bepaalde soorten dan het gemiddelde zoutgehalte. Het volledig brakke gedeelte van de Zeeschelde valt onder de noemer 'variabel' als we de criteria uit ZES.1 hanteren (dat wil zeggen dat de zoutvariatie meer dan 100% bedraagt). Ook voor een groot deel van het zwak brakke gedeelte geldt dat de zoutvariatie boven de 100 % ligt en als 'variabel' kan geklasseerd worden. De grens tussen zwak brak en zoet valt dus ongeveer samen met de grens waar de zoutvariatie onder de 100% duikt.

### **Diepte 1**

De indeling op het tweede niveau is in essentie een onderscheid op basis van de hoogteligging in het getijvenster: het sublitoraal (permanent onder water), litoraal of slik (elk tij overspoeld), supralitoraal of schor (niet elk tij overspoeld) en de hoogwatervrije zones (nooit door het getij overspoeld). Naar analogie met ZES.1 wordt de grens tussen het sublitoraal en het litoraal bepaald door het gemiddeld laagwater bij springtij (GLWS) en de grens tussen het litoraal en het supralitoraal door het gemiddeld hoogwater bij doortij (GHWD) (*Figuur 2.4*). De bovengrens is alles wat minder dan 5 maal per jaar door het tij overspoeld wordt.

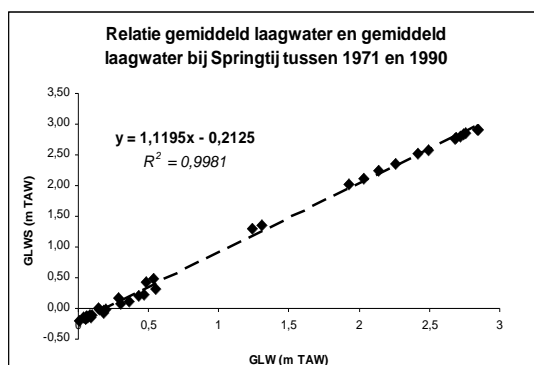




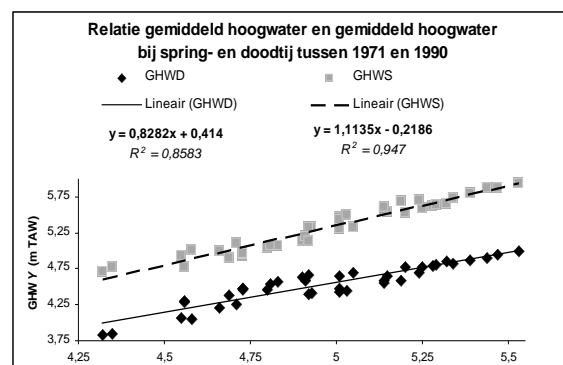
Figuur 2.4 Schema van de onder- en bovengrenzen van het litoraal, supra- en sublitoraal. GLWS=gemiddeld laagwater bij springtij, GHWD=gemiddeld hoogwater bij doottij, \*=5 maal overspoeling per jaar / Schematic view of lower and upper boundaries of litoral, supralitoral and sublitoral zone. GHWD=mean high water at neap tide, GLWS=mean low water at spring tide, \* = 5 times flooded per year

Voor de afbakening van de historische ecotopen moeten we gebruik maken van de historische getijgegevens van het gemiddeld laagwater en het gemiddeld hoogwater uit de periode 1862 tot nu (3.2.1). Na combinatie met de bathymetriegegevens vanaf 1930 is het dan mogelijk om het sublitoraal en in het beste geval de grens tussen sublitoraal en litoraal af te bakenen. Zoals gezegd wordt de afbakening van deze zones in het ecotopenstelsel van de Westerschelde gebaseerd op het gemiddelde getij bij dood- of springtij. Voor de Zeeschelde zijn echter geen historische dood- of springtijgegevens voorhanden. Om de gegevens zo goed mogelijk vergelijkbaar te maken werd aan de hand van de recente getijgegevens waarvoor wel spring- en doottijgegevens beschikbaar zijn, een relatie opgesteld tussen het gemiddeld hoogwater en gemiddeld hoogwater bij spring- en doottij en gemiddeld laagwater en laagwater bij springtij. Er blijkt telkens een duidelijk lineair verband te bestaan, waardoor de historische peilen bij dood- en springtij redelijk nauwkeurig kunnen geëxtrapoleerd worden.

De relaties die gevonden werden voor de volledige Schelde (van Vlissingen tot Gentbrugge) staan weergegeven in *Figuur 2.5* en *Figuur 2.6*. Het weglaten van de Westerschelde-locaties had geen effect op de vastgestelde relatie.



Figuur 2.5 Relatie tussen gemiddeld laagwater bij springtij en gemiddeld laagwater / Relationship between mean low water at spring tide and mean low water



Figuur 2.6 Relatie tussen gemiddeld hoogwater bij spring- en doottij en gemiddeld hoogwater / Relationship between mean high water at spring tide and mean high water

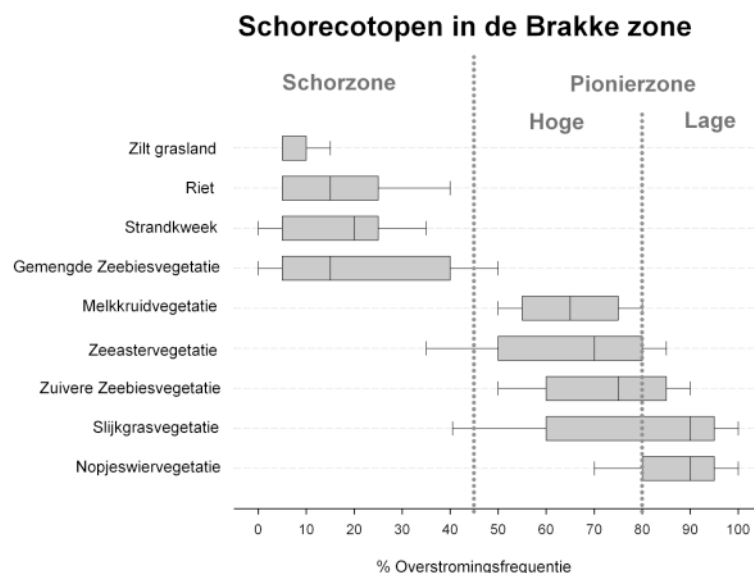
Daarnaast onderscheiden we langs de Zeeschelde nog een aantal gebieden met een aangepaste getijdendynamiek, met name de vloeisystemen. Dat zijn antropogeen beïnvloede getijsystemen die vooral vanuit historisch oogpunt belangrijk zijn, maar voor de toekomstige inrichting van gecontroleerde overstromings- en gereduceerde getijgebieden informatie kunnen aanleveren. Vloeisystemen waren meestal bedijkte hooi- of weilanden die in de winter onder een natuurlijk getijregime kwamen door het doorsteken van de dijken. Er bestonden ook nog andere vloeisystemen waarbij de percelen via sluizensystemen naar eigen goeddunken met de Schelde konden verbonden worden. Vaak spreekt men over vloeimeersen, maar omdat niet alle percelen als hooiland of weide gebruikt werden, is dit een misleidende term. Ook akkers, rietlanden of beplante percelen (wijmen) konden onder een gelijkaardig getijbeheer staan. Daarom spreken we hier van 'vloeisystemen'. Een echt vloeisysteem wordt zo geclassificeerd als er duidelijk sprake is van een in cultuur gebracht systeem (dichte percelering en aanwezigheid van een antropogeen drainagesysteem). Bewerkte of beheerde percelen zonder menselijk drainagepatroon vallen onder de schorren (2.2.3).

Op dit niveau onderscheiden we tenslotte ook nog de aquatische milieus. Strikt genomen vallen de meeste aquatische milieus onder het sublitoraal, maar we maken hier een onderscheid tussen de sublitorale milieus van de hoofdgeul en de andere aquatische milieus, omdat ze vanuit geomorfologisch standpunt duidelijk te onderscheiden zijn. Het gaat om de grotere kreeksystemen, beken, meanders en aantal types plassen met uiteenlopende oorsprong (bv. wielen, buitendijkse turfputten, bomputten, ...).

In totaal onderscheiden we dus 6 hoofdgroepen van ecotopen waarvan er 5 zowel in het brakke, zwak brakke als in het zoete gedeelte kunnen voorkomen. Gezien de grote onderlinge verschillen is de verdere opsplitsing afhankelijk van de hoofdgroep.

## Diepte 2

Binnen de gebieden die onder invloed staan van het natuurlijk getij kunnen we een tweede belangrijke opsplitsing maken op basis van de hoogteligging. Binnen het sublitoraal onderscheiden we een diepe, matig diepe en ondiepe zone. In het brakke gedeelte leggen we de klassegrens voor diep water op 5 meter beneden GLWS, zodat vergelijking met de Westerschelde mogelijk is (Bouma et al., 2005). Voor de meer stroomopwaartse delen van de Zeeschelde die veel minder diep zijn heeft de 5 meter grens geen betekenis. Daarom wordt een tussencategorie matig diep toegevoegd die loopt van 5 tot 2 meter beneden GLWS. Het slik (litoraal) wordt ingedeeld in 3 zones (laag-middel-hoog) naargelang de overstromingsduur volgens de klassegrenzen in ZES.1.



Figuur 2.7. Afbakening van de ecotopen in het brakwatergebied of mesohaliene zone / Ecotope range in the brackish or mesohaline zone

In het schor onderscheiden we een lage en hoge pionierzone en een schorzone op basis van de overspoelingsfrequentie (relatief aandeel van overspoelingen per jaar dat het schor onder water komt; zie tabel voor de klassegrenzen. De klassegrenzen werden afgeleid uit een vegetatiemodel waarin de vegetatiekartering van 2003 gekoppeld werd aan de getijgegevens van de 5-jarige periode 1998-2002 (*Figuur 2.7*). Voor de zoete schorren konden voorlopig nog geen duidelijke classificatie van vegetatietypes aangetoond worden. In een toekomstig project rond ecotopen van Zee- en Westerschelde zal dit verder onderzocht worden.

### **Substraat/dynamiek**

Binnen de slikzones speelt de aard van het substraat een zeer belangrijke rol. We onderscheiden harde substraten (van antropogene of natuurlijke oorsprong) en zachte substraten. Natuurlijke harde structuren zijn vooral veenbanken (bv. op Ketenisseschor). Het is niet geweten of deze ook echt van ecologisch belang zijn voor bepaalde organismen in de Zeeschelde. Onder antropogene structuren worden vooral oeververstevingen verstaan, zoals breuksteenzones. Deze hebben, met de huidige grote dynamiek in de Schelde, hun belang voor sommige soorten. Vestiging van biezen gebeurt bijvoorbeeld voornamelijk tussen de breukstenen, waarschijnlijk omdat breuksteen voorkomt over de volledige overspoelingsgradiënt en bescherming biedt tegen golfwerking door de schepen. Anderzijds kunnen de breukstenen ook voor extra turbulentie en extra erosie van het achterliggende slik en schor zorgen. Ook structuren zoals palen en kribben vallen onder de antropogene harde substraten.

Het zacht substraat omvat alle slib- en zandbodems. De sedimentsamenstelling is sterk gecorreleerd met de dynamiek. Op hoogdynamische plaatsen kunnen alleen zwaardere sedimentdeeltjes bezinken en komt dus een zandig substraat voor. Op laagdynamische plaatsen bezinkt ook de fijnere fractie en treffen we slibbodems aan. Het ecologisch verschil tussen zand- en slibbodems is groot, bijvoorbeeld qua samenstelling van het benthos.

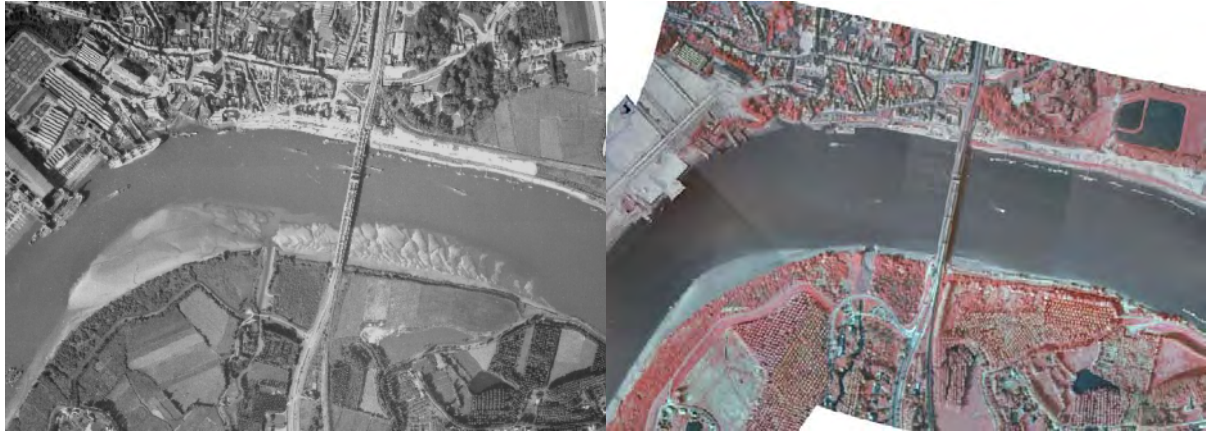
Omdat er weinig metingen van stroomsnelheden voorhanden zijn onderscheiden we de hoogdynamische en laagdynamische zachte substraten op basis van de steilheid van de *helling* en de aan- of afwezigheid van *ribbelpatronen* op het slik. Hoogdynamisch slik zijn gebieden waarvan het bodemoppervlak bij elk springtij sterk kan wijzigen.

Bij de steile slikken, zoals we ze in de Zeeschelde frequent aantreffen, bezitten de slibrijke slikken geen ribbels maar hebben we wel te maken met een hoogdynamisch systeem. Als grens voor de helling tussen hoog- en laagdynamisch slikken wordt voorlopig de waarden van de globale hoogtevervallen genomen van gemiddeld 0,05 m/m en 0,025 m/m voor respectievelijk de zoete en brakke zone van de Zeeschelde (Brys et al. 2005).

Bij hoogdynamische zandplaten kunnen vaak (mega-)ribbels onderscheiden worden. Afhankelijk van de maximale stroomsnelheden kan het ribbelpatroon een 2-dimensionale of 3-dimensionale structuur bezitten, die te onderscheiden is op basis van de *kamlijn*. 2-D megaribbels hebben *rechte kamlijnen*. 3-D megaribbels hebben een *onregelmatige vorm* en de hoogte van de kamlijn varieert. Megaribbels kunnen ook naar lengte worden onderscheiden.

Binnen de laagdynamische slikken kunnen zandige van slibrijke gebieden onderscheiden op basis van het aanwezige kreekpatroon én de grijstint op de luchtfoto's (*Figuur 2.8*). Slibrijke gebieden kenmerken zich door de aanwezigheid van een geaderd drainagepatroon, een relatief donkere tint en een scherp meanderend karakter van aanwezige geultjes of krekken.

Enige voorzichtigheid is wel geboden omdat een ecotopenkaart slechts een momentopname is. De aanwezigheid van ribbels duidt wel altijd op een hoogdynamische toestand, maar de afwezigheid ervan betekent niet noodzakelijk dat het een laagdynamisch systeem is. Ribbelpatronen zijn ook niet noodzakelijk representatief voor de gemiddelde dynamiek. Een hevige storm kan op zeer korte termijn aanleiding geven tot het ontstaan van nieuwe ribbelpatronen (Van der Wal, pers. mededeling). Dynamiek speelt natuurlijk niet alleen in het litoraal een rol maar ook in de schorren en het sublitoraal. In de schorren wordt dynamiek deels weerspiegeld in de verschillende vegetatietypes.



*Figuur 2.8. Evolutie van de slikplaat voor het schor van de brug van Temse. In 1969 is het nog een brede gevarieerde plaat met een hoogdynamische zone met duidelijke ribbelpatronen in het oostelijke deel en een laagdynamisch westelijk deel. De situatie anno 2004 toont alleen nog een smalle structuurarme slikrand / Evolution of the mudflat at Temse bridge. In 1969 this large mudflat consisted of a highly dynamic eastern part, characterized by distinct ribbed patterns, and a low dynamic western part. In 2004 only a small part remains, lacking any distinct morphological features.*

### **Vegetatiestructuur/successiestadium**

Vegetatiestructuur en successiestadium zijn geen direct op de standplaats inwerkende factoren maar moeten gezien worden als de resultante van de factoren tijd en beheer (Stevens et al., 1987). In een meer omvattende term kunnen we dit omschrijven als de gebruiksdynamiek (Rademakers & Wolfert, 1994). Gebruiksdynamiek speelt in het ecotopensysteem van de Westerschelde geen grote rol omdat de meeste terreinen niet of nauwelijks beheerd worden (De Jong, mondelinge mededeling). Net zoals in het Nederlandse systeem voor de benedenrivieren is gebruiksdynamiek in de Zeeschelde wel een zeer belangrijke factor. Globaal kunnen er drie grote historische wijzigingen in het landgebruik aangeduid worden: (1) de periode voor de tweede wereldoorlog, toen vele buitendijkse gebieden als landbouwgebied gebruikt werden; er bestonden zeer uiteenlopende extensieve landgebruiksvormen binnen het winterbed van de Zeeschelde, zoals wijmenteelt, rietsnijderijen, akkerbouw en verschillende vloesystemen. (2) in de periode tussen de tweede wereldoorlog en de jaren 70 viel de landbouw in de meeste gebieden weg ten gevolge van de slechter wordende waterkwaliteit van de Schelde of het niet langer economisch rendabel zijn van de rietsnijderijen en de wijmenteelt; dit is de fase van spontane ontwikkeling; (3) de periode vanaf begin jaren 80 tot nu, waarin vele gebieden in beheer komen van natuurverenigingen en het beheer op (delen van) de schorren terug wordt opgestart. Bij de ecotoopafbakening moet hier vanzelfsprekend rekening mee gehouden worden.

De klassen zijn als volgt gedefinieerd:

*Pioniervegetatie:* Zoals eerder vermeld wordt de (potentiële) pioniervegetatie naar analogie met ZES.1 gedefinieerd op basis van de overstromingsfrequentie en niet op basis van de vegetatiestructuur. Het onderscheid met ruigtes is soms moeilijk te maken omdat vele van de ruigtekruiden uit het getijdengebied eigenlijk ook echte pioniers zijn (bv. zeeaster, reuzenbalsemien). Als voorlopige grens wordt een overstromingsfrequentie >80% genomen, maar mogelijk is de vestigingshoogte van pioniers in het zoete en brakke gedeelte verschillend. Dit moet nader onderzocht worden.

*Akker:* Akkers worden elk jaar omgezet en bebouwd met gewassen. Ecologisch zijn ze alleen van belang voor een aantal algemene akkeronkruiden.

*Grasland:* We maken een onderscheid tussen *beheerde graslanden* (hooi- en weilanden) en de *structuurrijke graslanden*. De laatste worden niet (meer) beheerd en vormen een overgang naar ruigtevegetaties of struwelen.

*Ruigte.* Het is niet altijd eenvoudig om de grens te trekken tussen een structuurrijke ruigte en struweel. Hier leggen we de grens arbitrair op minder dan 50% houtige opslag voor een ruigte. Meer dan 50% zijn (verruigde) struwelen

*Riet*: Ook hier geldt dat het onderscheid met ruigtes soms moeilijk is omdat slecht onderhouden rietvelden de neiging hebben geleidelijk te verruigen en te verstruwelen en er dus vele overgangsvormen bestaan. Gezien het grote ecologische en historische belang (rietsnijderijen) worden rietvelden apart onderscheiden.

*Struweel*: We onderscheiden *zachthoutstruwelen* (wilg) en *gemengde struwelen* waar ook hardhoutsoorten in voorkomen

*Bos*: We onderscheiden *productiebos* (populierenbos, wijmenteelt en hardhoutproductiebos) en 'natuurlijke bossen' (*hardhout en zachthout(ooi)bos*)

### **Aquatise ecotopen**

- Nevengeul: water dat zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts met de hoofdgeul is verbonden.
- Getijdebeek: ontvangt water vanuit het binnendijks gebied en is onderhevig aan getijwerking
- Strang/ grote kreek: blinde arm van de rivier (breder dan ~10m) onderhevig aan getijdewerking.
- Kreek: een kleine blinde geul in het schor onderhevig aan getijdewerking
- Plas: kan natuurlijk (bv. getijdepoel) of antropogeen zijn (bv. veenputten)
- Getijdedokken: dokken rechtstreeks verbonden met de vaargeul

## 2.2.2.2 Overzicht van de ecotopen

Tabel 2.9 geeft een schematisch overzicht van de onderscheiden ecotopen en hun codes. Alle ecotopen behalve deze van de hoogwatervrije zones krijgen nog een prefix die hun positie binnen de saliniteitsgradiënt van het estuarium aangeeft: m (mesohalien of brak), o (oligohalien of zwak brak), l (zoet lange verblijftijd) en k (zoet korte verblijftijd).

Tabel 2.9 Overzichtstabel van de ecotopen van de Zeeschelde. Ecotopen die theoretisch kunnen voorkomen, worden in de rechterkolom in het groen aangegeven; indien de combinatie van de verschillende indelingskenmerken tot een onbestaand ecotoop leidt, is dat in het grijs aangegeven (bijvoorbeeld wilgenstruwelen in de mesohaliene zone) / Overview of the Zeeschelde ecotopes. Existing ecotope combinations in green, non-existing ecotope in grey (e.g. willow shrub in the mesohaline zone).

1 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	Opmerking	codes	Prefix				
						m	o	l	k	
sublitoraal	Diep				.S d					
	Matig diep				.S m					
	Ondiep				.S O					
Slik	Laag	hard	natuurlijk		.L lhn					
			antropoogeen		.L lha					
		zacht		hoogdynamisch	Event. toevoeging 3 of 2: 3D en 2D ribbels	.L lzh				
				laagdynamisch	Event. toevoeging a en r als slibarm en slibrijk	.L lzl				
	Middel	hard	natuurlijk		.L mhn					
			antropoogeen		.L mha					
		zacht		hoogdynamisch	Event. toevoeging 3 of 2: 3D en 2D ribbels	.L mzh				
				laagdynamisch	Event. toevoeging a en r als slibarm en slibrijk	.L mzl				
	Hoog	hard	natuurlijk		.L hhn					
			antropoogeen		.L hha					
	zacht		hoogdynamisch	Event. toevoeging 3 of 2: 3D en 2D ribbels	.L hzh					
			laagdynamisch	Event. toevoeging a en r als slibarm en slibrijk	.L hzl					
Schor	Lage Pionierzone				.C i					
	Hoge Pionierzone	grasland	beheerd		.C hgc					
			structuurrijk		.C hgs					
		ruigte		homogeen		.C hrh				
				structuurrijk		.C hrs				
	riet				.C hp					
	Struweel		wilg		.C hsw					
			gemengd		.C hsg					
	Bos		Natuurlijk	zachthoutoibos		.C hbnz				
				Hardhoutoibos		.C h				
			Productie	wijmenbos		.C w				
				populierenaanplant		.C hbcp				
			hardhoutproductiebos		.C hbch					
Schorzone	grasland		beheerd		.C cgc					
			structuurrijk		.C cgs					
	ruigte		homogeen		.C crh					
			structuurrijk		.C crs					
riet				.C cp						

1 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	Opmerking	codes	m	o	l	K
		Struweel	wilg		.C csw				
			gemengd		.C csg				
		Bos	Natuurlijk	zachthoutoibos	.C cbnz				
				Hardhoutoibos	.C cbnh				
			Productie	wijmenbos	.C cbcw				
				populierenaanplant	.C cbcp				
				hardhoutproductiebos	.C cbch				
<b>vloeisysteem</b>		akker			.V k				
		grasland	beheerd		.V gc				
			structuurrijk		.V gs				
		ruigte	homogeen		.V rh				
			structuurrijk		.V rs				
		Struweel	wilg		.V sw				
			gemengd		.V sg				
		Bos	Natuurlijk	zachthoutoibos	.V bnz				
				Hardhoutoibos	.V bnh				
			Productie	wijmenbos	.V bcw				
				populierenaanplant	.V bcp				
				hardhoutproductiebos	.V bch				
<b>hoogwatervrij</b>		antropogeen			H a				
		akker			H k				
		grasland			H g				
		ruigte			H r				
		Struweel			H s				
		Bos			H b				
<b>Aquatisch</b>	nevengeul				.Q n				
	kreek				.Q k				
	strang/grote kreek	Actief			.Q s				
	plas				.Q p				
	getijdebeek				.Q b				
	dok				.Q d				

### 2.2.3 Evolutie op macroschaal (ecotooparealen)

#### Digitalisatie

Onkelinx et al. (2005) raden aan om bij de *digitalisering* de historische informatie (i.e. het betreffende ecotoop voor een bepaalde locatie) als attribuutwaarde aan een referentielaag toe te voegen (methode van achteraf samenvoegen) in plaats van de verschillende kaart- of fotoreeksen afzonderlijk te digitaliseren (methode van afzonderlijk digitaliseren). Bij die laatste methode zal de topologie van de twee kaarten immers nooit perfect samenvallen, wat de vergelijking achteraf moeilijker maakt en de kans op fouten laat toenemen. Bij min of meer stabiele perceelsgrenzen is dit ongetwijfeld de meest aangewezen handelswijze, maar voor een intergetijdengebied bleek dit moeilijk te hanteren. Slik- en schorgrenzen zijn van nature niet stabiel. De geschiedenis van de Zeeschelde is er bovendien één van weinig gedocumenteerde dijkverbredingen en –verschuivingen, zodat het in praktijk al gauw zeer moeilijk wordt om een polygoon te koppelen aan een overeenkomstig polygoon op de referentielaag. Daarom werd geopteerd om ze apart te

digitaliseren, waarbij wel zoveel als mogelijk de grenzen van de recentere topografische kaarten gebruikt werden.

Bij de digitalisering van bedijkte gebieden werd als buitengrens de buitendijkse voet van de winterdijk genomen. Dit om te voorkomen dat de oppervlakte van de buitendijkse gebieden te veel zou overschat worden. De smallere zomerdijken werden niet apart gedigitaliseerd. In dat geval werd gewoon de dijkruin gevolgd.

Het onderscheid tussen zomer- en winterdijken is zeker niet altijd even duidelijk. Hier kan het huidige DTM soms uitkomst bieden. Zones die vaak onder water kwamen (hetzij door bevloeiing, hetzij door natuurlijke getijdenwerking), zijn meestal gesedimenteerd tot op of net onder het niveau van schorren in de buurt, in tegenstelling tot de lager gelegen gebieden die niet of zelden bevoeid werden. Een gekend voorbeeld hiervan zijn de hoogteverschillen tussen de polders bij de Belgisch-Nederlandse grens, die hoger liggen naarmate ze later werden ingepolderd (Mys, 1981). Later vergraven of opgehoogde gebieden vormen hierop een uitzondering, maar kunnen via de bodemkaart meestal geïdentificeerd worden. Als algemene regel bij het gebruik van recente DTM's voor de interpretatie van historische kaarten kunnen we stellen dat zeer laaggelegen zones met vrij grote zekerheid kunnen geïdentificeerd worden als alluviale gronden in plaats van vloeisystemen of schorren, maar dat hoger gelegen gronden ook later kunnen opgesedimenteerd zijn en dus op zich niet aantonen dat een perceel op dat moment al bevoeid werd (*Figuur 2.11*).

Niet alleen het onderscheid tussen winterdijk en zomerdijk is moeilijk vast te stellen. In het ouder kaartmateriaal is zelfs het voorkomen tout court van een dijk niet altijd duidelijk. Bij de kartering zijn we ervan uitgegaan dat buitendijkse gebieden die aan de rivierkant begrensd worden door een weg, voorzien waren van een zomerdijk. Ook bij de opdeling van de vloeisystemen zelf is ervan uitgegaan dat wegen op een dijk gelegen waren. Dat wordt voor het gereduceerd kadaster meestal bevestigd door te vergelijken met de Vandermaelen-kaart, waar de dijken wel op aangegeven staan.

#### Gereduceerd Kadaster (rond 1850)

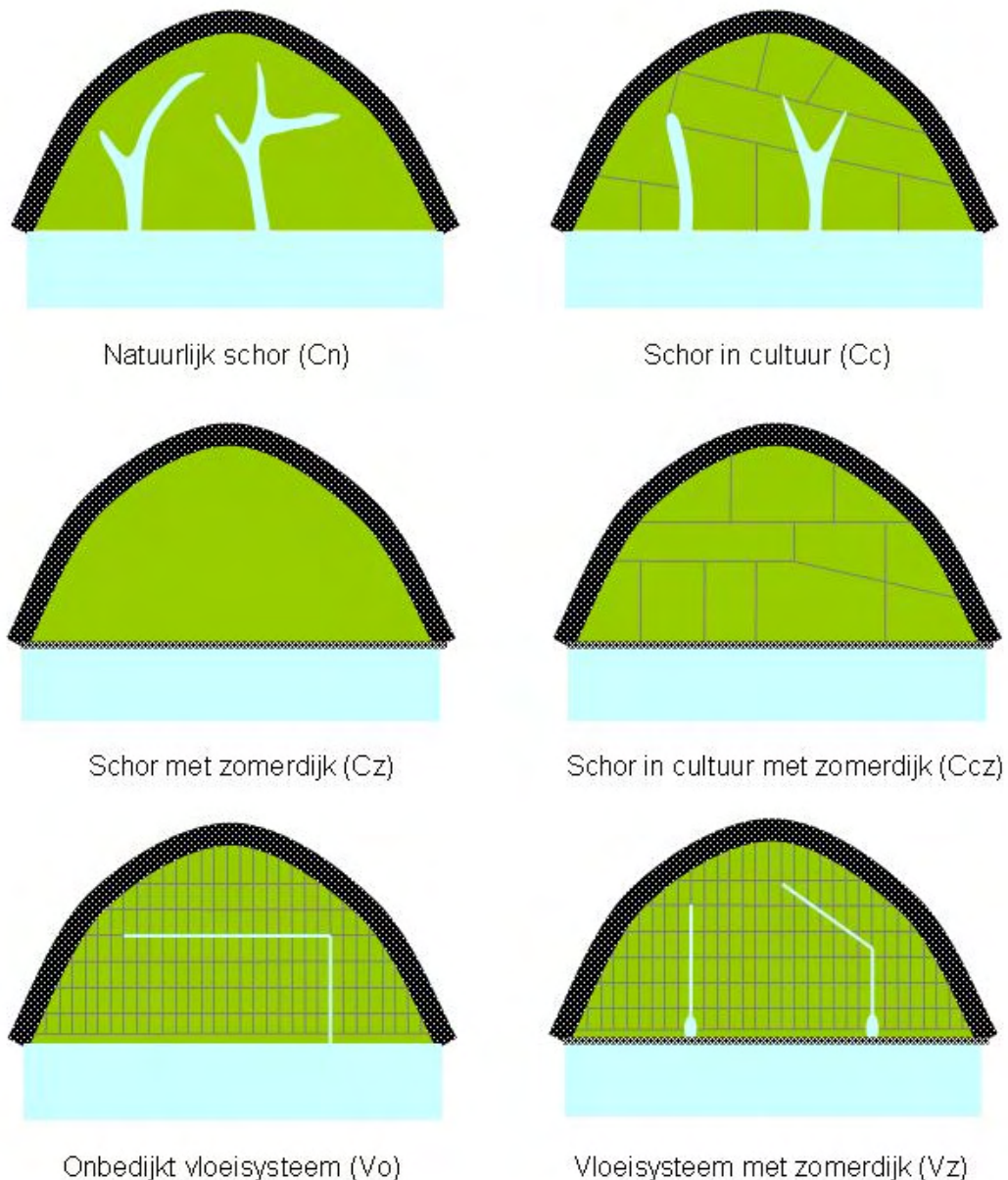
Gezien de beperkte legende en het ontbreken van abiotische gegevens voor deze periode, was het niet mogelijk om de gedetailleerde ecotoopindeling die voorgesteld wordt in de vorige paragraaf ongewijzigd toe te passen op het gereduceerd kadaster. Er werden aangepaste karteringseenheden opgemaakt die dankzij de hiërarchische opbouw goed aansluiten bij de voorgestelde ecotoopindeling. De relatie tussen de karteringseenheden van het gereduceerd kadaster en het ecotopenstelsel wordt weergegeven in bijlage 7.5.

Op basis van het al dan niet voorkomen van percelering in combinatie met een antropogeen drainage- of natuurlijk kreeksysteem wordt onderscheid gemaakt tussen vloeisystemen en schorren. Verdere opsplitsing is afhankelijk van de aan- of afwezigheid van bedijkingen. *Figuur 2.9* geeft de verschillen tussen de belangrijkste karteringseenheden schematisch weer. Een **vloeisysteem** is per definitie in cultuur gebracht, altijd geperceleerd én voorzien van een antropogeen drainagestelsel (één of meerdere centrale drainagekanalen waarop perceelsgrachten aansluiten). Onbedijkte vloeisystemen (Vo) zijn niet begrensd door een dijk aan de rivierzijde. We vinden ze vooral aan de bovenloop van de Durme en Zeeschelde. Hoogstwaarschijnlijk kwamen deze percelen alleen bij uitzonderlijke omstandigheden echt onder water en werd bij normale vloed gewoon de afvoer vertraagd. Meer stroomafwaarts gelegen vloeisystemen waren aan de rivierzijde begrensd door een zomerdijk (Vz).

Bij vloeisystemen met winterdijk (Vw) kon de bevloeiing meer gecontroleerd gebeuren via sluizen, wat overeenkomt met het principe van de huidige GOG's. Vaak zijn het ook nu nog GOG's.

Bij vloeisystemen met bovenafvoer (Vb) gebeurt de bevloeiing niet met overstromingswater van de hoofdrivier, maar met water dat vanuit het achterland wordt aangevoerd. Het betreft systemen die in de literatuur beschreven zijn, maar niet als dusdanig op de kaarten van het gereduceerd kadaster te herkennen zijn. Dit type vloeisysteem is alleen voor de Damvallei gedocumenteerd (Van Allemeersch et al., 2000).



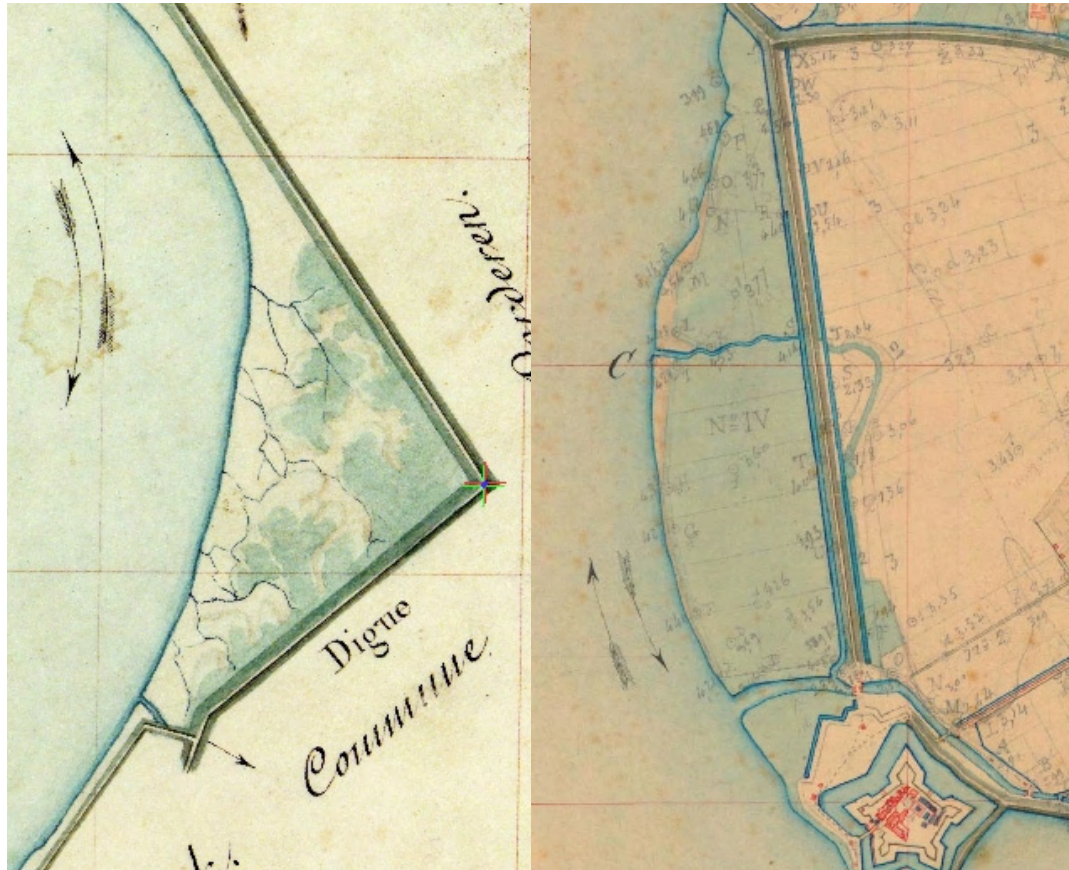


*Figuur 2.9 Schematische weergave van een aantal belangrijke karteringseenheden gebruikt voor het gereduceerd kadaster (zie tekst voor verder uitleg). Donkere lijn = winterdijk; lichtgrijs = perceelsgrenzen; lichtblauw = rivier / Schematic view of important units used when digitizing the 'Reduced kadaster' map (1850). Dark line = winter dike; pale grey line = parcel boundary; pale blue = river.*

Op basis van de begrenzing aan de landzijde kan in principe verder opgesplitst worden in bedijkte of door oplopende topografie begrensde vloeisystemen. Zeker bij de laatste groep is ook bijkomende bevloeiing vanuit het achterland mogelijk en kan kweldruk eventueel een belangrijke rol spelen. Dat onderscheid werd in deze studie niet gemaakt.

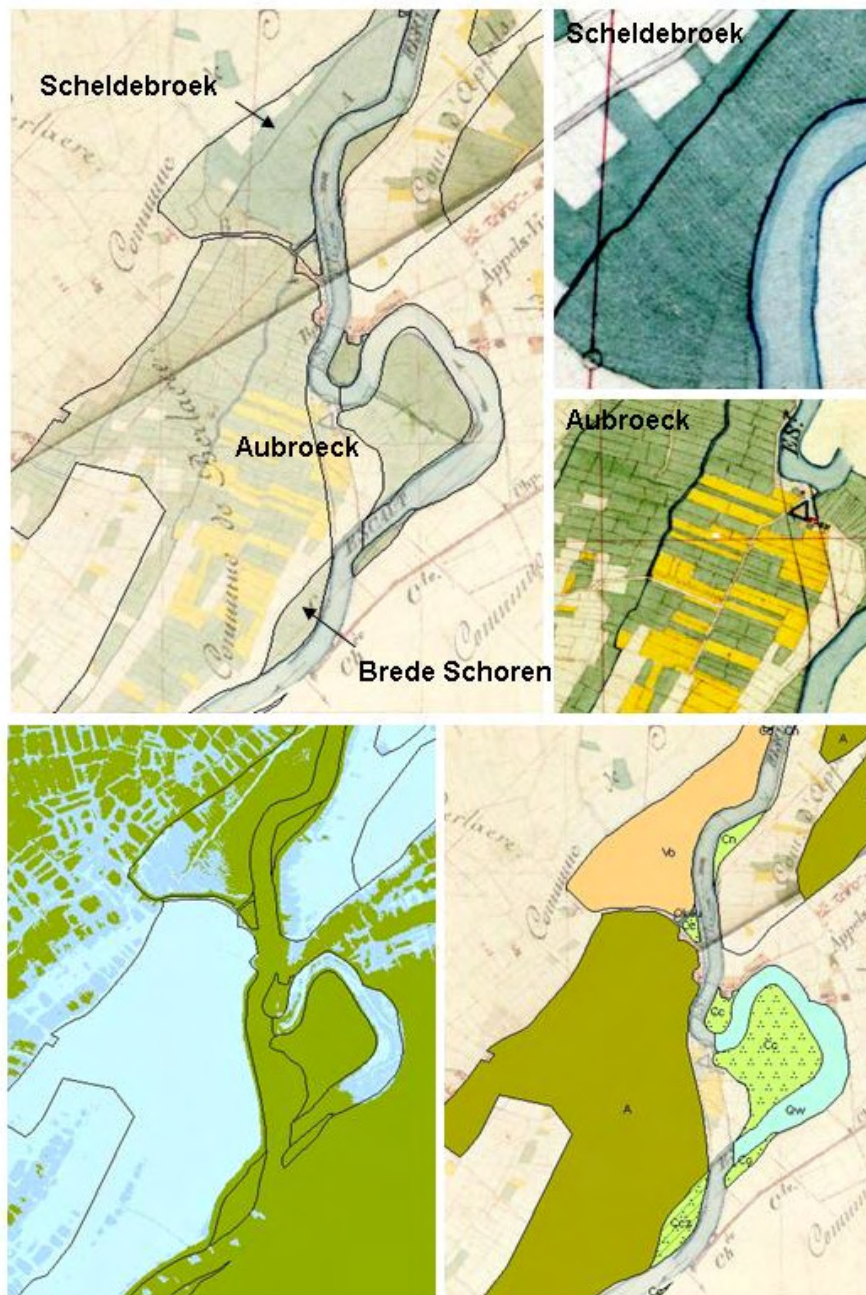
Een **schor** heeft een natuurlijk drainagestelsel van meer grillig gevormde kreeken. Schorren kunnen volledig natuurlijk zijn (Cn) of in cultuur gebracht (Cc). In het mesohaliene gedeelte van de Schelde is dat vrij gemakkelijk te zien. Natuurlijke schorren zoals het Paardeschor of het Groot Buitenschor zijn onbedijkt en de natuurlijke kreekpatronen zijn redelijk gedetailleerd getekend, terwijl de gecultiveerde schorren, zoals het Galgenschor of de toenmalige schorren aan de Melselepolder egaal groen en vaak geperceleerd zijn (Figuur 2.10). Meer stroomopwaarts wordt het

verschil tussen wel en niet gecultiveerd minder duidelijk. Alle schorren zijn egaal groen ingekleurd. We hebben ervoor geopteerd om de gebieden waar een duidelijke percelering is aangegeven als gecultiveerd schor en de andere als natuurlijke schorren te karteren, in praktijk is er vaak niet zoveel verschil in het beheermaatregel, wel in -intensiteit. Volgens Vanallemeersch et al. (2000) moeten op een gegeven moment alle buitendijkse gebieden in cultuur geweest zijn.



*Figuur 2.10 Natuurlijk schor Cn (voormalig Schor van Wijtvliet) versus Schor in cultuur Cc (Galgenschoor) / Natural salt marsh (mapping unit Cn) (former salt marsh of Wijtvliet) opposed to a cultivated salt marsh (mapping unit Cc) (Galgenschoor)*

Naast vloeisystemen en schorren worden ook **alluviale zones** onderscheiden. Strikt genomen is de hele vallei van de Zeeschelde een alluviale zone, maar hier betreft het alleen laaggelegen graslanden of bossen die geen schor zijn en niet het typische drainagesysteem van een vloeisysteem hebben. Het DTM van 2001 van de Zeeschelde leert dat deze alluviale gronden lager gelegen zijn dan de vloeisystemen en dus waarschijnlijk niet frequent bevoeid werden. Als laaggelegen gronden hadden ze wel een belangrijke bufferende werking voor de afvoer van oppervlaktewater uit het achterland. De afbakening van alluviale gronden wordt best geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld waar de drie hoofdkarteringseenheden C, V en A samen voorkomen (*Figuur 2.11*). Alluviale gronden werden alleen gekarteerd in de onbedijkte zones. Meer stroomafwaarts, waar ze achter een (winter)dijk lagen werden ze niet meegekarteerd (bijvoorbeeld de Vlassenbroekse Polder).



Figuur 2.11 Illustratie van de afbakening van alluviale gebieden versus vloeisystemen nabij het Scheldebroek te Zele. Links: Overzicht van de situatie op het gereduceerd kadaster met een detail van de drainagepatronen van het Scheldebroek en het Aubroeck. De dichte regelmatige percelering aansluitend op een centrale afvoergracht in het Scheldebroek is een goede indicatie dat het een vloeisysteem betreft; in het Aubroeck is dit minder duidelijk, al kan een vloeisysteem alleen op basis hiervan niet uitgesloten worden. Op het DTM linksonder zijn de zones boven 4m TAW groen ingekleurd (gemiddelde GHW rond 1850, zones tussen 3.5 en 4m donkerblauw en zones onder 3.5m lichtblauw. Het Scheldebroek ligt duidelijk hoger dan het Aubroeck. Onder invloed van de Schelde sedimenteerde dit gebied tot op een vergelijkbaar niveau als de naburige schorren (Brede Schoren). Dat bevestigt het vermoeden van een regelmatig overstroomd systeem en dus een vloeisysteem //Illustration of how alluvial areas are distinguished from so called flood systems near the 'Scheldebroek' at Zele. Left: overview of the situation on the 'reduced kadaster' (1850) with a detail of drainage patterns at the Scheldebroek and Aubroeck. The dense, regular parcels connecting to a central drainage at the Scheldebroek are characteristic for flood systems; although the pattern is less obvious at the Aubroeck, the possibility of a flood system cannot be excluded merely based on this. On the digital terrain model zones above 4m TAW (~MHW in 1850) are in green, zones between 3.5 and 4 m in dark blue and zones below 3.5m in pale blue. The Scheldebroek is clearly more elevated than the Aubroeck and lies at a level comparable to the adjacent salt marshes. This confirms that it was regularly flooded, hence it is a flood system rather than an alluvial area.

De meerderheid van de percelen kan met de beschreven eenheden goed in kaart gebracht worden. Er zijn echter allerlei tussenvormen mogelijk waardoor eigen interpretatie op basis van de ligging en perceelsindeling soms onvermijdelijk blijft. Het verschil tussen schor met zomerdijk (niet geperceleerd) en schor in cultuur met zomerdijk (geperceleerd) zal in praktijk bijvoorbeeld vaak een schaalkwestie geweest zijn, waarbij het eerste schor gewoon te klein was om te perceleren. Ook de interpretatie van schorren die in cultuur gebracht zijn en waarbij het natuurlijk drainagestelsel antropogeen werd aangepast of uitgebreid kan problemen opleveren. Gedeeltelijk bedijkte gebieden, zoals het schor bij het Lippensbroek, werden gekarteerd als schor in cultuur en niet als vloeiveide.

#### Dépôt de la Guerre 3 (rond 1920)

Voor de kartering van DG3 werden de eenheden van het ecotopenstelsel aangehouden (bijlage 7.5). Alleen de hoogteligging van de schorren (lage pionierzone, hoge pionierzone of hoog schor) kon niet gebruikt worden bij gebrek aan historische gegevens over de hoogteligging van het supralitoraal.

#### Vegetatiekaart 2003

De habitatgroepen uit de vegetatiekartering werden vertaald naar ecotopen die vergelijking met de historische kaarten mogelijk maken (bijlage 7.5). De kartering omvat naast alle grote slik- en schorgebieden ook alle tussenliggende zones. Op de historische kaarten zijn die tussenliggende zones niet in kaart gebracht. Op zich zijn het zeer smalle stroken, maar op het niveau van de totale Zeeschelde nemen ze toch een grote oppervlakte in en kunnen ze dus een grote ruis veroorzaken op de areaalvergelijkingen. Daarom werden alle grote schorzones geselecteerd en alleen de tussenliggende gebieden ter hoogte van de locaties waar schorgebieden in de loop der tijd verdwenen zijn.

Dankzij de vegetatiekartering zou het ecotopenstelsel tot op het laagste niveau kunnen toegepast worden voor 2003, maar omdat de sublitorale data stroomopwaarts van de Rupel nog ontbreken werd deze oefening nog niet gemaakt.

#### Toekomstscenariokaart

Het toekomstscenario omvat de reeds bestaande onbedijkte schorren, de reeds uitgevoerde estuariene herstelprojecten na 2003 (Heusden-linkeroever, Lippenbroek, Paddebeek), de geplande maar nog niet uitgevoerde estuariene herstelprojecten (GGG-KBR, Heusden-recheroever) en de ontpolderingen en GGG's (die beschouwd worden als bedijkt schor) zoals voorgesteld in het meest wenselijke alternatief voor het geactualiseerd Sigmoplan (Couderé et al., 2005; *Tabel 2.10*). Dit meest wenselijke alternatief werd met de beslissing van de Vlaamse regering van 22/07/2005 bekrachtigd als uitgangspunt voor de concretisering en verdere uitwerking van het geactualiseerde Sigmoplan en voor de realisatie van de instandhoudingdoelstellingen voor de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. De realisatie van het meest wenselijke alternatief zal gefaseerd verlopen waarbij de laatste projecten niet later dan 2030 moeten opgestart zijn.

*Tabel 2.10 Overzicht van de gebieden die meegenomen werden in het toekomstscenario en die dus nog niet gerealiseerd waren bij de vegetatiekartering van 2003 (\*alleen het Belgische deel; \*\*inclusief het deel van de polygoon dat in het Meest Wenselijk alternatief van het Sigmoplan verkeerd werd aangeduid als Hedwigepolder) / Areas of most desirable scenario that are planned but not yet realized in 2003*

Naam	Geplande maatregel	Oppervlakte (ha)	Saliniteitszone
Grensgebied	Aantakking	15,38	Mesohalien
Hedwigepolder*	Ontpoldering	16,15	Mesohalien
Doelpolder**	Ontpoldering	283,65	Mesohalien
Prosperpolder	Ontpoldering	458,10	Mesohalien
Burchtse Weel	Aantakking	67,83	Mesohalien
Stort van Burchtse Weel	Afgraven	1,95	Mesohalien
Fort Filip	Afgraven	31,27	Mesohalien
Fort Filip	Ontpoldering	11,66	Mesohalien
Potpolder van Lillo	Afgraven	17,03	Mesohalien
Groot Schoor (Bornem)	Ontpoldering	23,00	Oligohalien

Naam	Geplande maatregel	Oppervlakte (ha)	Saliniteitszone
Schausselbroek	GGG	127,04	Oligohalien
Stort Ballooi	Afgraven	12,08	Oligohalien
Tielrode Broek	GGG	90,43	Oligohalien
KBR	GGG	240,83	Oligohalien
KBR	Ontpoldering	15,95	Oligohalien
Stort van Hingene	Ontpoldering	7,73	Oligohalien
Grote Wal-Kleine Wal-Zwijn	GGG of GOG	148,64	Zoet lange verblijftijd
Vlassenbroekse polder	GGG	101,85	Zoet lange verblijftijd
De Bunt	Ontpoldering	56,40	Zoet lange verblijftijd
Groot Schoor (Hamme)	Ontpoldering	26,7	Zoet lange verblijftijd
Uiterdijk	Ontpoldering	11,69	Zoet lange verblijftijd
Lippenbroek	GGG	13,04	Zoet lange verblijftijd
Wijmeers	GGG	27,85	Zoet korte verblijftijd
Bergenmeersen	GGG	41,37	Zoet korte verblijftijd
Heusden	Ontpoldering	30,95	Zoet korte verblijftijd
Bovenzanden	GGG	33,69	Rupel
Stort de Naeyer	Afgraven	5,02	Rupel
De Bunt	Ontpoldering	42,92	Durme
Klein Broek	Ontpoldering	32,78	Durme
Groot Broek	Ontpoldering	64,33	Durme
Potpolder I	Ontpoldering	68,96	Durme
Polder van Waasmunster	Ontpoldering	10,55	Durme
Tielrode Broek	GGG	6,00	Durme

### Verwerking

De temporele veranderingen in aandelen van ecotopen worden met elkaar vergeleken, alsook het aandeel onbedijkte en bedijkte schorren.

Naast deze oppervlakte- aandelen is ook de *laterale connectiviteit* berekend (mate waarin de rivier contact heeft met haar vallei). Een eenvoudige maat voor laterale connectiviteit is de verhouding tussen de werkelijke oppervlakte aan gebieden die door de rivier beïnvloed wordt en de totale oppervlakte van de vallei (oppervlakte die historische en recent tot de riviervallei behoort). Bij de berekening van de laterale connectiviteit voor het toekomstscenario is ook een variant toegevoegd met binnendijkse gebieden die conform het meest wenselijke alternatief voor het geactualiseerde Sigmaplan als 'wetland' zullen ingericht worden (Tabel 2.11). Hiermee wordt de doelstelling 'structuurdiversiteit' op ecosysteemniveau uit de IHD Zeeschelde geëvalueerd voor het toekomstscenario [*"Het zou onredelijk zijn te claimen dat de hele Scheldevallei weer aangetakt wordt aan het estuarien systeem. In plaats daarvan moet de kwaliteit van zowel wetlands als van estuariene natuur gegarandeerd zijn, met de nodige verbindingswegen tussen beide waar nodig volgens de structurele connectiviteit- en soortbenadering"* (Adriaensen et al, 2005 p. 97)].

Tabel 2.11 Overzicht van de 'wetland' gebieden uit het MWeA / Wetland areas of most desirable scenario

Naam	Geplande maatregel	Oppervlakte (ha)	Saliniteitszone
KBRGOG	Wetland	213.63	Oligohalien
Vlassenbroekse polder, deel 2	Wetland	137.58	Zoet lange verblijftijd
Oudbroekpolder	Wetland	131.96	Zoet lange verblijftijd
Schellandpolder	Wetland	54.74	Zoet lange verblijftijd
Kalkense meersen	Wetland	606.16	Zoet korte verblijftijd
Wijmeers, deel 1	Wetland	158.75	Zoet korte verblijftijd
Paardeweide Zuid	Wetland	84.73	Zoet korte verblijftijd
Paardebroek	Wetland	27.77	Zoet korte verblijftijd
Putten van Ham	Wetland	65.10	Durme
Weijmeerbroek	Wetland	50.52	Durme
Potpolder V	Wetland	39.60	Durme
oude durme	Wetland	32.71	Durme
Bulbierbroek	Wetland	19.14	Durme
Zuidelijke Vijver Hof ten Rijen	Wetland	11.97	Durme

#### 2.2.4 Evolutie op mesoschaal

De evolutie van de ecotooparealen volstaat op zich niet om een goed beeld te hebben van de veranderingen die in het estuarium optreden. Op mesoschaal kunnen zich ook grote verschuivingen voordoen binnen de habitatverhoudingen. Voor de schorecotopen hebben we dit op korte termijn nagegaan door een vergelijking van de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003.

Om de vegetatiekartering van Hoffmann (1993) goed te kunnen vergelijken met de kartering van 2003 (Vandevorde et al., in prep.) was het nodig om ze zo nauwkeurig mogelijk te georefereren aan de orthofotos van 1990. Dit gebeurde via de rubbersheetprocedure in ArcGis 9.2. De aangepaste polygonenkaarten werden daarna omgezet in rasterkaarten met een rasterbreedte van 5x5 m. Voor de verdere vergelijking werden enkel de gemeenschappelijke rastercellen weerhouden. Bij de berekening van de oppervlaktes wordt dus geen rekening gehouden met een beperkt aantal schorgebieden die er nog niet waren in 1992 of die verdwenen waren in 2003. Het gaat voornamelijk om de schorgebieden aan de monding van de Rupel, die in deze periode sterk wijzigden ten gevolge van de aanleg van het Zeekanaal. De vergelijking omvat alle grote schorgebieden langs de Zeeschelde en een beperkt aantal tussenliggende gebieden. De schorren langs de Durme en de Rupel zijn nog niet geanalyseerd.

De karteringseenheden van Hoffmann (1993) komen niet volledig overeen met die van Vandevorde et al. (in prep.). Daarom werd geopteerd om in eerste instantie vegetatiegroepen, waarin verschillende karteringseenheden gegroepeerd worden, te vergelijken.

#### 2.2.5 Evolutie abiotische factoren

##### Het getij

Sedert 1891 worden de getijgegevens in tienjaarlijkse overzichten gepubliceerd door de Vlaamse overheid (Claessens & Meyvis, 1994). Vanaf deze periode werden de tienjarige gemiddelden van verschillende tijparameters gebruikt. Voor de periode 1862-1863 zijn getijdenwaarnemingen terug te vinden in M. Stessels (zonder datum, waarschijnlijk ca.1865 in Kiden, 1983). Dit laat toe om de getijdenwerking gedurende 150 jaar te reconstrueren. Tot 1970 werden peilmetingen uitgedrukt in hoogte t.o.v. het oude referentievlak N.K.D. (Nul Krijgsdepot). Ze zijn omgezet naar TAW-waardes, rekening houdend met de TAW-hoogtes van elke tijlocatie beschreven in Claessens & Meyvis (1994).

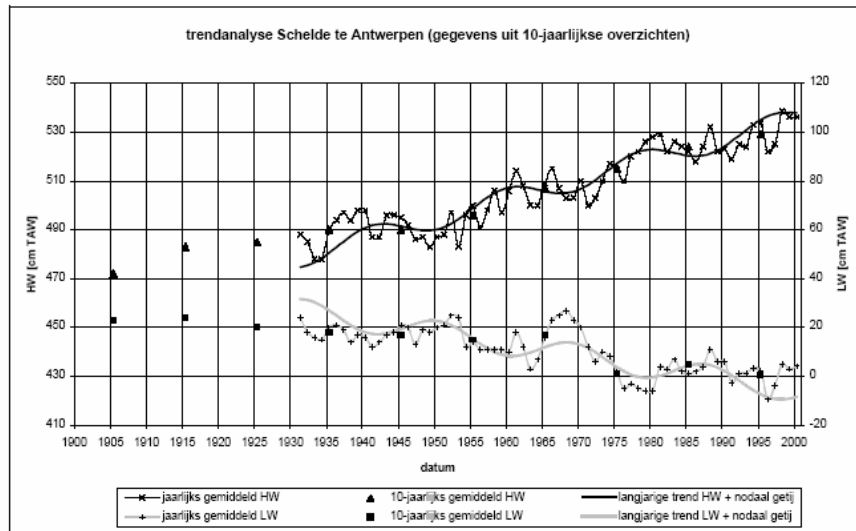
De laag- en hoogwater data na 1990, de 10-jarige gemiddelden voor 1990-2000 en de gegevens voor Rupel en Durme (Durme - Tielrode: 1992-2000, Waasmunster brug 1993-2000; Rupel – Boom: 1992-2000, Walem: 1993-2000) werden aangeleverd door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout.

Om de lange termijn evoluties na te gaan is gebruik gemaakt van deze tienjarige gemiddelden. Lichte afwijkingen van de 10-jaarlijkse gemiddelde HW's t.o.v. de aanwezige lineaire trend (bv. voor Antwerpen, *Figuur 2.12*) kunnen toegeschreven worden aan een uitvlakking van het nodaal getij. De uitmiddellingsduur loopt immers niet parallel met de nodale tijcomponent of Saros-periode (18,6 jarige maanscyclus).

Om het ruimtelijk verloop van de tijkarakteristieken te bepalen is voor de belangrijkste tijmeters (*Tabel 2.12*) de afstand tot de monding bepaald langs de huidige VHA-rivieras van de Zeeschelde, Rupel en Durme (Vectoriële versie van de VHA-bestanden, MVG-LIN-AMINAL-afdeling Water (GIS-Vlaanderen)). Voor de tijdreeks rond 1850 (Stessels, s.d.) is gebruik gemaakt van de afstanden langs de historische rivieras uit de periode van de gereduceerde kadasterkaart. Deze reeks dateert immers van voor de rechte trekkingen van de rivier.

Voor het bepalen van de ecotopen zijn gebiedsdekkende data nodig. De ruimtelijke interpolatie van de tijkarakteristieken tussen de belangrijkste tijmeters gebeurde met een spline-functie van de getijkarakteristieken gemeten in elke tijmeetpost over tussenliggende rivieraspunten. Deze punten hebben een tussenafstand van 50m en liggen volgens de VHA-rivieras van de Zeeschelde, Rupel en Durme. De geïnterpoleerde tijkarakteristieken in elk punt zijn geëxtrapoleerd naar de nabijgelegen fysiotopen. Dit gebeurde d.m.v. een allocatieprocedure in ArcGIS Spatial Analyst tussen het dichtste punt naar elk rasterpunt (5x5m) in de Zeeschelde.

Nadien zijn deze tijhoogtes gecombineerd met de bathymetrie om zo waterdieptes en overstromingsfrequentie af te leiden. Na de omzetting van een raster- naar een vectoromgeving in het GIS zijn grote afwijkingen, die tot in de diep waterzone gaan, bijkomend gedigitaliseerd door visuele interpolatie van de naburige ecotoopgrenzen. Dit gebeurt vooral ter hoogte van steigers die diep in de Schelde gaan en waarvoor delen ontbreken in de dieptekaarten.



Figuur 2.12 Vergelijking jaargemiddelden en tienjarige gemiddelden voor Antwerpen uit Blanckaert (2003)/ Comparison of annual and decade means at Antwerp (from Blanckaert, 2003)

Tabel 2.12 Locatie van de tijmeters / Location of tidal stations

Rivier	afstand tot monding Nu	~ 1850	Zone	Locatie	Recente WLB-data
Schelde	2,0	2,0	Polyhaliene zone	Vlissingen	
	20,5	20,5		Terneuzen	
	36,0	36,0		Hansweert	
	52,0	52,0		Bath	
	56,3		Mesohaliene zone	Hedwigepolder	
	62,0	62,0		Prosperpolder	
	67,5	67,5		Lillo Liefkenshoek	
	76,2	76,2	Oligohaliene zone	Wilmarsdonk St.Marie	
	88,5	88,5		Kallosluis	
	90,9	90,9	Zoete zone met lange verblijftijd	Antwerpen	x
	98,5	98,5		Hemiksem	
	102,9	102,9	Zoete zone met korte verblijftijd	Hingene Schelle	x
	108,1	108,1		Temse	x
	121,0	121,0		Driegoten	
				St.Amands	x
				Dendermonde	x
				Buggenhout	
	131,7	132,8		Schoonaarde	x
138,0	139,5	Uitbergen			
145,0	149,9	Wetteren		x	
151,0	157,7	Melle		x	
159,4	169,8	Gentbrugge			
161,3		Merelbeke			
		Zwijnaarde			
Rupel	6,8	6,9		Boom	x
	11,7	11,8		Walem	x
Durme	1,0	1,0		Tielrode	x
	8,8	11,0		Waasmunster(brug)	x

### Morfologie van het estuarium

De historische rivierloop werd gedigitaliseerd om *rechttrekkingen*, geulveranderingen, meergeulensystemen en tijafhankelijke zijbeken en grachten in kaart te brengen. De rechttrekkingen zijn in 3.2.3 afgebeeld op een achtergrond van de rasterversie van de topografische kaart NGI schaal 1/10.000, uitgave 1991-2005 (AGIV).

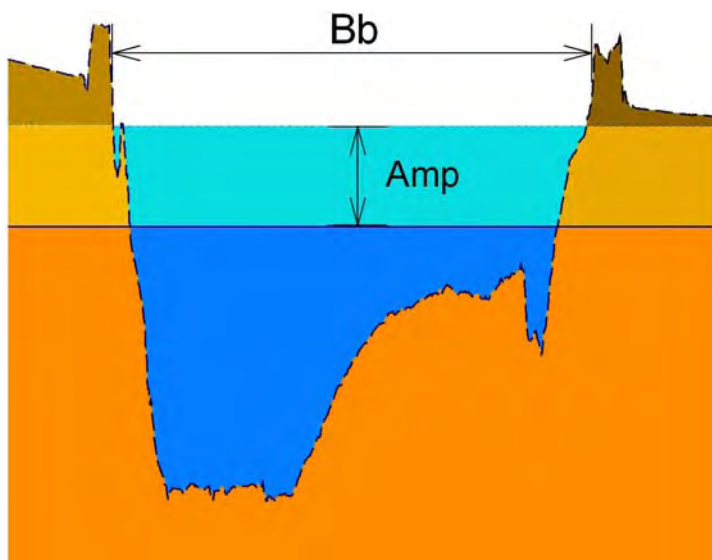
Als parameter voor het meanderend karakter van de rivierdelen is de sinuositeit of kronkelfactor  $S$  gebruikt.  $S$  is gelijk aan de verhouding tussen de werkelijke rivierlengte (RL) en de valleilengte (VL), gemeten volgens de vallei-as. Sinuositeit  $S = RL/VL$  (Stabel et al., 2000).

Voor de bepaling van de valleias is uitgegaan van de afbakening van het valleigebied op basis van de natuurlijke overstromde zones van de Zeeschelde, de 5m TAW hoogtegrens van het DTM Vlaanderen en aangevuld met gekarteerde overstromde gebieden uit deze studie (1850, 1930,...). Voor het valleigebied is een centrale lijn bepaald op gelijke afstand van beide valleigrenzen aan weerszijden van de rivier d.m.v. een allocatieprocedure in ARCGIS Spatial Analyst 9.2.

De evolutie in de *geometrie van het Schelde-estuarium* wordt in kaart gebracht door wijzigingen in de stroombergende breedte en het lokaal stroombergend vermogen te beschouwen.

Bij een gelijkblijvend getijvolume dat aan de monding van de Schelde binnenstroomt, is de ruimtelijke verdeling van het product van de stroombergende breedte ( $Bb$ ) en de getijamplitude ( $Amp$ ) een goede weergave van het lokaal stroombergend vermogen. Dit product is een maat voor de lokale stroomberging tussen de gemiddelde hoog en laag waterlijn, zowel in verticale als horizontale zin, langsheen de Schelde-gradiënt (*Figuur 2.13*). Stroomberging wordt hier dus gedefinieerd als het dynamisch getijvolume op een bepaalde locatie tussen gemiddeld hoog water en laag water ( $Bb(m) \times Amp(m) \times 1m$ ). Door gebruik te maken van de procentuele cumulatieve curve van dit product kunnen veranderingen in stroombergend vermogen langs de verschillende saliniteitszones getoond worden.

De verhouding van stroombergende breedte en getijamplitude geven uiteindelijk het veranderend belang van verticale en horizontale stroomberging weer doorheen de tijd en ruimte.



*Figuur 2.13 De geometrie van het estuarium (nabij Kallosluis anno 2001):  $Bb$  = stroombergende breedte en  $Amp$  = Amplitude / Geometry of the estuary:  $Bb$  = storage width and  $Amp$  = tidal amplitude*

Bij de evolutie van stroombergende breedte en de stroomberging worden volgende tijdsreeksen bekeken: 1850, 1930, 1950, 2003 (inclusief Paddenbeek) en een toekomstscenario op basis van het meest wenselijk alternatief (*Tabel 2.10*).

Het toekomstscenario omvat naast de huidige onbedijkte schorren, de reeds uitgevoerde estuariene herstelprojecten na 2003 (Heusden-linkeroever, Lippenbroek), de reeds geplande estuariene herstelprojecten (GGG-KBR, Heusden-recheroever) en ook de ontpolderingen en GGG's (als bedijkt schor) zoals voorgesteld in het meest wenselijke alternatief voor het geactualiseerd Sigma-plan.



De breedte van het stroombergend gebied is bepaald voor het volledige Schelde-estuarium op basis van transecten met een tussenafstand van 250m, loodrecht op de huidige rivieras. Deze transecten zijn geknipt in GIS omgeving ('clip'-functie) met het polygoon van de stroombergende zone. Bij sterk overlappende transecten ter hoogte van meanderlocaties zijn slechts enkele representatieve transecten loodrecht op de valleias weerhouden.

De stroombergende zone bestrijkt het stroombergingsoppervlak waarbinnen getij kan optreden en waarin een belangrijk deel van het gemiddeld getijvolume kan geborgen worden.

Bedijkte alluviale gebieden met enkel een bufferende functie voor piekdebieten uit de rivier en oppervlaktewater uit het achterland worden buiten beschouwing gelaten. In het verleden betrof dit vooral bedijkte alluviale gebieden in de zoete zone met korte verblijftijd (o.a. tussen Berlare en Dendermonde). In de toekomst wordt de bufferende functie voor afvoer van oppervlaktewater uit het achterland ingevuld door de geplande gecontroleerde overstromingsgebieden met 'wetland' inrichting.

Voor de Beneden-Zeeschelde (van grens tot de Rupelmonding) kon ook de evolutie in diepte en breedte/diepte verhouding berekend worden, aangezien voor deze zone de bathymetrische data beschikbaar waren. De waterdiepte werd afgeleid uit de GLWS en de bathymetrische data in ArcGis Spatial Analyst 9.2. Voor de diepte wordt de maximale waterdiepte gebruikt binnen elk overeenkomstig transect uit de analyse van de stroombergende breedte.



## 3 Resultaten en discussie

### 3.1 Evolutie van ecotopen

#### 3.1.1 Sublitoraal (*aquatisc* ecotopen van de hoofdgeul)

De evolutie van de sublitorale ecotopen wordt nagegaan voor de Beneden-Zeeschelde vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot aan de Rupelmonding. Dit gebied beslaat de volledige mesohaliene zone en een deel van de oligohaliene zone. De sublitorale evoluties worden besproken per Omes-segment (*Tabel 3.1*).

*Tabel 3.1 Omes-segmenten binnen de Beneden-Zeeschelde / Omes-segments in the lower Zeeschelde*

Nr.	Traject	Aslengte (km)
9	Grens- Doel (Kerncentrale)	6,62
10	Doel (Kerncentrale)-Ketenisse polder	5,61
11	Ketenisse polder-Blokkersdijk	9,26
12	Blokkersdijk-Burcht	9,25
13	Burcht-Rupelmonding	8,10

De eerste ecotoopafbakening van de sublitorale zone dateert van de periode rond 1930 (oudste bathymetrische data). Deze periode wordt in de verdere uiteenzetting als het 'oorspronkelijke' bodempeil omschreven, hoewel het reeds duidelijke sporen van antropogene invloed heeft ondergaan. Sinds 1890 is reeds sprake van systematische onderhoudsbaggerwerken in de Schelde (Kuijper et al., 2006). Het sublitoraal vertoont in 1930 naast een duidelijke diepe vaargeul nog steeds een geleidelijke gradiënt tussen diepe en ondiepe zones en slikplaten. Bij de verdere bespreking van de ontwikkelingen binnen het sublitoraal wordt vooral aandacht geschonken aan de ondiepe en matig diepe zones omdat die de grootste ecologische waarde hebben.

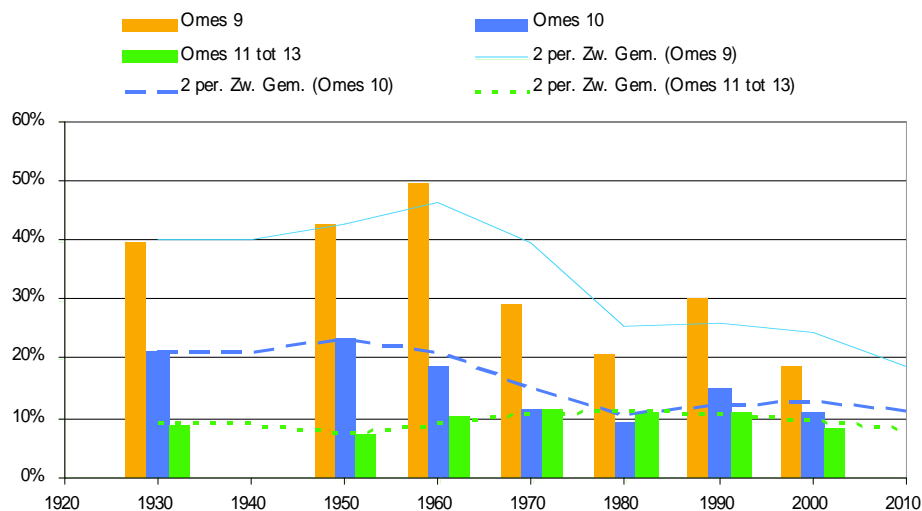
#### Algemene veranderingen na 20 en 70 jaar

Het sublitorale gebied in de mesohaliene zone is in de loop der jaren sterk veranderd. Wanneer we de *oppervlakteverhouding ondiep water/diep water* in de Beneden-Zeeschelde bekijken, zien we een sterke daling in Omes-traject 9 en 10, respectievelijk na 1960 en 1950 (*Figuur 3.1*). De verhouding in het Belgische meergeulensysteem van de Schelde (Omes 9) daalde van 40% tot 20%. In de overgangszone Omes 10 daalde de verhouding van 20% tot 10%, het niveau waarrond het meer stroomopwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde schommelt.

De oppervlakte ondiep water was 20 jaar na de referentieperiode van 1930 globaal licht toegenomen voor de Beneden-Zeeschelde (*Tabel 3.2*). Er is dan echter al een eerste duidelijke verschuiving zichtbaar van matig diep naar diep water. Vooral in Omes-segmenten 10 en 11 daalt na 20 jaar het matig diep water met meer dan een vierde van haar oorspronkelijke oppervlakte. De uitgestrektere diepe waterzone stijgt hierdoor licht.

70 jaar na de referentieperiode van 1930 zijn er veel grotere verschuivingen opgetreden. Het gemiddeld diep wateroppervlak is met een vijfde toegenomen t.o.v. 1930. De matig diepe en ondiepe waterzone namen af met respectievelijk 28 en 23%. Het oppervlak ondiep water neemt over de meeste Omes-segmenten af met meer dan een derde van de oorspronkelijke oppervlakte en dit zowel in de stroomafwaartse, uitgestrekte gebieden van de grens tot de Ketelplaat (Omes 9 & 10) als in de smallere zones van Blokkersdijk tot aan de Rupelmonding (Omes 12 & 13). Enkel in het traject tussen Ketenissepolder en Blokkersdijk daalt het oppervlak slechts met een tiende (Omes 11). Het oppervlak matig diep water neemt over alle Omes-segmenten af met minimum 21% en maximaal 49% van de oorspronkelijke oppervlakte in 1930.

### Verhouding oppervlakte ondiep water en diep water in de Beneden-Zeeschelde



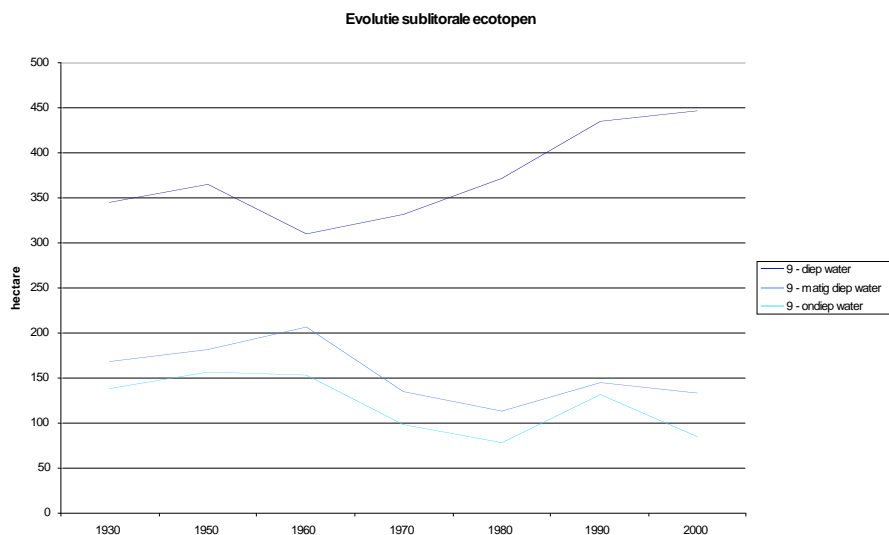
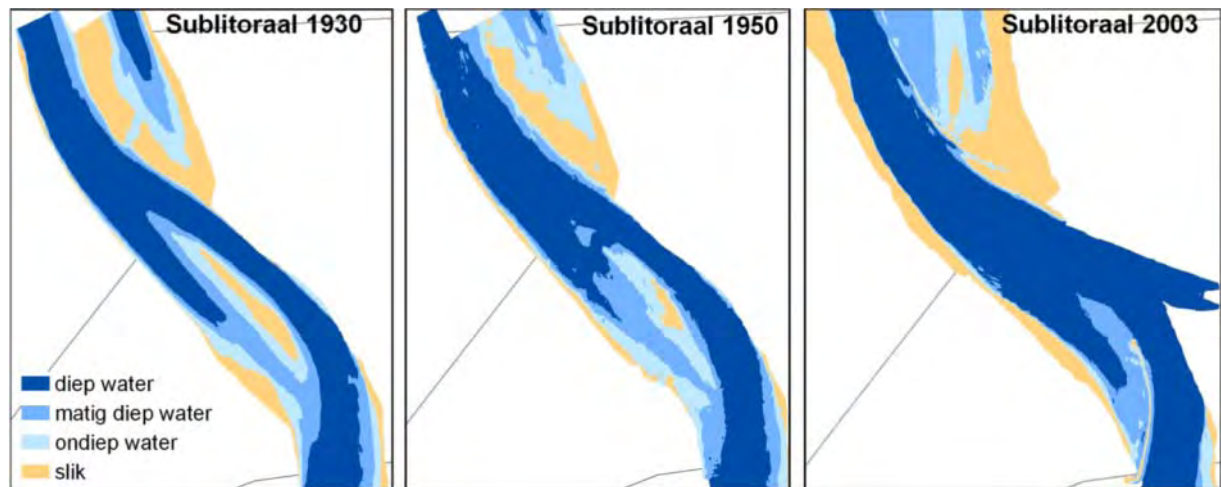
Figuur 3.1 Verloop van de verhouding ondiep water en diep water in de Beneden Zeeschelde tussen 1930 en 2003 / Evolution of the ratio shallow/deep water from 1930 till 2003 in the lower Zeeschelde

Tabel 3.2 Procentuele veranderingen in de sublitorale zone 20 en 70 jaar na de referentieperiode van 1930 (1950 en 2000) / Relative changes of the sublitoral zone 20 and 70 years after the reference year 1930(%)

Omes-segment	Opp. 1930 (ha)	Mesohalien								Oligohalien	
		9		10		11		12		13	
		Na	Na	na	na	na	na	Na	Na		
Sublitoraal		20j	70j	20j	70j	20j	70j	20j	70j	20j	70j
Diep water	1388	+6,3	+29,6	+9,6	+29,9	+8,7	+6,1	+1,3	+8,9	-5,7	+19,6
matig diep water	503	+7,6	-20,8	-26,0	-49,0	-27,3	-24,7	-1,1	-34,8	+29,4	-46,3
ondiep water	283	+16,8	-38,3	+22,9	-36,4	-21,4	-9,5	-23,3	-41,3	+2,0	-37,0

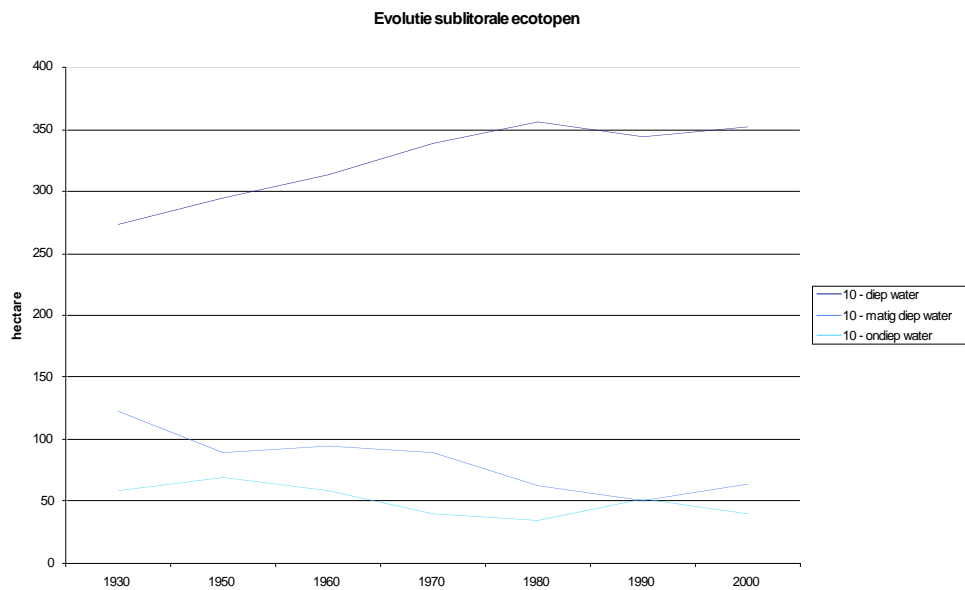
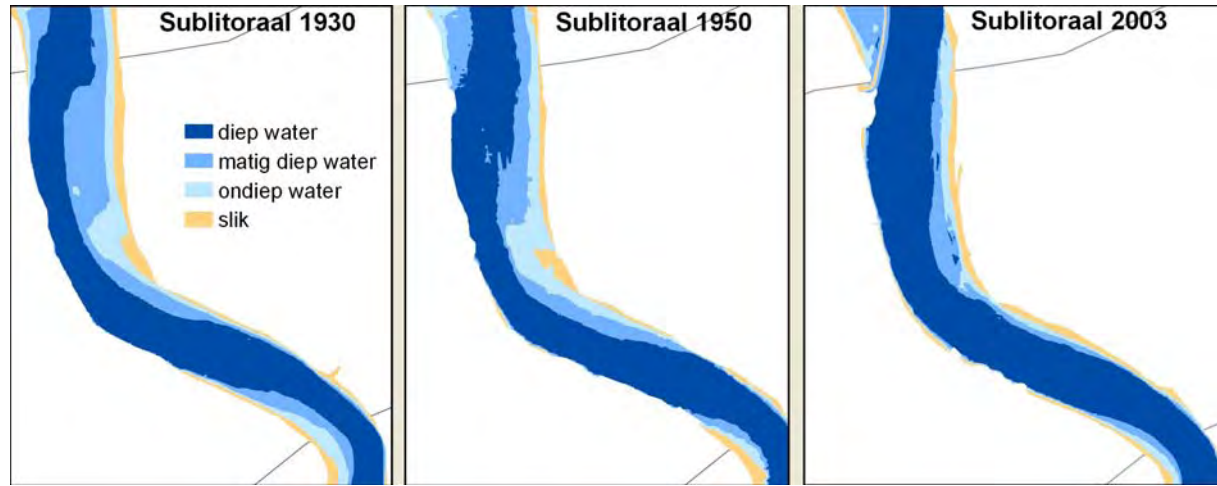
### Ruimtelijke veranderingen per traject

In het traject tussen de grens en Doel zien we in 1950 duidelijk het oosten van de Ballastplaat en de meest noordelijke punt van de plaat van Doel verdwijnen (Figuur 3.2). In 2003 heeft de enkelvoudige vloodschaar van de Appelzak zich omgevormd tot een dubbele schaar, waarbij de voornaamste slikzones naar het Groot Buitenschoor verschoven zijn. Verder zien we in oostelijke richting een sterke uitbreiding van het areaal diep water door de aanleg van de toegangsegeul naar de Zandvlietsluis (~1967) en Berendrechtssluis en de ontwikkeling van de kaaien aan de Europa- en Noordzeeterminal (~1995). Dit weerspiegelt zich in de oppervlakteveranderingen waarbij een gestage daling waar te nemen is van ondiep en matig diep water vanaf 1960. De meest ingrijpende ecologische lokale verandering is de sterke wijziging aan de schaar van Doel, waar in 2003 nagenoeg geen ondiepe waterzones (< 2m) meer aanwezig zijn. Deze zone is zowel een stortlocatie voor baggerspecie, als een zandwinningslocatie.



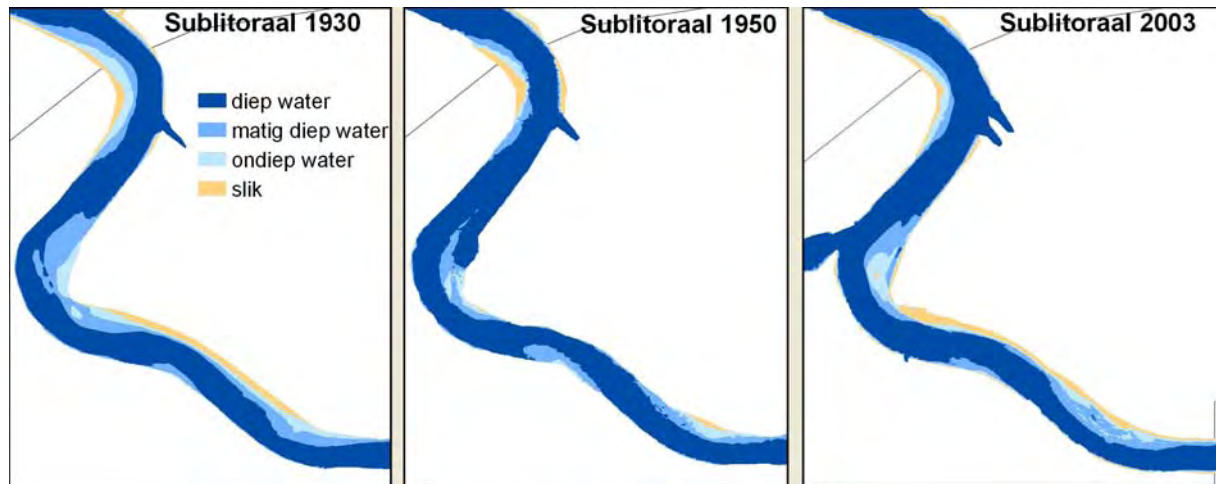
Figuur 3.2 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 9 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublittoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 9 from 1930 till 2003

In Omes traject 10 (Doel tot Ketenissepolder) is ter hoogte van het Galgenschoor een sterke afname van de Plaat van Lillo zichtbaar (Figuur 3.3.) Na 20 jaar is vooral in het noordelijk deel een overgang van matig diep naar diep water te zien. In 2003 is ook in de zuidelijke zone het aandeel ondiep water gedecimeerd. De naburige drempel is één van de baggerzones in de Beneden-Zeeschelde. Ook de Ketelplaat vóór Ketenissepolder is veel smaller geworden.

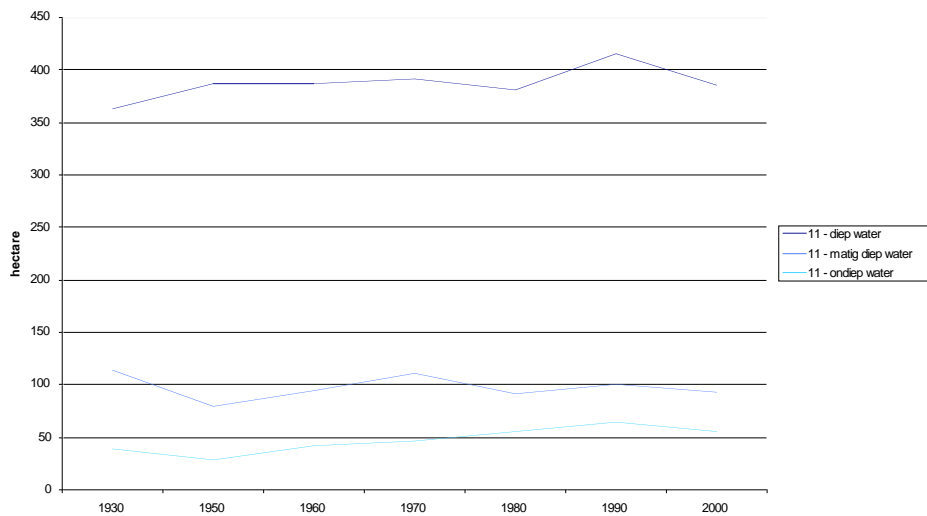


Figuur 3.3 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 10 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublittoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 10 from 1930 till 2003

In het traject van Ketenisse polder tot Blokkersdijk is de evolutie vanuit ecologisch oogpunt iets gunstiger verlopen (Figuur 3.4). De Plaat van de Parel tegenover Kallosluis vertoont na een afname in 1950 (door zandwinning) een relatief groter aandeel ondiepe waterzones dan in 1930. Op de Plaat van Boomke, een belangrijke baggerstortplaats tegenover Blokkersdijk, is vooral een stijging van het oppervlak matig diep water te zien. Over de gehele zone bekeken is de oppervlakte matig diep water stabiel gebleven en de oppervlakte ondiep water lichtjes toegenomen (ten koste van slik).

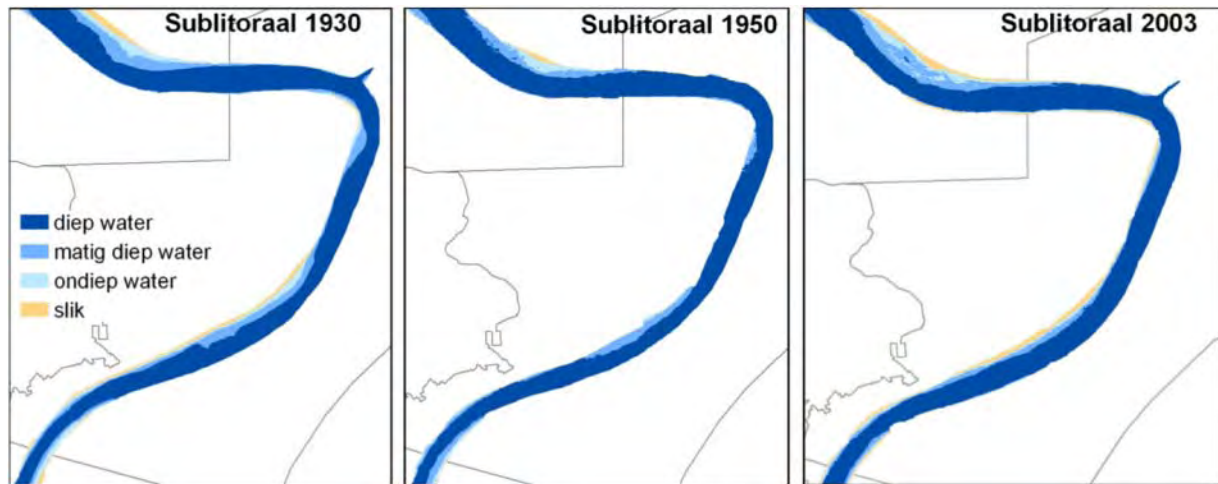


Evolutie sublitorale ecotopen

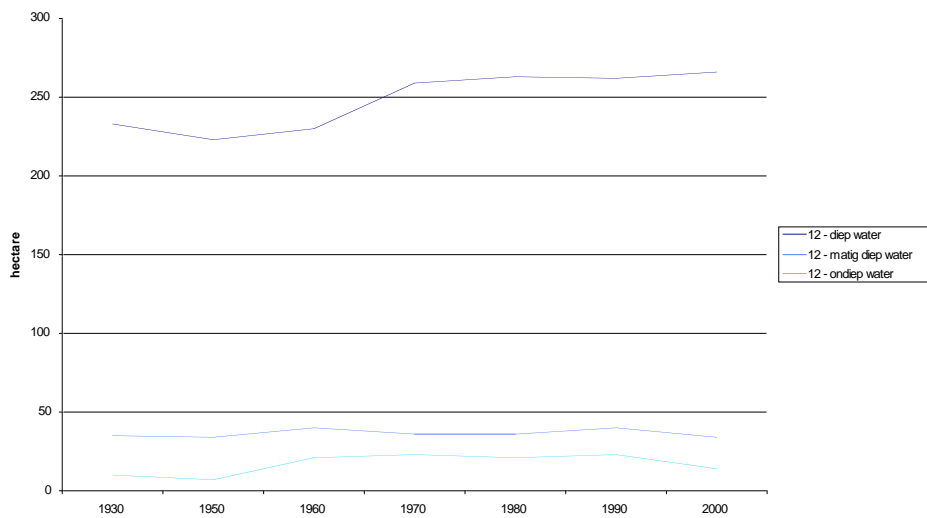


Figuur 3.4 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 11 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublittoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 11 from 1930 till 2003

Het meest stroomopwaartse deel van de mesohaliene zone tussen Blokkersdijk en Burcht (Omes 12) omvat het traject door Antwerpen (Figuur 3.5). De Palingplaat (linkeroever ter hoogte van Sint-Anna) is in de loop der jaren nagenoeg volledig verdwenen. De Vlake op linkeroever ter hoogte van het Galgeweel is wel nog vrij intact gebleven.



Evolutie sublittorale ecotopen



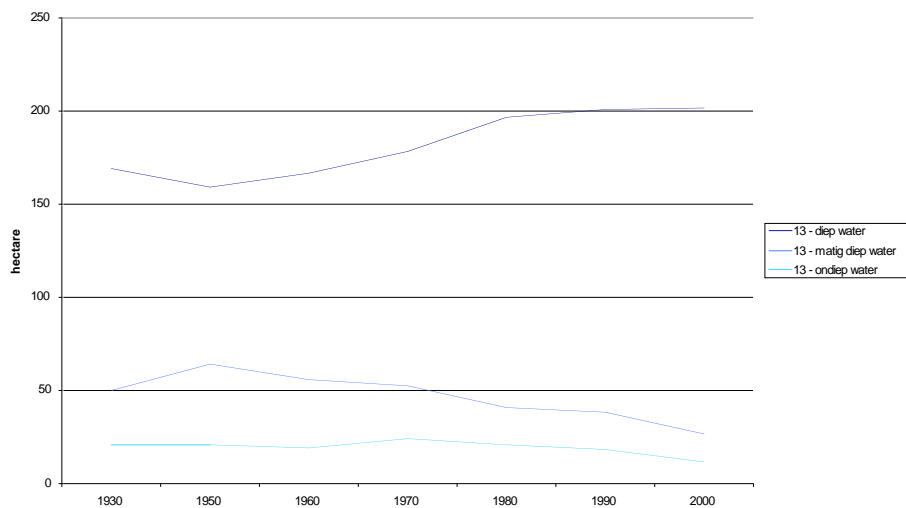
Figuur 3.5 Ontwikkelingen van het sublittoraal en naburig slik in het Omes traject 12 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublittoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 12 from 1930 till 2003



Het laatste, meest stroomopwaarts gelegen Omes traject 13 van de Beneden-Zeeschelde behoort tot de oligohaliene zone (*Figuur 3.6*). Dit relatief smalle traject vertoonde in 1930 en 1950 nog een smalle ondiepe zone aan de rechteroever ter hoogte van de Hobokense polder. In 2003 jaar is die nagenoeg volledig verdwenen. Het aandeel diep water is in deze zone duidelijk gestegen ten koste van de ondiepe zones.



Evolutie sublitorale ecotopen



*Figuur 3.6 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 13 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublittoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 13 from 1930 till 2003*

### Omzettingen van sublitorale ecotopen uit de referentieperiode 1930

Hoe de dynamische omzetting van de sublitorale ecotopen uit 1930 precies verloopt is te zien in *Tabel 3.3*. Na 20 jaar gaat gemiddeld één derde over naar het diepere sublitoraal ecotoop (matig diep naar diep 30,9%, ondiep naar matig diep 30,8%). Tussen 1930 en 2003 is gemiddeld 52% van het matig diep water naar diep water overgegaan. Het ondiep water van 1930 is na 70 jaar voor de helft overgegaan in matig diep en diep water.

*Tabel 3.3 Procentueel aandeel van het sublitorale ecotoop uit de referentieperiode 1930 dat hetzelfde ecotoop blijft (=, cursief) of overgaat naar een ander sublitoraal ecotoop (+:ondieper,-:dieper; vet: > 33%) / Changes of sublitoral zone ecotopes in 1930 into ecotopes after 20 and 70 years (%)*

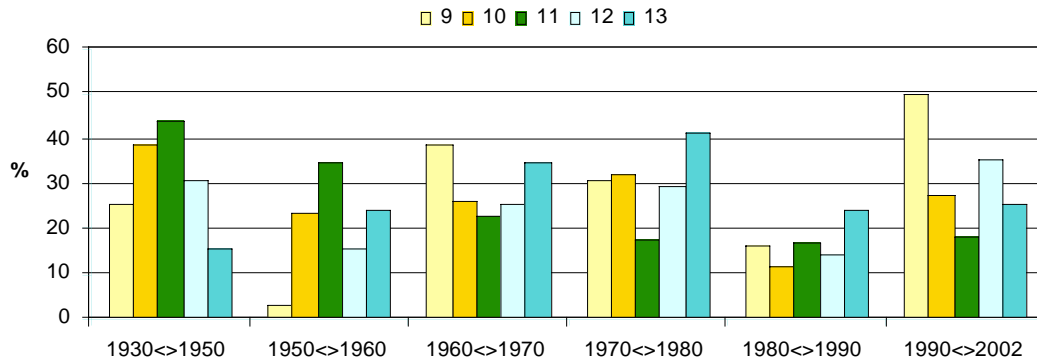
Sublitoraal in 1930	Omeselement periode na 1930	Mesohalien								Oligohalien	
		9		10		11		12		13	
		20j	70j	20j	70j	20j	70j	20j	70j	20j	70j
diep water	= <i>diep water</i>	91,2	90,4	92,2	95,7	93,4	93,9	96,6	97,9	89,8	95,0
	+ matig diep water	8,2	6,4	7,8	3,5	6,2	5,5	3,4	1,9	9,9	4,3
	+ ondiep water	0,7	2,6	0	0,6	0,4	0,7	0	0,2	0,3	0,6
	+ laag slik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
matig diep water	- diep water	25,4	<b>48,3</b>	<b>38,4</b>	<b>69,6</b>	<b>44,3</b>	<b>34,0</b>	31,0	<b>46,2</b>	15,3	<b>60,8</b>
	= <i>matig diep water</i>	58,3	26,9	48,4	23,0	44,4	46,5	65,1	41,3	76,5	21,9
	+ ondiep water	16,2	14,1	13,2	6,2	10,5	16,7	3,9	8,7	7,9	10,8
	+ laag slik	0,1	10,7	0	0	0,8	2,8	0,1	3,8	0,2	6,6
ondiep water	- diep water	5,8	30,8	0,6	9,4	13,7	2,7	1,0	11,5	0,2	<b>57,6</b>
	- matig diep water	27,9	17,3	17,0	<b>38,9</b>	23,2	25,6	<b>41,5</b>	31,5	<b>44,2</b>	17,8
	= <i>ondiep water</i>	50,9	19,6	75,9	39,8	41,8	48,2	53,9	33,4	50,3	13,8
	+ laag slik	15,5	32,3	6,5	11,9	21,3	23,5	3,6	23,7	5,3	10,8
Laag slik	- diep water	1,0	8,5		0,3	0,9	2,4	5,9	3,1		8,0
	- matig diep water	10,2	28,0	0,5	3,8	7,7	1,4	<b>74,5</b>	9,0	1,7	<b>54,8</b>
	- ondiep water	<b>38,4</b>	16,8	31,3	16,7	16,2	12,0	19,6	<b>87,5</b>	<b>51,3</b>	24,1
	= <i>laag slik</i>	50,4	46,8	68,1	79,2	75,2	84,3	0	0	47,1	13,1

### Korte termijn veranderingen in het sublitoraal

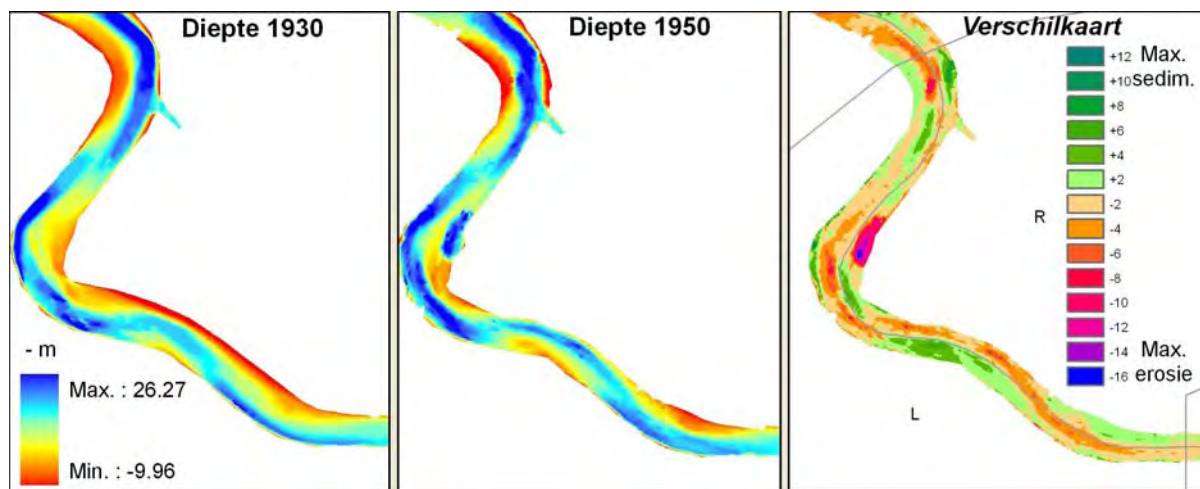
Naast de dynamische omzetting van de sublitorale ecotopen uit de referentieperiode naar vaak diepere ecotopen, kunnen we in *Figuur 3.7* en *Figuur 3.10* het temporeel verloop bekijken door middel van de 10 tot 20-jarige omzettingen voor de verschillende riviertrajecten van de Beneden-Zeeschelde tegenover elkaar uit te zetten.

Globaal zien we een verschuiving van de belangrijkste omzetting van matig diep naar diep water ter hoogte van traject 11 in de 2 eerste periodes (30-50 & 50-60) naar de uitersten van de Beneden-Zeeschelde nabij de grens (Omese 9) en de Rupelmonding (Omese 13) rond de volgende twee periodes: 60-70 en 70-80. De periodes 1930-1950 en 1950-1960 in segment 11 vallen samen met o.a. een sterke bodemverlaging op de plaat van de Parel (*Figuur 3.8*) en de opening van de Boudewijnsluis in 1955. Waarschijnlijk is toen zand gewonnen aan de plaat van de Parel om de zone van de petroleumhaven aan het Marshall-dok (aangelegd in 1949-1950) op te spuiten. Tussen 1980 en 1990 blijft de omzetting van matig diep naar diep water vrij laag en homogeen verdeeld. Tussen 1990 en 2002 vindt vooral in het stroomafwaartse deel nabij de grens (Omese 9) een sterke omzetting naar diep water plaats. Uit *Figuur 3.9* blijkt bijgevolg dat dit in hoge mate te wijten is aan een sterke erosie van de Doelse plaat.

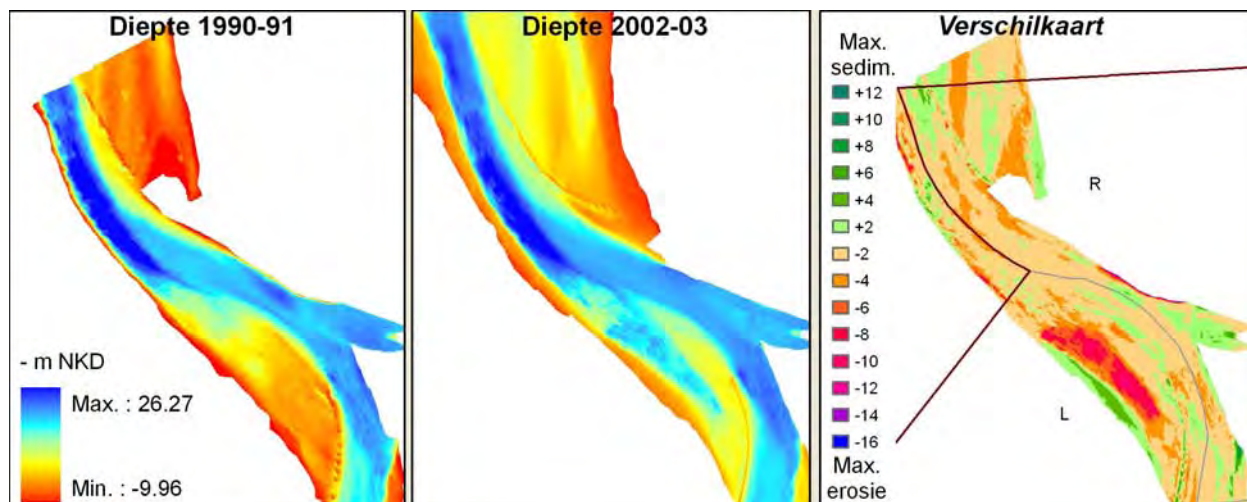
### Omzetting van matig diep water naar diep water



Figuur 3.7 Relatief aandeel van het ecotoop 'matig diep water' dat werd omgezet in 'diep water' tussen elke periode / Proportion of moderate deep water converted to deep water within each period



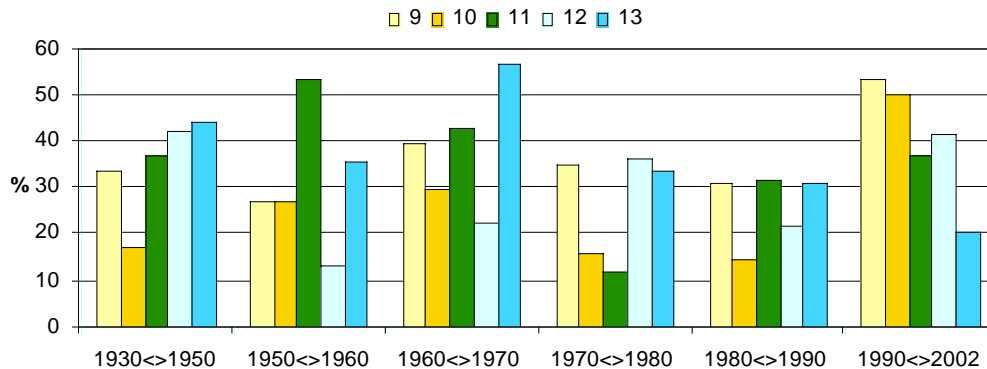
Figuur 3.8 Dieptekaart voor traject 11 in 1930 (links), 1950 (midden) en de tussentijdse netto diepteveranderingen (rechts). Bemerkt de vermoedelijke zandwinning aan de plaat van de Parel / Bathymetrical map of Omes zone 11 in 1930 (left), 1950 (middle) and its nett depth changes (right). Note a possible sand exploitation effect on the mudflat of "De Parel"



Figuur 3.9 Dieptekaart voor traject 9 in 1990-91 (links) en 2002-2003 (midden) en tussentijdse diepteveranderingen (rechts) / Bathymetrical map of Omes zone 9 in 1990-1991 (left) and 2002-2003 (middle) and the intervening nett depth changes (right).

De omzettingen van ondiepe wateren naar matig diep en diep water met hun initieel kleinere oppervlaktes (1930: ~283 ha) liggen globaal genomen hoger en vertonen een grotere variatie. In de eerste periode 1930-50 stijgt het aandeel verschuivingen in stroomopwaartse richting van de Beneden-Zeeschelde. In de vergelijking 1950 en 1960 is vooral een hoge piek zichtbaar in Omes traject 11. Tussen 1960 en 1970 valt de piek in traject 13 op. Dit valt samen met de periode waarin onder meer het schor van Hoboken is ingepolderd. Tussen 1990 en 2002 steeg globaal het verlies aan ondiep water aan diepere ecotopen met een stijgende trend in stroomafwaartse richting.

### Omzetting van ondiep water naar matig en diep water



Figuur 3.10 Relatief aandeel van het ecotoop 'ondiep water' naar 'matig diep water' en 'diep water' tussen elke periode / Proportion of shallow water converted to moderate deep and deep water within each period

### Erosie/verdiepingen van sublitorale ecotopen uit de referentieperiode 1930

Verschuivingen van ondiepe en matig diepe sublitorale ecotopen naar diep water kunnen veroorzaakt worden door een verhoging van de gemiddelde laagwaterstand bij springtij of een verlaging van het bodempeil. Aangezien het gemiddeld laagwater daalt (ook bij springtij, 3.2.1), wordt deze verschuiving dus veroorzaakt door een sterke bodemdaling (Tabel 3.4). In de Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde (Haecon 2006) wordt deze globale daling van het bodemprofiel over de volledige periode 1931-2001 beschreven. De toename van de tonnenmaat van de schepen en de bijhorende grotere diepgang zorgden er voor dat de geul in de loop der jaren geleidelijk aan verdiept werd. Deze daling blijkt zich echter niet alleen te situeren ter hoogte van de vaargeul. Ook de ecologisch meest waardevolle ondiepe (<2m) en matig diepe zones (2-5m) blijken aanzienlijk te verdiepen met een maximum van 9,9 meter.

Tabel 3.4 Gemiddelde verandering in bodemdiepte in de sublitorale ecotopen van 1930 na 20 en 70 jaar / Average change in bottom level in sublitoral ecotopes after 20 and 70 years (since 1930)

	Ecotoop in 1930	Ondiep water				Matig diep water		Diep water		
		Ecotoop na	matig diep water		diep water		diep water		diep water	
			20 jr	70 jr	20 jr	70 jr	20 jr	70 jr	20 jr	70 jr
Omes-segment	9	-1,9	-2,2	-5,7	-9,9	-2,0	-7,4	0	-3,1	
	10	-1,2	-2,0	-4,3	-5,8	-2,2	-4,8	-0,7	-2,4	
	11	-1,4	-1,9	-7,1	-5,7	-3,9	-4,1	-0,7	-1,9	
	12	-1,2	-2,4	-4,5	-4,4	-2,4	-3,4	-0,9	-1,8	
	13	-1,4	-3,5	-3,4	-5,3	-1,7	-3,6	+0,2	-1,9	

### 3.1.2 Litoraal (slikken)

Op basis van luchtfotoanalyse van een beperkt deel van de Zeeschelde kon aangetoond worden dat tussen 1990 en 2003 ongeveer 5% van de grote schorren langs de Zeeschelde door afslag in slik veranderde, terwijl 30% van de voorliggende slikken subtidaal gebied werd. De aangroei van slikken en schorren is veel kleiner (*Tabel 3.5*) en vooral toe te schrijven aan nieuwe natuurontwikkelingsprojecten door ontpolderingen. In het NARA 2005 (Van den Bergh et al. 2005) werd gesteld dat om die redenen een verdere verdieping van de vaargeul gepaard moet gaan met een ruimtelijke uitbreiding van het estuarium. *Figuur 3.11* toont enkele voorbeelden van zones waar tussen de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003 slikafslag en -aangroei plaats vond (Groot Buitenschoor en Galgenschoor).

Uit een ruwe schatting van Adriaensen et al. (2005), waarin het pionierschor als slikzone werd meegerekend, blijkt dat nog slechts een derde van het slikareaal overblijft in vergelijking met de toestand in 1850 (1432,9 ha in 1850 versus 516,8 ha in 2003). Dit geeft een eerste idee van de omvang van het verlies aan slikareaal de laatste 150 jaar. Deze analyse dient gedetailleerder te gebeuren om een goede inschatting te kunnen maken.

Voor de periode van 1940 tot 2000 kan op basis van luchtfoto's en orthofoto's die bij laagwater gevlogen zijn in combinatie met de bathymetrie een goed beeld van de slikarealen verkregen worden. Niet alleen arealen maar ook microdynamische patronen kunnen op goede luchtfotoreeksen gereconstrueerd worden. Omdat de bathymetrische gegevens slechts tot de Rupel beschikbaar waren, werd deze analyse in deze studie voorlopig nog niet uitgevoerd.

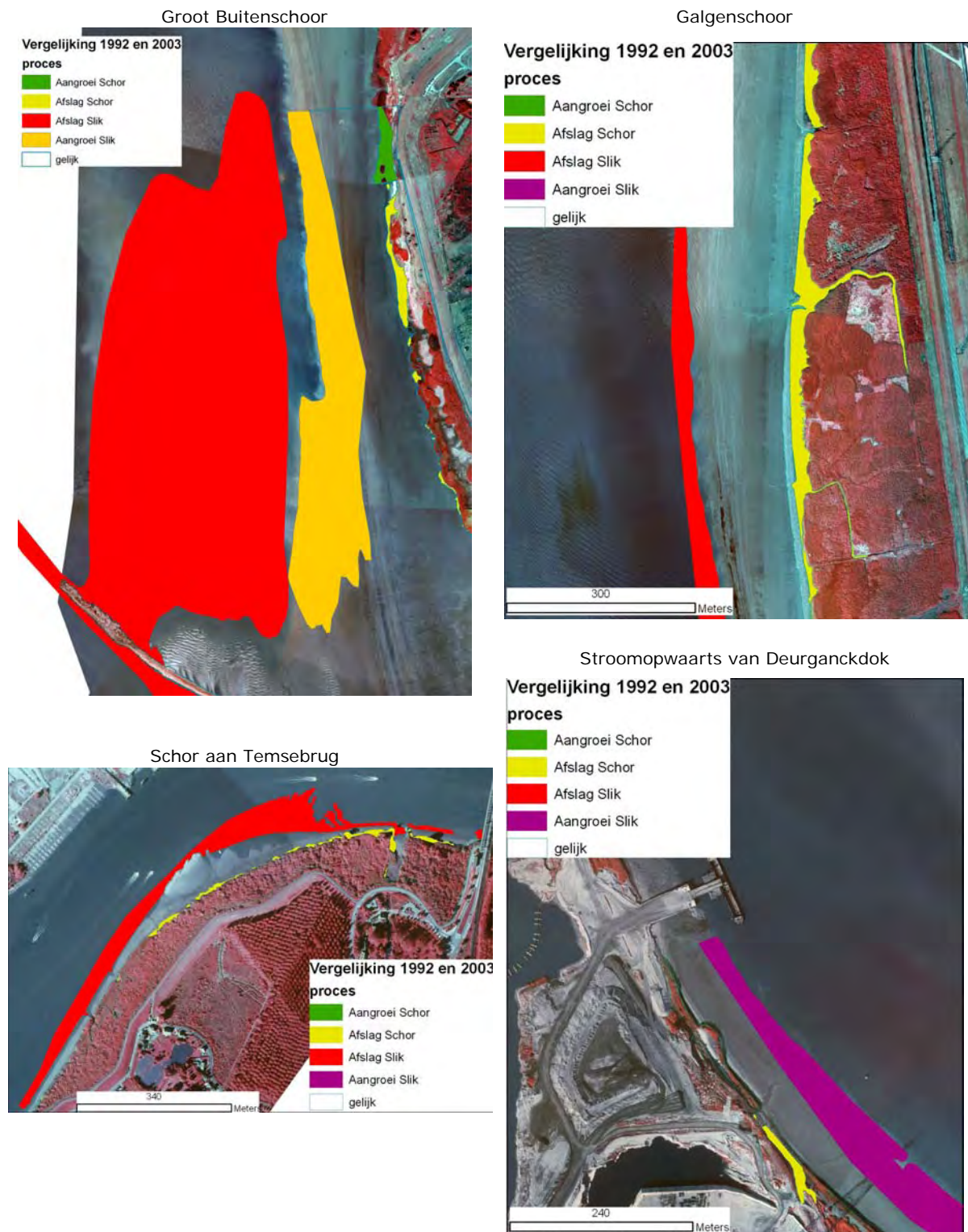
Vanaf 2000 kan de evolutie van het slikareaal nauwkeuriger in beeld gebracht worden dankzij de combinatie van orthofoto's, DTM's van zowel bathymetrische als altimetrische opmetingen van het slik en getijgegevens.

Voor de periode van kaartreeks het Gereduceerd kadaster en Dépôt de la Guerre 3 (rond 1920) zijn geen luchtfoto's beschikbaar waarop de slikarealen rechtstreeks kunnen gekarteerd worden. Met bathymetrische gegevens eventueel afgeleid worden uit de kaarten van luitenant L. Petit (1875 – 1881) naast de reeds gebruikte kaarten. Op basis van de getijgegevens kan dan een inschatting gemaakt worden van de onderste slikgrens. Onrechtstreeks kan hiervoor dan het slikareaal bepaald worden als de zone tussen de supralitorale gebieden en de onderste slikgrens uit de bathymetrie (*Figuur 3.13*).

Het combineren van bathymetrische en tijdskarakteristieken bleek zeer nuttig bij de interpretatie van de begrenzing subtidaal en intertidaal voor de historische kaarten. Een voorbeeld voor DG2 vormt het grote gebied gelegen tussen het Klein Buitenschoor en de vaargeul. Analyse van de subtidale gegevens toonde aan dat de eigenlijke slikzone nog voor dit gebied lag (*Figuur 3.12*). Wellicht was de tussenliggende zone te vergelijken met wat we zien op de foto's van Massart nabij Zandvliet aan het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw: slik afgewisseld met grote oppervlaktes pioniersoorten van schorvegetaties (voornamelijk Zeebies in de mesohaliene zone). Deze waardevolle overgangszones tussen slik en schor wordt tegenwoordig bijna nergens meer aangetroffen. Om nog onduidelijke redenen slagen de pioniersoorten er tegenwoordig bijna niet meer in om de slikzones te koloniseren, waardoor de overgang van slik naar schor nu veel abrupter is. Door deze controle met subtidale kaarten en historische kaarten bleek dat in het deel stroomopwaarts van de mesohaliene zone slikken niet altijd werden meegekarteerd.

*Tabel 3.5: Evolutie van slikken en schorren tussen 1992 en 2003 aan Groot Buitenschoor, Schor van ouden Doel, Galgenschoor, Liefkenshoek, St Annastrand (klein deel), KBR schor, Temsebrug, Notelaar, Kijkverdriet, Stort van Weert, Schor van Branst, Driegoten, Mariekerke, Cramp en Schoor van Grembergen (\*waarvan 21ha door ontpoldering en 14ha door schorafslag en slikaangroei vanuit subtidaal gebied) / Evolution of tidal mudflats and marshes between 1992 and 2003 from a limited series of areas along the Scheldt*

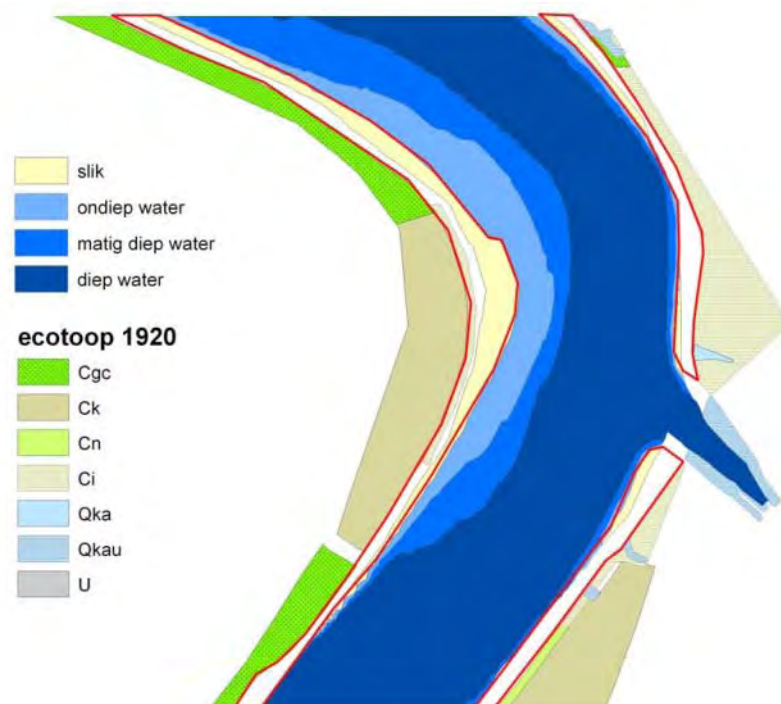
	1992	Aangroei	Afname	2003
schor (ha)	309	1	14	296
slik (ha)	330	35*	98	266



Figuur 3.11 Voorbeelden van sedimentatie- en erosieprocessen aan de slik- en schorrand bij het Groot Buitenschoor, Galgenschoor, schor aan Temsebrug en net stroomopwaarts van het huidige Deurganckdok / Examples of sedimentation and erosion processes at the mudflat and salt marsh margins of Groot Buitenschoor, Galgenschoor, the fresh water marsh at the bridge of Temse and the zone upstream of the present tidal Deurganckdock.



Figuur 3.12 Illustratie van het gebruik van de subtidale gegevens bij de interpretatie van de historische kaarten. De brede zone tussen de dijk en het laag slik moeten we waarschijnlijk interpreteren als een uitgestrekt pionierschor, zoals op deze foto van Massart uit 1904 nabij Zandvliet genomen bij laagtij (Massart & Bommer, 1908) / Example of the use of subtidal data for interpretation of historical maps. The broad area between dike and low tidal mudflats should be interpreted as a vast pioneer saltmarsh, as illustrated by this photograph of Massart taken in 1904 near Zandvliet at low tide.



Figuur 3.13 Het slikareaal (begrensd in het rood) kan onrechtstreeks bepaald worden als de zone tussen de gekarteerde supralittorale gebieden enerzijds en de via de bathymetrie bepaalde grens tussen slik en ondiep water anderzijds. Hier een voorbeeld aan het Ketenisseschor / Tidal mudflat area (marked in red) can be determined indirectly as the zone between the mapped supralittoral area and the boundary between mudflat and shallow water (determined with bathymetric data). This is an example at Ketenisseschor.

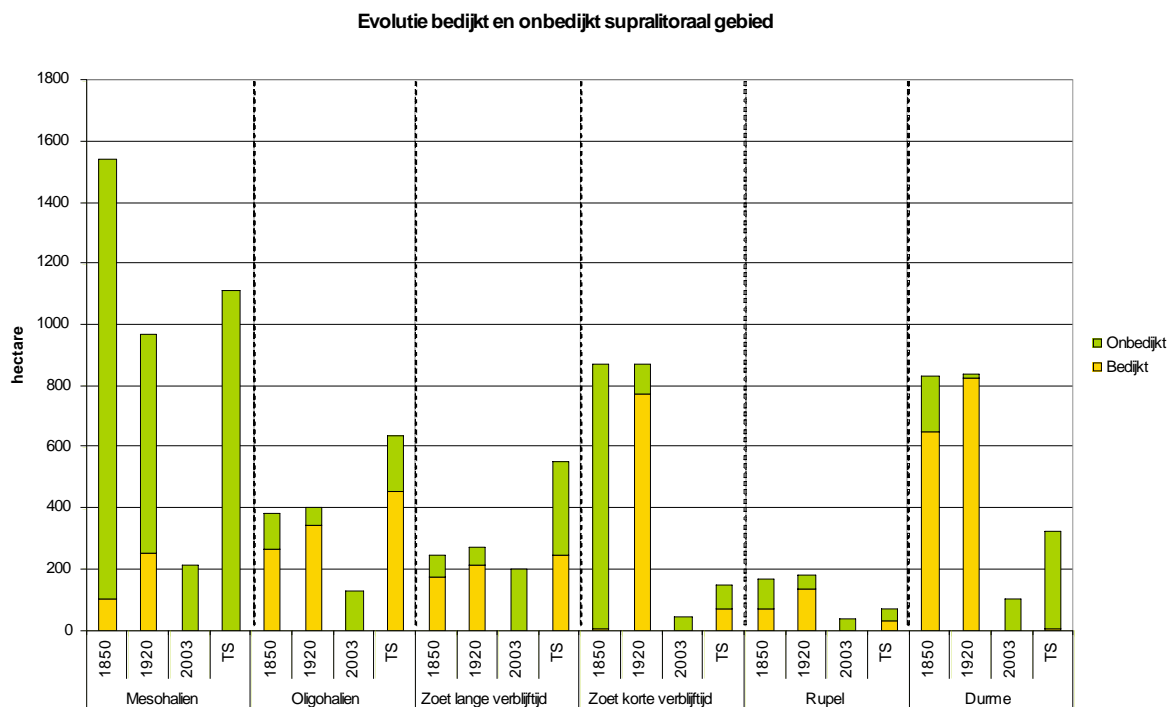
### 3.1.3 Supralitoraal (schorren en vloeisystemen)

In deze paragraaf worden de veranderingen geschetst van de supralitorale arealen in de tijdserie 1850-1920-2003-TS, respectievelijk gereduceerd kadaster, Dépôt de la Guerre 3, de laatste vegetatiekartering van de Zeeschelde en het toekomstscenario (TS).

Er wordt een overzicht gegeven van de areaalevolutie en de verhouding tussen de verschillende karteringseenheden, waarbij speciaal aandacht besteed wordt aan de bedijkte versus onbedijkte systemen (evolutie op macroschaal). Daarna wordt een meer gedetailleerd beeld gegeven van de omzettingen van habitats binnen de grote schorgebieden (evolutie op mesoschaal). Hiervoor werden de vegetatiekarteringen van 1990 en 2003 vergeleken.

#### 3.1.3.1 Evolutie op macroschaal

*Figuur 3.14* en *Tabel 3.6* tonen per saliniteitszone de evolutie van het **oppervlakteaandeel** bedijkte en onbedijkte gebieden in 1850, 1920, 2003 en voor het toekomstscenario TS. Alleen de gebieden aan rivierwaartse zijde van de winterdijk zijn opgenomen, met uitzondering van de GGG's, die wel achter de winterdijk liggen, maar toch onder dagelijkse getij-invloed staan. GOG's zijn niet meegerekend omdat ze slechts zelden onder water zullen komen en niet echt deel uitmaken van het estuarien ecosysteem. De alluviale gebieden stroomopwaarts van de Kalkense meersen en het vloeisysteem van de Damvallei worden ook niet in rekening gebracht, omdat ze ten tijde van het gereduceerd kadaster (en door de steeds hoger wordende bedijking wellicht ook later) niet onder rechtstreekse getij-invloed stonden. De onbedijkte alluviale gebieden (goed voor ongeveer 860 hectare) speelden in 1850 wel een belangrijke rol in de berging van de bovenafvoer van de rivier (3.2.3).



*Figuur 3.14* Evolutie van het areaal bedijkt en onbedijkt supralitoraal gebied in de tijdsreeks 1850-1920-2003-toekomstscenario en per saliniteitszone (inclusief pionierschor, dat soms als slik wordt geïnterpreteerd: zie 3.1.2); in het toekomstscenario worden GGG's als bedijkte gebieden beschouwd. / Evolution of embanked and unembanked supralittoral area in the time series 1850-1920-2003-intended scenario in each salinity zone (including pioneer saltmarsh that is sometimes interpreted as mudflats)



Tabel 3.6 Evolutie van het areaal bedijkt en onbedijkt supralitoraal gebied (in hectare en procentueel) in de tijdsreeks 1850-1920-2003-toekomstscenario per saliniteitszone / Evolution of embanked, unembanked and total supralitoral area (in hectare and as a percentage) in the time series 1850-1920-2003-future scenario (TS) in each salinity zone

Saliniteitszone	Type	Oppervlakte (ha)				Oppervlakte (%)			
		1850	1920	2003	TS	1850	1920	2003	TS
Mesohalien	Onbedijkt	1441	717	217	1113	93	74	100	100
	Bedijkt	104	251	0	0	7	26	0	0
	<b>Totaal</b>	<b>1545</b>	<b>969</b>	<b>217</b>	<b>1113</b>				
Oligohalien	Onbedijkt	122	52	131	178	32	13	100	28
	Bedijkt	266	348	0	458	68	87	0	72
	<b>Totaal</b>	<b>388</b>	<b>401</b>	<b>131</b>	<b>636</b>				
Zoet lange verblijftijd	Onbedijkt	74	57	199	305	30	21	100	55
	Bedijkt	177	218	0	250	70	79	0	45
	<b>Totaal</b>	<b>251</b>	<b>275</b>	<b>199</b>	<b>555</b>				
Zoet korte verblijftijd	Onbedijkt	870	95	48	79	100	11	100	62
	Bedijkt	4	776	0	69	0	89	0	38
	<b>Totaal</b>	<b>874</b>	<b>870</b>	<b>48</b>	<b>148</b>				
Rupel	Onbedijkt	102	48	39	39	59	26	100	54
	Bedijkt	70	135	0	34	41	74	0	46
	<b>Totaal</b>	<b>172</b>	<b>184</b>	<b>39</b>	<b>73</b>				
Durme	Onbedijkt	181	13	105	322	22	2	100	98
	Bedijkt	654	826	0	6	78	98	0	2
	<b>Totaal</b>	<b>835</b>	<b>839</b>	<b>105</b>	<b>328</b>				
<b>Totaal</b>	Onbedijkt	2791	983	739	2036	69	28	100	72
	Bedijkt	1274	2555	0	818	31	72	0	28
	<b>Totaal</b>	<b>4066</b>	<b>3538</b>	<b>739</b>	<b>2854</b>				

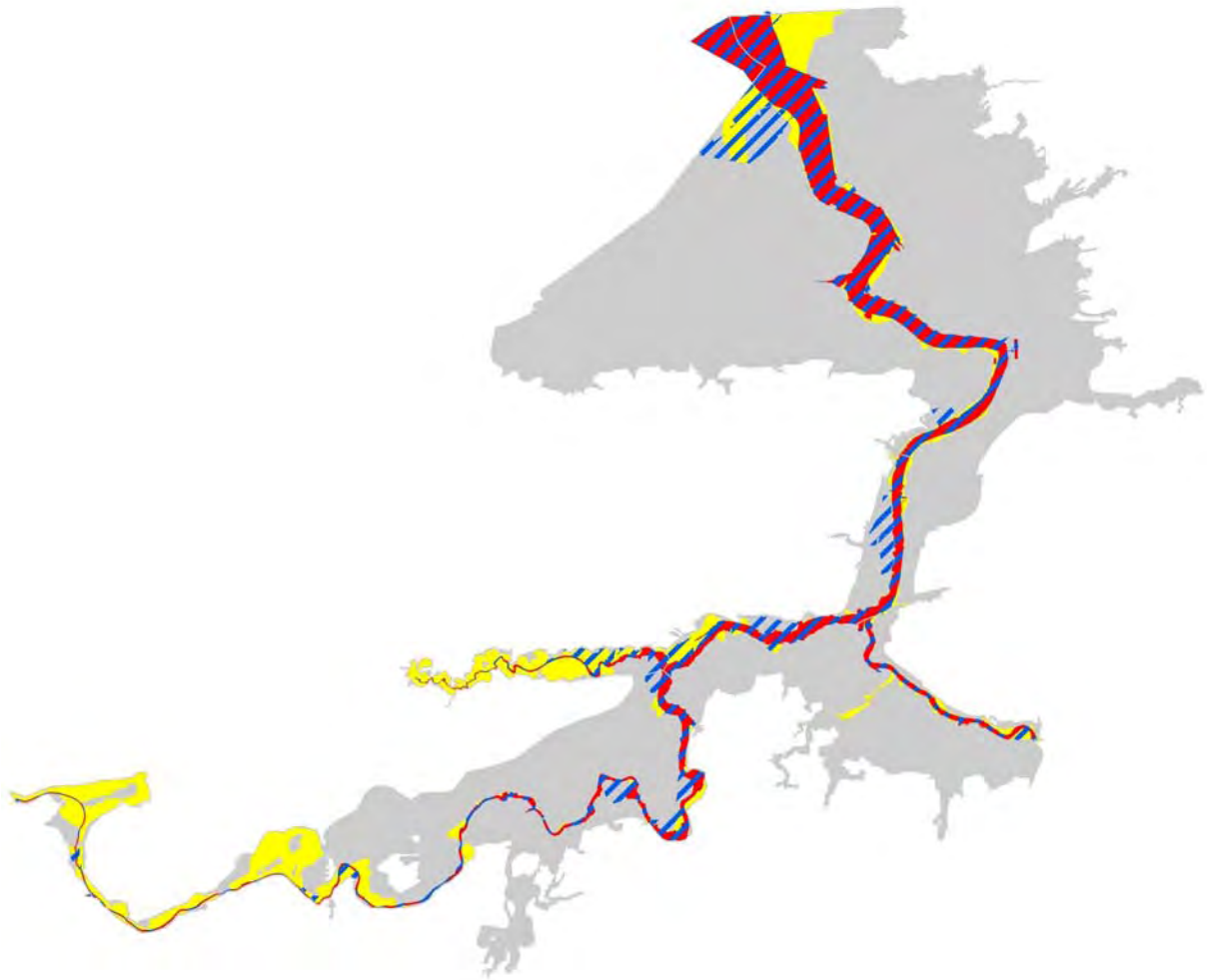
Voor de meeste saliniteitszones is de globale evolutie zeer gelijkaardig:

- **1850-1920: aandeel bedijkt neemt toe, oppervlakte blijft stabiel** - In vergelijking met 1850 neemt het aandeel bedijkte systemen aanzienlijk toe ten tijde van DG3. Vooral in het zoete deel met korte verblijftijd is de stijging van het aandeel bedijkte systemen van nauwelijks 0.5 tot 89% zeer opvallend, een gevolg van de sterk toegenomen getij-invloed door de normalisatie van de rivierbedding rond de eeuwwisseling. Ook langs de Durme werden de meest stroomopwaarts gelegen vloeisystemen bedijkt en komen op DG3 nog nauwelijks onbedijkte gebieden voor. Alleen in de zoete zone met lange verblijftijd blijft de verhouding bedijkt/onbedijkt ongeveer gelijk. Hoewel de totale oppervlakte in de meeste saliniteitszones redelijk stabiel blijft, is het aandeel dagelijks overstroomde gebieden (schorren in de strikte zin van het woord dus) door de bedijking wel sterk afgenomen (van 69 tot 28%). In de mesohaliene zone neemt het totaalareaal sterk af van meer dan 1500 ha in 1850 naar minder dan 1000 ha in 1920.
- **1920-2003: alleen nog onbedijkt, oppervlakte sterk afgenomen** - In 2003 is het systeem van vloeisystemen of met zomerdijken bedijkte schorren volledig verdwenen. We vinden alleen nog onbedijkte schorren, hooguit met restanten van vroegere zomerdijken. De totale oppervlakte supralitoraal gebied is vooral door het wegvallen van de vloeisystemen spectaculair afgenomen, zoals duidelijk blijkt uit *Figuur 3.19*. De zoete zone met lange verblijftijd vormen een uitzondering: vrijwel alle voormalig bedijkte en in cultuur gebrachte schorren werden verlaten en evolueerden naar natuurlijk schor, waardoor de oppervlakte relatief stabiel bleef. Wanneer de vloeisystemen precies werden opgegeven is moeilijk te achterhalen, maar we mogen er van uitgaan dat de meeste bevloeiingen vanaf 1950 progressief werden stopgezet. De buitendijkse systemen werden eerst opgegeven, daarna volgden de bedijkte systemen. De laatste bevloeiingen langs de Durme dateren van rond de jaren 70. Slechts een handvol gebieden werd nog later bevoeid. Vooral de slechte waterkwaliteit zou verantwoordelijk zijn voor het opgeven van deze beheersvorm.

- **2003-TS: herintroductie bedijkte systemen, oppervlakteherstel** - Het toekomstscenario toont een duidelijk oppervlakteherstel voor de supralitorale gebieden. Langs de Rupel, Durme en vooral de zoete zone met korte verblijftijd blijft men nog ver onder de oorspronkelijke oppervlaktes, maar in het middendeel van de Zeeschelde (oligohalien en zoet met lange verblijftijd) wordt het supralitorale areaal beduidend hoger dan in het verleden ooit het geval was. De mesohaliene zone neemt een tussenpositie in. Door de introductie van GGG's wordt het oude principe van bedijkte intergetijdengebieden zoals bedijkte vloeisystemen met een beperkt getij ten dele in ere hersteld.

De buitendijkse arealen zeggen op zich eigenlijk niet zoveel over de mate waarin een rivier verbonden is met de aangrenzende vallei of **laterale connectiviteit**. De totale oppervlakte die door de rivier in een bepaalde zone beïnvloed wordt, kan klein zijn in vergelijking met andere zones. Als de oppervlakte van de vallei in die zone echter ook klein is, kan de laterale connectiviteit voor die zone toch zeer goed zijn. Een zeer eenvoudige maat voor laterale connectiviteit die geen rekening houdt met de kwaliteit van de betrokken arealen, is de verhouding tussen de werkelijke oppervlakte die door de rivier beïnvloed wordt en de totale oppervlakte van de vallei (oppervlakte die theoretisch door de rivier kan beïnvloed worden; *Figuur 3.15, Tabel 3.7*). Toegepast op de verschillende saliniteitszones in 1850 leren we hieruit dat de Durme met een coëfficiënt van 0.75 veruit de meest natuurlijke zone was. Elders was het veel slechter gesteld met de connectiviteit. Langs de Zeeschelde scoren de zoete zone met korte verblijftijd en de oligohaliene zone het best. De Rupel scoort veruit het slechtst. Met een index van 0.09 is het duidelijk dat de rivier reeds in 1850 bijna volledig geïsoleerd was van haar vallei. In de huidige situatie is de connectiviteit voor de Durme en de zoete zone met korte verblijftijd heel sterk teruggevallen door de afkoppeling van de vloeisystemen. Als alle nieuwe estuariene gebieden uit het toekomstscenario gerealiseerd zullen zijn, wordt de connectiviteit tussen de Durme en haar vallei slechts gedeeltelijk hersteld. De oligohaliene zone en zoete zone met korte verblijftijd zullen een betere wisselwerking tussen rivier en vallei hebben dan in 1850. De Rupel, de mesohaliene zone en de zoete zone met korte verblijftijd blijven sterk geïsoleerde waterlichamen. Ook aan de rivier grenzende wetlands kunnen bijdragen tot de laterale connectiviteit als hun kwaliteit voldoende hoog is (2.2.3). Als we de te realiseren wetlands van het meest wenselijk alternatief mee in rekening brengen, neemt de connectiviteit vooral toe langs de zoete zone met korte verblijftijd (ontwikkeling van de Kalkense Meersen) en langs de Durme. In de eerste zone wordt de toestand van 1850 benaderd, langs de Durme blijft de connectiviteit nog steeds een stuk lager.

De laterale connectiviteit levert naast de sinuositeit belangrijke aanvullende informatie over de natuurlijkheid van de rivier. Ter hoogte van het doorbraakdal tussen de Wase en de Boomse Cuesta is de Schelde een rechte rivier (3.2.3.1), waaruit zou kunnen besloten worden dat het niet goed gesteld is met dit deel van de rivier. Na realisatie van KBR zal de laterale connectiviteit met de vallei hier echter hoger zijn dan in vele trajecten met een hogere sinuositeit. Het zou dan ook interessant zijn om deze analyse op kleinere deelzones uit te voeren.

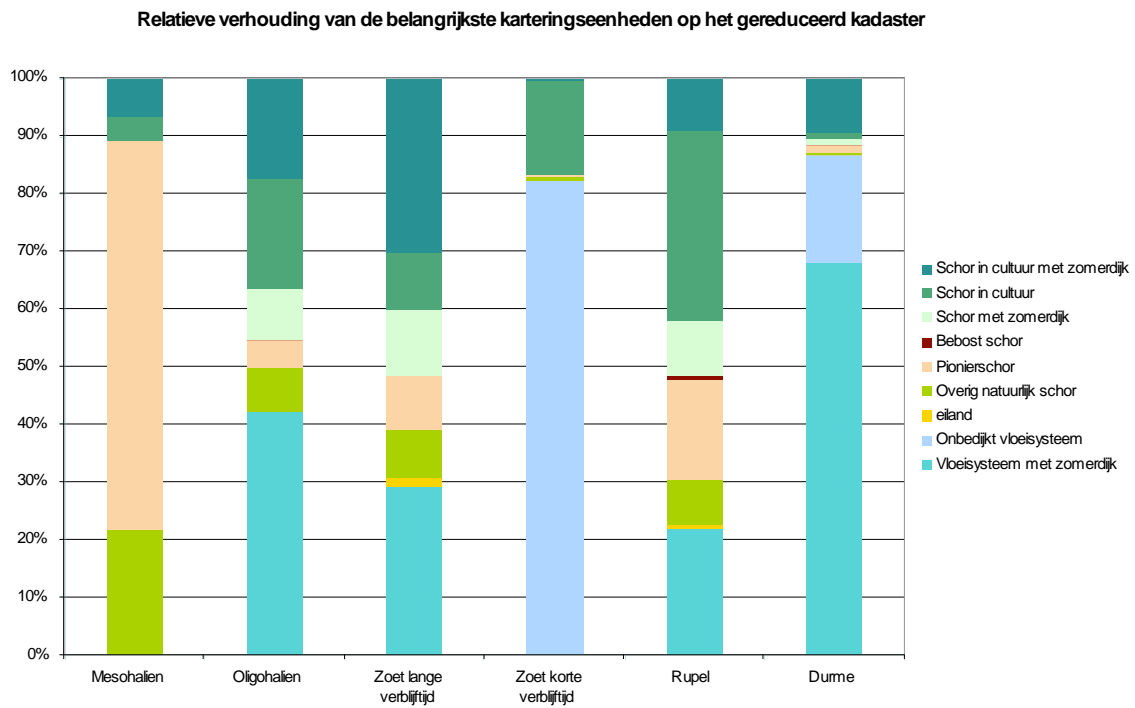


Figuur 3.15 Beschikbaar alluviaal gebied langs de Schelde in 1850 (geel), huidige (rood) en toekomstige situatie (blauw gestreept) tov valleigebied (grijs) / Available storage width of the Scheldt in 1850 (yellow), the present situation (red) and in the future scenario (blue striped) compared to the extent of the river valley (grey).

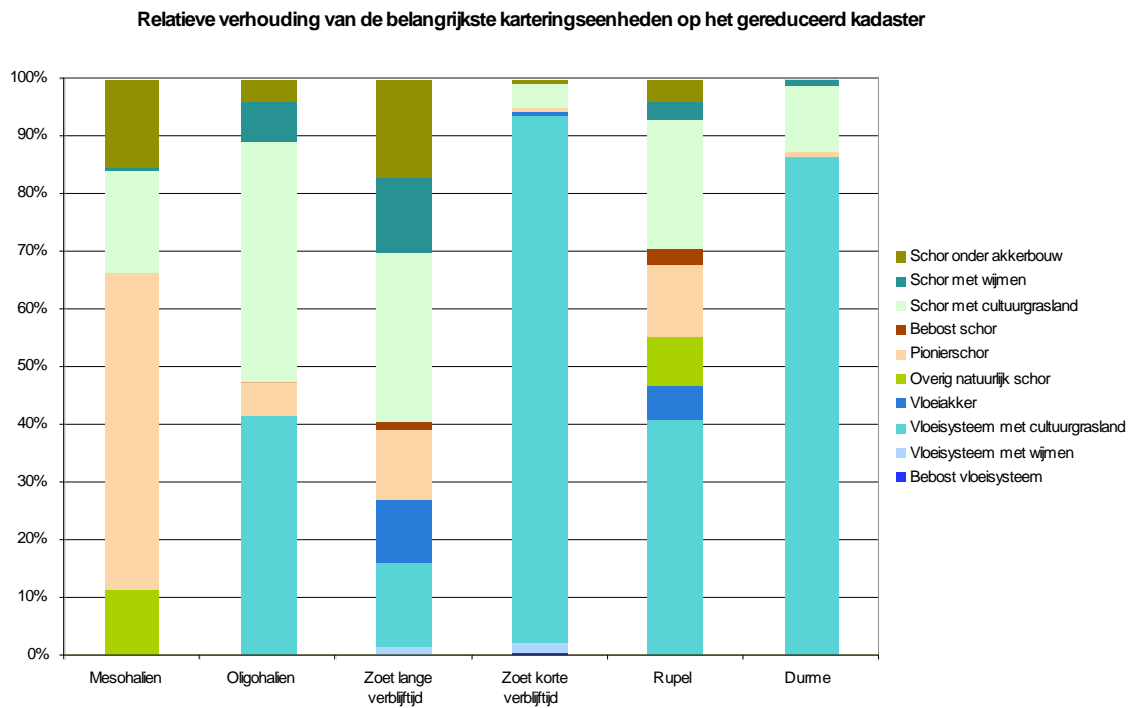
Tabel 3.7 Evolutie van de coëfficiënt voor laterale connectiviteit / Evolution of the lateral connectivity coefficient

saliniteitszone	1850	2003	TS	TS + wetland
Mesohalien	0,13	0,09	0,12	0,12
Oligohalien	0,21	0,23	0,32	0,36
Zoet lange verblijftijd	0,12	0,14	0,22	0,28
Zoet korte verblijftijd	0,33	0,1	0,12	0,25
Rupel	0,09	0,09	0,09	0,09
Durme	0,75	0,14	0,31	0,49

Figuur 3.16, Figuur 3.17 en Figuur 3.18 geven meer inzicht in de relatieve verhoudingen tussen de karteringseenheden in de verschillende periodes. In Figuur 3.19 werden de karteringseenheden van de verschillende periodes gegroepeerd tot een aantal hoofdcategorieën die de onderlinge vergelijking van de drie karteringsperiodes vereenvoudigen. De conversietabellen voor de verschillende eenheden staan in bijlage 7.5. De evoluties worden verder per saliniteitszone besproken, waarbij ook beroep werd gedaan op het historisch onderzoek van Hoffmann (1993) en Vanallemeersch et al. (2000).

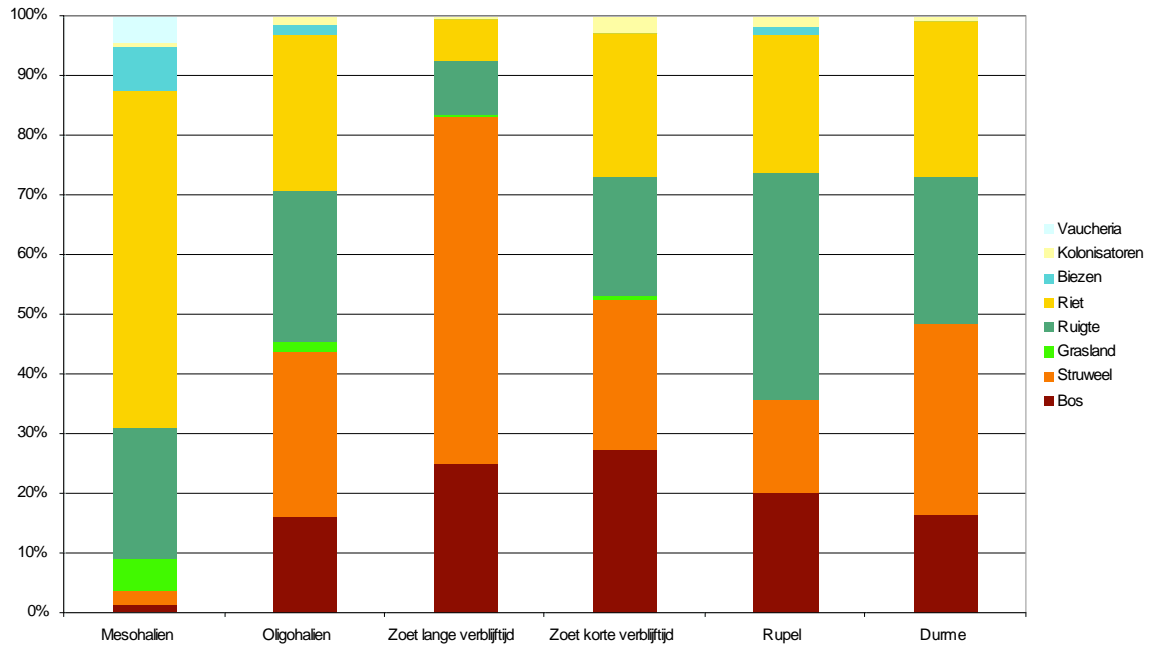


Figuur 3.16 Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden op het gereduceerd kadaster (1850) / Proportion of main mapping units of the 'Reduced kadaster' map (1850)



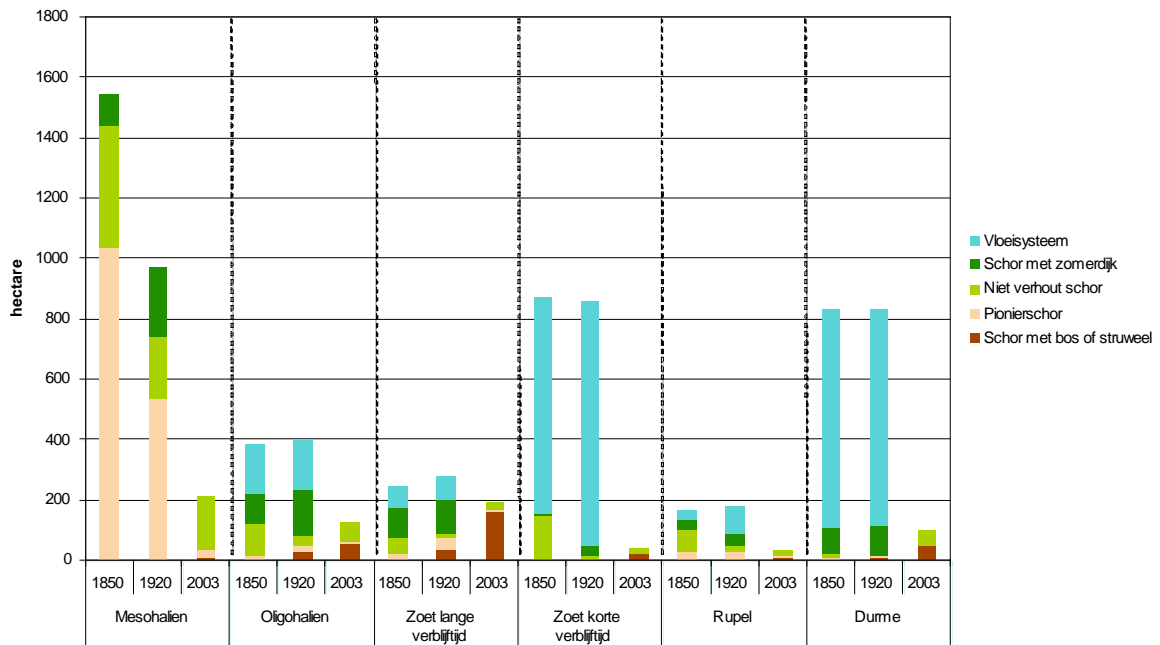
Figuur 3.17 Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden op Dépôt de la Guerre 3 (1920) / Proportion of main mapping units of the 'Dépôt de la Guerre 3' (1920)

Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden op het gereduceerd kadaster



Figuur 3.18 Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden (habitatgroepen) op de vegetatiekaart van 2003. Bemerk dat de verhoudingen in deze figuur licht kunnen afwijken van de waarden in Tabel 3.8 omdat de tussenliggende gebieden niet in rekening gebracht werden bij de analyse van het vegetatieverloop. Dat verandert echter weinig aan het globale beeld / Proportion of the main habitat groups in 2003. Note this might slightly differ from in table 3.9 because the latter does not take into account the intermediate area between the main tidal marshes

Evolutie hoofdcategorie\_n



Figuur 3.19 Temporele evolutie van een aantal vergelijkbare hoofdcategorieën / Temporal evolution of some main mapping units



*Figuur 3.20 Opdeling van de Zeeschelde rond 1850 op basis van het meest voorkomende landgebruiktype langs het betreffende traject / The major land use zonation along the Zeeschelde around 1850*

### Mesohaliene zone

In 1850 bestaat het mesohaliene deel van de Zeeschelde voor bijna 90% uit natuurlijk schor, waarbij vooral pionierschor een zeer belangrijk aandeel inneemt. Op DG3 blijft pionierschor zeer belangrijk, maar een aantal grote schorren zijn in cultuur gebracht (onder meer het Paardenschor en Ketenisseschor). In 2003 is het aandeel pionierschor minimaal en nemen ruigte en vooral riet de grootste oppervlaktes in.

De enorme daling van de oppervlakte intergetijdengebied in de mesohaliene Zeeschelde van meer dan 1500 ha in 1850 naar minder dan 1000 ha in 1920 is vooral te wijten aan de inpolderingen van de Prosperpolder en grote stukken bij het Groot Buitenschoor.

Ten tijde van het gereduceerd kadaster maakte het Groot Buitenschoor deel uit van een veel uitgestreker slik- en schorgebied dat van Zandvliet tot Bath reikte. Vanallemeersch et al. (2000) vermelden een oppervlakte van ongeveer 2600 hectare en een schorbreedte van meer dan 2 km. Op Belgisch grondgebied lag op de huidige plaats van de Nieuw-Westlandpolder nog het Klein Buitenschoor.

Het schor van Ouden Doel sloot rechtstreeks aan bij het Verdronken Land van Saaftinge. Het gereduceerd kadaster heeft de situatie weer vóór de inpoldering van de Prosperpolder in 1846-1847. De exacte toestand van de Prosperpolder grenzend aan Nederland is moeilijk te achterhalen. Alleen het deel dat ingetekend is op het kaartblad van Doel werd mee gekarteerd. Het niet gekarteerde deel (ongeveer 160 hectare) bestond hoogstwaarschijnlijk uit een afwisseling van schor, slik en geulen.

De site van de kerncentrale van Doel was nog schor. De plaat van Doel staat niet aangegeven op het gereduceerd kadaster. Ook op oudere kaarten is de plaat nog niet te zien (zie bv. kaarten in Guns, 1975). Op de Vandermaelenkaart (1850) is ze voor het eerst weergegeven. Mogelijk is de plaat dus pas ontstaan na de inpoldering van de Prosperpolder en het afsluiten van de Kreekrakdam, wat een grote invloed moet gehad hebben op de morfodynamische toestand van het gebied.

Ketenisseschor is op het gereduceerd kadaster nog niet ingepolderd en sloot aan bij een kleinere slik en schorzone voor Kallosluis.

Ter hoogte van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis lag het schor van Wijtvliet, met smalle uitlopers tot aan het Galgenschoor. Het Wijtvlietschor is net zoals het Groot Buitenschoor slechts een restant van een veel uitgestrekter schorgebied op het grondgebied van Oorderen (ingedijkt in de periode 1632-1722) waar een aantal grote kreken, zoals het Grote Gat, deel van uitmaakten (Mys, 1981). Het Galgenschoor zelf was nog veel breder dan tegenwoordig, maar aan de Noordzijde ook een stuk korter (bijlage 7.4).

Op Antwerpen Linkeroever lag een smalle, maar vrijwel ononderbroken slik- en schorzone van de Krankeloonpolder tot aan de Burchtse Weel. Een strook van bijna 10 km waar slechts kleine restanten van over gebleven zijn.

Ter hoogte van Hoboken lag op linkeroever op de overgangszone van meso- naar oligohalien nog een lange aaneengesloten schorzone van de Kennedytunnel tot voorbij Kruikeke Veer (ruim 5 km, voor de helft gelegen in het oligohaliene deel). Op rechteroever lag voor de Hobokense Polder nog een schorzone. Het huidige opgespoten polderbos was een schor in cultuur met zomerdijk.

### Oligohaliene zone

Vanaf de oligohaliene zone (rond Burcht) was het merendeel van de buitendijkse gebieden ten tijde van het gereduceerd kadaster in cultuur gebracht. Tot de Notelaar betrof het hoofdzakelijk onbedijkte schorren in cultuur. Verder stroomopwaarts waren het vooral bedijkte schorren, al dan niet in cultuur. Het grote aandeel vloeisysteem met een zomerdijk was uitsluitend te wijten aan het Tielrodebroek (dat nog tot aan Temse reikte).

Het schorgebied voor KBR liep verder noordwaarts dan tegenwoordig tot aan de Watermolenbeek. De Fasseitpolder, een driehoekig poldertje ter hoogte van de Kallekensbeek, ligt op recente DTM's ongeveer een meter hoger dan de achterliggende polders, maar lager dan de huidige schorren. Het werd veel later ingepolderd dan de rest van KBR, maar stond ten tijde van het gereduceerd kadaster wellicht al niet meer onder getij-involed. Volgens Maris (in Martens 1994) gebeurde de indijking vermoedelijk na de overstroming van 1715.

Langs de Benedenvliet en van de monding van de Benedenvliet tot aan de Rupelmonding lag een natuurlijk schorgebied dat tegenwoordig bijna volledig verdwenen is.

Het Groot Schoor tussen de Hingenebroek- en Spierbroekpolder was hoogstwaarschijnlijk voorzien van een zomerdijk, al doet de relatief lage ligging en het grondgebruik (volledig in akkerland) vermoeden dat dit gebied niet al te vaak onder water kwam. Ook de Binnenpolder (gelegen aan het Noordelijk einde van de Oude Schelde te Bornem) werd op het gereduceerd kadaster met het nodige voorbehoud gekarteerd als schor in cultuur met zomerdijk. Het huidige schorgebied aan Temsebrug was nog niet goed ontwikkeld (bijlage 7.4). Stroomafwaarts van Temsebrug lag echter zowel op linker- als op rechteroever een schor in cultuur dat nu verdwenen is.

Vóór de vloeiveide tussen het Tielrodebroek en het centrum van Temse, die later opgehoogd werd voor een bedrijventerrein, lagen in 1850 nog verschillende kleinere schorgebiedjes.

### Zoete zone met lange verblijftijd

Dit traject wordt grotendeels ingenomen door schorren of vloeisystemen met een zomerdijk (Cz, Ccz, Vz). Te Weert volgde de Schelde nog een ander traject (3.2.3.1). Van het grote schor 't Stort bij Weert was rond 1850 dan ook nog geen sprake. Ook de Plaat aan Driegoten is tegenwoordig veel breder dan toen het geval was (bijlage 7.4). Aan de Durmemonding en aan Branst zijn een aantal kleinere schorren verloren gegaan.

In 1850 was verhout schor overal langs de Zeeschelde en haar zijrivieren nog een grote zeldzaamheid. Vrijwel alle buitendijkse gebieden waren in gebruik als hooiland, weiland of akker, waardoor spontane verbossing weinig kans kreeg. Bossen van enige omvang lagen uitsluitend in de binnendijkse, laaggelegen alluviale gebieden (zoals in het Schausselbroek, Spierbroekpolder en Oudbroekpolder). Vooral vanaf het einde van de 19<sup>e</sup> eeuw kwam de wijmencultuur goed op gang (Vanallemeersch et al 2000). De grienden lagen voornamelijk binnendijks, maar ook buitendijks werden wijmen geteeld. Het aandeel verhout schor is dan ook duidelijk toegenomen in de kartering

van 1920. Na WOII ging niet alleen de wijmenteelt teloor, maar bleven ook veel andere schorren onbeheerd achter waardoor de verstruweling en verbossing snel op gang kwam. De verlaten wijmenpercelen speelden hierbij een katalyserende rol (Intermezzo 1). De typische zoetestuariene wilgenvloedbossen en -struwelen die nu het grootste deel van de Schelde innemen zijn dus een relatief recent fenomeen.

Ook rond Mariekerke en St. Amands was de situatie in 1850 nog heel anders dan tegenwoordig. Het tweegeulenstelsel was nog actief (3.1.4.2), het schor ten Westen van Mariekerke was bijna dubbel zo breed en aan Sint-Amands lag een groot vloeisysteem dat waarschijnlijk rechtstreeks onder getij-invloed stond.

Het Groot schoor van Hamme was volledig in cultuur (deels als vloeiveide en deels als schor in cultuur). De zone ten Oosten van de Grote Wal die later werd ingepolderd (ongeveer 27 ha), maakte er nog deel van uit.

De Uiterdijk (aan het schor van Vlassenbroek ten Noorden van de Cramp) was een schor in cultuur.

### **INTERMEZZO 1 – Wijmenteelt langs de Zeeschelde (aangepast uit Vanallemeersch et al. 2000)**

Wijmenteelt was gedurende een lange periode een belangrijke nijverheid langs de Zeeschelde. Uit de literatuur blijkt dat er reeds wijmenteelt plaatsvond rond 1600, maar het bereikte zijn climax eind 19e begin 20e eeuw, vooral in functie van de mandenmakerij. Omstreeks 1900 telde men in Klein-Brabant meer dan vierhonderd hectare wijmenvelden, waarvan het overgrote deel binnendijs gelegen was in de Scheldepolders te Bornem, Hingene en Weert. Het gehucht Buitenland, iets ten westen van het Groot Schoor, was op dat ogenblik één van de belangrijke centra voor de productie van vlechtwerk.



*Wijmentelers in Bornem anno 1953 (Foto: Jos Halsberghe – uit: Het Vlaamse Platteland, Gazet van Antwerpen [www.qva.be/dossiers/-p/platteland/default.html](http://www.qva.be/dossiers/-p/platteland/default.html))*

De bloeiperiode van de mandenmakerij en de wilgenteelt duurde tot het einde van de jaren 1920. De crisis van de jaren 1930 veroorzaakte een eerste dieptepunt. Ondanks een kleine heropleving gedurende de Tweede Wereldoorlog, ging het vanaf de jaren 50 – door de toenemende concurrentie van metaal, kunststof en goedkopere producten uit het Oostblok en Verre Oosten – snel bergaf. De meeste buitendijkse wijmenpercelen dateren van de periode 1920-1930 ter vervanging van vloeiveides. De teelt is tegenwoordig economisch onrendabel geworden en dreigt zeer binnenkort compleet te verdwijnen. Langs de buitendijkse gebieden van de Zeeschelde komen momenteel nog recent onderhouden wijmenculturen voor op een deel van het Sint-Amandsschoor, De Plaat bij Driegoten en het schor van Branst.

Vanallemeersch et al. (2000) stelden dat in deze eeuw wijmen voorkwamen op alle buitendijkse zoetwaterschorren tussen het Stort van Weert (meest stroomafwaarts) en het Groot Schoor van Grembergen (meest stroomopwaarts). Dat is precies de zone (zoet met lange verblijftijd) waar de verhouding van het schor het verst is doorgezet, wat er op wijst dat de oude wijmenteelt hierin een belangrijke katalyserende rol speelt. De samenstelling van spontane wilgenbossen en -struwelen kan in meer of mindere mate bepaald worden door de van wijmenculturen afkomstige wilgen, die zich spontaan vestigen uit aangespoeld drijfhout.

De manier waarop de wijmen beheerd werden was afhankelijk van de ligging (buiten- of binnendijs) en de lokale gewoontes. De buitendijkse gebieden overstroomden ongeveer elke veertien dagen (bij springtij). Het water kwam meestal tot 0,5 à 1 m hoog en bleef slechts enkele uren op de schorren staan. In Weert werden de wijmen nooit bewust onder water gezet, in



tegenstelling tot het hooiland in de buitendijkse gebieden. In Elversele werden de binnendijkse wijmen onder water gezet samen met de vloeimeersen. Dat gebeurde een eerste keer van 1 november tot 15 februari door het openen van de poldersluizen. De bevloeiing was bedoeld om het "tijdgras" (eerste snede) te bemesten. Gras en wijmbos stonden in die periode elke dag twee maal onder water. Het water bleef ongeveer vier uur op de broeken en wijmbossen en kwam 10 à 30 cm hoog. De sluisen werden een tweede maal open gezet tussen 1 en 8 juli, voor een bevloeiing van twee dagen, die bedoeld was om de "toemaat" in de vloeimeersen te bemesten. Voor een veel gedetailleerde beschrijving van de wijmenteelt en mandenmakerij verwijzen we naar Vanallemeersch et al. (2000) en Winckelmans (2005).

De botanische waarde van wijmbossen in cultuur is doorgaans redelijk klein. Er kunnen wel een aantal interessante soorten voorkomen, zoals Spindotterbloem, Gevleugeld sterrenkroos en Moesdistel, maar geen van hen is exclusief gebonden aan wijmbossen. Spindotter vertoont bijvoorbeeld een massaler aspect in goed onderhouden rietlanden dan in wijmbossen, zeker wanneer deze verwilderen tot dichte struwelen of echte vloedbossen. Het is duidelijk dat de wijmbosteelt een grotere cultuurhistorische dan natuurbehoudwaarde vertegenwoordigt. Verwilde wijmbossen hebben op zijn minst qua structuur een grotere natuurhistorische waarde dan de onderhouden wijmbossen. De botanische waarde wordt vooral bepaald door de vele epifytische mossen en korstmossen die er kunnen voorkomen (Hoffmann, 1993) en door de enorme variatie aan wilgensoorten die het systeem rijk is. De wilgendifferentie is in niet onbelangrijke mate antropogeen van oorsprong. Afhankelijk van het gebruik en de locatie van de percelen (binnen- of buitendijks) werden verschillende wilgensoorten en –kruisingen aangeplant.

### Zoete zone met korte verblijftijd

Langs dit volledig onbedijkte traject zijn in 1850 drie duidelijke zones te herkennen (*Figuur 3.20*):

1. Het meest stroomafwaartse deel bestaat vooral uit schorren in cultuur.
2. Rond Schoonaarde zien we een eerste globale wijziging in het landgebruik naar voornamelijk onbedijkte vloeisystemen.
3. Vanaf de Kalkense Meersen richting Gent tenslotte, liggen aan weerszijden van de Schelde smalle onbedijkte alluviale stroken van voornamelijk grasland en bos, maar hier en daar ook akkerpercelen (bijvoorbeeld op de oeverwallen). Wellicht kwamen deze alluviale gebieden alleen bij extreme omstandigheden onder water. We kunnen er vanuit gaan dat de invloed van het getij vanaf de Kalkense meersen heel beperkt was (Intermezzo 2).

De situatie in de Scheldebreeken te Zele is onduidelijk. Ten zuidoosten van de centrale afvoergracht ligt een zeer dicht netwerk van afvoerslootjes. Wellicht waren dit vloeiwelven. Ten noordwesten van de afvoergracht is het slootnetwerk minder dicht en zijn verschillende percelen als akker in gebruik, wat er ook op duidt dat het waarschijnlijk minder vochtige stukken waren. Alleen het zuidoostelijke deel werd gekarteerd als vloeiwelven met zomerdijk, al is het voorkomen van die dijk niet ondubbelzinnig vast te stellen.

Het Schor aan Aubroek (ten Westen van Appels) ging verloren bij een rechtekking van de Schelde.

De Bergenmeersen te Wichelen waren ten tijde van het gereduceerd kadaster al in landbouwgebruik, maar nog onbedijkt en doorsneden door een paar grote kreken, waardoor ze eigenlijk als schor te beschouwen zijn. De Schelde volgde hier ook nog een ander traject (3.2.3.1). Tussen Schoonaarde en de Kalkense meersen zijn drastische ingrepen gebeurd. Na de rechtekkingen en calibratie werd grote delen van dit enorme vloeimeersengebied (meer dan 700 ha) van getij-inval afgesloten.

### Durme

De Durme is in 1850 bij uitstek een rivier met begeleidende vloeisystemen. Ze maken bijna 90% uit van het buitendijkse landgebruik langs de Durme en ruim een derde van het totale vloeiwelven-areaal langs de Zeeschelde. Als we de vloeiwelven met winterdijk en bovenafvoer niet meerekenen ligt zelfs meer dan de helft van het totale vloeiwelven-areaal langs de Durme. Het beperkte

schorareaal is bijna volledig bedijkt en in cultuur. De vloeimeersen langs de Durme waren onbedijkt tot ongeveer ter hoogte van de monding van de Lokerbeek. Verder stroomafwaarts hadden ze een zomerdijk (*Figuur 3.20*).

In de vloeimeersen langs de Durme zijn op het gereduceerd kadaster vele drainagekanaaltjes te zien die eindigen in een soort waterreservoir tegen de dijk. Mogelijk zijn ze niet echt bedoeld als reservoir maar gaat het om een soort doorbraakkolken ter hoogte van de plaats waar de zomerdijken 's winters werden doorgestoken. Volgens het kadaster waren ze niet rechtstreeks of via sluizen met de Durme verbonden. Later werden hier wel sluisystemen op geplaatst en is er sprake van sluisputten (Vanallemeersch et al. 2000).

In 1920 was er relatief weinig gewijzigd. Het vloeimeersenareaal was nog even uitgestrekt, maar de meersen stroomopwaarts van de Lokerbeek waren nu ook bedijkt. Met de rechttrekking en calibratie van de Durme in het begin van de jaren 30 werd het areaal supralitoraal gebied gedecimeerd. De verhouding riet-ruigte-verhout schor in 2003 langs de Durme is zeer vergelijkbaar met de verhoudingen in de zoete zone met korte verblijftijd, die ook qua historisch landgebruik opmerkelijke parallellen vertoont.

### Rupel

Het landgebruik langs de Rupel was in 1850 veel diverser dan langs de Durme. Tot aan de monding van de Vliet en langs de Vliet zelf lagen vooral schorren in cultuur (*Figuur 3.20*). Verder stroomopwaarts vinden we ook bedijkte schorren en vloeisystemen met zomerdijk. De getij-invloed op de Vliet reikte tot Puurs. Met de afsluiting van de Vliet verdween een intergetijdengebied van ruim 50 hectare, wat overeenkomt met 1/3 van de totale hoeveelheid buitendijkse gebieden langs de Rupel.

Ook langs de Rupel zelf lagen in 1850 nog grote schorzones ter hoogte van Noeveren en Terhagen die nu verdwenen zijn. Bovenzanden was een bedijkt vloeisysteem. Op basis van de hoogteligging gaan we ervan uit dat dit gebied begrensd werd door een zomerdijk en dat het dus nog geregeld functioneerde als intergetijdengebied (ook al is er geen dicht perceleringspatroon).

Uit de huidige vegetatiekaarten blijkt dat de verhouding van de Rupelschorren het minst ver is doorgezet. Vooral ruigte is hier belangrijk.

#### 3.1.3.2 Evolutie op mesoschaal

Een eerste analyse van de temporele evolutie tussen 1992 en 2003 van de oppervlakten van enkele brak- en zoetwaterschorren langs de Zeeschelde toonde aan dat de bestaande schorgebieden het laatste decennium weinig in grootte zijn veranderd. Daaruit zou verkeerdelijk kunnen besloten worden dat de toestand van de schorren stabiel is. Brys et al. (2005) toonden reeds aan dat erosie van het slik leidt tot steilere schorkliffen, wat op termijn ook tot verdere schorerosie zal leiden. Dit wordt bevestigd door de sterke achteruitgang van de ondiepe sublitorale zones (3.1.1). Bovendien toont de detailvergelijking van de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003, die in de volgende paragrafen besproken wordt, aan dat ook binnen de schorgebieden duidelijke evoluties gaande zijn.

### Totale Zeeschelde

*Tabel 3.8* toont een overzicht van de twee karterperiodes per vegetatiegroep voor de volledige Zeeschelde. Omdat de kartering van 1992 in tegenstelling tot die van 2003 niet de situatie bij laag water weergeeft, wordt in dit rapport nog geen onderscheid gemaakt tussen water en slik. In een latere fase zal dit onderscheid wel gemaakt worden op basis van de getijgegevens en het DTM. De oppervlaktes werden berekend op basis van de rasterkaarten in plaats van op polygonen en zijn dus benaderend.

Tabel 3.8 Evolutie van de belangrijkste vegetatiegroepen langs de Zeeschelde in de overlappende zones van de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003 / Vegetation group evolution along the Zeeschelde in the commom zones of the vegetation map of 1992 and 2003

Ecotoop	Groep	1992		2003		Toename (%)	Toename (ha)
		(% van totaal)	opp (ha)	(% van totaal)	opp (ha)		
Slik	Vaucheria	1.1	5,2	1.7	8,8	69,18	3,6
Schor	Biezen	6.0	28,5	2.4	12,3	-56,79	-16,2
	Kolonisator	1.6	7,5	0.7	3,4	-54,19	-4,1
	Ruigte	21.4	102,0	12.6	64,0	-37,25	-38,0
	Grasland	1.0	5,0	2.5	12,7	153,88	7,7
	Riet	24.5	117,0	29.6	149,6	27,86	32,6
	Struweel	27.7	132,4	28.2	142,7	7,76	10,3
	Bos	7.9	37,8	14.1	71,2	88,36	33,4
	Antropogeen	8.8	42,1	8.2	41,3	-1,74	-0,7

De opvallendste trends zijn de procentueel sterke toename van grasland, bos, Vaucheria-vegetaties en in mindere mate riet en de halvering van het aandeel biezen en kolonisatoren. Ook het aandeel ruigte gaat sterk achteruit. In absolute oppervlakte breiden bos en riet sterk uit en krimpt ruigte zeer sterk in. De effecten zijn voor het grootste deel toe te schrijven aan hoge opslibbing van het schor, het al dan niet achterwege blijven van beheer en aan de erosie van de schorranden.

### Per Saliniteitszone

In de tabellen *Tabel 3.9* tot *Tabel 3.11* worden de evoluties opgesplitst per saliniteitszone. De schorren langs de Durme en de Rupel en een zeer beperkt deel van de schorren aan de monding van deze rivieren vallen niet binnen de bespreking.

De oppervlakte riet neemt met de helft toe in het mesohaliene gedeelte en daalt met een kwart in het zoete deel met lange verblijftijd. Dat valt te verklaren door het feit dat riet alleen in het brakke deel van het estuarium de climaxvegetatie vormt, terwijl het in het zoete gedeelte een overgangsstadium is naar bos en struweel. De sterke toename aan *Vaucheria*-vegetatie is volledig toe te schrijven aan de ontpollering van Ketenisseschor. De achteruitgang van de biezenvegetaties is vooral een fenomeen op het schor van Ouden Doel. Ook op het Groot Buitenschoor worden de biezenvegetaties vervangen door riet, maar daar groeien ze wel aan in de richting van het slik (*Figuur 3.25*). De introductie van graasbeheer op de brakke schorren tussen de twee karterperiodes heeft geleid tot een verdubbeling van de oppervlakte zilt grasland en lokaal ook tot een achteruitgang van de biezen-gordel door vertrappeling.

Het aandeel bos is zeer sterk toegenomen in het oligohaliene en zoete gedeelte. Bos neemt hier de plaats in van riet als climaxvegetatie. Langs de volledige Zeeschelde zien we dus een duidelijke evolutie naar climaxvegetaties. Het aandeel kolonisatoren en biezen daalt drastisch. Dat bevestigt de conclusies van Brys et al. (2005) voor een aantal afzonderlijke schorgebieden langs de Zeeschelde (*Figuur 3.21*). Zij vonden ondermeer een significante daling van de vegetatie-diversiteit voor de schorren in het zoete deel van de Zeeschelde, wat een logisch gevolg is van de evolutie naar een climax.

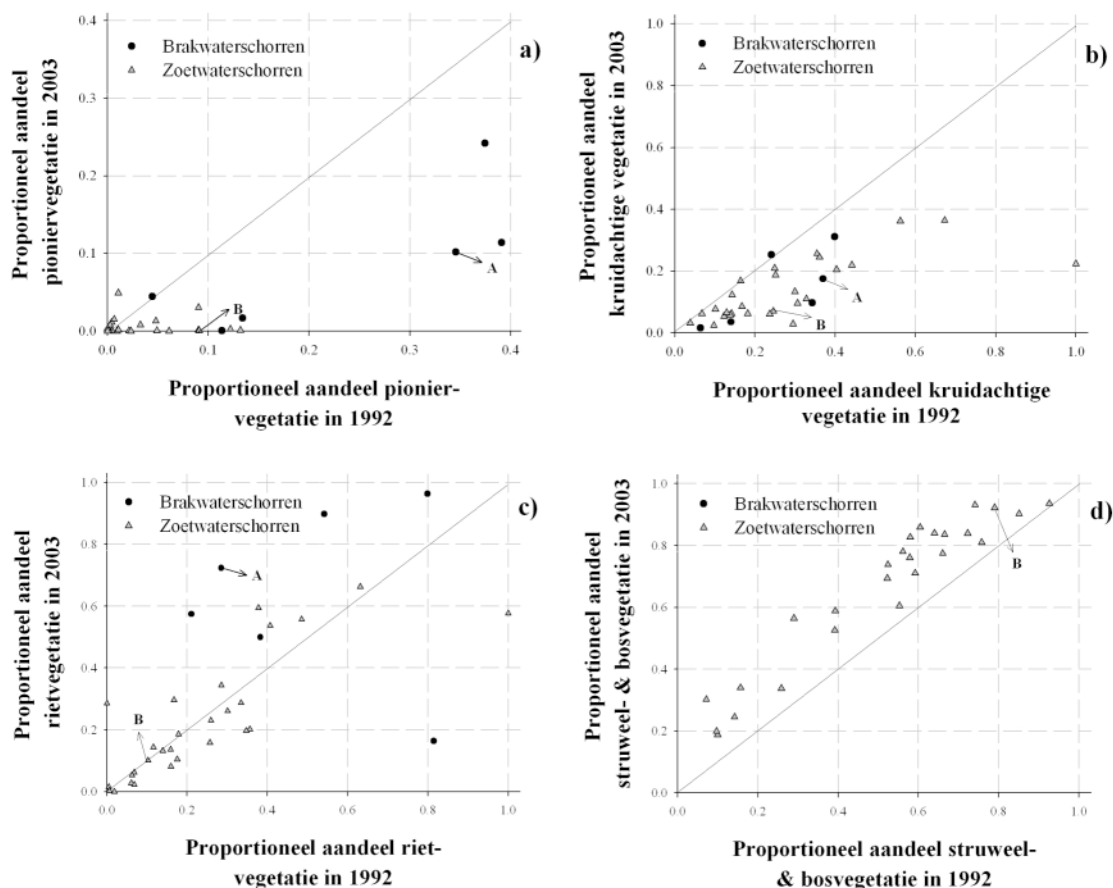
De sterke toename aan antropogeen areaal in het zoete deel met korte verblijftijd is wellicht een artefact. Het is zeer moeilijk om de breuksteenbestortingen goed af te bakenen op de luchtfoto's. Hetzelfde geldt voor de kolonisatoren, die in dit deel vooral in zeer smalle stroken op de steenbestortingen tussen de grotere schorgebieden liggen.

Tabel 3.9 Bedekkingspercentage van de verschillende vegetatiegroepen per saliniteitszone in de karteringen 1992 en 2003 / Percentage of cover vegetation groups by salinity zone according to the vegetation maps of 1992 and 2003

	1992 (% van totaal)				2003 (% van totaal)			
	Meso	Oligo	Lang	Kort	Meso	Oligo	Lang	Kort
Antropogeen	7,34	3,80	1,72	0,35	5,96	5,03	2,83	5,88
Bos	0,01	6,59	11,72	14,56	0,37	15,01	22,64	24,31
Grasland	1,07	0,00	0,00	0,00	2,22	1,79	0,16	0,00
Kolonisatoren	0,00	2,50	2,33	0,74	0,28	1,05	0,20	1,62
Biezen	5,96	0,21	0,19	0,00	2,57	0,08	0,03	0,10
Riet	14,44	22,94	9,13	12,08	21,76	24,53	6,69	15,94
Ruigte	8,64	21,36	13,59	24,72	6,39	13,37	6,93	12,72
Struweel	0,01	21,75	52,97	17,57	0,18	23,94	53,73	23,98
Vaucheria	1,11	0,00	0,00	0,00	1,88	0,00	0,00	0,00

Tabel 3.10 Toename en afname van de verschillende vegetatiegroepen per saliniteitszone in de karteringen 1992 en 2003. De belangrijkste wijzigingen zijn in kleur aangeduid. (\*nog niet of nauwelijks aanwezig in 1992; -afwezig) / Increase and decrease of different vegetation groups in each salinity zone in 1992 and 2003. The most important changes are marked. (\*not yet or barely present in the map of 1992; -absent)

Ecotoop	Successie	Vegetatietype	toename (%)				toename (hectare)			
			Meso	Oligo	Lang	Kort	Meso	Oligo	Lang	Kort
Slik  ↓  Schor	Pionier	Vaucheria	69,18	-	-	-	3,60	0,00	0,00	0,00
		Biezen	-56,93	-63,92	85,31	*	15,86	-0,16	-0,31	0,04
		Kolonisatoren	*	-58,17	-	118,63	1,29	-1,67	-4,02	0,30
		Ruigte	-26,05	-37,38	49,03	-48,55	10,53	-9,17	-	-
	Climax	Grasland	107,07	*	*	-	5,38	2,06	0,29	0,00
		Riet	50,71	6,93	26,78	31,91	34,24	1,83	-4,62	1,33
		Struweel	*	10,10	1,42	36,51	*	2,52	1,42	2,21
		Bos	*	127,88	93,24	67,00	*	9,68	20,61	3,37
Antropogeen			-18,79	32,32	64,53	1589,58	-6,45	1,41	2,09	1,91



Figuur 3.21. Temporele evolutie van het proportioneel aandeel van a) pioniervegetatie, b) kruidachtige vegetatie, c) rietvegetatie en c) struweel- en bosvegetatie in brak- en zoetwaterschorren van de Zeeschelde over de periode van 1992 tot 2003. A = schor van Ouden Doel en B = schor nabij de Temsebrug als typevoorbeelden voor respectievelijk brakke- en zoetwaterschorren (overgenomen uit Brys et al. 2005) / Temporal evolution of proportion of a) pioneer vegetation, b) tall herbs, c) reed and d) shrub and woody vegetation in brackish and fresh water tidal marshes

along the Zeeschelde from 1992 to 2003. A = brackish tidal marsh of Ouden Doel and B = fresh water tidal marsh near bridge of Temse (Brys et al. 2005).

## Vegetatieverloop

Langsheen de volledige Zeeschelde is het vegetatietype in 49% van de rastercellen gewijzigd in de periode tussen 1992 en 2003 (Tabel 3.11). De zoete zone met lange verblijftijd heeft duidelijk de meest stabiele vegetatie (63% van de rastercellen wijzigde niet), terwijl het verloop in de andere zones meer dan de helft bedraagt. De mesohaliene zone blijkt het minst stabiel, maar dat is gedeeltelijk het gevolg van de ontpoldering van Ketenisseschor. Figuur 3.22 tot Figuur 3.25 tonen voor elke saliniteitszone een voorbeeld van de wijzigingen die zijn opgetreden. Op zich is een groot vegetatieverloop geen negatieve trend omdat er moet gestreefd worden naar dynamische schorren. Het relatieve aandeel van de verschillende vegetatietypes moet wel min of meer gehandhaafd blijven en dat is momenteel niet het geval.

Tabel 3.11 Percentage ongewijzigde rastercellen per vegetatiegroep en per saliniteitszone / Percentage of unchanged raster cells by vegetation group and salinity zone

Groep	Mesohalien	Oligohalien	Zoet lang	Zoet kort	Totaal
Antropogeen	12,91	7,89	2,08	2,08	11,53
Bos	77,78	63,63	66,98	62,17	65,57
Grasland	41,38	-	-	-	41,38
Kolonisatoren	-	0,00	4,61	0,98	2,72
Biezen	18,72	9,28	0,00	-	18,40
Riet	76,22	56,93	45,31	50,27	66,25
Ruigte	26,90	31,36	26,02	29,61	28,01
Struweel	0,00	69,01	79,16	56,68	76,15
Vaucheria	0,10	-	-	-	0,10
<b>Totaal</b>	<b>41,07</b>	<b>49,62</b>	<b>62,84</b>	<b>46,30</b>	<b>51</b>

Tabel 3.12 geeft een gedetailleerder beeld van het vegetatieverloop voor de verschillende vegetatiegroepen. Bemerkt dat de percentages in de tabel berekend zijn op basis van het gewijzigd aantal rastercellen en niet het totaal aantal van die vegetatiegroep. Bos en struweel zijn redelijk reversibel. De evolutie naar bos is een logische stap in de successie. De omzetting van bos naar struweel is wellicht te wijten aan afsterven, windval en kap. Kolonisatoren kunnen evolueren naar ruigte of riet, maar meestal worden deze successiestadia overgeslagen en treedt onmiddellijk struweelvorming op. Dit is een gevolg van de sterke regeneratiecapaciteit van vegetatieve wilgenfragmenten. Riet en ruigte zijn reversibel en beide gevoelig voor verstruweling. Biezen worden meestal verdrongen door riet. Ze kunnen slechts in beperkte mate ontstaan vanuit grasland en Vaucheria-vegetaties en zijn dus grotendeels afhankelijk van de nieuwe kolonisatie van slik, zoals op het Groot Buitenschoor duidelijk waarneembaar is (Figuur 3.25).

Het vegetatieverloop in de verschillende saliniteitszones (Tabel 3.13) bevestigt de voortschrijdende evolutie naar de climaxvegetatie en de verschillende climaxtypes in het brakke (riet) en zoete (struweel en bos) gedeelte. De oligohaliene zone is een overgangszone met hoge turnover-percentages naar zowel riet als houtige vegetatie.

Tabel 3.12 Vegetatieverloop tussen de twee karteringen uitgedrukt als percentage van de gewijzigde vegetatiecellen van de betreffende groep. De opvallendste gegevens staan in het grijs / Vegetation turnover of 1992 and 2003 expressed as percentage of changed vegetation cells of each group. Important changes are indicated in grey

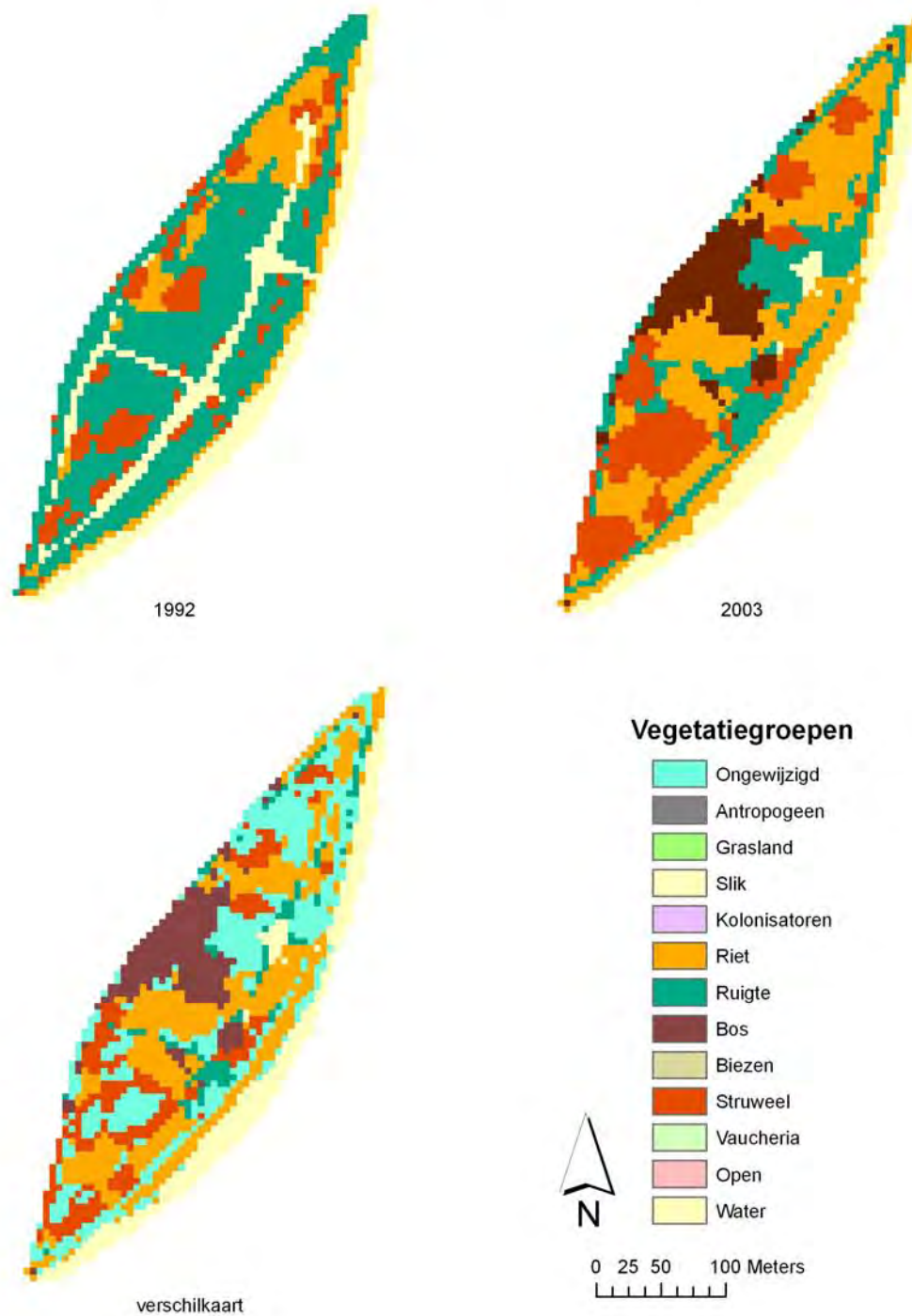
1992	2003	Antropogeen	Bos	Grasland	Kolonisator	Biezen	Riet	Ruigte	Struweel	Slik	Vaucheria
Antropogeen			11,5	1,4	1,9	4,0	11,5	23,2	1,3	25,2	17,6
Bos		6,3		0,2	0,1	0,1	10,1	20,2	57,0	6,0	0,0
Grasland		16,0	0,0		0,2	19,3	33,2	15,1	0,0	12,7	0,0
Kolonisator		1,3	8,4	2,2		0,1	13,1	25,1	48,0	1,7	0,0
Biezen		2,7	0,5	14,7	0,2		54,8	18,2	1,3	6,9	0,5
Riet		9,7	13,4	2,6	1,3	1,5		29,8	27,3	10,4	2,4
Ruigte		2,9	18,4	6,3	1,5	1,7	44,3		19,9	4,1	0,3
Struweel		3,8	64,8	0,0	0,2	0,0	12,1	9,5		9,5	0,0
Vaucheria		5,3	0,0	13,6	0,0	8,6	32,7	1,4	0,0	38,1	



Tabel 3.13 Vegetatieverloop tussen de twee karteringen per saliniteitszone uitgedrukt als percentage van de gewijzigde vegetatiecellen van de betreffende groep. De opvallendste gegevens staan in het grijs / Vegetation turnover of 1992 and 2003 within each salinity zone expressed as percentage of changed vegetation cells of each group. Important changes are indicated in grey

Saliniteitszone	Groep	Antro	Bos	Grasl	Kolo	Bies	Riet	Ruigte	Struw	Slik	Vauch
Mesohalien	<b>Antro</b>		2,1	0,0	2,3	5,0	10,3	24,1	0,1	31,1	21,9
	<b>Bos</b>	33,3		16,7	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Grasl</b>	16,0	0,0		0,2	19,3	33,2	15,1	0,0	12,7	0,0
	<b>Kolo</b>	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Bies</b>	2,3	0,3	15,0	0,2		55,6	18,6	0,4	6,8	0,5
	<b>Riet</b>	16,1	5,1	2,4	3,1	3,2		38,1	3,3	19,0	6,0
	<b>Ruigte</b>	0,9	0,1	12,3	0,0	4,1	72,4		0,0	8,1	0,8
	<b>Struw</b>	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	41,7	16,7		16,7	0,0
	<b>Vauch</b>	5,3	0,0	13,6	0,0	8,6	32,7	1,4	0,0	38,1	
Oligohalien	<b>Antro</b>		15,2	11,9	0,1	0,0	29,6	33,6	8,9	0,6	0,0
	<b>Bos</b>	7,1		1,2	0,5	0,2	26,1	25,8	31,3	7,8	0,0
	<b>Grasl</b>	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Kolo</b>	1,9	5,1	0,0		0,0	18,5	33,1	41,0	0,3	0,0
	<b>Bies</b>	38,6	2,3	0,0	0,0		37,5	2,3	1,1	18,2	0,0
	<b>Riet</b>	6,6	19,2	5,9	0,3	0,1		29,6	33,6	4,8	0,0
	<b>Ruigte</b>	5,1	21,6	5,1	6,4	0,2	42,4		18,3	1,0	0,0
	<b>Struw</b>	1,1	62,6	0,1	0,0	0,0	21,1	8,6		6,5	0,0
	<b>Vauch</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Zoet lang	<b>Antro</b>		92,9	0,9	0,0	0,0	0,0	2,9	2,6	0,7	0,0
	<b>Bos</b>	7,1		0,0	0,0	0,0	7,5	24,6	51,9	8,9	0,0
	<b>Grasl</b>	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Kolo</b>	1,0	10,4	3,9		0,2	8,3	18,4	55,4	2,4	0,0
	<b>Bies</b>	8,4	14,7	0,0	0,0		11,9	0,0	60,8	4,2	0,0
	<b>Riet</b>	3,8	19,8	0,0	0,0	0,0		17,8	54,9	3,7	0,0
	<b>Ruigte</b>	3,6	37,4	0,5	0,1	0,0	7,8		48,6	1,8	0,0
	<b>Struw</b>	5,0	65,3	0,0	0,4	0,0	8,7	9,4		11,3	0,0
	<b>Vauch</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Zoet kort	<b>Antro</b>		78,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0
	<b>Bos</b>	10,1		0,0	0,0	0,0	5,1	14,6	69,3	0,4	0,0
	<b>Grasl</b>	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Kolo</b>	0,0	11,9	0,0		0,0	31,7	43,6	5,9	6,9	0,0
	<b>Bies</b>	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Riet</b>	1,7	21,0	0,0	0,0	0,0		21,0	50,9	5,4	0,0
	<b>Ruigte</b>	4,6	38,9	0,0	0,0	0,0	28,2		27,3	0,5	0,0
	<b>Struw</b>	2,8	69,4	0,0	0,0	0,0	11,3	11,1		5,3	0,0
	<b>Vauch</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

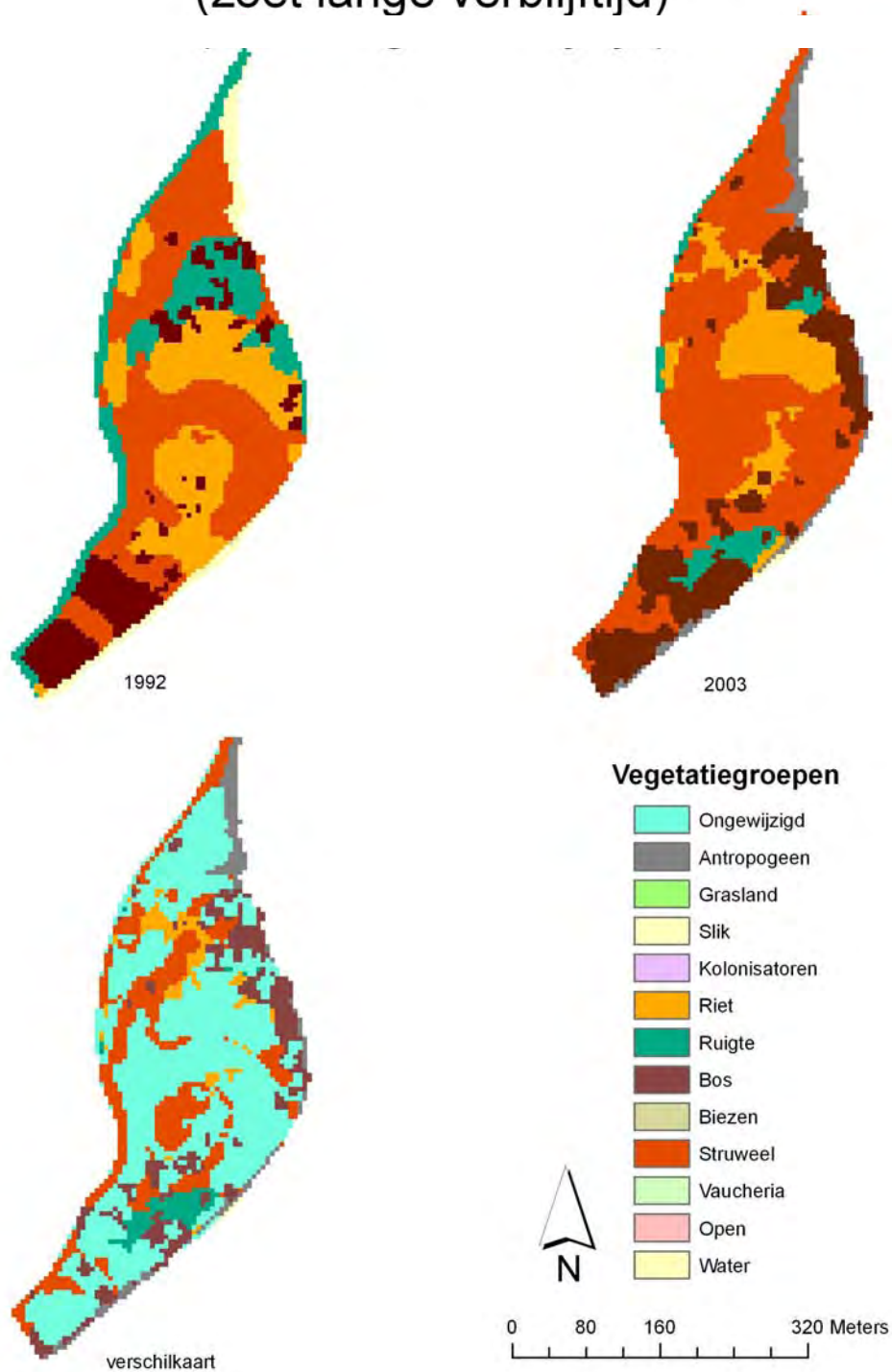
## Evolutie Brede Schoren (zoet korte verblijftijd)



*Figuur 3.22 De Brede schoren kennen een groot vegetatieverloop met een belangrijk verlies van ruigte ten voordele van riet en een uitbreiding van de struweelkernen van 1992 in de ruigtezones, twee frequente processen op schorren in de zoete zone met korte verblijftijd / Vegetation turnover in the tidal marsh "Brede Schoren" is high with an important loss of tall herbs at the expense of reed as well as the expansion of shrub in tall herb zones, two frequent turnover processes in the fresh water zone with short retention time*

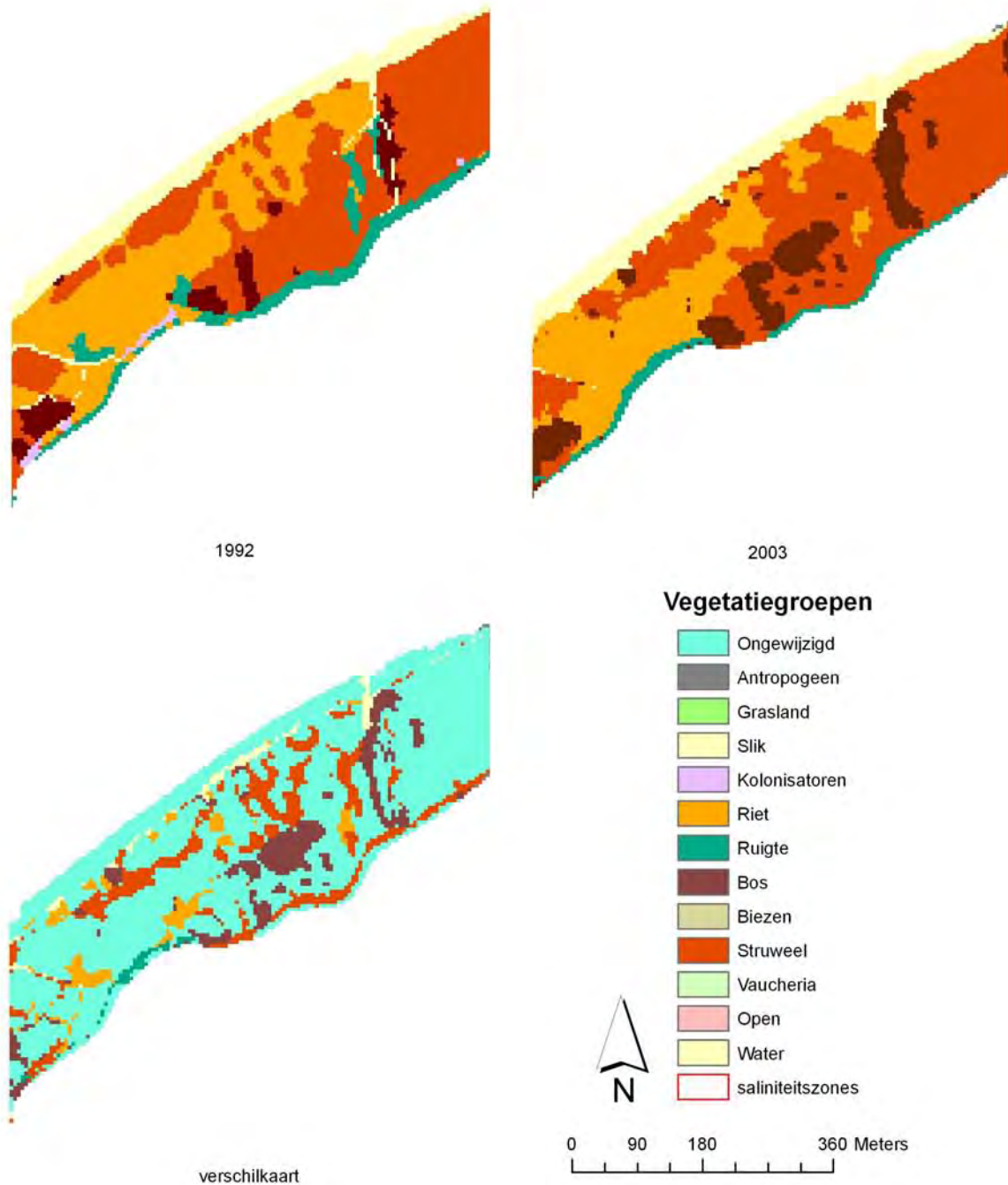


## Evolutie Groot Schoor Grembergen (zoet lange verblijftijd)



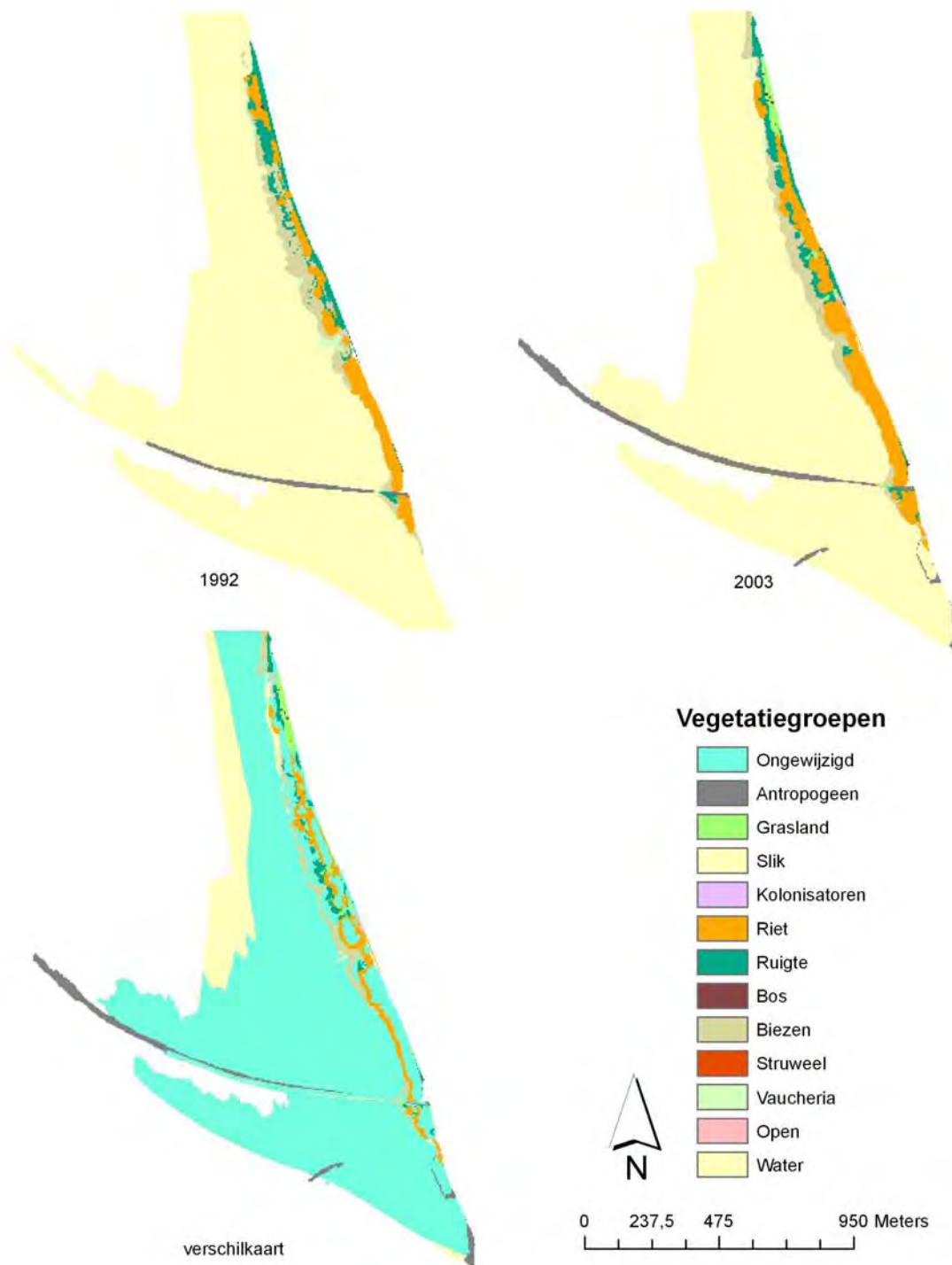
*Figuur 3.23. Schorren in de zoete zone met lange verblijftijd hebben de meest stabiele vegetatie, zoals hier duidelijk geïllustreerd voor het Groot schoor van Grembergen. In tegenstelling tot de andere saliniteitszones neemt het aandeel riet af / Tidal marshes in the fresh water zone with long retention time have the most stable vegetation, as illustrated by the "Groot Schoor van Grembergen". This in contrast to the other salinity zones where reed area declines*

## Evolutie Notelaar (oligohalien)



*Figuur 3.24 Dit deel van de Notelaar (oligohaliene zone) kent een gelijkaardige evolutie als het Groot schoor van Grembergen: relatief stabiel met een groot aandeel houtige vegetatie. De belangrijkste omzettingen die nog gebeuren zijn van riet en ruigte naar struweel en van struweel naar bos. Hier is ook een duidelijke afkalvingszone zichtbaar (slik in de verschilkaart) / The evolution of this part of the Notelaar (oligohaline zone) is very similar to "Groot Schoor van Grembergen": relatively stable with a large proportion of woody vegetation. Most important turnover processes are reed and tall herbs to shrubs and shrubs to woodland. Also note the distinct retreat of tidal marsh (mudflat on the map)*

## Evolutie Groot Buitenschoor (mesohalien)



*Figuur 3.25 Op het Groot Buitenschoor valt vooral de omzetting van biezenvegetaties naar riet op over de volledige lengte van het schor. Anderzijds zijn de biezen duidelijk uitgebreid aan de rivierzijde. Het schor is dus aan het groeien. Vooral in het noordelijke deel is het aandeel zilt grasland sterk toegenomen, een gevolg van het begrazingsbeheer dat tussen de twee karteringsperiodes gestart werd /Conversion of rush vegetation to reed along the entire saltmarsh edge is most markable change at the "Groot Buitenschoor". On the other hand, rushes clearly expanded towards the riverside, indicating saltmarsh growth. Especially in the northern part, the proportion of brackish grassland increased as a response to the grazing regime that started between the two mapping periods*

### 3.1.4 Aquatische ecotopen

Hieronder vallen alle aquatische ecotopen die niet tot de hoofdgeul behoren.

#### 3.1.4.1 Beken en grachten onder getij-invloed

Naast de sublitorale ecotopen van de hoofdgeulen hebben ook beken en grachten onder getij-invloed een grote ecologische rol te vervullen, bijvoorbeeld voor trekvissen en voor limnofiele vissoorten die vanuit de hoofdstroom de luwere delen van nevengeulen en uiterwaarden opzoeken om te foerageren (Vrielynck et al., 2002). Een citaat uit 1919 illustreert dit: *'In de loop van de winter zien we een speciale spieringvangst: men gaat de ondergelopen graslanden, welke nu bevroren zijn opzoeken, maakt gaten in het ijs en laat koorden zakken met daaraan stukjes paling als aas. De buit kon wel oplopen tot 100 à 150 spieringen per nacht.'* Dit impliceert dat men in deze tijd de rivieren nog toeliet een winterbedding te hebben. Door het verhogen van de dijken en zijrivieren en zijgrachten af te scheiden van de hoofdrijver met sluizen of kleppen werd die zogenaamde laterale connectiviteit verbroken (Vrielynck et al., 2002).

De verschillende beken en grachten waarvan het getij-beïnvloede deel met redelijke zekerheid kon bepaald worden op het gereduceerd kadaster (1850), staan samengevat in *Tabel 3.14*. In totaal gaat het om ongeveer 31 km. Indien ook de ontelbare grachten die op deze waterlopen aansloten zouden meegerekend worden, spreken we over een veelvoud dat verloren gegaan is voor getijdemping en voor migrerende en paaiende vissen. De belangrijkste beken en grachten worden verder per saliniteitszone besproken.

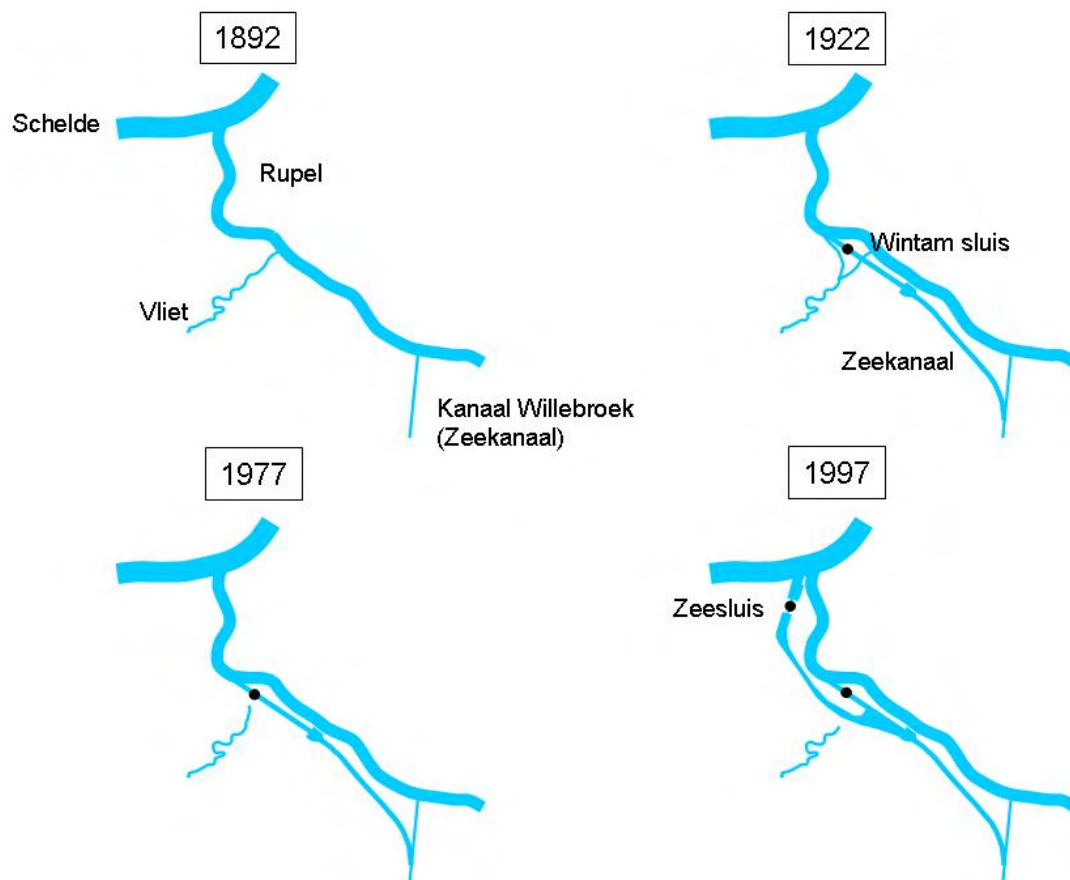
*Tabel 3.14 Getij-beïnvloede grachten en beken in het Zeescheldebekken rond 1850. <sup>1</sup>Gemeten tot Oppuurs; <sup>2</sup>Grote drainagegrachten in vloeijsysteem; <sup>3</sup>Beperkte getij-invloed / Tidal brooks in the Zeeschelde catchment around 1850. <sup>1</sup>Measured up to Oppuurs; <sup>2</sup>large drainage canals in a flood system, <sup>3</sup>reduced tidal influence.*

Rivier	Locatie	Lengte (m)
Rupel	Vliet Ruisbroek <sup>1</sup>	7009
Durme	Lokerbeek Waasmunster	1061
	Monding Lede/Zuidlede Lokeren	140
Oligohalien	Benedenvliet	915
	Zwaluwbeek (Scheibeek)	681
Zoet lange verblijftijd	Sint-Amands <sup>2</sup>	1475
	Zwarte beek Baasrode	182
	Vliet Moerzeke	91
	Dender <sup>3</sup>	7972
Zoet korte verblijftijd	Broekse Vaart Berlare	486
	Bellebeek Kalken	2277
	Driesesloot Kalken	1768
	Kalkense Vaart	1441
	Oostersesloot Kalken	1075
	Vingelinkbeek Kalken	526
	Koningssloot Uitbergen <sup>2</sup>	1909
	Damsloot <sup>3</sup>	2643
Totaal		31651

#### Rupel

De Vliet, die uitmondt in de Rupel op de grens van Ruisbroek en Hingene, was één van de langste en belangrijkste getijbeken in het stroomgebied van de Schelde. De indijking van de Vliet dateert reeds van de 16e eeuw. Oorspronkelijk waren er alleen landinwaartse binnendijken, zodat de getijdenwerking vrij kon optreden (waarschijnlijk tot Puurs, ongeveer 5 km van de monding in de

Rupel). De vallei van de Vliet stroomafwaarts Puurs bestond uit al dan niet in cultuur gebrachte schorren en slikken. Inclusief de geul ging het om ongeveer 52 hectare extra getijdengebied, een oppervlakte vergelijkbaar met het huidige Ketenisseschor. Later werd de Vliet zelf ingedijkt zodat de getijdenwerking teruggedrongen werd tot de rivier zelf en zich verder stroomopwaarts deed voelen tot Oppuurs, nog 2 km verder landinwaarts (Bruylants *et al.* 1986). De oude loop had stroomopwaarts van de kruising met de huidige N16 een veel sterker meanderend karakter dan de huidige loop. Kort na de grote overstromingen in 1976, waarbij ondermeer Ruisbroek onder water kwam, werd de Vliet afgesloten van het getij (in 1977). De getijamplitude aan de monding bedroeg op dat moment ongeveer 5 m (Bruylants *et al.* 1986). Het Vlietwater werd sedertdien met pompen in de Rupel en het Rupelkanaal geloosd. Het mondingsgebied van de Vliet is bij de aanleg van het zeekanaal volledig verdwenen (Figuur 3.26). In combinatie met de eerste verdieping van de Schelde manifesteerde het effect van het afsluiten van de Vliet manifesteerde zich ondermeer in de plotse val van het GLW in de Rupel (3.2.1).



*Figuur 3.26 Evolutie aan de Rupelmonding en de monding van de Vliet. 1892 toont de 'originele' toestand met de monding van het Zeekanaal in Klein Willebroek en monding van de Vliet ter hoogte van Niel. In 1922 worden de monding van het Zeekanaal en monding van Vliet verlegd naar Wintam; de oude monding van de Vliet is nog aanwezig. In 1977 wordt de Vliet volledig afgesloten van de Rupel; de oude Vlietmonding verdween al veel eerder (met zekerheid vóór 1954). In 1997 werden de nieuwe Zeesluis aan de Rupelmonding en de bijhorende uitbreiding van het zeekanaal in gebruik genomen / Historical changes near the mouth of the Rupel River and its tributary the "Vliet". 1892 shows the "original" situation with the Sea channel at Klein Willebroek and the mouth of the Vliet near Niel. In 1922 the mouth of the Zeekanaal and the Vliet were transferred to Wintam. The original mouth of the Vliet is still present. In 1977, the Vliet was completely cut off from the Rupel. The original mouth of the Vliet disappeared before 1954. In 1997 a new sea sluice was opened at the Rupel mouth*

De Boomse beek lijkt op het gereduceerd kadaster in open verbinding te staan met de Schelde. De topografie in dit gebied stijgt echter zeer snel naar de Boomse cuesta toe, waardoor de getij-

indringing beperkt zal geweest zijn. Aan de monding stond een getijmolen (Intermezzo 2). Door urbanisering is van het oorspronkelijke mondingsgebied van de Boomse beek niets bewaard gebleven.

### Durme

Ook langs de rechteroever van de Durme lagen een aantal getij-beïnvloede beken. Uit de dubbele stroomrichtingspijl op de Vandermaelenkaart kunnen we opmaken dat de Zelebeek (toen nog Lokerbeek genoemd) onder getij-invloed stond ongeveer tot de kruising met de huidige N47 ( $\pm 1060$  m). Op Dépôt de la Guerre 2 (1893) staat er een sluis verder stroomafwaarts en is de getij-invloed op de Zelebeek dus ingeperkt. In Lokeren bevond zich op de plaats van de huidige monding van de Lede/Zuidlede nog een korte aangesloten beekarm ( $\pm 140$  m), die misschien eerder als diepe kreek of tijarm kan beschouwd worden omdat er geen duidelijke beek op aansluit.

### Mesohaliene zone

In het mesohaliene gedeelte van de Zeeschelde waren voor zover te zien op het gereduceerd kadaster geen vrij met de Schelde verbonden grachten of beken. In de polders ten Noorden van Antwerpen lagen wel enkele belangrijke beken en kreekrestanten die op de Schelde afwaterden via een sluis. De Vosseschijn kwam bijvoorbeeld in de Schelde ter hoogte van de huidige Royerssluis, de Grote Vliet op de grens van Wilmarsdonk en Oorderen mondde uit in de Schelde aan Fort St. Philippe; het "Schoon Schijn" waterde via het kreekrelict van het Groot Gat af in de Schelde ter hoogte van Kruisschans. Hoe groot het contact met de Schelde werkelijk was is moeilijk te achterhalen. Wellicht werden de sluizen bij laagtij geopend en was er op die manier toch nog migratie van vissen mogelijk.

### Oligohaliene zone

De Zwaluwbeek (nu de Scheibeek genoemd) liep net ten Noorden van het Fort van Kruikeke op de grens tussen Kruikeke en Burcht en was niet via een sluis afgesloten van de Zeeschelde. Afgaand op topografie, ligging van begeleidende hooilanden en bedijkingspatronen op DG2 reikte het getij minstens tot rond de kruising met de weg tussen Burcht en Rupelmonde, maar mogelijk nog een heel stuk verder.

De Benedenvliet te Schelle, die reikt tot de kruising met de huidige N148, is na de Vliet op de Rupel de tweede belangrijkste getijdebeek. Op het gereduceerd kadaster is de Benedenvliet alleen bedijkt aan de zuidelijke zijde. Aan de noordelijke zijde loopt het reliëf snel op naar de Boomse cuesta. Vanaf de N148 spreken we over de Bovenvliet, die in tegenstelling tot nu nog onbedijkt was in 1850. Hieruit besluiten we dat het getij alleen invloed had op de Benedenvliet (een traject van ongeveer één km), ook al is er geen echt duidelijk sluisencomplex op de overgang naar de Bovenvliet te zien op de kaart. Door het afsluiten van de Benedenvliet en de aanleg van een wachtbekken aan de monding rond 1994 ging ongeveer 6 ha getijdengebied (inclusief geul) verloren.

Voor de Winterbeek, die de gemeentegrens vormde tussen Hoboken en Hemiksem geldt hetzelfde als voor de Boomse beek. Hoewel ze in open verbinding stond met de Schelde zal de getij-indringing beperkt geweest zijn door het grote verval vanuit de Boomse cuesta. Van de Winterbeek is tegenwoordig bijna niets overgebleven.

### Zoete zone met lange verblijftijd

De Zwartebeek in Baasrode was zeker tot net voorbij de N17 aangesloten op de Schelde (kort traject van  $\pm 180$ m). Mogelijk reikte de getij-invloed echter een heel stuk verder via de Grote beek, die toen nog aantakte op de Zwarte beek net vóór de monding in de Schelde. Zoals bij zovele beken is ook dit mondingsgebied later zeer sterk antropogeen gewijzigd.

Bij de Vlietbeek op grens van Moerzeke en Grembergen staat geen sluis naar de Schelde aangegeven, maar de plotse versmalling van de bedding laat vermoeden dat er toch een sluis

opstond die de getijwerking wegnam. Stroomopwaarts werd hoofdzakelijk aan akkerbouw gedaan, wat die hypothese bevestigt.

Hoewel het getij op de Dender al in de 13<sup>e</sup> eeuw met een sluis in Dendermonde aan banden werd gelegd (Vermeersch et al., 2004), zien we op het gereduceerd kadaster voorbij Dendermonde een dubbele stroomrichtingspijl aangegeven, wat er op duidt dat er nog steeds een zekere getij-invloed was. Waarschijnlijk reikte de getij-invloed tot de sluis in Wieze die eind 18<sup>e</sup> eeuw werd gebouwd, een traject van ongeveer 8 km. In 1868 werd een stuwsluis gebouwd aan de monding van de Schelde (Vermeersch et al., 2004). Wellicht werd de getij-invloed daarmee definitief uitgeschakeld, alhoewel Vrielynck et al. (2002) melding maken van een voorstel rond 1909 om de sluisen in Dendermonde elke dag bij hoog tij te openen om Scheldewater in de Dender te laten stromen om de vervuiling van de Dender en tegelijkertijd de sterfte van de glasaaltjes te verminderen.

### Zoete zone met korte verblijftijd

De Broekse Vaart in Berlare was over een afstand van  $\pm 490$  m aangesloten op een later afgesneden Schelde-arm aan de Paardenweide. Eigenlijk fungeerde dit als een kreek, zoals er nog verschillende andere grote krekken (met een totale lengte van bijna 2 km) in de Paardenweide en de Bergenmeersen aanwezig waren (Figuur 3.27).



Figuur 3.27 Broekse Vaart (rode pijl) en het krekensysteem in de gecultiveerde schorren van de bocht bij Uitbergen / Broekse Vaart (red arrow) and the creek network in cultivated tidal marshes near Uitbergen

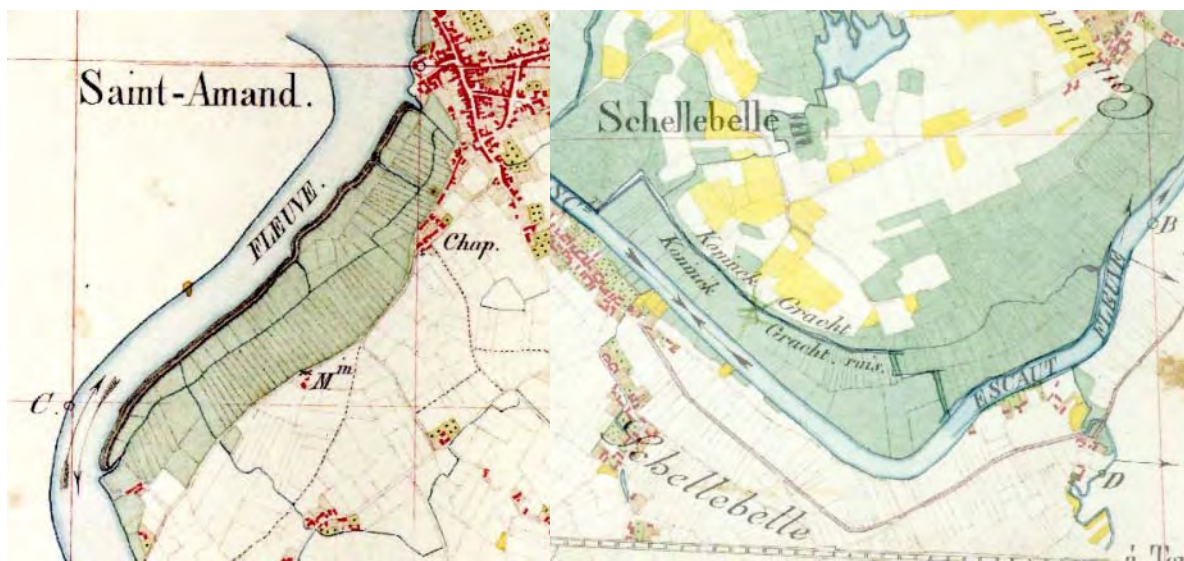
Het gebied van de Kalkense Meersen bestond uit een uitgebreid stelsel van beken, kanalen en sloten die rechtstreeks aangesloten waren op de toen nog functionele oude Scheldearm. De belangrijkste waren de Kalkense Vaart (1440 m), Oostersesloot (1075 m), Vingelinkbeek (526 m) en Driesesloot (1768 m). Iets verder stroomafwaarts stond ook de Bellebeek (2276 m) nog in open verbinding met de Schelde. Het is niet duidelijk hoe lang het Kalkense drainagesysteem van bijna 5km (het dichte netwerk van verbindingsgrachten niet meegerekend) nog onder getij-invloed bleef staan na de rechtekking van de Schelde in 1883-1885. Op de kaart van 1910 (DG3) staat de Oude Schelde nog in open verbinding met de Schelde, maar zijn heel wat aangrenzende gebieden bedijkt. Volgens Degezelle et al. (2004) werden de laatste bevoeiingen stopgezet rond 1960.

Heel wat beken die uit de relatief hoog gelegen ecoregio van de Midden-Vlaamse overgangsgedebieden komen (zoals Roebeek en Molenbeek te Schellebelle, Molenbeek te Wetteren en Molenbeek te Melle) stonden in open verbinding met de Schelde, maar door het grote verval zal de getij-invloed beperkt gebleven zijn. Een zeer vergelijkbare situatie dus met de beken die uit de Boomse cuesta afwateren. Zoals de naam het vaak aangeeft, stonden er molens op deze beken,

soms ook dicht bij de monding. We konden echter nergens een aanwijzing vinden dat het om getijmolens gaat.

Voor veel grachten die de vloeimeersen langs de Schelde draineerden, is het onduidelijk of ze in 1850 al dan niet rechtstreeks onder getij-involed stonden. Op het gereduceerd kadaster staan op die afwateringsgrachten meestal geen sluizen aangegeven, in tegenstelling tot de situatie op Dépôt de la Guerre 2. Waarschijnlijk zijn de sluizen pas later gebouwd om de toenemende getij-amplitude te controleren. We mogen er hoe dan ook van uitgaan dat hier slechts een klein aandeel van het totaal aantal getij-afhankelijke grachten en beken beschreven is. De Koningsloot in de Wijmeers te Uitbergen (zoet korte verblijftijd) en de grote centrale gracht in het vloeisysteem ten zuiden van Sint-Amands (zoet lange verblijftijd) zijn twee voorbeelden van grotere afvoergrachten waarvan de getij-involed wel vrij zeker is (Figuur 3.28).

De Damsloot in de Damvallei was ook rechtstreeks aangesloten op de Schelde, maar zoals vermeld in Intermezzo 2 was de getij-involed hier nog zeer beperkt. Er was hooguit sprake van een verticaal getij.



Figuur 3.28 De grote centrale afvoergrachten in de vloeisystemen bij Sint-Amands (links) en Schellebelle (Koninggracht, rechts) waren aan weerszijden aangetakt aan de Schelde en er staan geen sluizen op aangegeven / Main central drainage channels in the tidal systems at Sint-Amands (left) and Schellebelle (right) connected at both ends to the Scheldt. No sluices are indicated

### INTERMEZZO 2 - Reikwijdte van het getij in het begin van de 19e eeuw

Uit de historische tijgegevens bleek al dat het getij rond 1850 zelden of nooit tot in Gent doordrong [zie Wolters (1844) en Stessels (1863) in Meyvis, 1977]. Dat wordt bevestigd door verschillende zaken op het gereduceerd kadaster:

- De stroomrichting van de rivier wordt aangeduid met een geveerde pijl. Getijgebonden delen worden aangeduid met twee pijlen in beide stroomrichtingen. Op het kaartblad Melle en de meer stroomopwaarts gelegen kaartbladen is alleen een pijl stroomafwaarts aangegeven. Kalken is het eerste kaartblad met dubbele stroomrichting. Op het tussenliggende kaartblad Wetteren staan geen stroompijlen weergegeven. We kunnen er dus vanuit gaan dat de getij-involed tot rond Wetteren reikte.
- Ter hoogte van Jabeke direct stroomafwaarts van Wetteren wijzigt het algemeen drainagepatroon van de meersen van onregelmatig naar een dicht netwerk van parallelle grachtjes loodrecht op de Schelde met een aantal grotere centrale afvoergrachten. De Kastermeersen vormen ongeveer de grens. Het is trouwens maar vanaf Dendermonde dat bedijking van de Schelde de regel is, wat ook een indicatie is van de beperkte getij-amplitude.



- Hoewel sluizen waarschijnlijk niet altijd werden aangegeven, valt het op dat hun aantal stroomopwaarts van Dendermonde zeer beperkt is (*Figuur 3.54*). De laatste sluis die aangeduid staat op het gereduceerd kadaster ligt ter hoogte van de Kalkense meersen, een bevestiging van de beperkte getijbeweging.
- Getijmolens te Gent konden slechts functioneren dankzij de bovenaanvoer van water (Intermezzo 4).
- Een groot deel van de percelen binnen de grote meander van de Kalkense meersen en binnen de Gentbrugse meersen werden als akker gebruikt, hoewel ze binnen het natuurlijk overstromingsgebied van de Schelde liggen. Dat doet vermoeden dat ze niet vaak onder water kwamen, want verder stroomafwaarts zijn de overstromingsgebieden vrijwel exclusief als hooi- of weiland in gebruik.

Volgens Meire en Kuijken (1988) bereikte het getij Gent al in de 14<sup>e</sup> eeuw, maar op basis van de huidige gegevens lijkt het er dus op dat die invloed zeer beperkt was en dat het hooguit om een verticaal getij ging, vergelijkbaar met de huidige toestand op de Nete, Dijle en Zenne. Verticaal getij wordt veroorzaakt door een vertraagde afwatering bij vloed.

### 3.1.4.2 Nevengeulen en platen

De Zeeschelde is in essentie een ééngedulensysteem, in tegenstelling tot het meergeulensysteem van de Westerschelde. Van echte macrodynamische processen (migratie van hoofd-, nevengeulen en platen) is dan ook geen sprake. Lokaal kunnen echter kleine nevengeulen met bijhorend eiland gevormd worden. Op het gereduceerd kadaster staan er een drietal aangegeven. Bij Sint-Amands ligt het best gekende voorbeeld. Deze nevengeul is ook het langst actief gebleven en is nog steeds goed herkenbaar in het landschap (*Figuur 3.29*). De verzanding van deze arm is waarschijnlijk op een zeer korte periode gebeurd. Op DG3 (kaartblad van 1930) wordt het nog altijd aangeduid als een volwaardige nevengeul en ook op de luchtfoto's van 1944 lijkt de situatie vrijwel onveranderd. Op de foto van 1949 is het begin van de verzanding te zien en in 1956 is het al een volledige sedimentvlakte geworden.



*Figuur 3.29 De nevengeul ter hoogte van Sint-Amands was ten tijde van het gereduceerd kadaster nog sterk ontwikkeld, in 1956 was ze al grotendeels dichtgeslibd en in 2003 is alleen nog een smalle kreek overgebleven / A well-developed side channel of the Scheldt is found at Sint-Amands in 1850. In 1956 large parts are filled up with sediment and in 2003 only a small creek remained*

Het eilandje ter hoogte van het Groot schoor van Hamme te Baasrode is op het gereduceerd kadaster van Moerzeke dicht tegen de linkeroever gelegen waardoor het lijkt alsof het ontstaan is vanuit een kreek die zich terug aangetakt heeft op de hoofdstroom. Op het kaartblad Baasrode is het eilandje kleiner en ligt het veel centraler in de hoofdbedding, waardoor het meer op een volwaardige nevengeul lijkt.



Figuur 3.30 Nevengeul en eiland aan het groot schoor van Hamme (situatie nu en ten tijde van het gereduceerd kadaster op het kaartblad Moerzeke) / Side channel and isle at the "Groot Schoor van Hamme" (present situation and situation in 1850)

Ter hoogte van de grens van Elversele en Tielrode lag ook in de Durme een klein eiland dat de stroomgeul in twee gelijkwaardige takken splitste. Het verdween waarschijnlijk ten tijde van de grote rechtekkingen van de Durme rond 1930. In de Durmemonding staat op het kaartblad Tielrode een klein eilandje afgebeeld dat noch op het kaartblad Hamme, noch op de Vandermaelenkaart of latere kaarten terug te vinden is. Mogelijk gaat het nog om het Luizenbos, hoewel dit eilandje reeds ingedijkt werd in 1830.



Figuur 3.31 Opsplitsing van de Durmegeul aan de grens van Elversele en Tielrode (situatie nu en ten tijde van het gereduceerd kadaster) / Side channel in the Durme River near Elversele-Tielrode

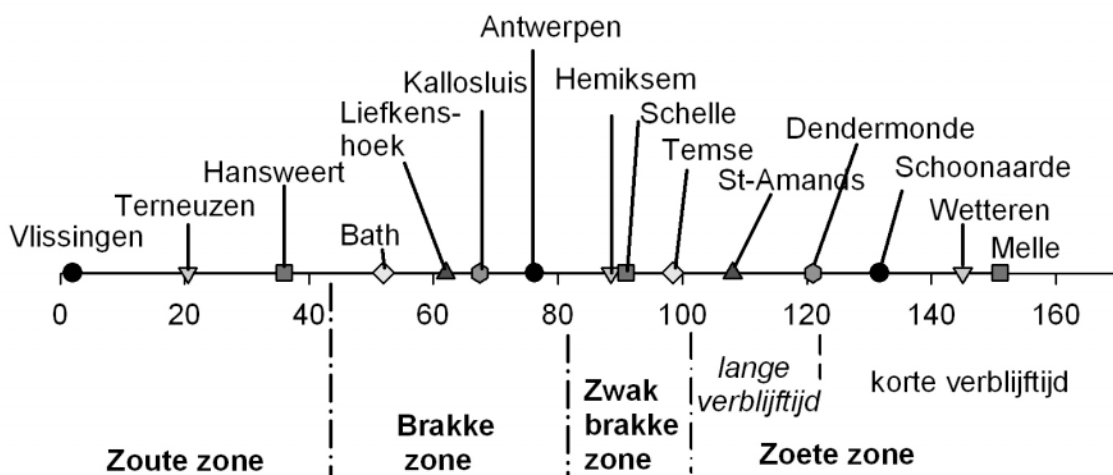
We vermelden nog een smalle nevengeul in de Rupel, net stroomopwaarts van de monding van het kanaal te Klein Willebroek. Te beoordelen naar de vorm van het bijhorende eiland was het waarschijnlijk een artificiële geul.

## 3.2 Evolutie abiotische factoren

In de volgende paragrafen worden de veranderingen in de hydrodynamiek voor het volledig Schelde estuarium besproken en veranderingen in de morfologie van het estuarium nagegaan. De bespreking van de abiotische evoluties beperkt zich tot die factoren die gebruikt worden als criterium voor afbakening van de ecotopen of waarvan a priori verondersteld wordt dat ze een rechtstreekse invloed hebben op de sublitorale, litorale en supralitorale gebieden.

### 3.2.1 Getij

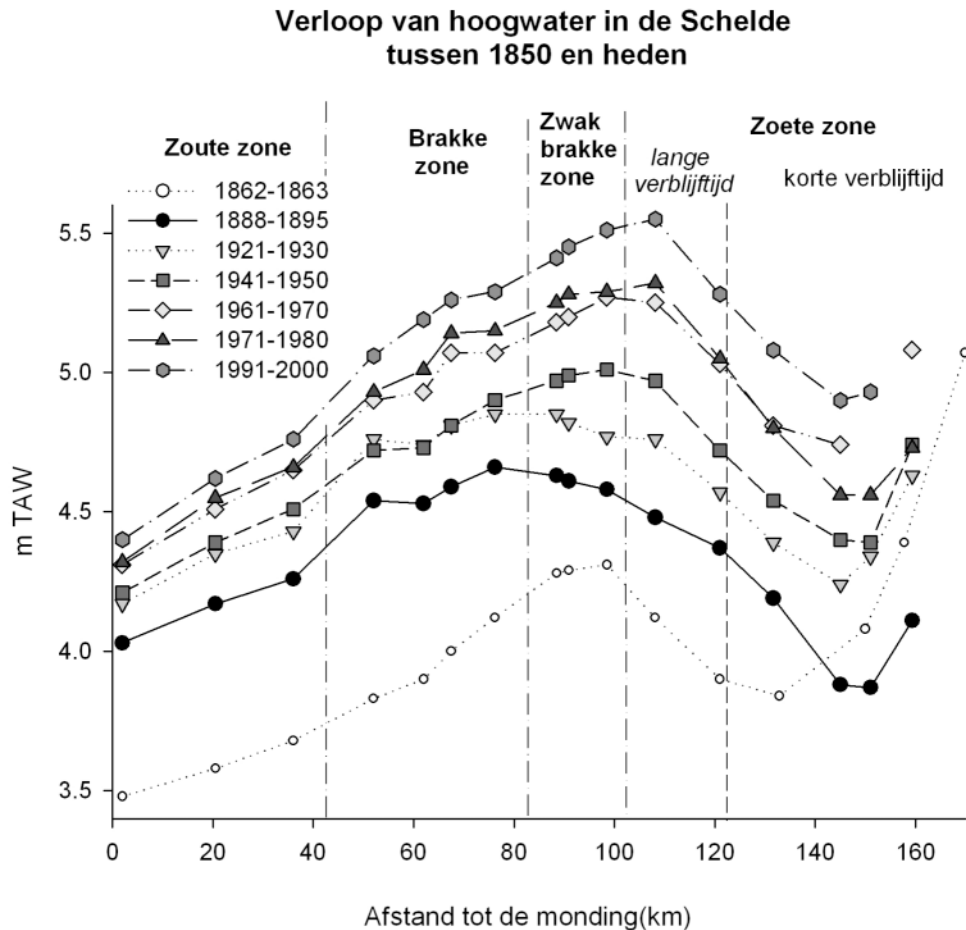
Om meer inzicht te krijgen in de oorzaken van de evoluties in ecotooparealen en –kwaliteit is het nodig om de verandering van de belangrijkste abiotische factoren in kaart te brengen. Het getij is van doorslaggevend belang en wordt dan ook uitvoerig geanalyseerd. Zowel temporele als ruimtelijke tendensen van de tijkarakteristieken werden bekeken.



*Figuur 3.32 Huidige locatie van de verschillende tijposten in km tot de monding van de Westerschelde. De symbolen komen overeen met de symbolen die gebruikt worden in de getijgrafieken / Location of tidal stations in km to the mouth of the Westerschelde. Symbology corresponds to the ones in the tidal graphs*

In de volgende figuren komen de weergegeven jaartallen steeds overeen met het laatste jaar van elke tienjarige periode van Claessens en Meyvis (1994). In de figuren zijn voor het verhogen van hun duidelijkheid niet altijd alle beschikbare reeksen weergegeven, vooral bij sterke overlappings is geopteerd om reeksen weg te laten. Voor de periode 1862-1863 zijn getijwaarnemingen gebruikt uit een oude bron van Stessels (ca. 1863), waardoor deze gegevens iets minder betrouwbaar zijn. De periode vanaf 1891 is gebaseerd op de getijgegevens van Claessens & Meyvis (1994). Na 1990 zijn de 10-jarige gemiddelden gebaseerd op data van het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout. De locatie van de gebruikte tijposten staat weergegeven in *Figuur 3.32*.

## 3.2.1.1 Gemiddeld laag- en hoogwater

Zeeschelde

Figuur 3.33 Verloop van het 10-jarig gemiddeld hoogwater tussen 1850 en nu in de Schelde / Evolution of decennial mean high water since 1850 in the Schelde

\*voor de duidelijkheid wordt slechts een aantal van de beschikbare reeksen getoond

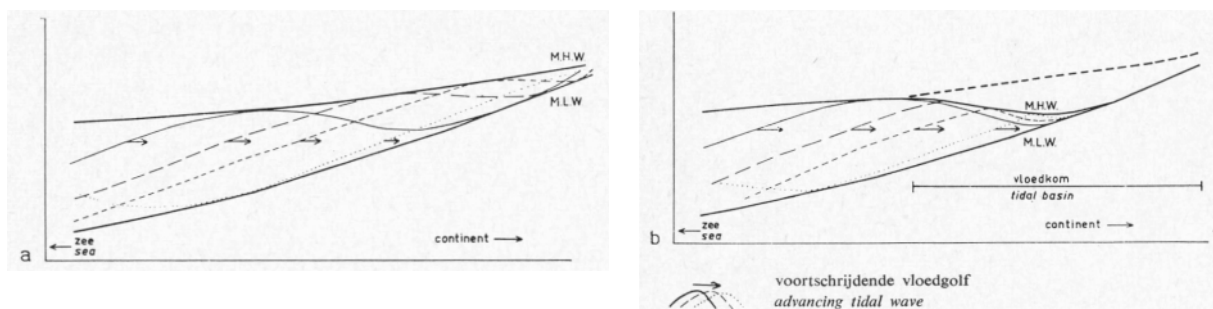
**Ruimtelijk** vertoont het gemiddeld hoog water langsheen de Scheldegradiënt twee maxima. Het eerste maximum van de curve is doorheen de tijd sterk verschoven. Halverwege de 19e eeuw bevond het zich in de zwak brakke of oligohaliene zone. Eind 19e eeuw verschuift de piek in stroomafwaartse richting naar de brakke of mesohaliene zone (rond Antwerpen). Na de abrupte verschuiving terug naar de oligohaliene zone na de jaren dertig, is een verdere geleidelijke stroomopwaartse verschuiving zichtbaar waarbij het huidige hoogtepunt rond St. Amands is komen te liggen.

Het tweede maximum in stroomopwaartse richting is een gevolg van de hoge wrijvingsweerstand door het natuurlijke, lange, ondiepe traject rond 1850 (oplopen van de valleibodem).

Het verloop van 1850 geeft als enige de situatie weer waarbij het getij nog niet (of toch niet sterk) de volledige Zeeschelde beïnvloedde (Intermezzo 2). Een eerste hoogwaterpiek situeert zich op dat moment in het oligohaliene deel ter hoogte van het doorbraakdal van de Boomse en Wase cuesta. Mogelijk werd het water opgestuwd ten gevolge van reflectie van de getijgolf bij deze abrupte natuurlijke profielovergang. Reflectie is vergelijkbaar met het shoaling-effect (opstuwing van de getijgolf door het ondieper worden van het water) dat kenmerkend is voor mariene systemen met

geleidelijke overgangen (Pieters, 2002). Het zorgt voor een beïnvloeding van de getijamplitude zowel voor als na de profielovergang. Ook in het verloop van het laag water is dit te zien. Het stroomopwaarts opschuiven van de hoogwaterpiek werd waarschijnlijk mogelijk gemaakt door het wegbaggeren van deze natuurlijke barrière.

De verlaging van de gemiddelde hoogwaterstanden in het stroomopwaartse gedeelte van de eerste piek is gekend als het vloedkomeffect. Dit natuurlijk fenomeen werd onder andere beschreven door Van Veen (1944) (*Figuur 3.34*). De meest gebruikelijke verklaring voor het achtereenvolgens toenemen en afnemen van de vloedgolf is dat in het stroomafwaartse gebied vooral de traagheid domineert terwijl in het stroomopwaartse deel de weerstand overheerst. Naast de verhoging van de hydraulische weerstand tegen de binnendringende vloedgolf in het stroomvoerend gedeelte wordt het vloedkomeffect ook deels veroorzaakt door de verbreding van het stroombergend gedeelte van de vallei ("komeffect"). Van de Plassche (1980) geeft aan dat het vloedkomeffect niet groter kan worden dan de helft van de getijdegolf bij de monding.

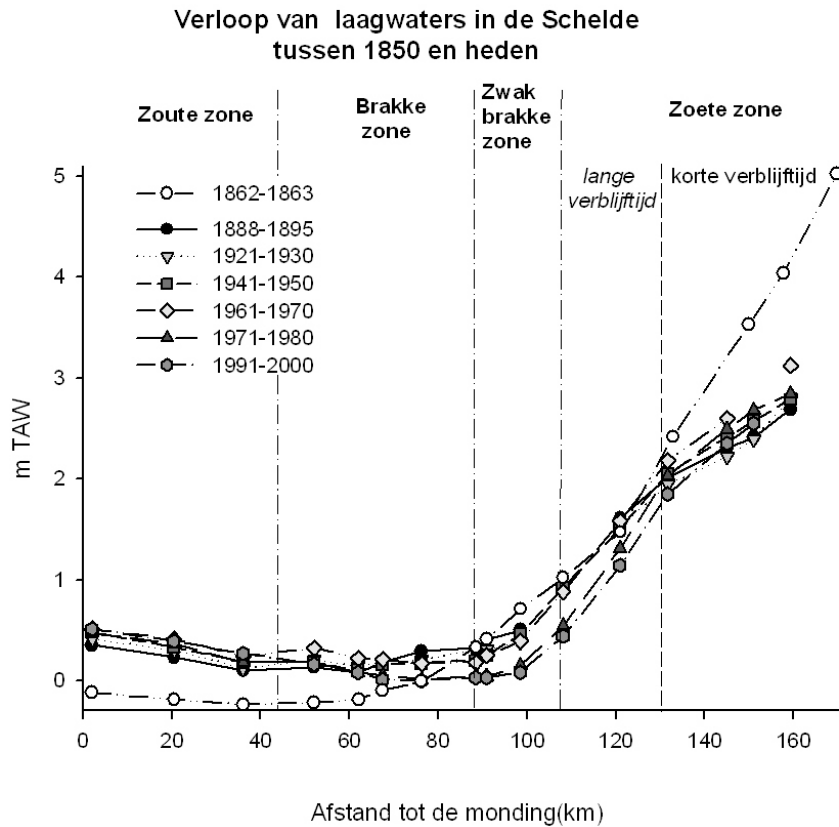


*Figuur 3.34 Schematische voorstelling van het verloop van de vloedgolf in een estuarium: a, zonder kom-effect; b, met kom-effect (zijdelingse afvloeiing). MHW = gemiddeld hoog water, MLW: gemiddeld laag water (overgenomen uit Zonneveld, 1960) / Schematical representation of the tidal wave in an estuary: a. without basin effect; b. with basin effect (lateral flow). MHW = mean high water, MLW = Mean low water (taken from Zonneveld, 1960)*

Rond de periode 1888-1895 zijn een aantal ingrijpende werken uitgevoerd, met name (1) het graven van het afleidingskanaal van de Leie waardoor een groot deel van de bovenafvoer wegviel en (2) de rechttrekkingen van de Boven-Zeeschelde (*Tabel 3.16*). Deze antropogene werken hebben vooral hun weerslag in het zoete deel met korte verblijftijd:

- De vloedkuil is sterk stroomopwaarts verschoven waardoor het gemiddeld hoogwater vanaf Wetteren daalt;
- Het gemiddeld laag water daalt sterk in de meest stroomopwaartse zone (vanaf Wetteren);
- De getij-invloed verschuift tot in Gent (Intermezzo 2).

Het verloop van het gemiddelde laagwater (*Figuur 3.35*) verandert van een exponentiële curve met een stijging vanaf de brakke zone in 1862-83 naar een sigmoïdale curve na 1888, waarvan het begin daalt in de zoute en brakke zone van de Schelde (<50km van de monding). Het beginpunt van de stijging verschuift vanaf 1930 naar de grens van de brakke en zwak brakke zone. Na 1970 verschuift het beginpunt van de stijging verder stroomopwaarts in de zwak brakke zone. In de volledige zoete zone stijgt het verloop van de laagwaters met een afzwakking vanaf het begin van de zoete zone met korte verblijftijd.

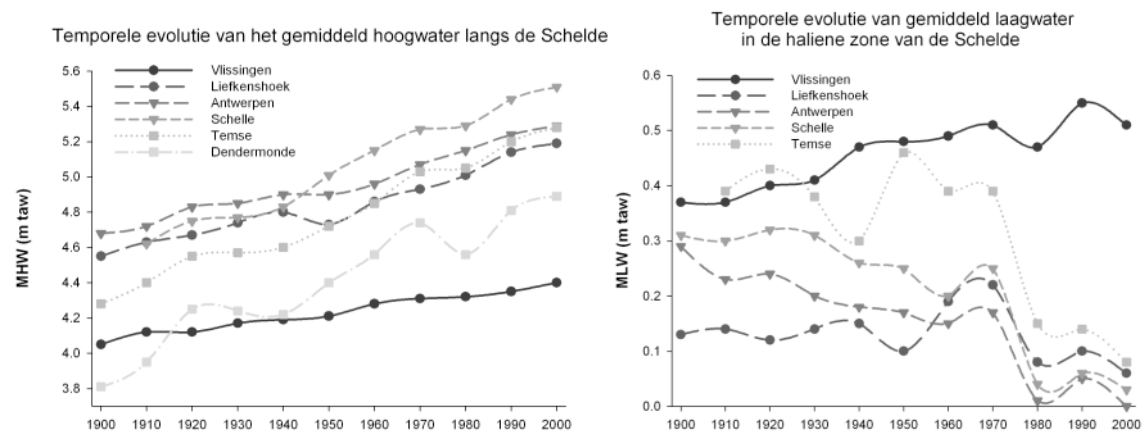


Figuur 3.35 Verloop van het gemiddeld laagwater tussen 1890 en 2000 in het Schelde/ Evolution of mean low water between 1890 and 2000 in the Scheldt

\*voor de duidelijkheid wordt slechts een aantal van de beschikbare reeksen getoond

**Temporeel** zijn duidelijk verschillende tendensen merkbaar tussen laag en hoog water. Gebaseerd op de 10-jarige gemiddelden vertoont het gemiddeld hoogwater over het volledige Schelde-estuarium een stijgende lijn (Figuur 3.36).

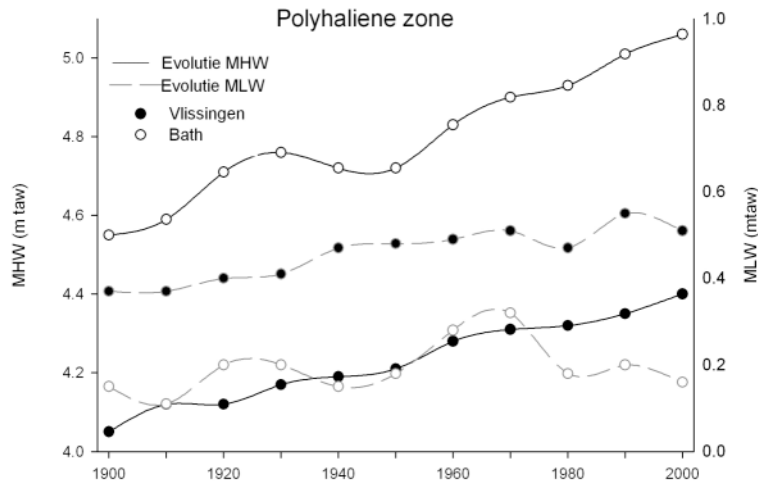
Het gemiddeld laagwater daalt binnen de Zeeschelde, terwijl in Vlissingen tussen 1900 en 2000 een stijging optreedt. Binnen de Zeeschelde is in de volledige haliene zone een sterke daling zichtbaar na 1970. Omdat tussen de verschillende saliniteitszones van de Zeeschelde grote verschillen optreden in de temporele evolutie worden ze apart besproken.



Figuur 3.36 Evolutie van a) de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en b) de laagwaterlijn (MLW) per decennium in enkele tijposten lang de Schelde tussen 1891-1900 en 1991-2000 / Evolution of a) mean high water and b) mean low water at a selection of tidal stations between 1891-1900 and 1991-2000

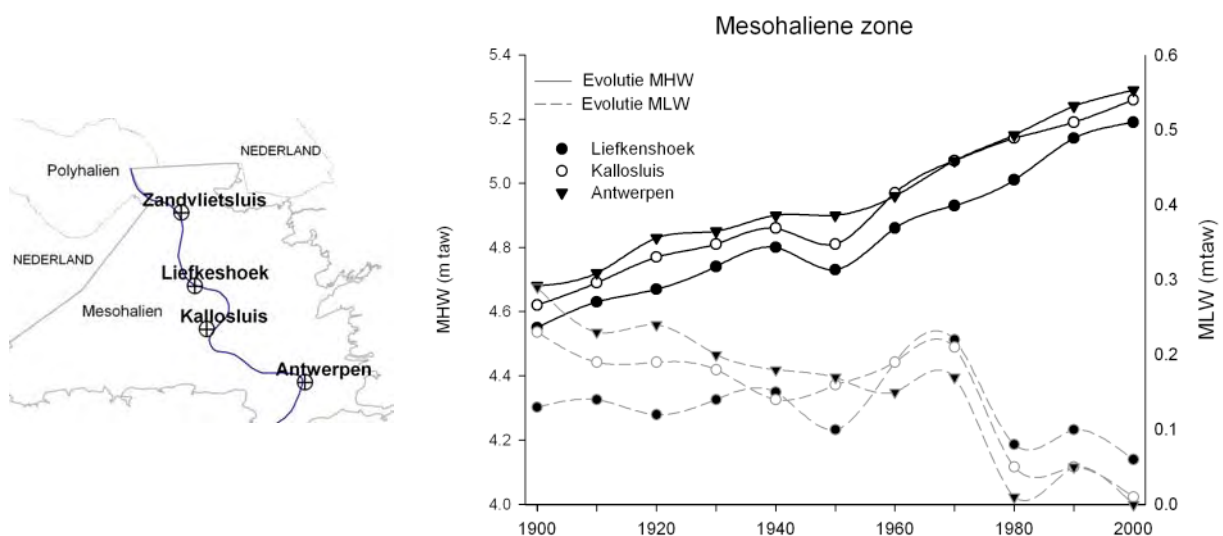
In de **polyhaliene** zone (Figuur 3.37) is in Vlissingen een continue stijging zichtbaar van zowel de 10-jarlijkse hoog als laag water gemiddelden. Tussen 1891-1900 en 1991-2000 trad een stijging op van het hoog water van 35cm/100jaar in Vlissingen en 51cm/100jaar in Bath.

Het 10-jarlijkse gemiddeld laag water binnen de polyhaliene zone vertoont verschillende trends. In Vlissingen is een stijging van 14cm/100jaar waar te nemen. In Bath treedt een grotere fluctuatie op met een sterke daling van 14cm in het 10-jarlijkse gemiddelde tussen 1961-1970 en 1971-1980. Na 100 jaar is in Bath het gemiddeld laag water nagenoeg gelijk gebleven (een stijging van 1 cm).



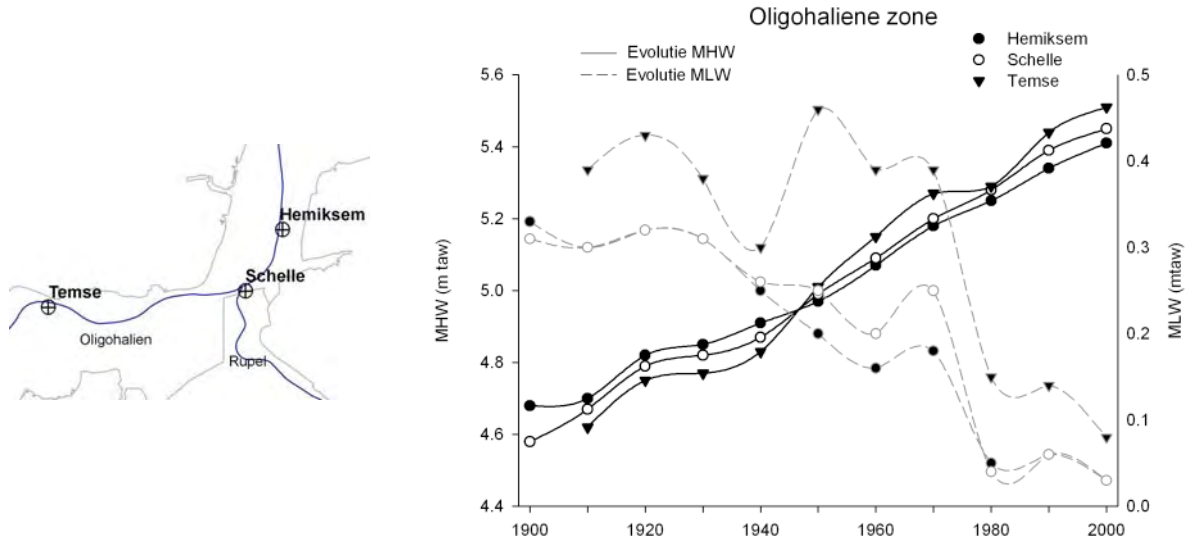
Figuur 3.37 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Polyhaliene zone van het Schelde estuarium over de periode van 1891-1900 tot 1991-2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the polyhaline zone of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000

In de **mesohaliene** zone (Figuur 3.38) is over een periode van 100 jaar een tegengestelde trend te zien in de evolutie van het gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater. Het gemiddeld hoogwater stijgt gradueel met 64cm/100jaar in Liefkenshoek en Kallo en 61cm/100jaar in Antwerpen. Het gemiddeld laagwater daalt met 7cm/100jaar in Liefkenshoek en 29cm/100jaar in Antwerpen. De sterkste daling treedt op rond 1970 in Antwerpen, nl. 16cm op 10 jaar. Deze algemene daling wordt in Liefkenshoek en Kallosluis extra beklemtoond door een voorafgaande stijging in de jaren 50 en 60.



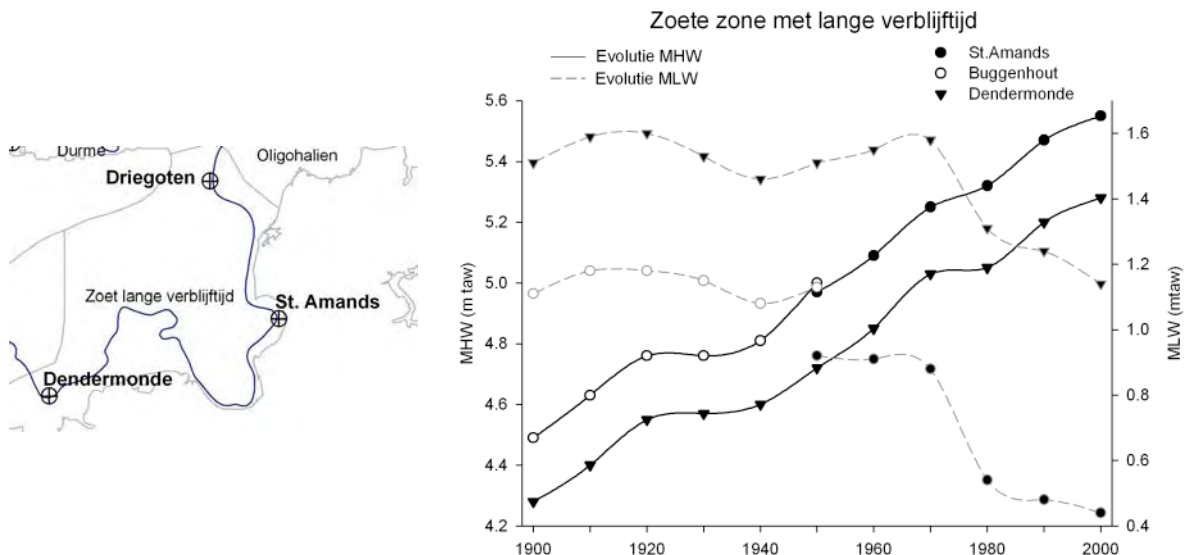
Figuur 3.38 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Mesohaliene zone van het Schelde estuarium over de periode van 1891-1900 tot 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the mesohaline zone of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000

In de **oligohaliene zone** (Figuur 3.39) zijn dezelfde trends zichtbaar met een nog sterkere stijging van het hoogwater en daling van het laagwater dan in het mesohalien. In Hemiksem trad op 100 jaar een stijging op van 73cm en in Schelle van 87cm terwijl in Temse een stijging van 89cm optrad in slechts 90 jaar. Het 10-jarige gemiddelde laagwater daalt met resp. 30 en 28cm in Hemiksem en Schelle op 100 jaar en 31cm op 90 jaar in Temse. Na 1970 vertoont Temse de sterkste daling van 24cm op 10 jaar tijd. Ook hier valt het op dat MHW een regelmatig stijgende curve vertoont, terwijl het gemiddeld laag water globaal dalend maar veel grilliger verloopt.



Figuur 3.39 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaar in de Oligohaliene zone van het Schelde estuarium over de periode van 1891-1900 tot 1991-2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the oligohaline zone of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000

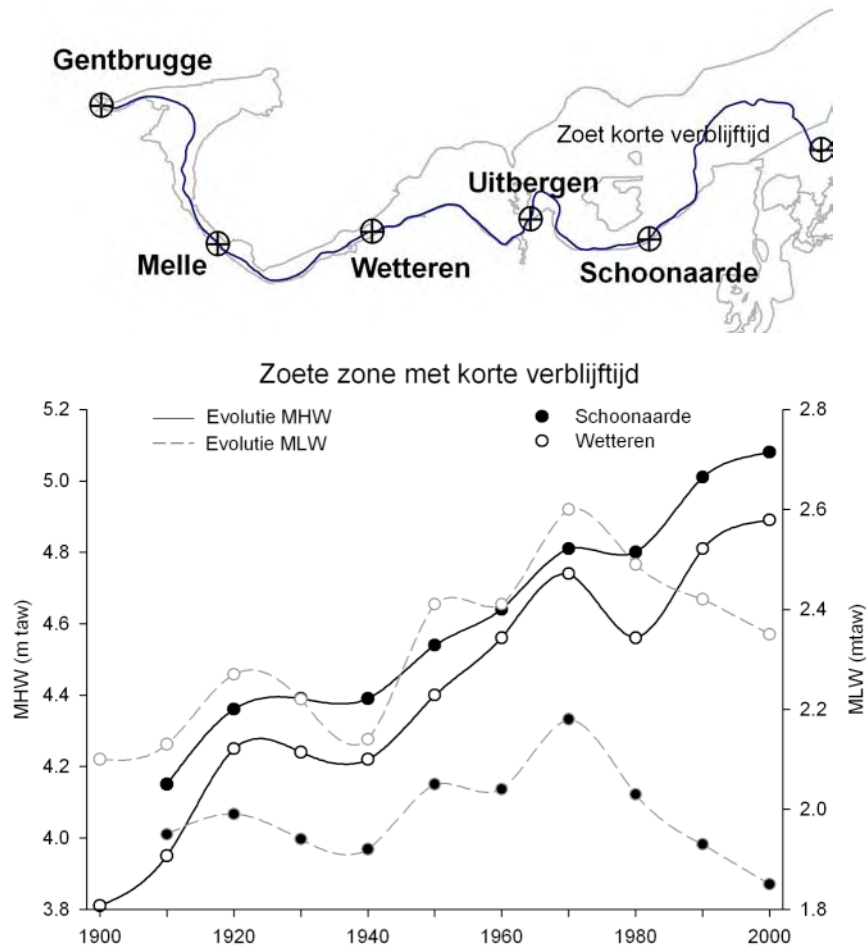
In het **zoete deel met lange verblijftijd** (Figuur 3.40) worden nog sterkere stijgingen van het 10-jarig gemiddelde hoog water waargenomen (Opmerking tijpost Buggenhout voor 1950 vervangen door nabijgelegen St. Amands na 1950). In Dendermonde bedraagt de stijging 100cm/100 jaar. Het 10-jarig gemiddelde laag water vertoont in deze zone de sterkste dalingen (37cm op 100 jaar). Na 1970 wordt rond St.- Amands een sterke val van het GLW waargenomen van 34cm en in Dendermonde van 27cm.



Figuur 3.40 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Zoete zone met lange verblijftijd van het Schelde estuarium over de periode van 1900 tot 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the fresh water zone with long retention time of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000



In de **zoete zone met korte verblijftijd** (Figuur 3.41) treedt de sterkste stijging op van het 10-jarig gemiddeld hoogwater met 108cm/100 jaar in Wetteren. Het meest stroomopwaartse deel van deze zone vertoont als enige een stijging van het gemiddeld laag water van 25cm op 100 jaar. Ook hier vertoont de periode na 1970 een sterke daling en slaat de stijgende trend om in een dalende.

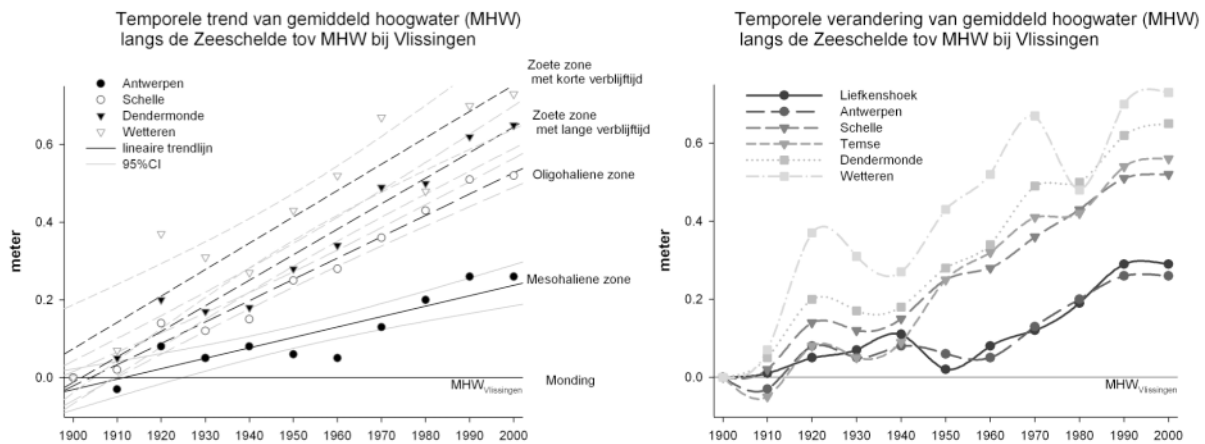


Figuur 3.41. Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Zoete zone met korte verblijftijd van het Schelde estuarium over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the fresh water zone with short retention time of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000

De stijging van het 10-jarig gemiddeld hoogwater is het gevolg van verschillende factoren die synergetisch werken. Ze wordt deels veroorzaakt door een algemene zeespiegelstijging (Intermezzo 3). Een tweede belangrijke oorzaak is het aan banden leggen van de bewegingsvrijheid van het estuariene systeem door middel van bedijking, rechtekkingen, uitdieping, verruiming en uitbochten van vaargeulen. Deze ingrepen zorgen voor een trechtereffect waardoor stijging van het getij wordt versterkt in stroomopwaartse richting (Hackney & Yelverton, 1990).

Het gecombineerd effect van de zeespiegelrijzing enerzijds en de vernauwing en verdieping van de rivier anderzijds wordt in de literatuur beschreven als "coastal squeeze". Dit wordt meer en meer als belangrijke oorzaak aangehaald voor de achteruitgang van het slik- en schorareaal (zie bv. Doody, 2004; Wolters et al., 2005). Door de harde begrenzing van de dijken en het wegvallen van overstromingsgebieden (vloeisystemen en alluviale gebieden) hebben de slikken en schorren geen ruimte om zich landinwaarts te verplaatsen en vindt laterale erosie plaats. Als de verticale accretie het tempo van de zeespiegelstijging niet kan volgen "verdrinken" ze.

Om beter inzicht te krijgen in het effect van de vernauwing en verdieping is het aan te raden om de eerste oorzaak (zeespiegelstijging) los te koppelen van de tweede (morfologische wijzigingen). In een eerste oefening worden de 10-jarige gemiddelde hoogwaters van de verschillende tijposten gecorrigeerd voor de gemiddelde hoogwaterstand in Vlissingen (2km van de Schelde-monding) (Figuur 3.42). In de trend van de 10-jaarlijkse gemiddelde laag- en hoogwaters in Vlissingen ontbreken discontinue veranderingen, kenmerkend voor baggerwerken (Blanckaert, 2003). Het is dan ook aannemelijk dat de baggerwerken ter hoogte van deze tijpost (op 2 km van de monding in de Noordzee) weinig invloed hebben op de tijmetingen. Hierbij wordt dus verondersteld dat de invloed van de verdieping van het mondingsgebied van de Westerschelde (het Scheur en de Wielingen) slechts van secundair belang is voor de waterstanden in Vlissingen. Met deze normalisatie veronderstellen we een gelijkmatig effect van de zeespiegelstijging en/ of Saros periode (18,6 jarige cyclus), hoewel de omvang van die effecten eigenlijk afhankelijk is van het getijstation (Technische Scheldecommissie, 1984). Het is dus slechts een benaderende correctie. Aan de hand van het verloop van het genormaliseerd gemiddeld hoogwater kunnen de effecten van veranderingen in het tijregime beter bekeken worden. Met deze oefening willen we vooral meer inzicht krijgen in de kwalitatieve veranderingen zonder een rechtstreekse oorzaak - gevolg relatie te veronderstellen.



Figuur 3.42 (A) & (B), Trend (A) en verandering (B) van het 10- jarig gemiddelde hoogwater per decennium (MHW), voorafgaand aan het weergegeven jaartal, tov 1900 bij verschillende tijposten van de Zeeschelde gecorrigeerd voor het gemiddeld hoogwater bij Vlissingen / Trend (a) and increase (b) of decennial mean high water compared to the 1891-1900-level at a several tidal stations along the Zeeschelde and corrected for mean high water at Vlissingen

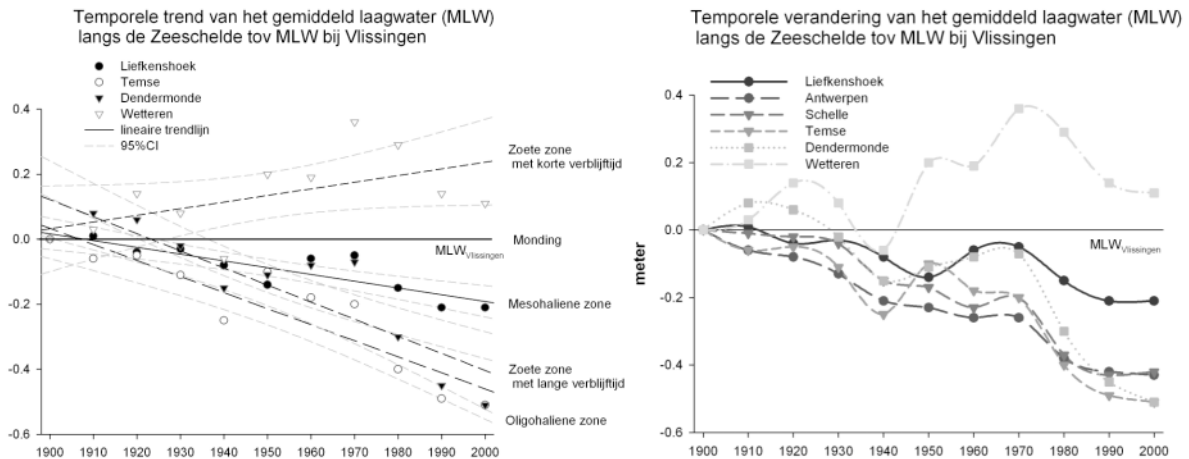
Bij de algemene trendbepaling van het genormaliseerd hoog water zien we een opvallende stijging in stroomopwaartse richting. Dit illustreert het trechtereffect waarbij een kleine stijging van het hoog water nabij de monding een groot effect veroorzaakt verder stroomopwaarts in de Schelde. In Figuur 3.42b kunnen we de veranderingen per tijpost beter bekijken. De stijgende trend in stroomopwaartse richting wordt hier geïllustreerd aan de hand van de ontwikkelingen sinds 1900. Het gemiddeld hoogwater te Antwerpen is tussen 1900 en 2000 circa 26 cm méér gestegen dan het hoogwater te Vlissingen. In Wetteren (het meeste stroomopwaartse gedeelte) bedraagt deze stijging zelfs 73 cm tov het hoogwater in Vlissingen.

De lineair stijgende trend vanaf 1900 voor de mesohaliene zone kan opgesplitst worden in twee perioden. Een eerste licht stijgende trend is te onderscheiden tot 1940. De tweede, steilere trend vanaf 1960 is vergelijkbaar met de trend die in de zoete zone reeds van in het begin van de eeuw gaande is. De tussenliggende daling is mogelijk het gevolg van het uitblijven van baggerwerken en zandwinningen tijdens de wereldoorlog. In de andere saliniteitszones is die daling niet te zien, wat er zou kunnen op wijzen dat baggerwerken vooral een lokaal effect hebben op het gemiddeld hoogwater (in tegenstelling tot het effect op het gemiddeld laagwater dat over de hele Zeeschelde lijkt te reiken).

In de zoete zone zijn van 1877 tot 1908 tussen Gent en Dendermonde verschillende rechtekkingen van de rivier gebeurd, waardoor het riviertraject met 10,5 km werd ingekort (3.2.3.1). Deze ingreep, samen met de talrijke normalisatiewerken in het bovenstroomse gedeelte,

kan mee aan de grondslag liggen van de sterke stijging die reeds vroeg in de 20<sup>ste</sup> eeuw op gang kwam.

In de zoete zone vinden we op sommige tijposten een daling van het gemiddeld hoogwater tussen 1970 en 1980, met als belangrijkste uitschieter Wetteren met een daling van 18 cm.



Figuur 3.43 (A) & (B), Globale afname van het gemiddelde laagwater per decennium (MLW) voorafgaand het weergegeven jaartal bij verschillende tijposten van de Zeeschelde gecorrigeerd voor het gemiddeld laagwater bij Vliissingen / A&B, Overall decrease of decennial mean low water at several tidal stations along the Zeeschelde and corrected for mean low water at Vliissingen

In principe brengt een groter vloeddebiet ook een verhoging van het gemiddeld laagwater te weeg aangezien het ebvolume groter wordt. De stijging is echter minder groot, omdat de doorwerking van de gemiddelde zeespiegelstijging gereduceerd wordt door de kleinere weerstand bij een groter watervolume (Pieters, 2002). Deze evolutie zien we inderdaad aan het mondingsgebied van het estuarium (Taverniers, 1998).

De gemiddelde laagwaters langs de Zeeschelde vertonen niet de theoretisch verwachte stijging maar een daling. Het gemiddeld laagwater te Antwerpen is tussen 1900 en 2000 circa 43 cm meer gedaald dan het laagwater te Vliissingen. In Temse bedraagt deze daling zelfs 51cm tov het laagwater in Vliissingen. Deze daling is voornamelijk te wijten aan de intensieve baggerwerken, die de bedding van de stroom hebben uitgediept. Volgens Van Nuffel (1969) geldt dit vooral in de zone tussen Antwerpen en St.-Amands.

In de zoete zone is een stijgende trend van het gemiddeld laag water zichtbaar tot 1970. Dat zou het gevolg zijn van aanslibbingen. Het valt immers ook samen met de periode waarbij de getij asymmetrie in deze zone het meest uitgesproken is (3.2.1.3). Volgens Codde en Dekeyser (1967) is dit vooral het gevolg van het aftappen van het bovendebiet van de Schelde voor de voeding van een aantal kanalen (o.a. het afleidingskanaal van de Leie en het kanaal Gent-Terneuzen).

Tussen 1920 en 1930 is er een tijdelijke daling van het gemiddeld laag water zichtbaar rond Wetteren. Deze periode valt net na de normalisatiewerken langs de Boven-Zeeschelde waarbij dijken verhoogd werden en de vaargeul verbeterd en uitgediept werd. Het lokaal uitbaggeren van het rivierbed als zandwinning voor de aanleg van de dijk was een veel voorkomende praktijk. De zoete zone met korte verblijftijd werd door deze dijk aanleg in een strakker keurslijf gestoken. Het wegvallen van antropogene activiteit rond de Tweede Wereldoorlog leidt tot sedimentatie en het hervatten van de oorspronkelijk stijgende trend. Na 1970, de periode van de eerste verdieping, lijkt er een trendbreuk rond Wetteren op te treden en blijft het laagwater dalen.

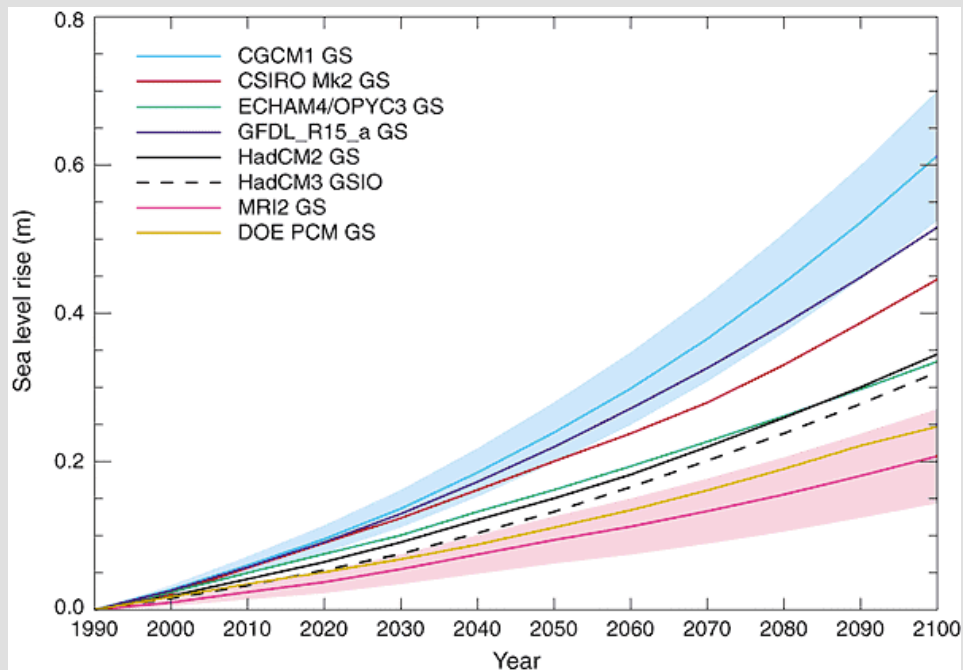
### INTERMEZZO 3 – Zeespiegelstijging

Door de algemene zeespiegelstijging, die het gevolg zou zijn van de recente klimaatswijzingen (IPCC, 2001), worden estuariene gebieden wereldwijd bedreigd (Jones, 1994; Kennish, 2002). Voorspellingen aan de hand van klimaatsmodellen voor verschillende scenario's (afhankelijk van het verwachte uitstotingsniveau van broeikasgassen in de toekomst) suggereren dat deze stijging in de volgende eeuw nog zal versnellen (IPCC, 2001). *Figuur 3.44* toont de voorspelde zeespiegelrijzing voor een aantal van deze scenario's (met grote onzekerheden). In de meeste klimaatscenario's is de voorspelde stijging kleiner in de eerste helft van de 21e eeuw dan in de tweede helft.

In Nederland (Können, 2001; KNMI, 2003) en België wordt meestal uitgegaan van een stijging van de *gemiddelde zeespiegel* van ongeveer 60 cm tegen het jaar 2100. Aangezien de verhoging niet lineair is, wordt in de eerste helft van de 21e eeuw uitgegaan van een stijging met ongeveer 22 cm en in de tweede helft met 38 cm.

Voor het *gemiddeld hoog water* en *laag water* met respectievelijk een voorspelling tot 2100 van 65cm en 55cm (min: HW25 & LW15cm; max: HW115cm & LW105cm) kunnen we uitgaan van een gelijkaardige toename van het hoogwater en laagwater tegen 2050 van respectievelijk 33 cm en 20 cm (Blanckaert, 2003)

Voor de bijkomende interpretatie wordt verwezen naar [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).



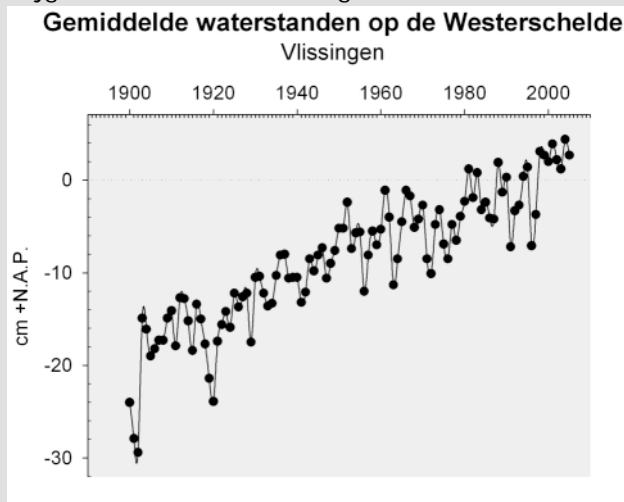
*Figuur 3.44. Zeespiegelstijging volgens verschillende scenario's (bron: IPCC) / Expected sea level rise for various scenarios (source: IPCC)*

Naast de gemodelleerde waarden bestaan er ook inschattingen op basis van gemeten waarden. De evolutie van de 10-jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters in Vlissingen tonen een continue stijging die voornamelijk te wijten is aan de invloed van de relatieve zeespiegelrijzing, m.a.w. het verschil tussen de absolute zeespiegelrijzing en de bodemdaling te Vlissingen. Voor Vlissingen geldt een gemiddelde zeespiegelstijging van 22cm per eeuw vanaf 1862 (De Ronde, 1983). Naast de gemiddelde zeespiegel is ook de getijamplitude aan het stijgen. Het hoog water neemt sterker toe dan het laagwater met respectievelijk 33cm en 20cm per 100 jaar (*Tabel 3.15*).

Tabel 3.15 Relatieve stijgsnelheid voor hoogwater, laagwater en gemiddelde zeestand voor Vlissingen (Dillingh et al., 1993) en Oostende (Van Cauwenberghe, 2000) / Relative rise rates for high and low water, and mean sea level at Vlissingen and Oostende

Grootheid	Vlissingen (cm/jaar)	Oostende (cm/jaar)
Hoogwater	0,33	0,20
Gemiddelde zeestand	0,22	0,15
Laagwater	0,20	0,10

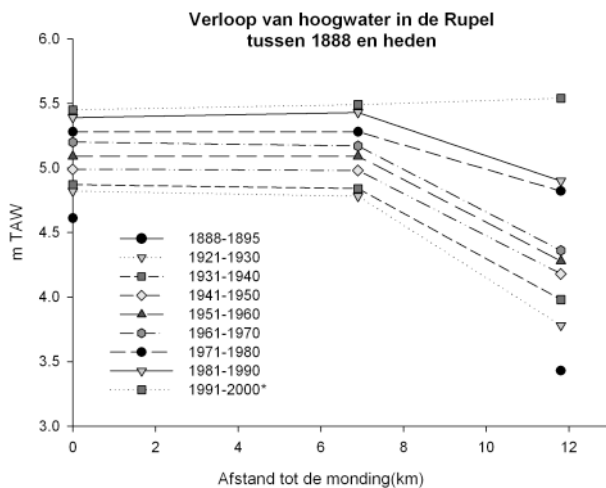
In *Figuur 3.45* is uit de data van de doorlopende monitoring van de zeespiegelstijging de duidelijk stijgende trend voor Vlissingen zichtbaar.



*Figuur 3.45* Meting zeespiegelstijging bij Vlissingen (bron: Rijkswaterstaat RIKZ.) / Sealevel measurements at Vlissingen (source: RIKZ, NL)

Zijrivieren: de Rupel en Durme

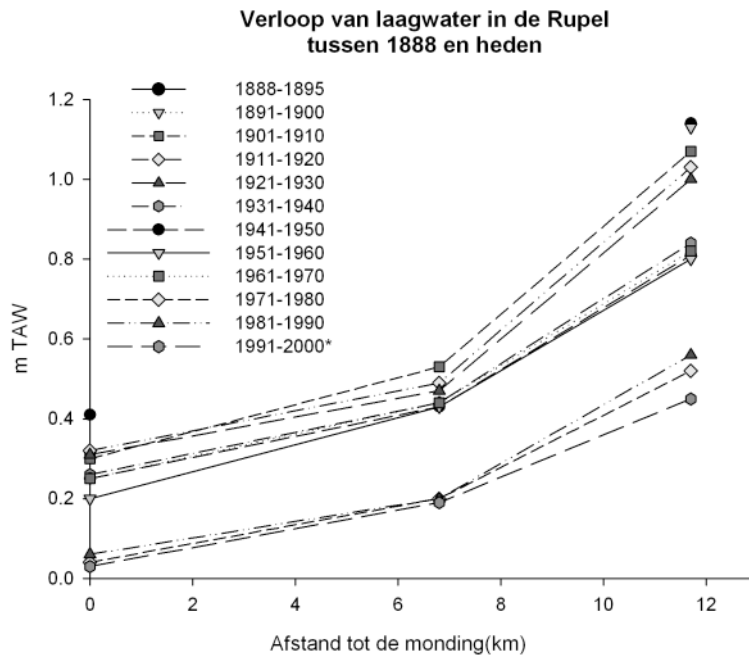
Rupel



*Figuur 3.46* Verloop van het gemiddeld hoogwater tussen 1890 en 2000 in de Rupel / Evolution of mean high water along the Rupel River between 1890 and 2000

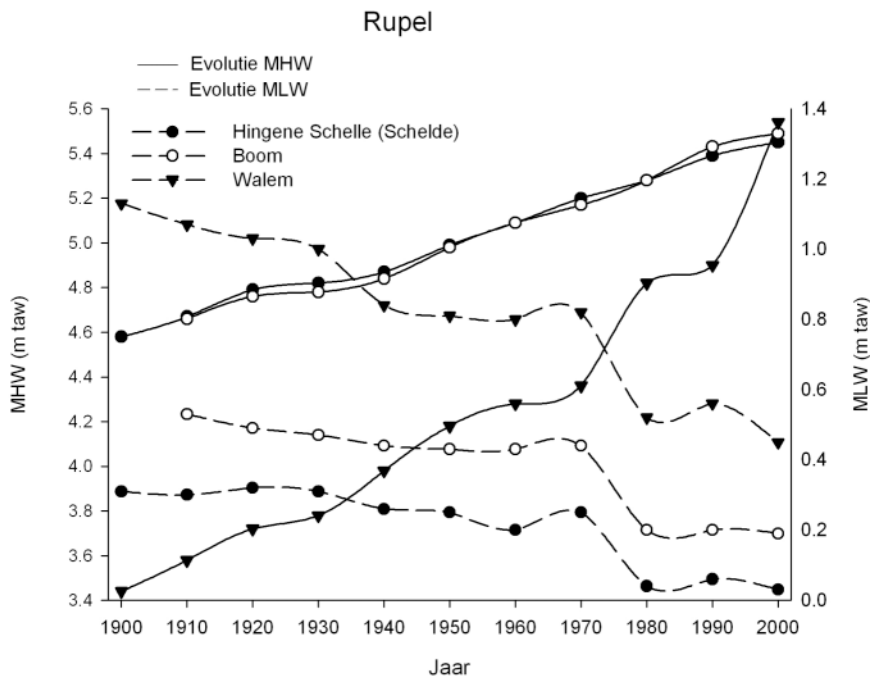
Het **ruimtelijk** verloop van het hoog water in de Rupel vertoont een constant verloop vanaf de Schelde (Schelle aan de Rupelmonding) tot Boom ( $\pm 7$ km). Tot 1961-1970 treedt vanaf Boom tot Walem (12km) een sterke daling op van het GHW. Vanaf 1971-1980 neemt deze daling af en in 1992-2000\* verloopt de curve nagenoeg horizontaal.

Het verminderde vloedeffect in het ruimtelijk verloop van gemiddeld hoog water kan er op wijzen dat de afsluiting van de Vliet in 1977, waardoor één derde van de buitendijkse gebieden van de Rupel verloren ging, de stroomberging aanzienlijk verminderde.



Figuur 3.47 Verloop van het gemiddeld laagwater tussen 1890 en 2000 in de Rupel/ Evolution of mean low water along the Rupel River between 1890 and 2000

Het ruimtelijk verloop van het 10-jarig gemiddeld laagwater vertoont een stijgende trend in stroomopwaartse richting. Vanaf 1931-1940 verloopt de stijging minder steil dan ervoor. Na 1970 komt het gemiddeld laag water voor de volledige Rupel plots veel lager te liggen. We zien ook dat de meest recente curve minder steil verloopt dan de voorafgaande jaren.



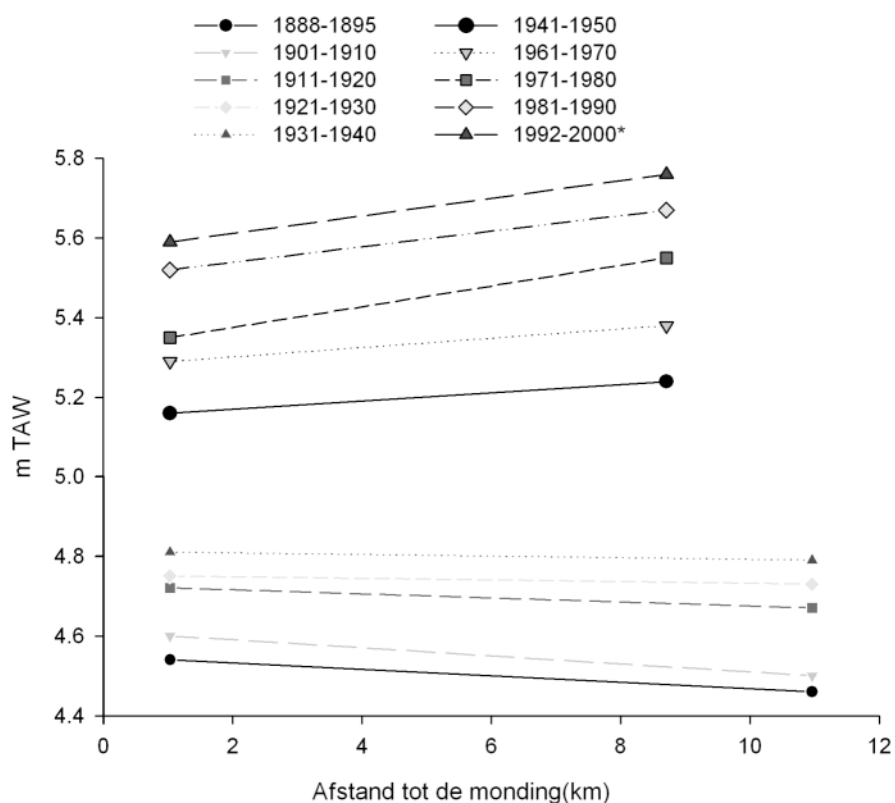
Figuur 3.48 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaar in Rupel over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the Rupel from 1891-1900 till 1991-2000

De Rupel vertoont een gelijkaardig **temporeel** verloop als de Schelde (zie Hingene, tijpost nabij de monding). Het 10-jarig GHW vertoont een stijging van 87cm/100jaar in Hingene en 83cm op 90 jaar in Boom. Walem daarentegen vertoont een sterk afwijkend verloop met een zeer sterke stijging van 2,15 meter op 100 jaar, wat vooral te wijten is aan een zeer sterke stijging van 46cm tussen 1961-1970 en 1971-1980. Het is de enige tijpost in het Scheldebekken waar dit werd waargenomen. Het 10-jarig gemiddelde laag water vertoont een licht dalende trend die zoals elders in de Schelde rond 1970 een sprong maakt (24cm in Boom en 30cm in Walem).

### Durme



Verloop van hoogwater in de Durme tussen 1888 en heden

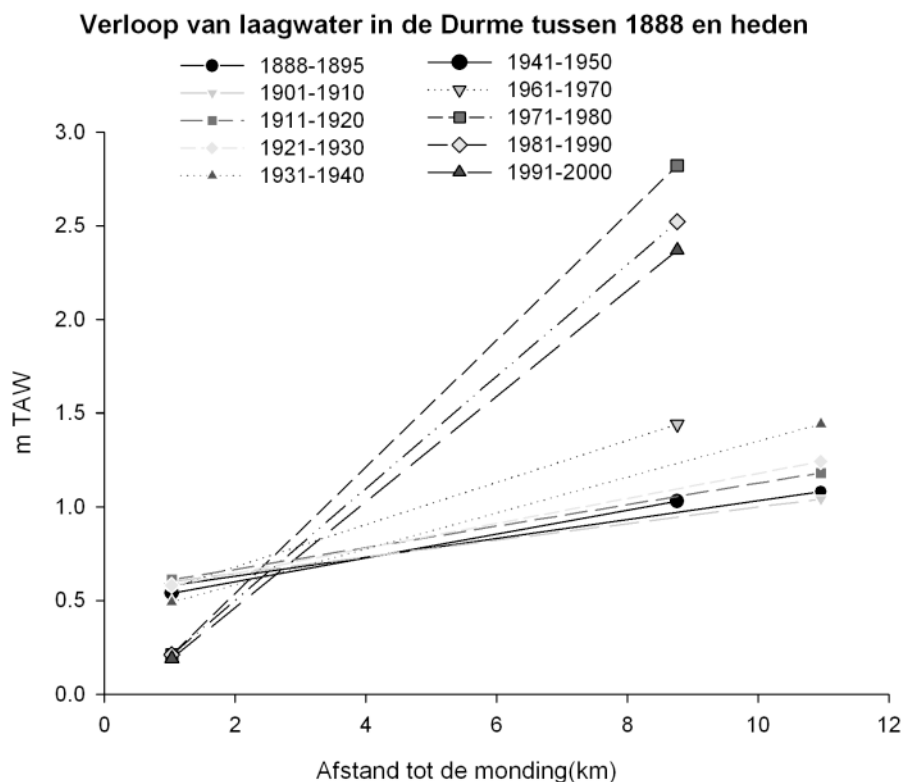


Figuur 3.49 Verloop van het gemiddeld hoogwater tussen 1890 en 2000 in de Durme/ Evolution of mean high water along the Durme River between 1890 and 2000

Het **ruimtelijk** verloop van het 10-jarig gemiddeld hoog water vertoont tot 1940 nog een dalende trend in stroomopwaartse richting (~10cm). Tussen 1931-1940 en 1941-1950 buigt dit om in een licht stijgende trend in stroomopwaartse richting.

De dalende trend tot 1940 kan te wijten zijn aan het vloedkom-effect doordat vloeiveiden langs de Durme veelvuldig aanwezig waren. Dit effect viel gedeeltelijk weg na de rechtekkingen in de jaren '30 waardoor de vloeiveiden langsheen de oude Durme niet langer functioneel waren. De aanleg van de potpolders eind de jaren '30 kon het effect van het verlies van vloeiveiden en de rechtekkingen blijkbaar niet corrigeren. De modelleringen van IMDC et al. (2005) van de gemiddelde waterstanden bij realisatie van de ontpolderingen uit het meest wenselijke alternatief voorspellen dat het oorspronkelijk ruimtelijk verloop (met de hoogste GLW's aan de monding) zal hersteld worden.

Ook in de jaren 70 is een vermindering van het vloedkom-effect zichtbaar in het hoogwater, wanneer de dam op Durme verplaatst wordt naar de grens met Zele. Hierdoor werden de dijken verhoogd en potpolders onbruikbaar waardoor de komberging nog sterker verminderde.

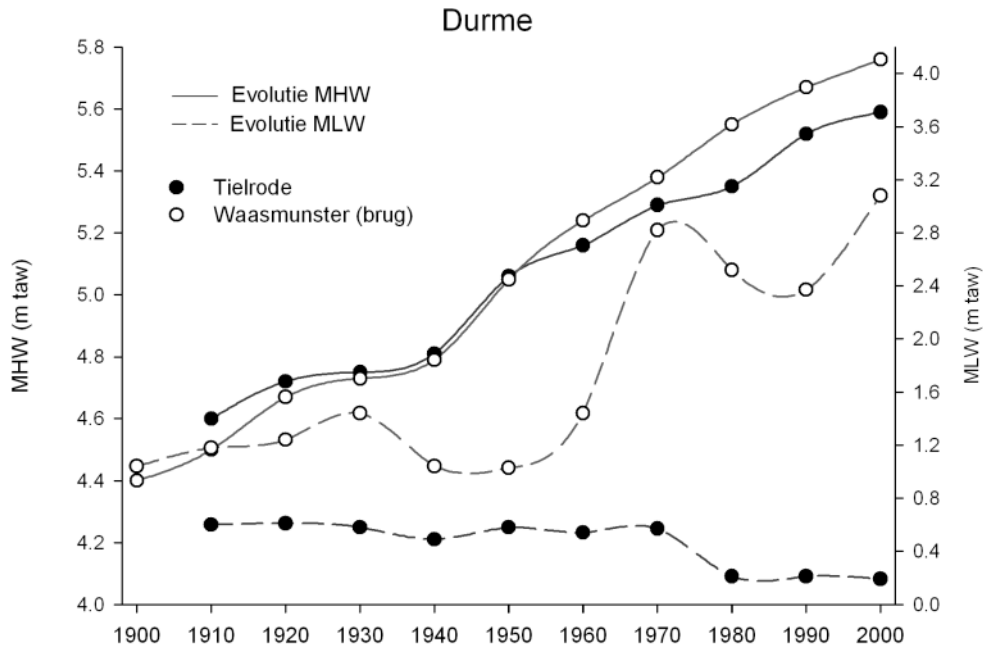


Figuur 3.50 Verloop van het gemiddeld laagwater tussen 1890 en 2000 in de Durme / Evolution of mean low water along the Durme River between 1890 and 2000

Het ruimtelijk verloop van het 10-jarig GLW vertoont een stijgende trend in stroomopwaartse richting. Tussen 1961-1970 en 1971-1980 zien we een opvallende sprong waarbij de curve plots veel sterker stijgt. Sedertdien neemt de hellingshoek terug af maar het blijft veel steiler dan vóór de sprong.

Het verloop van het 10-jarig gemiddeld laagwater vertoont geen sterke veranderingen na de rechtekkingen. De grootste sprong in het gemiddeld laag water is de eenzijdige stijging die plaats vindt tussen 1961-1970 en 1971-1980 door verzanding.

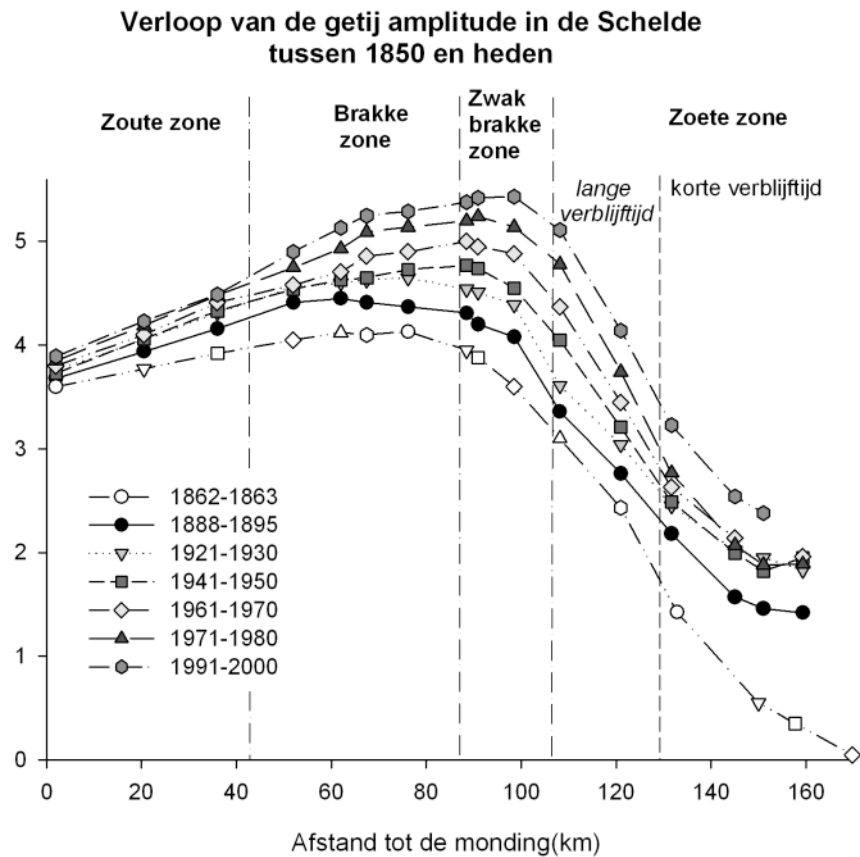




*Figuur 3.51 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaar in Durme over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the Durme from 1891-1900 till 1991-2000*

Langs de Durme vertoont het **temporeel** verloop van het 10-jarig gemiddelde hoog water een stijgend verloop met een snelheid van 117cm op 90 jaar in Waasmunster. Enkel na 1940 is een nog steilere stijging merkbaar van ongeveer 25cm, zowel in Tielrode als in Hamme. Het 10-jarig gemiddelde laag water in Tielrode vertoont eenzelfde dalende trend als de Zeeschelde. Meer stroomopwaarts is echter een zeer grillig, globaal stijgend verloop te zien met een daling na 1930 en een extreme stijging met 1m38 na 1960, een lichte daling na 1970 en opnieuw een stijging na 1990.

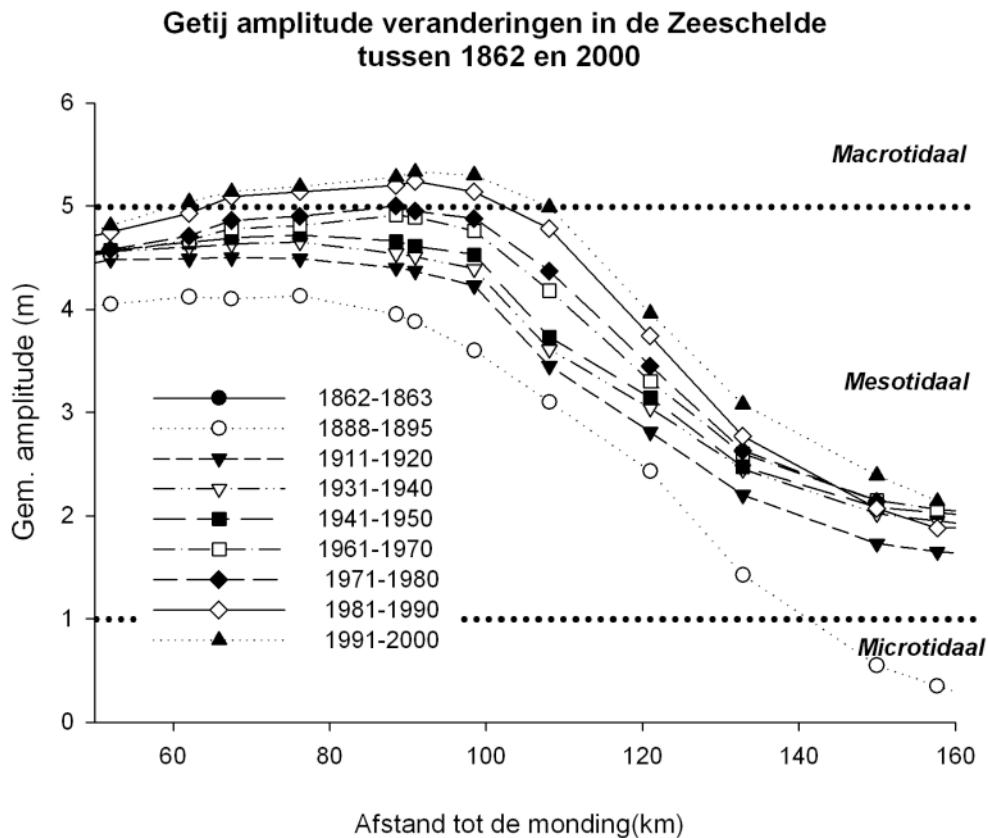
## 3.2.1.2 Getijamplitude

Schelde

Figuur 3.52. Verloop van de gemiddelde getijamplitude (in meter) in het Schelde-estuarium tussen de periode 1862-1863 en 1991-2000 / Evolution of decennial mean tidal amplitude along the Scheldt between 1862-1863 and 1991-2000

Het 10-jarig gemiddelde van de getijamplitude vertoonde halweg de 19e eeuw een dalende curve in stroomopwaartse richting. Rond Gentbrugge is de amplitude vrijwel nihil. Vanaf 1888 verhoogt deze curve en verschuift ze in stroomopwaartse richting, waardoor de microtidale zone overall verdwijnt.

In de loop van de tijd nam de getijamplitude toe in de polyhaliene zone of Westerschelde (<50km van de monding), maar minder dan in de Zeeschelde. Het tijverschil in de Westerschelde blijft rond de 4 à 5 meter. In 100 jaar is de curve ter hoogte van Bath maximaal een halve meter hoger komen te liggen. In de Zeeschelde zijn de veranderingen van de 10-jarige gemiddelde getijamplitude veel aanzienlijker. In het midden van de 19<sup>e</sup> eeuw bedroeg de hoogste gemiddelde getijamplitude 4m13 rond Antwerpen. Op het einde van diezelfde eeuw bedroeg dit 4m45 ter hoogte van Lillo. Daarna verschoof het maximum continu in stroomopwaartse richting. Halverwege de 20<sup>e</sup> eeuw steeg het hoogste punt naar 4m77 rond Hemiksem (1950). De grootste gemiddelde getijamplitude tussen 1991-2000 bedraagt maximaal 5m43 en bevindt zich ter hoogte van Temse. De plaats met maximale getijamplitude verschuift dus meer dan 400 m per jaar in stroomopwaartse richting (Peters et al., 2001).



Figuur 3.53 Verloop van de gemiddelde getijamplitude in de Zeeschelde tussen de periode 1862-1863 en 1991-2000, geklasseerd volgens tijregime / Evolution of mean tidal amplitude along the Scheldt between 1862-1863 and 1991-2000, classified by tidal regime

Wanneer we de classificatie van estuaria volgens tijregimes op de 10 jarige gemiddelde getij-amplitude toepassen (zie bv. Leonard & Reed, 2002), zien we binnen het estuarium van de Schelde zeer sterke veranderingen doorheen de tijd (Figuur 3.53). Halfweg de 19<sup>e</sup> eeuw werd de Zeeschelde hoofdzakelijk gekenmerkt door een mesotidaal tijregime met een maximum van 4,13m in Antwerpen; in de bovenstroomse gebieden is er nog een overgang naar een microtidaal deel. Reeds in 1888-1895 is met het wegvallen van grote delen van de bovenafvoer het gebied met microtidaal regime weggevallen.

Recenter gaat geleidelijk een steeds groter gebied over van een mesotidaal (3-5m) naar een macrotidaal regime (>5m). De eerste overschrijding van de 5 meter grens gebeurde na 1970. Nu vertoont reeds een gebied van de grens tot aan St.-Amands een macrotidaal getijde regime.

#### INTERMEZZO 4 - Getijmolens

Vooral langs de Durme en de Rupel stonden ten tijde van het gereduceerd kadaster aan de monding van beken en sloten soms watermolens (gesymboliseerd als zwarte cirkels met streepjes rond). Hoogstwaarschijnlijk waren dit getijmolens die profiteerden van het hoogteverschil tussen eb en vloed. De getijamplitude moest voldoende groot zijn om de molens werkbaar te maken. Bij vloed liet men via vloedgaten een spaarbekken of potpolder vollopen. Bij eb werd het water over het rad terug op de Schelde geloosd (van Strydonck en de Mulder, 2000). Een variant van de getijdenmolen maakte gebruik van de bovenstroomse aanvoer van water en profiteerde bij eb van het groter verval om het rad aan te drijven. De getijmolens van Dendermonde en Gent behoorden tot het laatste type. Wellicht was de getij-amplitude hier te klein om het eerste type getijmolens te laten functioneren, wat het vermoeden van de beperkte getijwerking bij Gent rond 1850 bevestigt.

Er zijn beschrijvingen van getijmolens in Boom, Eikvliet, Rupelmonde, Antwerpen (op de Brouwersvliet en St.-Jansvliet), Temse (Wilfordkaai) en Dendermonde. De meeste werden rond 1850 afgebroken. Aangezien het veldwerk van het gereduceerd kadaster van voor deze periode stamt zijn de meeste hierop nog terug te vinden (*Figuur 3.54*).



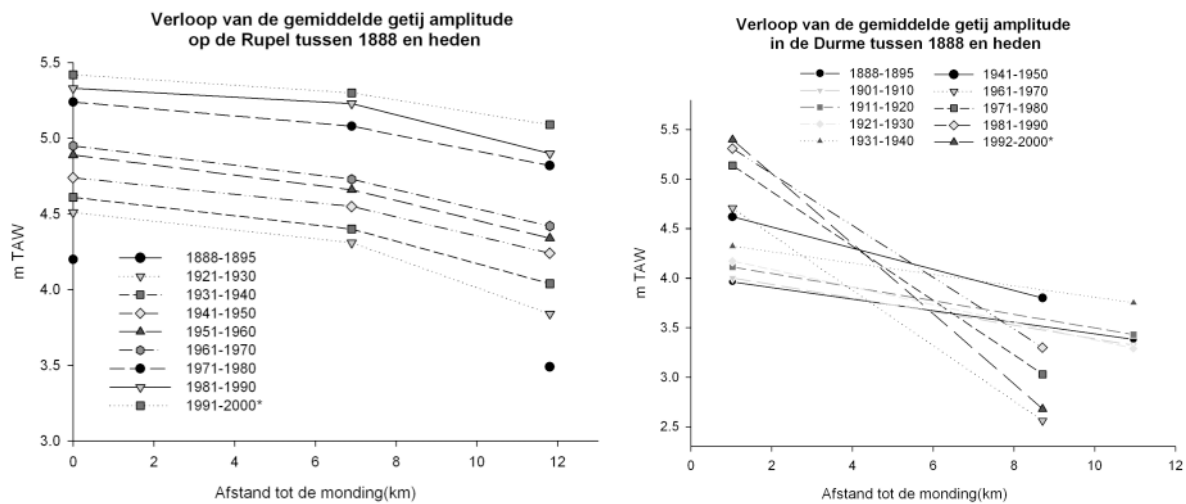
*Figuur 3.54* Getijmolens en sluisen ten tijde van het gereduceerd kadaster. Zekere getijmolens zijn gedocumenteerd in de literatuur en staan aangeduid op het gereduceerd kadaster, vrij zekere getijmolens zijn gedocumenteerd maar niet aangegeven op het kadaster of vice versa. Zekere sluisen worden met het geschrift 'éclusette' en als symbool een rood haakje aangegeven, vrij zekere sluisen hebben geen geschrift maar wel een rood haakje. De precieze locatie van de getijmolen te Dendermonde kon niet achterhaald worden en is niet aangeduid op de kaart / Tidal mills and sluices in 1850. Certain tidal mills are documented in literature and mapped on the Reduced kadaster, probable tidal mills are documented but not mapped or vice versa. Certain sluices are symbolized by a red bracket and indicated on the map as 'éclusette', probable sluices are symbolized but have no accompanied writing on the map. The exact location of the tidal mill at Dendermonde remains uncertain

### Zijrivieren: Rupel en Durme

De curven van de 10-jarig gemiddelde amplitude in de Rupel wijzigen van een relatief steil naar een meer horizontaal verloop (*Figuur 3.55a*). In de periode 1921-1930 bedraagt het verschil in getijamplitude tussen Hingene-Schelle en Walem ongeveer 70cm. Vanaf 1930 tot 1970 vermindert dit verschil tot gemiddeld 50cm en in de periode 1991-2000 bedraagt het nog 33cm\*. De amplitude zelf neemt in de loop van de tijd in alle tijposten toe.

In de Durme is het verloop van de gemiddelde getijamplitude sterk gewijzigd tussen 1888 en nu (*Figuur 3.55b*). Vooral de helling is sterk veranderd met een verschil in amplitude tussen Waasmunster en Tielrode van slechts 58cm in 1888 -1895 tot 200cm in 1981-1990. Op 100 jaar tijd is het verschil dus toegenomen met 142cm. De grootste verandering in het stroomopwaartse deel vond plaats tussen 1941-1950 en 1961-1970, waarbij het verschil in amplitude plots veel groter wordt. Dit valt samen met de periode (1953-1955) waarin o.a. de bovenafvoer van de Durme wordt afgesneden.

Nadien blijft het verschil stabiel, maar in het laatste 10 jarig gemiddelde is het terug toegenomen.

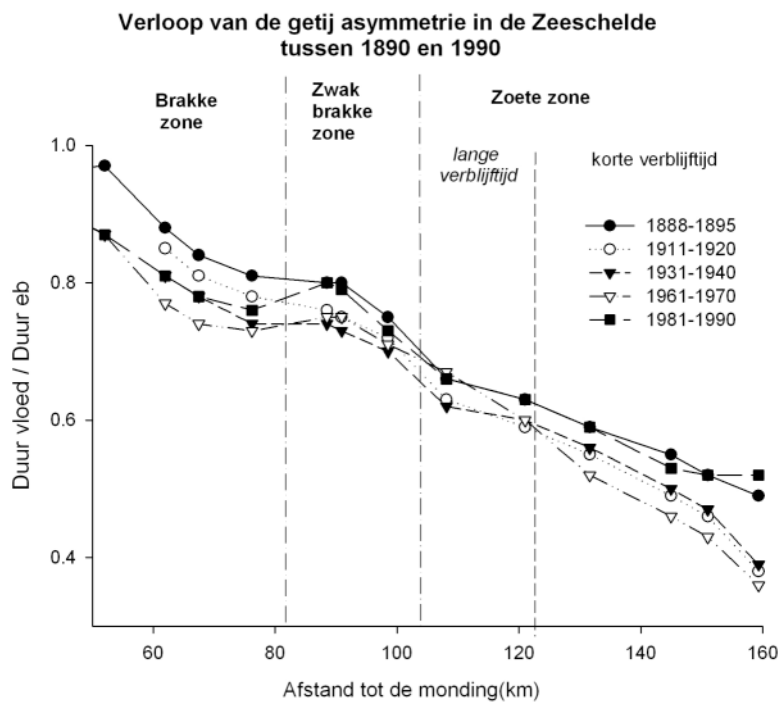


Figuur 3.55 Evolutie van de getij-amplitude op A) Rupel en B) Durme tussen 1888 en heden / Evolution of decennial mean tidal amplitude along A) the Rupel and B) the Durme between 1888-1895 and 1991-2000

### 3.2.1.3 Getijasymmetrie: verhouding vloed- en ebduur

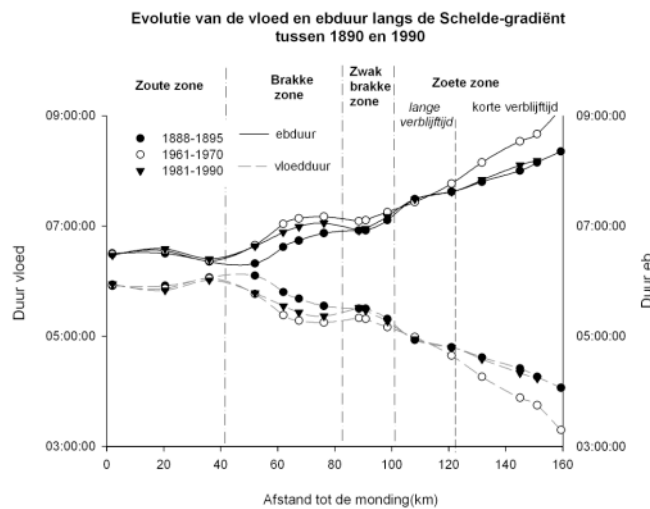
#### Schelde

Een globale maat voor de getijasymmetrie is de verhouding tussen de duur van vloed en eb. In het gehele Schelde-estuarium duurt de vloed korter dan de eb.



Figuur 3.56 Veranderingen in asymmetrie van het getij langs de Zeeschelde tussen de periode 1888-1895 en 1981-1990 / Changes in tidal asymmetry along the Zeeschelde between 1888-1895 and 1981-1990

Gedurende de vorige eeuw zijn in de Schelde vooral asymmetrie-veranderingen opgetreden in de brakke zones en de zoete zone met korte verblijftijd (*Figuur 3.56*). 1961-1970 was de periode met de sterkste asymmetrie met een minimum verhouding vloed/eb van 0,36 in Gentbrugge. Wanneer de vloed- en ebduur bekeken worden langsheen de Scheldegradiënt, zien we de hoogste ebduur voor 1970 in de brakke zone en de zoete met korte verblijftijd. Bij de vloedduur is net het omgekeerde te zien.

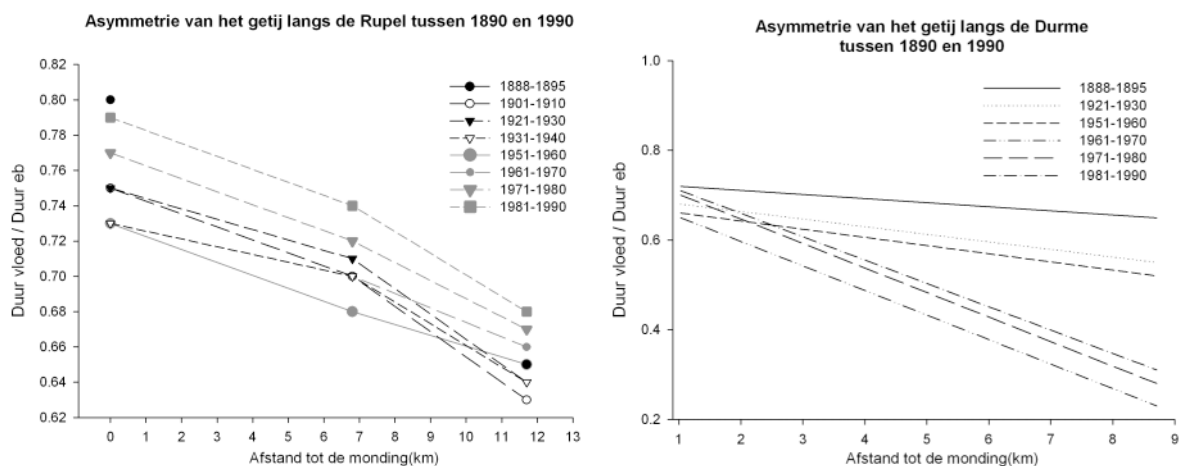


*Figuur 3.57* Veranderingen in de eb- en vloedduur langs de Schelde tussen de periode 1888-1895 en 1981-1990 / *Changes in high and low tide duration along the Scheldt between 1888-1895 and 1981-1990*

### Zijvieren: Rupel en Durme

De getijasymmetrie langs de Rupel wordt duidelijk groter in stroomopwaartse richting (*Figuur 3.58*). Vanaf 1950 is de kenmerkende knik in de curve ter hoogte van Boom grotendeels weggefallen. Doorheen de tijd komt de curve in eerste instantie tot in 1950 lager te liggen, daarna daalt de getijasymmetrie opnieuw.

Langs de Durme vertoont het verloop van de gemiddelde getijasymmetrie tussen de periode 1951-1960 en 1961-1970 een verandering van een meer horizontale curve naar een sterk dalende curve. Door een sterke verlenging van de ebstroom tov de vloedstroom is een sterke verhoging van sedimentafzetting mogelijk. Dit valt samen met de afdamming van de Durme stroomafwaarts van het centrum van Lokeren (1953-1955). De getijasymmetrie aan de monding bleef redelijk stabiel, terwijl de asymmetrie aan de stroomopwaartse tijposten sterk is toegenomen.



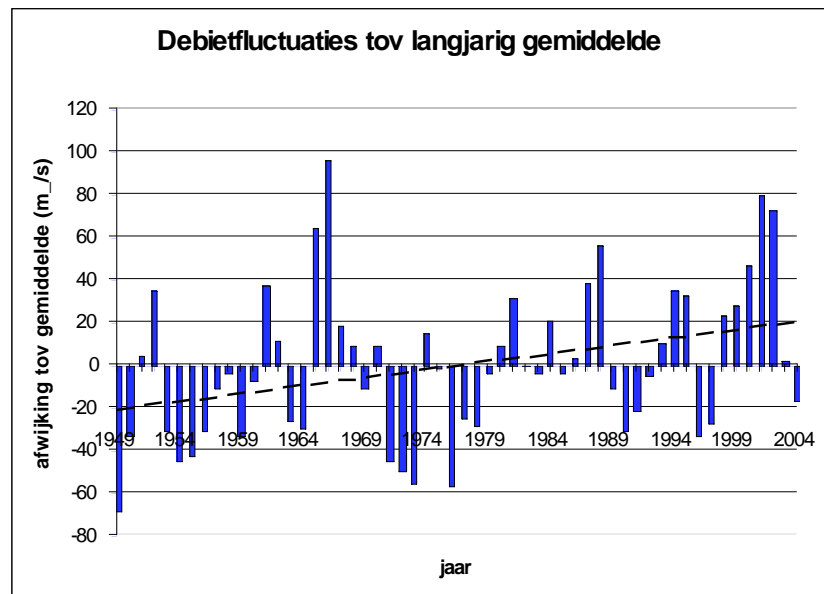
*Figuur 3.58* Veranderingen in asymmetrie van het getij langs de Rupel en de Durme tussen de periode 1888-1895 en 1981-1990 / *Changes in tidal asymmetry along the Rupel and Durme between 1888-1895 and 1981-1990*

### 3.2.2 Bovenafvoer

De bovenafvoer van de rivier speelt een belangrijke rol in het estuariene systeem, onder meer omdat de zoutindringing hier sterk mee gecorreleerd is. Probst (1989) analyseerde de fluctuaties in bovenafvoer van verschillende Europese rivieren sinds 1800. De verschillende hydroklimatische periodes die daaruit konden afgeleid worden, vinden we ook in de beschikbare gegevens van de Schelde vrij goed terug (*Figuur 3.59*):

- De Europese droogte van 1950 (1942-1956) met een paar nattere jaren in 1951-1952
- Een matig natte periode (1957-1968) met een paar drogere jaren
- De droogteperiode van de jaren 70

Als we de redenering doortrekken zien we dat er na de wat wisselvallige periode van de jaren 80 en 92 vanaf 1998 tot 2002 nog een zeer natte periode volgt.



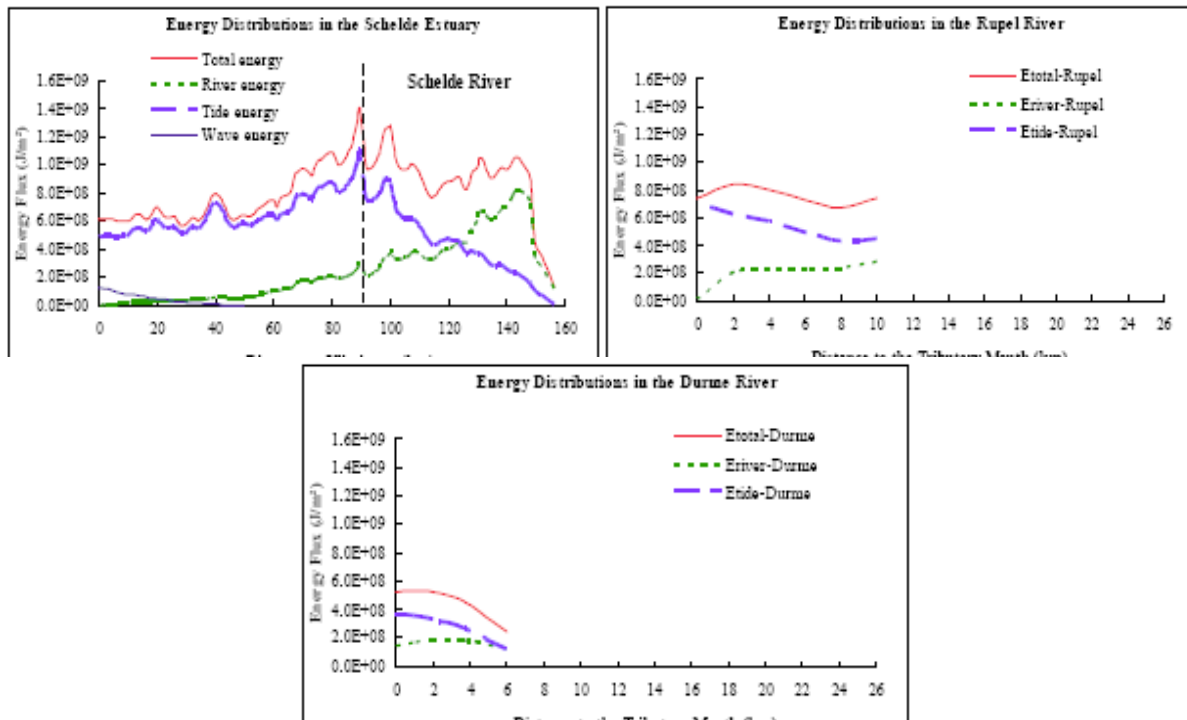
*Figuur 3.59 Afwijking van het jaarlijks afvoerdebiet van de Schelde te Schelle ten opzichte van het langjarig gemiddelde (Gegevensbron: Ministerie Vlaamse Gemeenschap - Waterbouwkundig Laboratorium – Borgerhout) / Deviation on long-term mean of annual discharge of the Scheldt at Schelle (source: Ministerie Vlaamse Gemeenschap - Waterbouwkundig Laboratorium – Borgerhout)*

Naast de natuurlijke fluctuaties door klimatologische omstandigheden, zijn er vanaf de 19<sup>e</sup> eeuw een aantal antropogene ingrepen geweest die een grote invloed hadden op de bovenafvoer van de Zeeschelde en haar zijrivieren:

- Het kanaal Gent-Terneuzen werd gegraven tussen 1825 en 1827. Het wordt deels gevoed door het bovenstrooms gebied van de Durme via de Moervaart. Door deze aftapping daalde het bovendebiet van de Durme zeer sterk, wat mee aan de basis ligt van de sterke verzanding.
- Tussen 1847 en 1862 werd tussen Deinze en Heist het afleidingskanaal van de Leie (=Schipdonkkanaal) aangelegd, waardoor een groot deel van het bovendebiet van de Schelde werd afgeleid. Volgens Meyvis (1977) had dit tot gevolg dat het getij plots tot in Gent voelbaar werd, terwijl dat voorheen slechts zelden gebeurde.
- In 1975 werd de ringvaart rond Gent aangelegd en de schutsluis aan Gentbrugge gesloten. Hierdoor werd het bovendebiet tussen Gentbrugge en Melle verwaarloosbaar en verzandde dit vak volledig.

Hoewel de bovenafvoer door die ingrepen telkens sterk daalde, zien we sedert de jaren 50 globaal een stijgende trend (*Figuur 3.59*). Dit is wellicht een gevolg van de toenemende urbanisering (meer verharde oppervlakte) in het Scheldebekken. Debietmetingen van vóór de periode van de grote kanalen zijn ons niet bekend. Het is dan ook niet duidelijk hoe het huidige debiet zich hier tegenover verhoudt.

Chen et al. (2005) onderzochten de totale energieverdeling en het relatief belang van fluviatiele en getij-energie langsheen de Schelde en haar getijgebonden zijrivieren (*Figuur 3.60*). Langs de Schelde wordt de fluviatiele energie belangrijker dan de getij-energie stroomopwaarts km 120 van de monding, tussen Dendermonde en Schoonaarde. Het totale energiemaximum valt samen met het punt van de maximale getij-energie net stroomafwaarts de Rupelmonding. Aan de Rupelmonding is de energie van de Zeeschelde belangrijker dan de afvoer van het Rupelbekken. Het energiemaximum van de Rupel ligt op 2 km van de monding en voornamelijk tidaal. De fluviatiele energie van de Durme is van ondergeschikt belang. Het energie maximum ligt aan de monding.



Figuur 3.60 Energiedistributie in de Schelde, Rupel en Durme (uit Chen et al. 2005) / Energy distribution along the Scheldt, Rupel and Durme (from Chen et al. 2005)

### 3.2.3 Morfologie van het estuarium

#### 3.2.3.1 Rechttrekkingen na 1850

Tabel 3.16 en *Figuur 3.62* tot *Figuur 3.76* geven een overzicht van de verschillende meanders die ten tijde van het gereduceerd kadaster nog tot de actieve bedding behoorden en later werden rechtgetrokken. Uit de tabel blijkt dat vooral de Durme en de zoete zone met korte verblijftijd van de Zeeschelde ingrijpend gewijzigd zijn door de rechttrekkingen. De Durme is in totaal 12% (2,5 km) korter geworden en de Zeeschelde in het meest stroomopwaartse deel zelfs 22 % (10,5 km). De Rupel en de andere delen van de Zeeschelde zijn qua lengte zo goed als ongewijzigd gebleven. Bij de Rupel dient opgemerkt dat op de bovenlopen die onder getij-invloed staan (Dijle, Zenne, Nete) wel talrijke rechttrekkingen gebeurd zijn. In het kader van deze studie werden die niet gedocumenteerd (maar zie bijvoorbeeld Baten & Huybrechts, 2002).

De lengtes van de meanders gemeten in GIS-omgeving zijn iets groter dan deze vermeld in Meyvis (1977), wat waarschijnlijk vooral een gevolg is van de plaats waarop men de oude meander precies laat aansluiten op de huidige loop. De totale verkorting van de Zeeschelde komt echter zeer goed overeen (10,5 km versus 10,3 km).

De meeste rechttrekkingen op de Boven-Zeeschelde (*Figuur 3.61*) gebeurden tussen 1878 en 1903 (*Tabel 3.16*). De korte rechttrekking aan de monding van de Dender gebeurde in 1936. De



aanpassingen aan de Durme dateren van de periode 1930-1937. De oude meanders werden niet altijd meteen volledig afgesloten. Bij Appels en het stort van Weert bleef het meest stroomafwaartse deel van de meander nog een tijd aangetakt (situatie op de DG2-kaarten van respectievelijk 1893 en 1909). Op DG3 zijn ze allebei volledig afgekoppeld (1910 respectievelijk 1930). De oude arm van de Kalkense Meersen bleef nog een tijd aan beide zijden aangetakt (situatie op DG3 van 1910) en stond dus nog onder getij-invloed. Een aantal geplande bochtafsnijdingen tussen Zele en Grembergen (van nieuw schor van Appels tot Pottelbergsschor), te Dendermonde, te Baasrode (aan schor van Vlassenbroek) en te Moerzeke (de Cramp) werden uiteindelijk niet uitgevoerd (Meyvis, 1977).



*Figuur 3.61 Rechttrekkingen in de zoete zone met korte verblijftijd / Canalization of the fresh water zone with short retention time*

Tabel 3.16 toont ook het effect van de rechttrekkingen op de sinuositeit van de verschillende riviertrajecten. Sinuositeit wordt gedefinieerd als de verhouding van de lengte van de rivier tot de lengte van de vallei. Op basis van de sinuositeit kunnen waterlopen in 3 typen worden ingedeeld: een rivier wordt als recht geklasseerd indien de sinuositeit kleiner is dan 1.1, kronkelend indien de waarde tussen 1.1 en 1.5 ligt en meanderend indien groter dan 1.5 (Leopold & Wolman, 1957). We kunnen dus stellen dat de Durme een kronkelende rivier gebleven is, ondanks een sterke afname van de sinuositeit. De Rupel was en is nog steeds een rechte rivier. De mesohaliene Zeeschelde behoudt haar kronkelend karakter. De oligohaliene Zeeschelde is een rechte waterloop. Het zoete deel met lange verblijftijd heeft een opvallend hoge sinuositeit door de uitgestrekte meander van Moerzeke/Baasrode en kan als meanderend gedefinieerd worden. De belangrijkste wijziging zien we in het zoete gedeelte met korte verblijftijd, dat is overgegaan van een kronkelende rivier in 1850 tot een rechte rivier nu.

Het valt ook op dat de rivier rond 1850 een veel grilliger oeververloop had, met verbredingen, versmallingen en inhammetjes. Door de rechttrekking en de dijkwerken is veel van deze morfologische variatie en de daarmee gepaard gaande habitatdifferentiatie (stroomversnellingen, luwtes) verloren gegaan. Een opvallend voorbeeld vinden we ter hoogte van de bocht van Uitbergen, waar de huidige Schelde bijna dubbel zo breed is als in 1850. Een deel van de vloeiveides ter hoogte van Wichelen ging daardoor verloren (over een strook van ongeveer 50 meter). Waarschijnlijk ten behoeve van lokale industrieën en handelsactiviteiten waren er ook heel wat meer artificiële inhammetjes, bijvoorbeeld ter hoogte van Hamme. Vele daarvan zijn niet meer terug te vinden. Dit zal zeker een grote invloed gehad hebben op de lokale stromingspatronen. Een mooi voorbeeld van het grillige oeververloop is de passage in Antwerpen (Meyvis, 1977). Tot 1878 varieerde de breedte van de rivier (deels door antropogene ingrepen) op korte afstand van 400 m

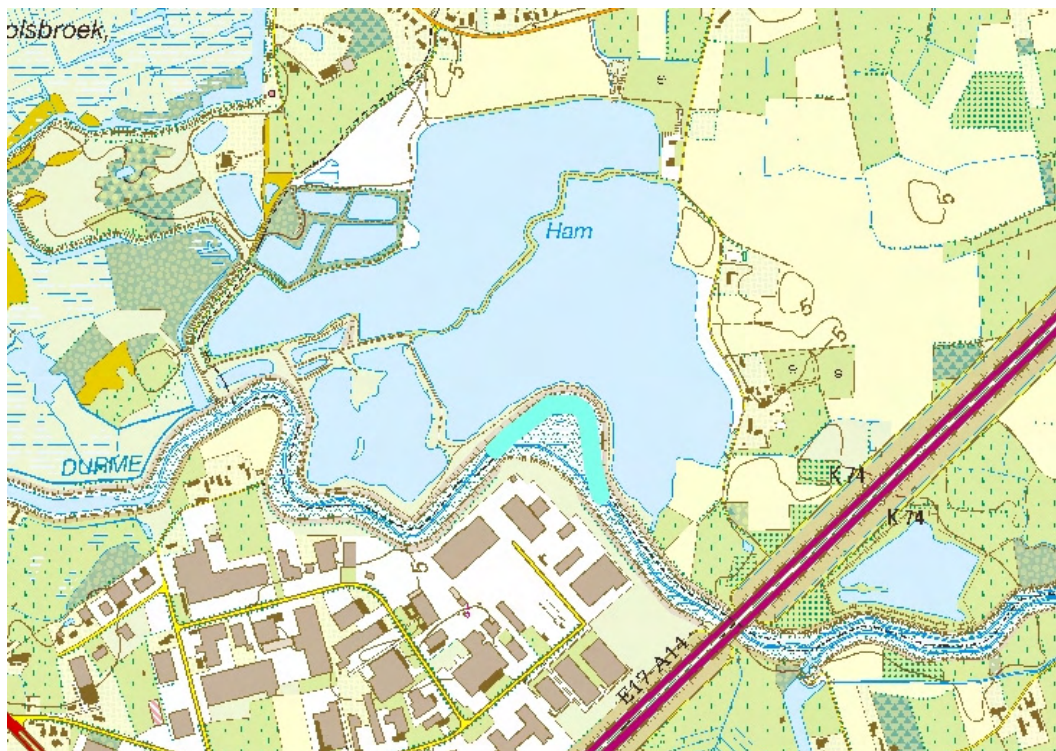
bij Burcht, 590 m aan het Galgeweel, 335 m aan de Sint-Michielskaai, 400 m aan Sint-Jansvliet, 270 m aan het Steen en terug 400 m aan de Kattendijksluis. De stroomversnellingen, luwtes en de ontwikkeling van parallelle stroomgeulen in de bredere zones waren nefast voor de scheepvaart en na 1878 werd deze zone dan ook genormaliseerd. De sterke gradiënten die nefast zijn voor de scheepvaart zijn juist heel gunstig in ecologisch opzicht. De calibratiewerken langsheen de Schelde moeten dan ook een zeer negatieve impact gehad hebben op het rivierleven.

Tabel 3.16 Overzicht rechttrekkingen langs Zeeschelde, Durme en Rupel. Bij de locatie wordt tussen haakjes de naam van de rechttrekking weergegeven zoals gebruikt in Meyvis (1977) indien die afwijkt van de hier gebruikte naam / Overview of canalizations along Scheldt, Rupel and Durme

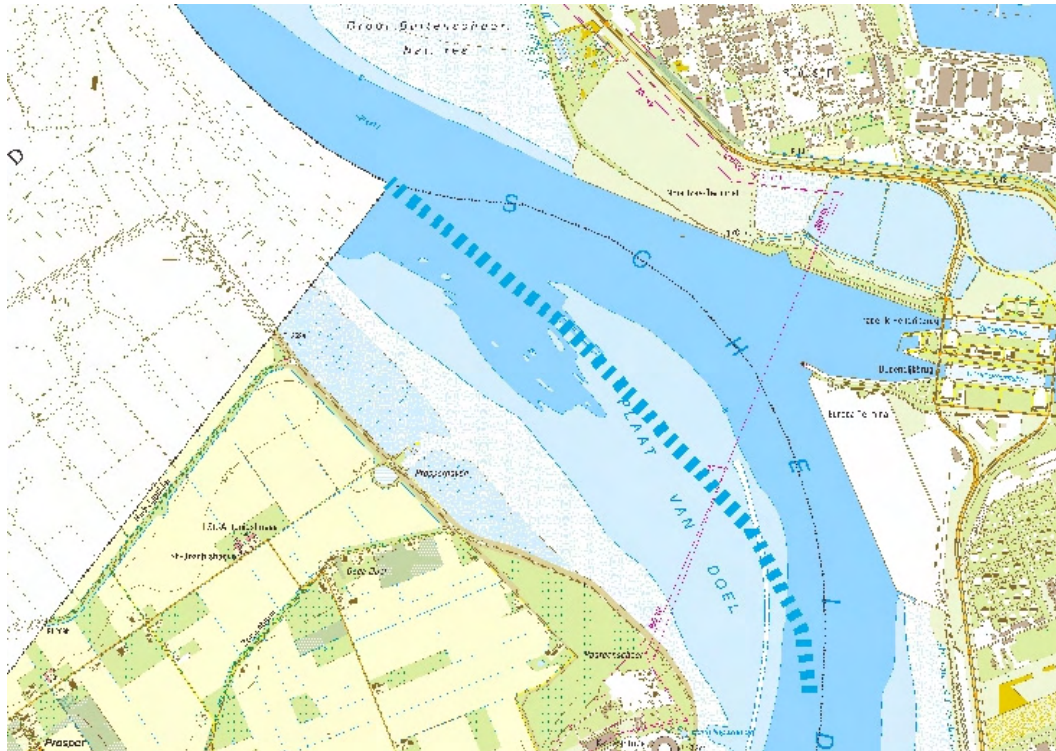
Rivier	Locatie	Traject in 1850 (m)	Huidige traject (m)	Verkorting (%)	Datum ingreep
Durme	<i>Ongewijzigd</i>	14548,3	14548,3	-	
	Waasmunster	5295,4	3112,4	41	1931-1937
	Den Oever	361,7	231,8	36	
	Durmemonding	83,4	0	100	
	<b>Totale lengte</b>	<b>20372,1</b>	<b>17892,4</b>	<b>12</b>	
	Sinuositeit	1,44	1,28		
Rupel	<i>Ongewijzigd</i>	10982,9	10982,9	-	
	Rupelmonde	849,9	884,3	-4	1892
	<b>Totale lengte</b>	<b>11832,8</b>	<b>11867,2</b>	<b>0</b>	
	Sinuositeit	1,03	1,03		
Zeeschelde Mesohalien	<i>Ongewijzigd</i>	28081,4	28081,4	-	
	Groot Buitenschoor	3524,6	3980,6	-13	
	<b>Totale lengte</b>	<b>31606,1</b>	<b>32062,0</b>	<b>-1</b>	
	Sinuositeit	1,36	1,38		
Zeeschelde Oligohalien	<i>Ongewijzigd</i>	18480,3	18480,3	-	
	Driegoten	232,4	230,0	0	1902-1904
	<b>Totale lengte</b>	<b>18712,7</b>	<b>18710,3</b>	<b>0</b>	
	Sinuositeit	1,08	1,06		
Zeeschelde lang Zoet	<i>Ongewijzigd</i>	18691,2	18691,2	-	
	Driegoten	1162,8	1155,1	0	1902-1904
	Dendermonde	761,2	712,7	6	
	<b>Totale lengte</b>	<b>20615,2</b>	<b>20568,0</b>	<b>0</b>	
	Sinuositeit	2,96	2,80		
Zeeschelde kort Zoet	<i>Ongewijzigd</i>	29947,0	29947,0	-	
	Appels	1797,4	616,4	66	1882-1883
	Paardenweide Wichelen	965,7	606,7	37	1889-1892
	Kalkense Meersen (Schellebelle)	4409,2	1139,0	74	1883-1885
	Kastermeersen	556,9	431,4	23	1883
	Overschelde Wetteren	2302	685,3	70	1882-1883
	Melleham	835,5	714	15	
	Zwaanhoek Melle	813,1	467,0	43	1882-1884
	Heusden (Kleinbosch)	781,1	528,7	32	1884-1886
	Gentbrugse Meersen (Klaverken)	4567,1	1348,8	70	1878-1881
	Gent	542,7	497,4	8	
	<b>Totale lengte</b>	<b>47517,6</b>	<b>36981,6</b>	<b>22</b>	
	Sinuositeit	1,30	1,01		
<b>Zeeschelde Volledig</b>	<b>Totale lengte</b>	<b>118451,4</b>	<b>108312,9</b>	<b>9</b>	
	Sinuositeit	1,41	1,28		



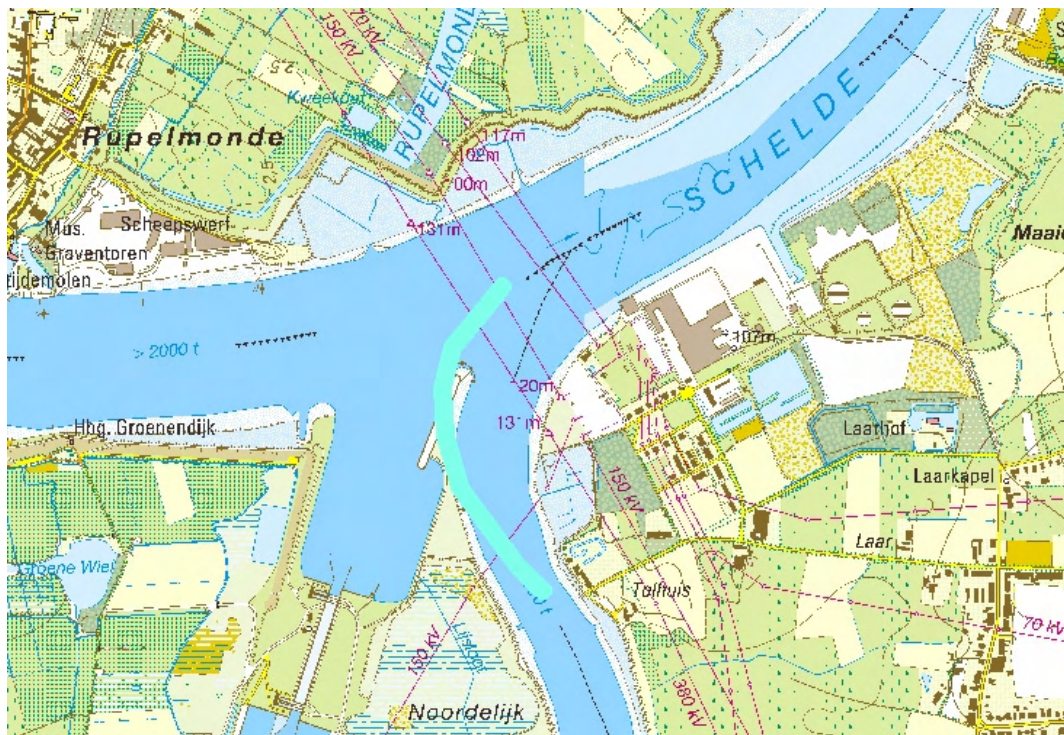
Figuur 3.62 Rechttrekkingen van de Durme bij Waasmunster / Canalization of the Durme near Waasmunster



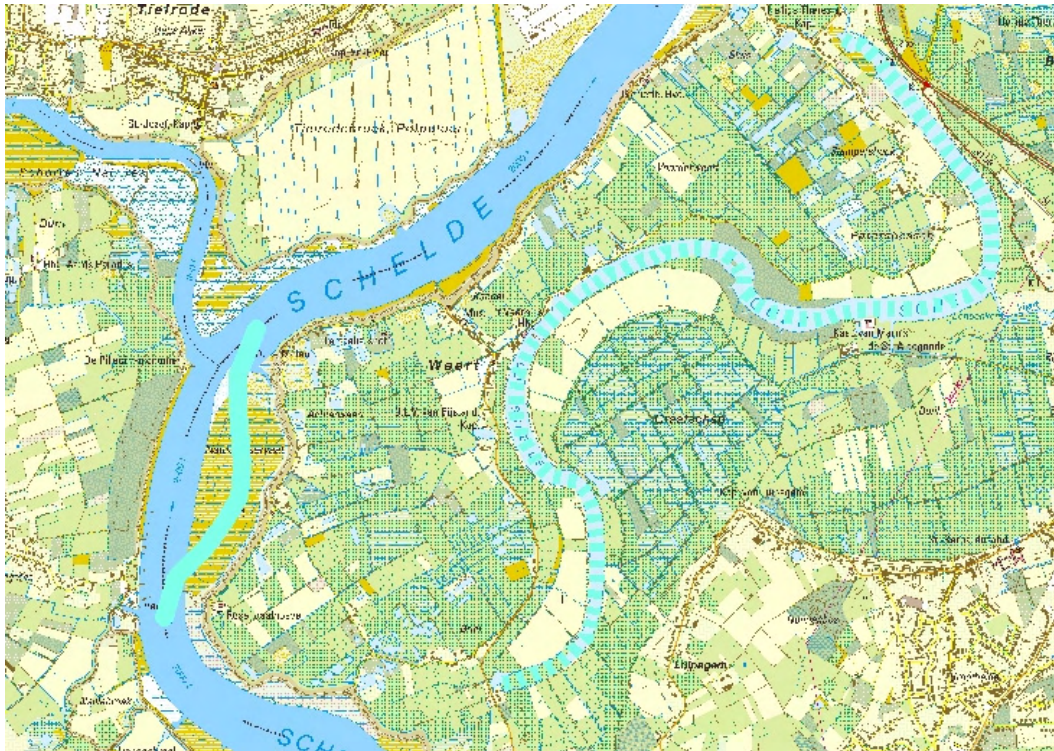
Figuur 3.63 Rechttrekking van de Durme bij Den Oever (grens Waasmunster-Lokeren) / Canalization of the Durme near Den Oever at Waasmunster



Figuur 3.64 Wijziging van de geul voor Doel door de aanleg van een leidam bij de Plaat van Doel. Het vroegere traject is in blauwe stippellijn aangegeven / Channel displacement at Doel by construction of a longitudinal levee at the 'Plaat van Doel'. The former direction is indicated by a blue dotted line.



Figuur 3.65 Verlegging bij de monding van de Rupel / Channel displacement at the mouth of the Rupel



Figuur 3.66 Rechttrekking bij het stort van Weert. Rechts (stippellijn) de Oude Schelde te Weert, die reeds in de 14e eeuw werd afgesloten / Canalization at 'Stort of Weert'. At the right (dotted line) the Old Scheldt at Weert, already cut off from the river in the 14th century



Figuur 3.67 De afsnijding van de oude meander van de Roggeman te Moerzeke (blauwe stippellijn) dateert van vóór 1850/ The cut off of the old meander 'Roggeman' at Moerzeke (blue dotted line) goes back to ~ 1850



Figuur 3.68 "Rechttrekking" bij Dendermonde (eigenlijk meer een lokale verplaatsing van de loop van de rivier) / Canalization at Dendermonde (actually more like a local displacement of the river course)



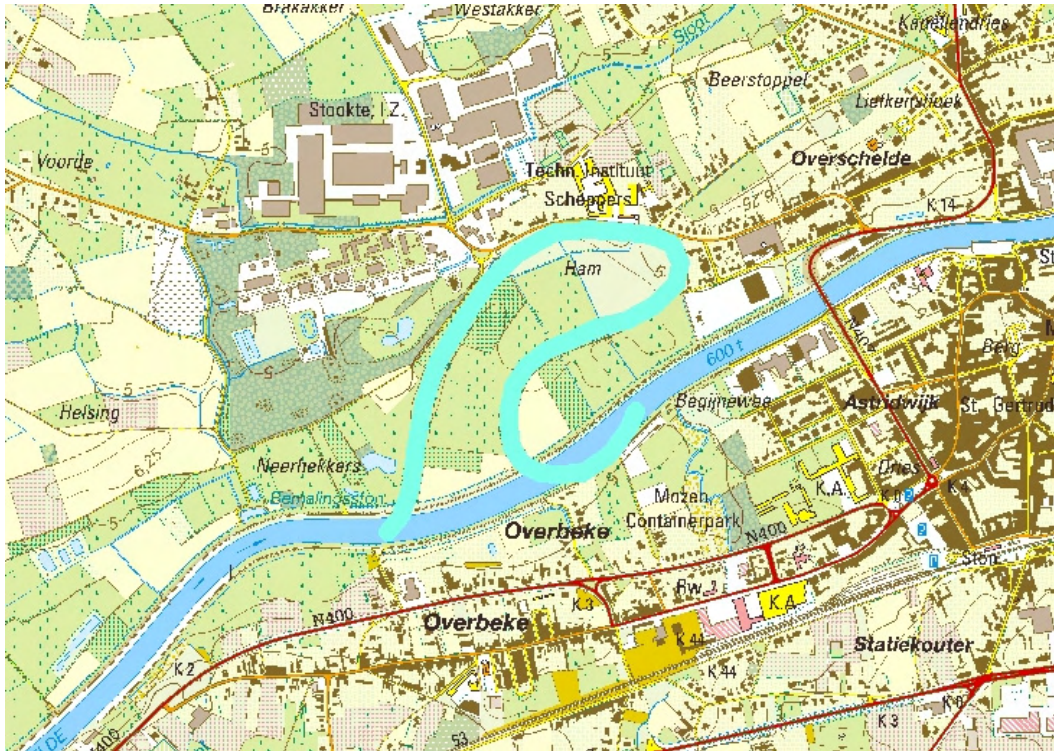
Figuur 3.69 Rechttrekking bij Appels / Canalization near Appels



Figuur 3.70 Rechttrekking bij Paardenweide te Wichelen / Canalization near the 'Paardenweide' at Wichelen



Figuur 3.71 Rechttrekkingen in de Kastermeersen en Kalkense Meersen (Wetteren-Schellebelle) / Canalization in the Kastermeersen and the Kalkense meersen near Wetteren and Schellebelle



Figuur 3.72 Rechttrekking bij Overschelde (Wetteren) / Canalization near Overschelde - Wetteren



Figuur 3.73 Rechttrekking bij Melleham te Heusden. De stippellijn geeft een meander weer die dateert van vóór 1850.

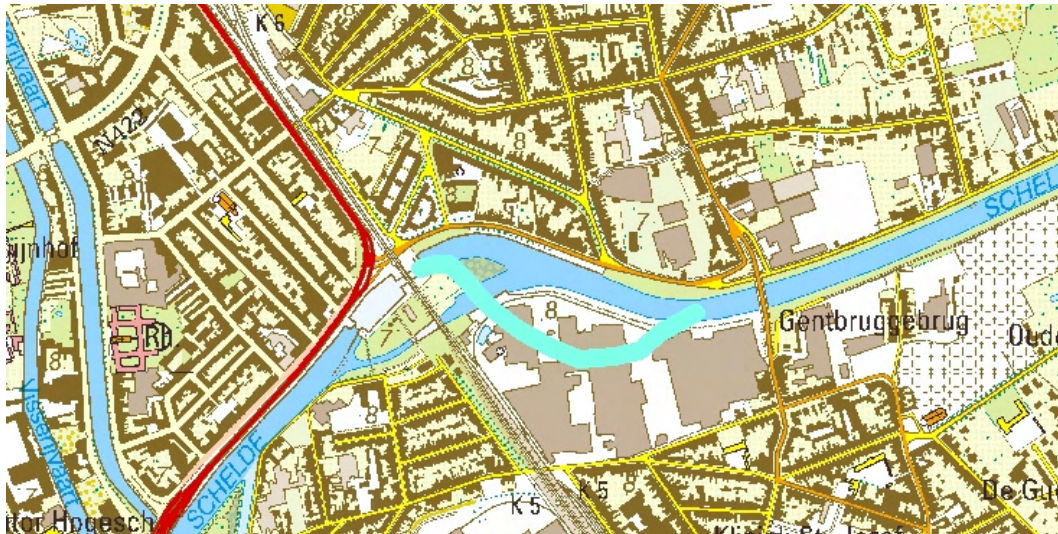




Figuur 3.74 Rechttrekking bij de Zwaanhoek op de grens van Melle en Heusden / Canalization near Melle



Figuur 3.75 Rechttrekkingen in de Gentbrugse Meersen en Heusden. / Canalization near Gentbrugge



Figuur 3.76 Rechttrekking aan de stuw in Gent / Canalization near the present dam in Gent

Het effect van de rechttrekkingen rond 1900 op het getij is enerzijds toe te schrijven aan de rechttrekkingen van de geul zelf, omdat de weerstand in het estuarium sterk afnam. Anderzijds gingen de verbeteringswerken gepaard met het afsluiten van een groot deel van de getijgebonden sloten, krekken en beken, waarvan een aantal heel belangrijke aansloten op de Schelde ter hoogte van de afgesneden meanders. Vooral ter hoogte van de Kalkense meersen gingen op die manier veel getijgebonden waters verloren (Intermezzo 2). Het energiedissiperend vermogen van de Zeeschelde nam sterk af, waardoor het getij veel gemakkelijker en verder kon doordringen.

Naast de reeds besproken meanders liggen langs de Zeeschelde nog een aantal goed herkenbare oude Scheldebochten die reeds vóór 1850 werden afgesneden. Ter volledigheid worden ze hier kort besproken.

De Oude Schelde te Weert-Bornem is een afgesneden Scheldearm van ongeveer 7 km lang. Aan het begin van de 13<sup>e</sup> eeuw was dit de actieve Scheldebedding. De Durme mondde toen uit in de Schelde ter hoogte van Temse. Rond 1240 veranderden de loop van de Schelde en de Durme aanzienlijk, vermoedelijk ten gevolge van hoge waterstanden en de getijden, die voor het eerst tot hier begonnen door te dringen. De Schelde groef zich een nieuwe bedding vanaf Branst tot Tielrode (het traject zoals het terug te vinden is op het gereduceerd kadaster), waar ze samenvloede met de Durme. Er ontstond dus een dubbele verbinding tussen de rivier en de bijrivier. Weert kwam op een eiland te liggen. De oude bedding verzandde en werd in 1320-1322 door twee dijken van de nieuwe afgescheiden. Van rond die periode werd de verlaten arm Oude Schelde genoemd (Mys et al., 1983).

Over de geschiedenis van de oude meanders bij Melleham te Heusden (Figuur 3.73), de Roggeman (Figuur 3.67) en het Zwijn te Moerzeke werd weinig teruggevonden in de literatuur. Waarschijnlijk gaat het om natuurlijk afgesneden armen. De exacte loop van de oude meander in het Zwijn kon niet gereconstrueerd worden.

De zeer grote fossiele meanders van de Damvallei te Destelbergen, de Kalkense Meersen en Overmere Broek dateren uit het Holoceen. Nadat ze zichzelf hadden afgesneden, trad laagveenvorming op in deze gebieden (De Moor en Heyse, 1978).

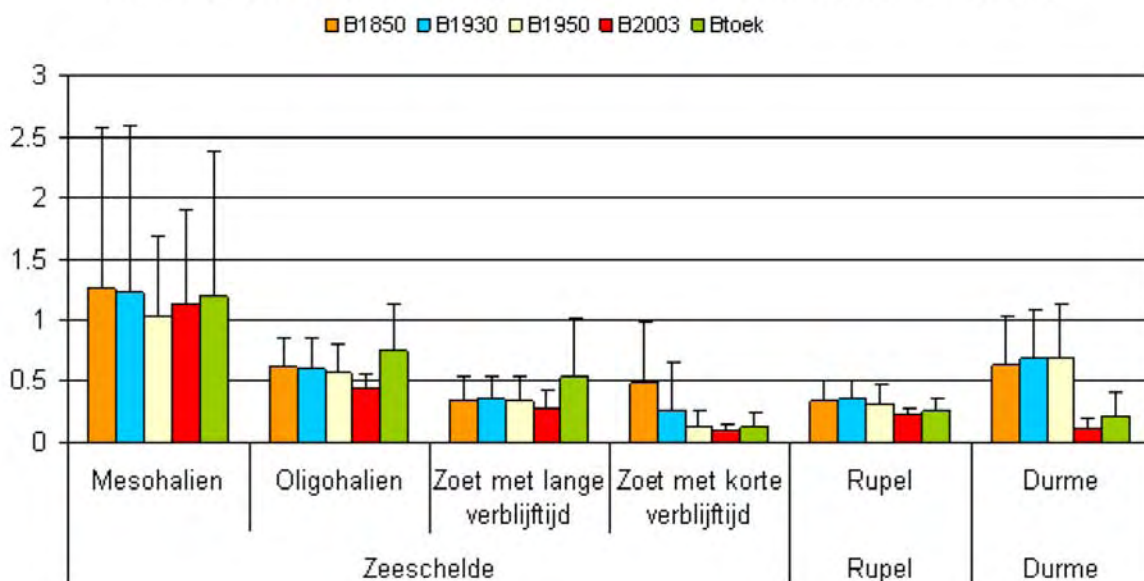
### 3.2.3.2 Geometrie van het estuarium

De geometrie van het Schelde-estuarium is de voorbije 150 jaar sterk veranderd. Door inpolderingen zijn schor- en slikgebieden langs de rand van het estuarium verdwenen en werd de breedte waarover het water kan worden geborgen kleiner. Aangezien de hoeveelheid water die het estuarium in- en uitstroomt weinig veranderde, is het verlies aan stroombergende breedte gecompenseerd door een toename van het getijverschil en een betere vulling van het estuarium door grotere loopsnelheden van de getijgolf (Vroon et al., 1997). Hieronder wordt eerst de evolutie van de stroombergende breedte en daarna van de stroomberging of stroombergend vermogen geschetst (zie 2.2.5 voor definities).

#### Breedteveranderingen

De evolutie van de stroombergende breedte werd in kaart gebracht van 1850 tot en met het toekomstscenario met de geplande herstelprojecten (Figuur 3.77). Hieruit kwamen sterke verschillen tussen de saliniteitszones naar voren. In het **mesohaliene** deel daalde de gemiddelde stroombergende breedte tot 1950, waarna ze opnieuw steeg. In het toekomstscenario (3.1.3) stijgt de stroombergende breedte verder in bepaalde delen. In de **oligohaliene** zone is tot 1950 een geleidelijke daling zichtbaar en een grotere afname tussen 1950 en 2003. In het toekomstscenario bestrijkt de stroombergende breedte ook zones die reeds voor 1850 aan de rivierinvloed onttrokken waren. In de zoete zone met **lange verblijftijd** is eenzelfde sterke verhoging van de stroombergende breedte voor het toekomstscenario zichtbaar. Van 1850 tot 1950 is de stroombergende breedte in deze zone nagenoeg niet veranderd. Enkel de laatste vijftig jaar is er een duidelijke vernauwing opgetreden. De zoete zone met **korte verblijftijd** vertoont een afwijkende evolutie vergeleken met de andere saliniteitszones. Hier is een sterk dalende trend van de stroombergende breedte zichtbaar. De sterkste daling trad op tussen 1850 en 1930 ten gevolge van de indijking en normalisaties van de meest stroomopwaartse delen van de rivier (3.1.3.1). De dalende trend zet zich voort tot 2003. In het toekomstscenario wordt de situatie slechts gedeeltelijk hersteld en benadert de stroombergende breedte de situatie van 1930. In 1850 had het grootste deel van de vallei binnen deze zone nog een stroombergende functie voor de bovenafvoer omwille van de beperkte getijwerking. Bij de huidige getijamplitude zal dit gebied meer dienst doen als berging van het vloedvolume. Stroombergende functies voor bovenafvoer komen wel nog voor langs de zijrivieren (zoals de Nete) maar veel minder langs de Zeeschelde zelf.

#### Evolutie van de stroombergende breedte in het Schelde estuarium



Figuur 3.77 Gemiddelde breedte van de stroombergende zone in de verschillende saliniteitszones van de Zeeschelde, de Rupel en de Durme / Mean storage width in different salinity zones of the Scheldt and Rupel and Durme

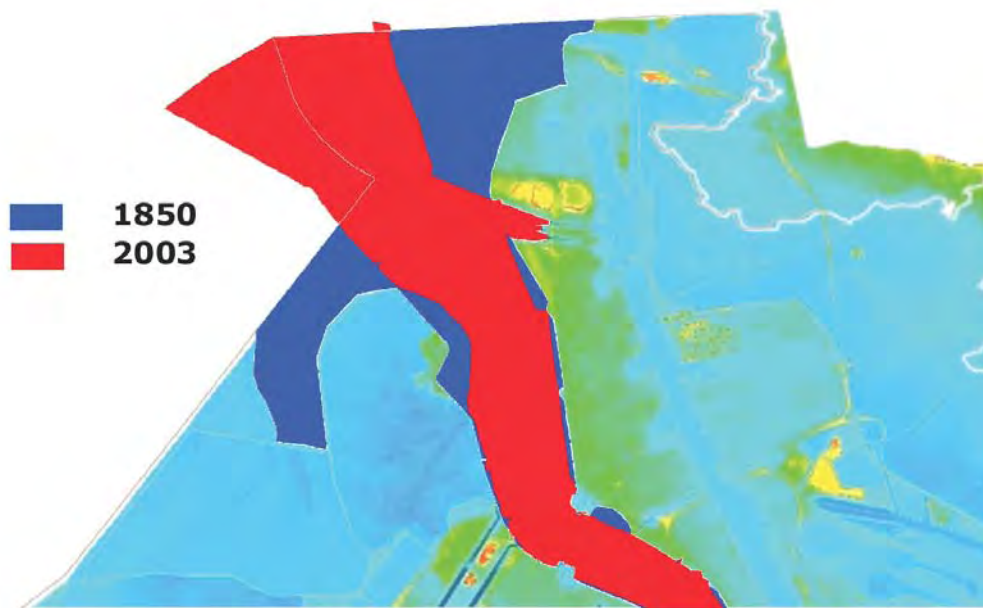
Langs de **Rupel** bleef de stroombergende breedte redelijk stabiel tot 1950. Daarna trad een sterke daling op, ondermeer door het afsluiten van de Vliet (3.1.4). In het toekomstscenario verhoogt de stroombergende breedte slechts in beperkte mate.

Ook langs de **Durme** blijft de stroombergende breedte vrijwel stabiel tot 1950. Nagenoeg de volledige vallei werd door het getij beïnvloed (soms het hele jaar door, soms enkel in de winter; 3.1.3). In 2003 is hiervan slechts een fractie overgebleven. In de toekomst wordt ook in dit gebied een deel van de vallei opnieuw in verbinding gebracht met de rivier, maar blijft men ver onder de oorspronkelijke waarden.



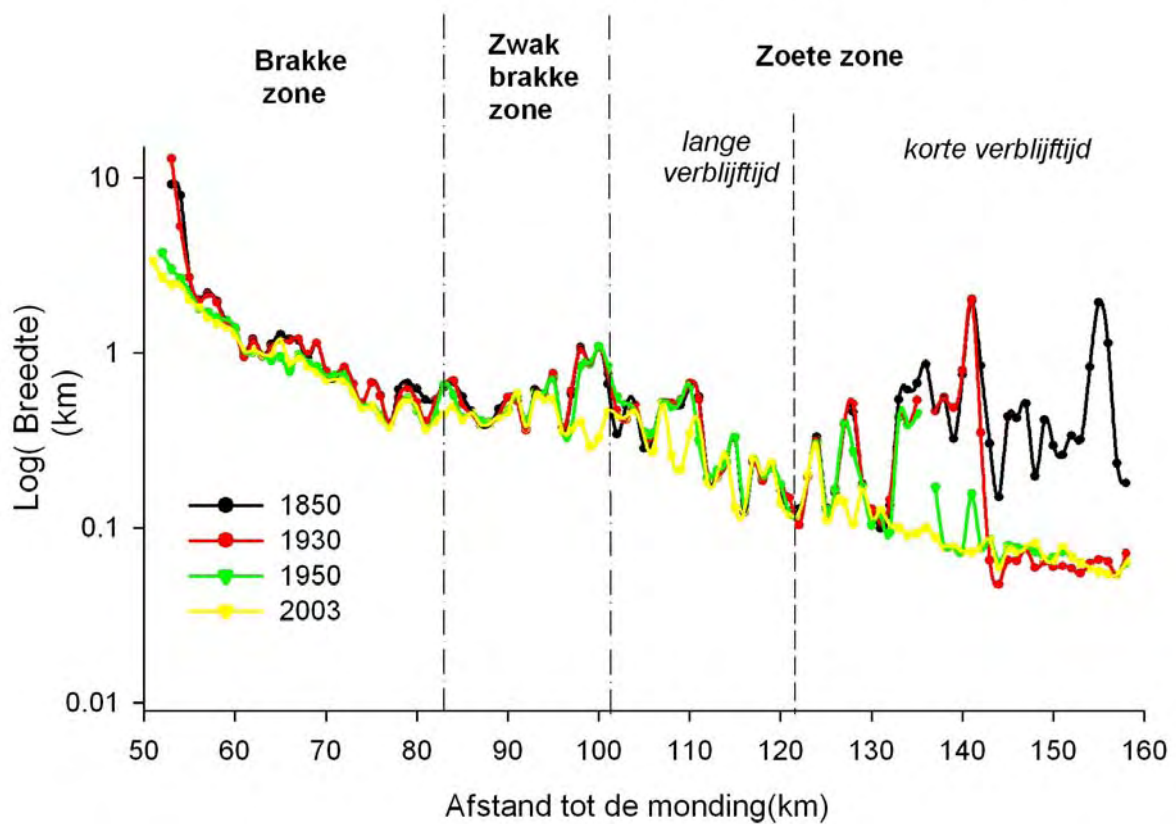
Figuur 3.78 Afstand tot de monding langs de rivieras (km) / distance to mouth along the river axis (km)

Wanneer we de evolutie van de stroombergende breedte langsheen de Scheldegradiënt meer in detail bekijken, worden de ruimtelijke veranderingen die zijn opgetreden sinds 1850 duidelijk zichtbaar. We zien een uitgesproken afname van de stroombergende breedte in de twee uiterste zones van de Zeeschelde (*Figuur 3.80*): de meest stroomafwaartse zone vanaf Doel (overgangszone naar het meergeulensysteem van de Westerschelde; *Figuur 3.80*) en de meest stroomopwaartse zoete zone met korte verblijftijd. In de periode 1920-1930 was de bergingsruimte stroomopwaarts van de Kalkense meersen (km 144) reeds volledig weggevallen. Vanaf 1950 vielen ook de stroombergende gebieden in de Kalkense meersen en omgeving grotendeels weg. In het brakke en zwak brakke gebied daalde de stroombergende breedte licht tot ongeveer Temse (km 97), in tegenstelling tot het stroomopwaartse deel. In de zoete zone met lange verblijftijd daalde de stroombergende breedte het sterkst tussen Sint- Amands en Baasrode (rond km 110).



Figuur 3.79 Evolutie van het stroombergend oppervlak in het stroomafwaartse deel van de brakke zone van de Zeeschelde tussen 1850 en heden / Evolution of storage area in the downstream area of the mesohaline part of the Scheldt since 1850

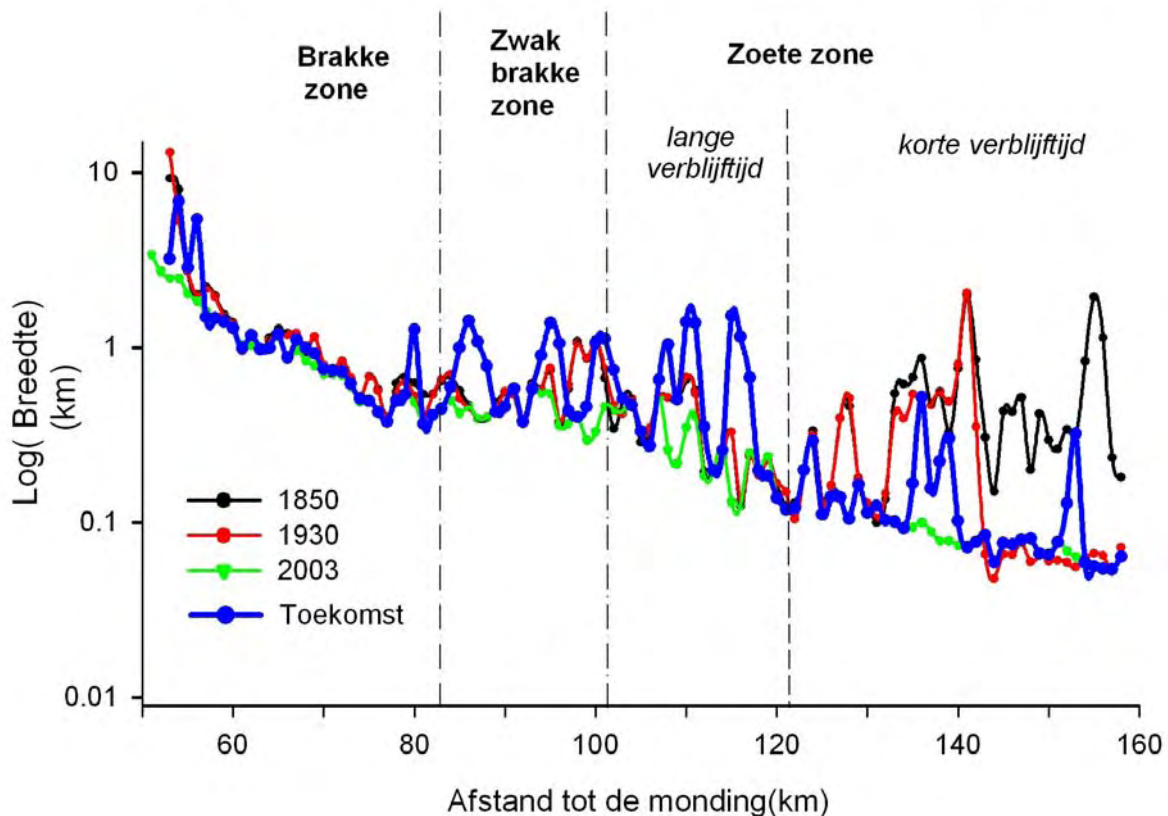
### Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde tussen 1850 en heden



Figuur 3.80 Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde tussen 1850 en heden / Evolution of storage width in the mesohaline zone of the Scheldt since 1850 (x-axis: distance to the mouth, y-axis: log(width))

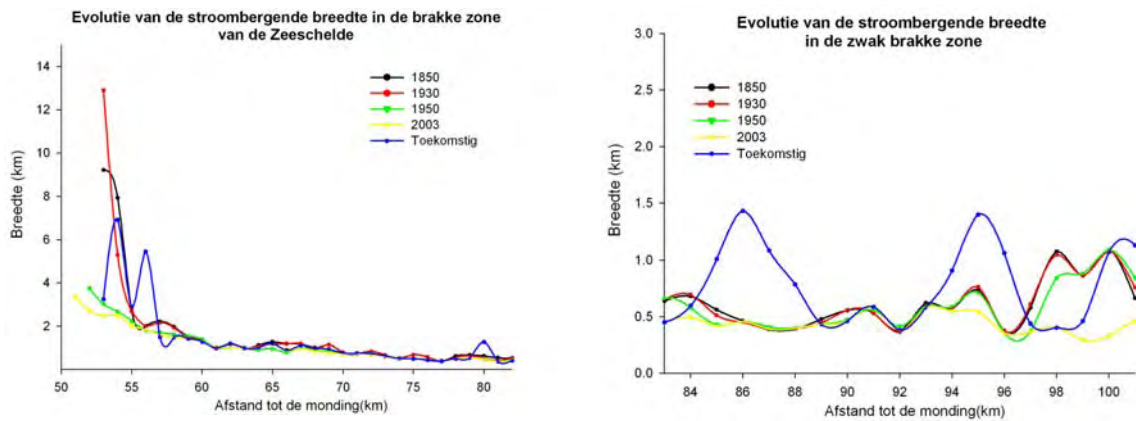
In het toekomstscenario vinden we sterk toegenomen breedtes tussen km 80 (Antwerpen) en km 117 (Vlassenbroekse polder) in vergelijking met de situatie in 1850 en 1930 (Figuur 3.81). Enkel in de zwak brakke zone rond km 98 (nabij Temse) wordt de breedte van 1930 niet hersteld en vertoont het toekomstscenario een dieptepunt. In de zoete zone met korte verblijftijd en een deel van de brakke zone treedt slechts gedeeltelijk herstel op van de stroombergende breedtes in vergelijking met 1930 en zeker in vergelijking met 1850.

### Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde



Figuur 3.81 Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde vergeleken met het geplande herstel in het meest wenselijk alternatief van het Sigmaphan (toekomstscenario) / Evolution of storage width in the Scheldt since 1850 and the planned restoration in the MeWa

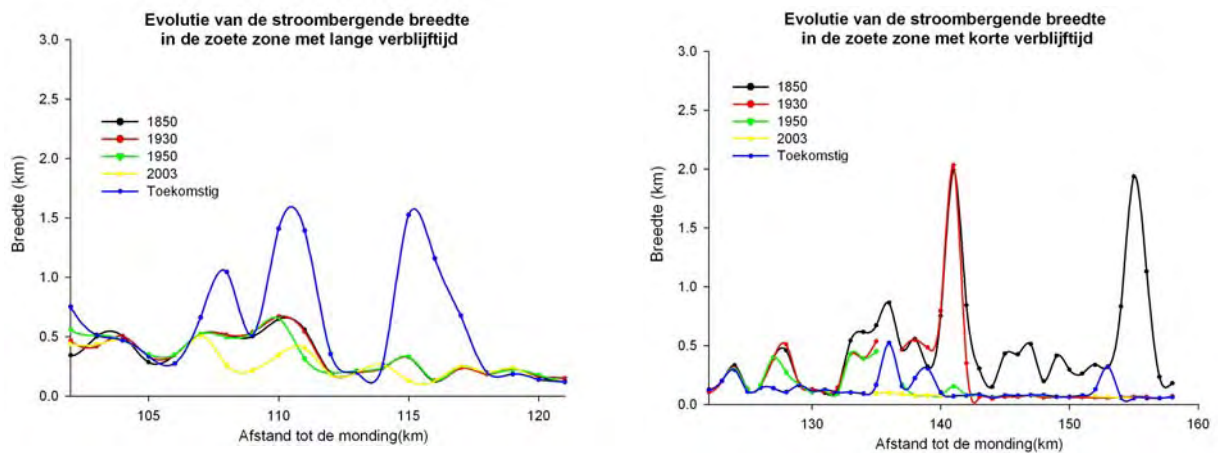
In het meest stroomopwaartse deel van de brakke zone zien we een gedeeltelijk herstel (Figuur 3.82). In de toekomst wordt een deel van het verlies aan stroombergende breedte gecompenseerd in een naburige meer stroomopwaartse zone (KBR). In de zwak brakke zone zien we vooral een sterke daling in 2003 in tegenstelling tot de periode 1850 -1950. De oorzaak hier is o.a. de omvorming van het Tielrodebroek van vloeiwede naar GOG, waardoor het enkel nog een kombergende functie heeft bij stormvloeden. Ook het inpolderen van naburige gebieden stroomafwaarts Tielrodebroek ligt aan de basis van deze daling. In het toekomstscenario leiden de ontwikkeling van KBR rond km 86 en het Schouselbroek (km 95) tot een duidelijke toename van de stroombergende breedte. De ontwikkeling van het Tielrodebroek als GGG leidt slechts tot gedeeltelijk herstel van de vroegere situatie omdat het oorspronkelijke overstromingsgebied bijna tot aan Temse reikte.



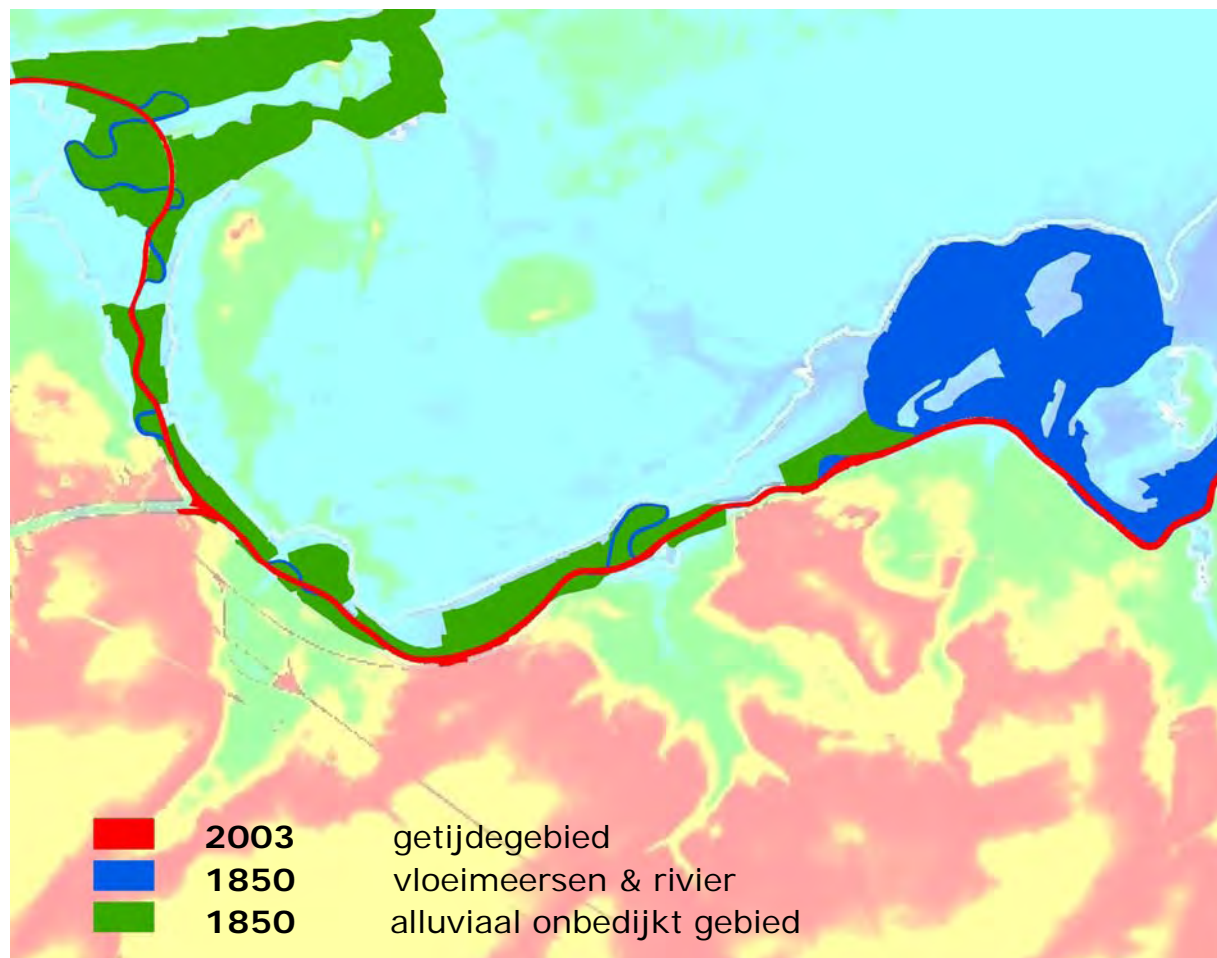
Figuur 3.82 Evolutie van de stroombergende breedte in de brakke zone vanaf 1850 tot 2003 samen met het geplande meest wenselijk alternatief; a) Brakke of mesohaliene zone, b) zwak brakke of oligohaliene zone / Storage width in the brackish part of the Scheldt around 1930, 2003 and the planned future scenario; a) mesohaline zone, b) oligohaline zone

In de zoete zone met lange verblijftijd is vooral de sterke daling rond km 110 opvallend, waar o.a. op rechteroever ten zuiden van St.-Amands nog een grote stroomberging mogelijk was (Figuur 3.83). In de toekomst wordt de potentiële stroomberging nog vergroot in deze zone door de ontwikkeling van Kleine wal-Grote Wal. De sterke toekomstige stijging rond km 115 valt samen met het GGG van Vlassenbroek.

In de zoete zone met korte verblijftijd waren rond 1850 enkele grote stroombergingsgebieden (Kalkense meersen (km 142) en de Damvallei (km 155)) waar overwegend bovenafvoer werd geborgen (Figuur 3.84). Bij de vorige eeuwwisseling zijn in deze zone door rechtrekkingen en bedijkingen grote delen volledig aan de Schelde-invloed onttrokken. Tussen 1920 en 1950 verdwenen ook nog eens de Kalkense meersen als stroombergende zone.



Figuur 3.83 Evolutie van de stroombergende breedte in de zoete zone vanaf 1850 tot 2003 samen met het toekomstig meest wenselijk alternatief van het Sigmaplan; a) zoete zone met lange verblijftijd, b) zoete zone met korte verblijftijd. / Storage width in the fresh water part of the Scheldt around 1930, 2003 and the planned future scenario; a) long retention zone, b) short retention zone

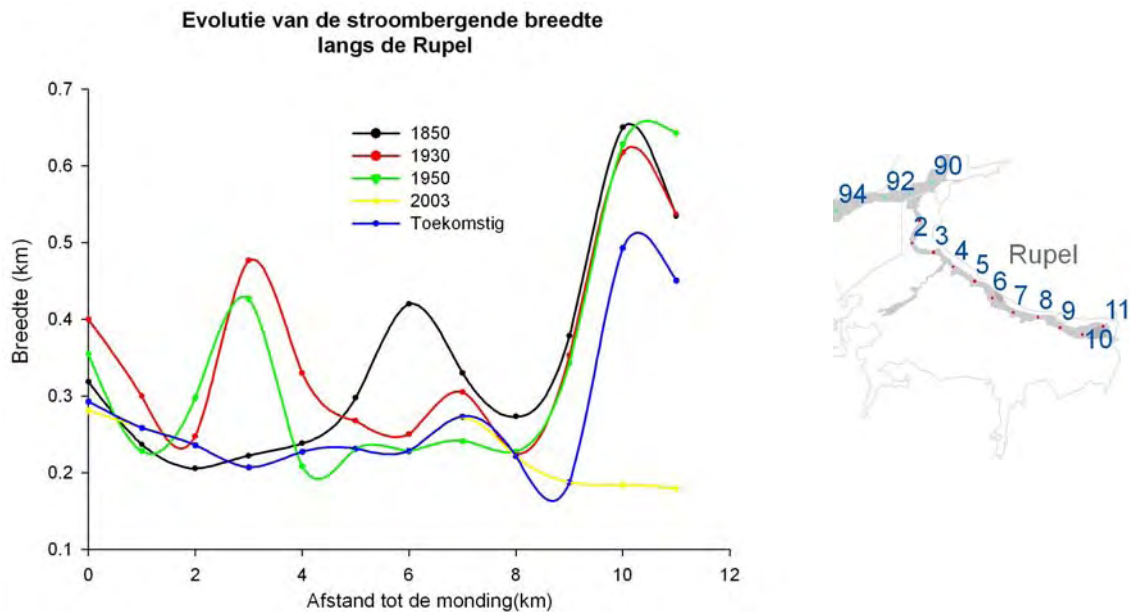


Figuur 3.84 Verlies aan alluviaal en vloeimeersengebied in de zoete zone met korte verblijftijd tussen 1850 en 2003 / Lost alluvial and flooded area between 1850 and 2005

### De zijrivieren: Rupel en Durme

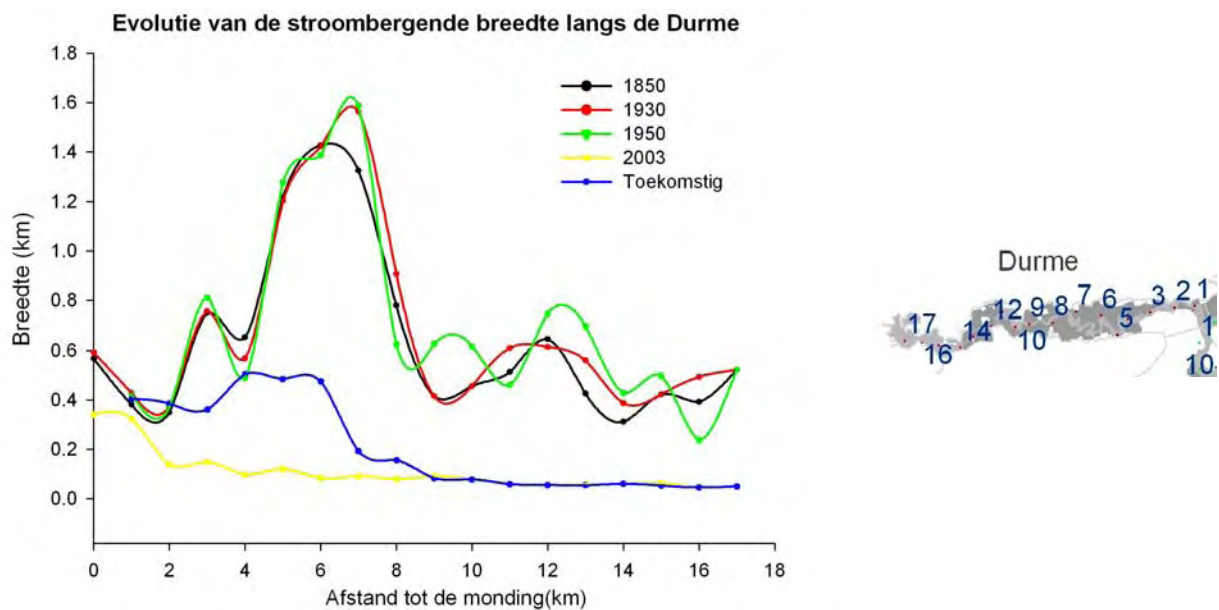
In het stroomafwaartse deel van de Rupel verschuift de zone met een maximale stroombergende breedte doorheen de jaren (Figuur 3.85). In 1850 (zonder de Vliet) ligt een piek ter hoogte van Boom (km 6), waar nog een klein vloeisysteem aanwezig was. In 1930 en 1950 ligt de piek rond km 3 waar een aantal ingrepen gebeurden rond de oude monding van de Vliet. In de volledige stroomafwaartse zone (km 0 tot 8) valt stroomberging bijna volledig weg en worden geen herstelmaatregelen gepland. Stroomopwaarts blijft de stroombergende zone hoog tot 1950. De huidige smalle zone is echter ontoereikend bij de actuele hoge getijamplitude in deze zone (3.2.1.2). Bij uitvoering van alle geplande estuariene herstelprojecten langs de Rupel wordt de stroombergende breedte gedeeltelijk hersteld tot ongeveer drie kwart van de situatie voor 1950.



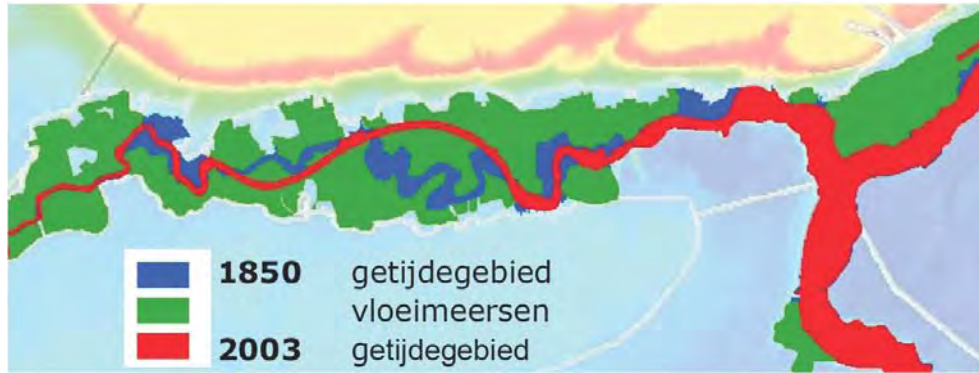


*Figuur 3.85 Evolutie van de stroombergende breedte langs de Rupel vanaf 1850 tot nu en het geplande meest wenselijk alternatief van het Sigmoplan / Evolution of storage width along the Rupel from 1850 till now and the planned future scenario (MeWa)*

Langs de Durmevallei, die in het Noorden door de Wase cuesta begrensd wordt, is door het stijgend hoogwater tussen 1850 en 1950 (3.2.1.2) een kleine stijging van de bergende breedte zichtbaar (*Figuur 3.86*). De periode rond 1950 kan als het maximale bereik gezien worden aangezien na 1950 de bevoelde oppervlakte langs de Durme sterk daalde door de rechtekkingen en verslechterde waterkwaliteit. De stroombergende breedte in 2003 is slechts een zeer kleine fractie van wat ooit het stroombergend gebied van de Durme moet zijn geweest. Bij uitvoering van alle geplande ontpolderingen wordt slechts een gedeelte van de stroomafwaartse bergende breedte hersteld.



*Figuur 3.86 Evolutie van de stroombergende breedte langs de Durme vanaf 1850 tot het geplande herstel in het meest wenselijk alternatief van het Sigmoplan/ Evolution of storage width along the Durme from 1850 till now and the planned future scenario (MeWa)*



Figuur 3.87 Verlies aan stroombergende ruimte langs de Durme tussen 1850 en 2003 / lost of flood zones and tidal area between 1850 and 2005

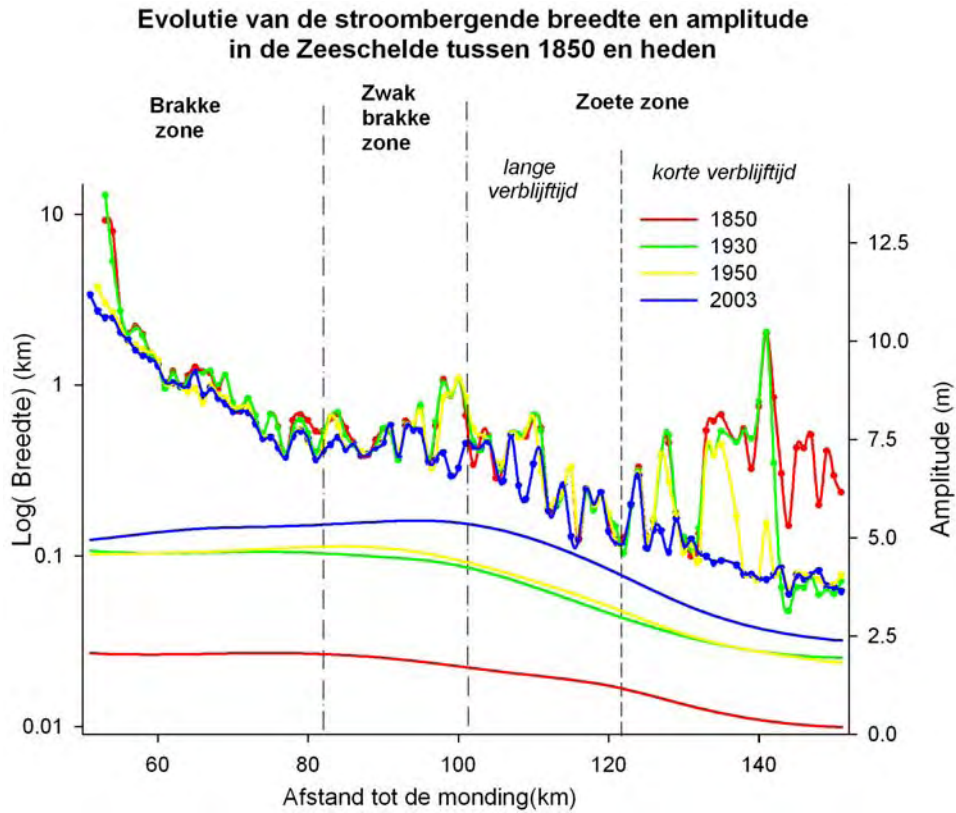
### Veranderingen in stroomberging

De sterke afname van de bergende breedte door rechtekkingen, ontpolderingen, dijkverhogingen en –verleggingen leidde tot een verminderde stroomberging langsheen de Zeeschelde vanaf 1850. Aangezien het getijvolume nagenoeg gelijk bleef, is de vermindering van stroombergende oppervlak gecompenseerd door een betere vulling van het estuarium door een grotere voortplantingssnelheid van de getijgolf en een toename van het getijverschil. Ook de zeespiegelrijzing doet de stroomberging toenemen (Vroon et al., 1997).

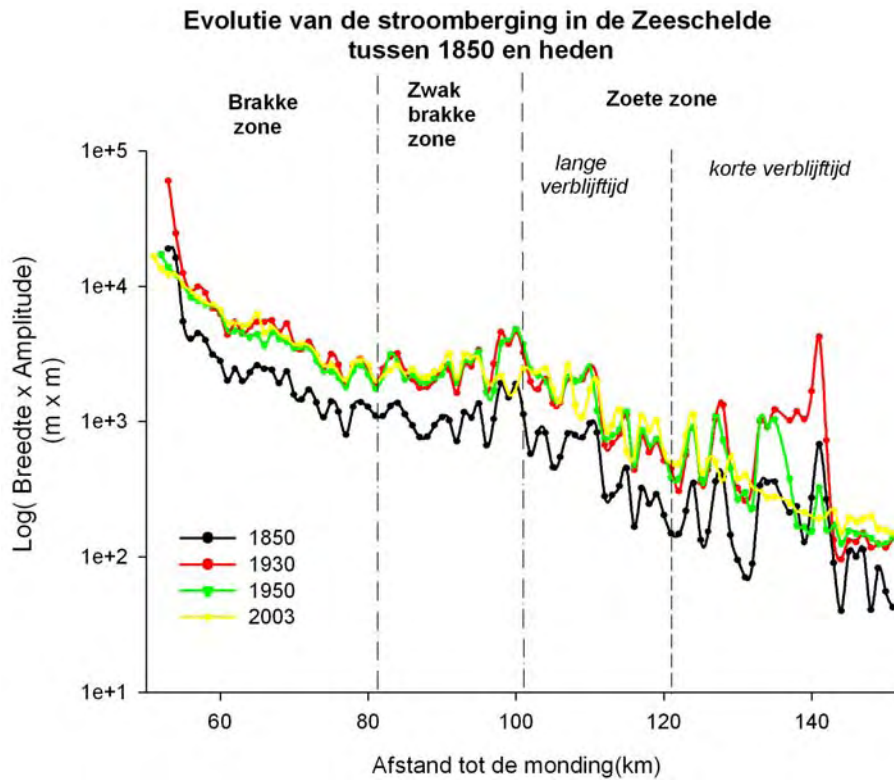
Bij het vergelijken van de stroombergende breedtes uit het geplande toekomstig scenario met de historische breedtes zou verkeerdelijk kunnen besloten worden dat met realisatie van het MeWA in sommige zones overgecompenseerd wordt. Algemeen geldt dat bij een bepaald getijregime in het Schelde-estuarium de *voortplantingssnelheid* van de getijdegolf benaderd kan worden met de formule:  $c = \sqrt{(gA/Bb)}$ , waarbij  $g$  de versnelling van de zwaartekracht,  $A$  de dwarssectie van de stroming en  $Bb$  de bergende breedte is (Vroon et al., 1997). Bij een bepaald getijregime kan de voortplantingssnelheid van de getijdegolf afnemen door een vermindering van de stroomvoerende sectie of een verhoging van de stroombergende breedte.

Aangezien de verruiming van de vaargeul het stroomvoerende oppervlak van de geul verhoogd hebben ten opzichte van de historische situatie, is een relatieve toename van de stroombergende breedte zeker van belang om de voortplantingssnelheid te beperken en de getij-energie te dissiperen. Hiermee werd rekening gehouden bij de keuze voor de optimale locatie van estuariene natuurontwikkelingsgebieden langs het Schelde-estuarium (Van den Bergh et al., 2003)

Naast de betere vulling van het Schelde-estuarium is er ook een toename van de *getijamplitude* opgetreden tussen 1850 en nu. Uit *Figuur 3.88* blijkt dat in de zones met grote geplande stroombergende breedtes, zoals in de zwak brak zone en zoete zone met lange verblijftijd (*Figuur 3.87*), de hoogste getijamplitudes worden waargenomen. Het is dan ook cruciaal dat in deze gebieden de grootste bijkomende stroombergende oppervlaktes worden voorzien.



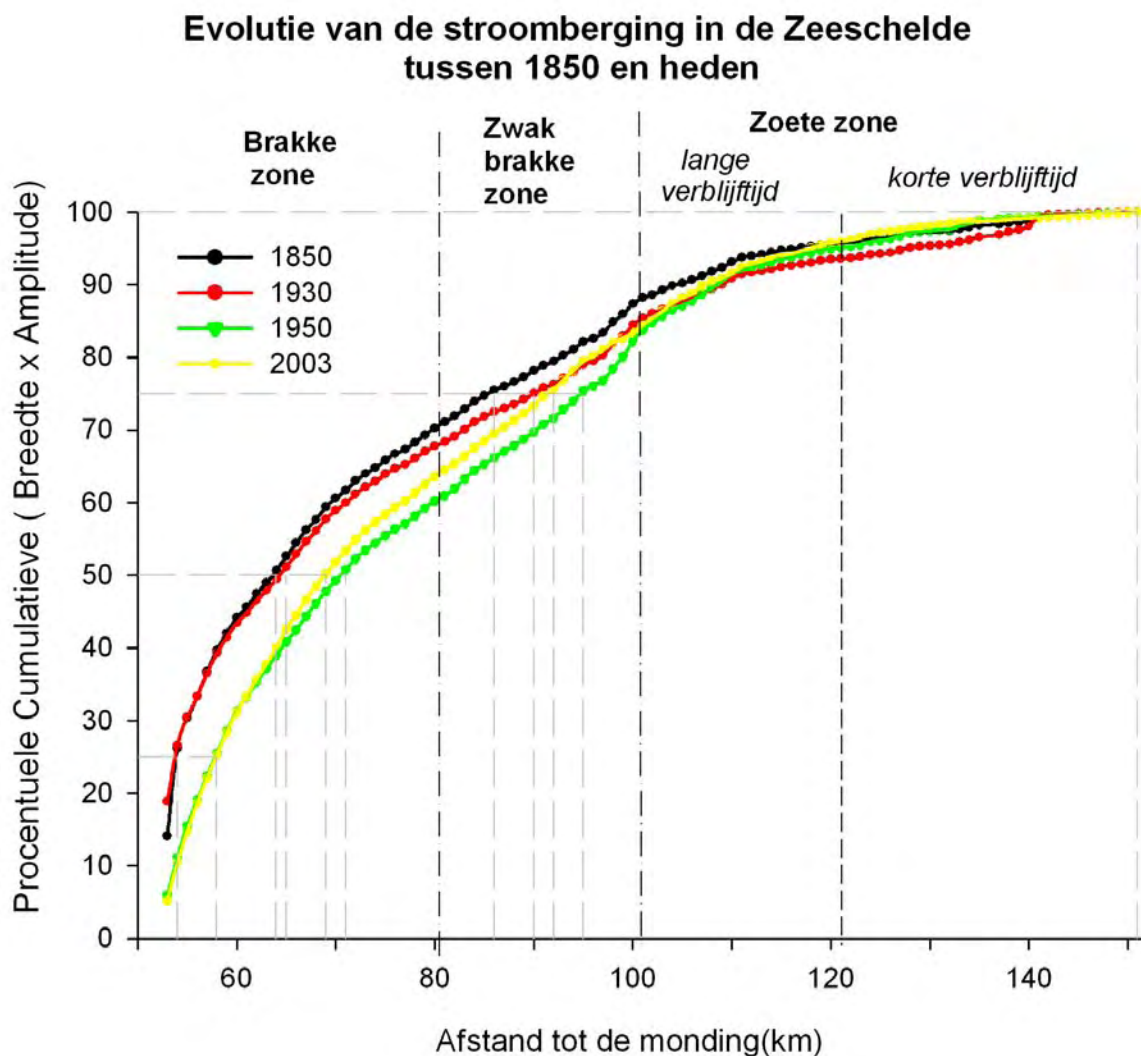
Figuur 3.88 Evolutie van de horizontale tijcomponent of stroombergende breedte naast de verticale component: de getijamplitude langs de Zeeschelde / Evolution of the horizontal and vertical tidal component: storage width and tidal amplitude)



Figuur 3.89 Evolutie van de stroomberging (breedte x amplitude) langs de Zeeschelde gradiënt / Evolution of storage capacity (storage width x tidal amplitude) along the Zeeschelde

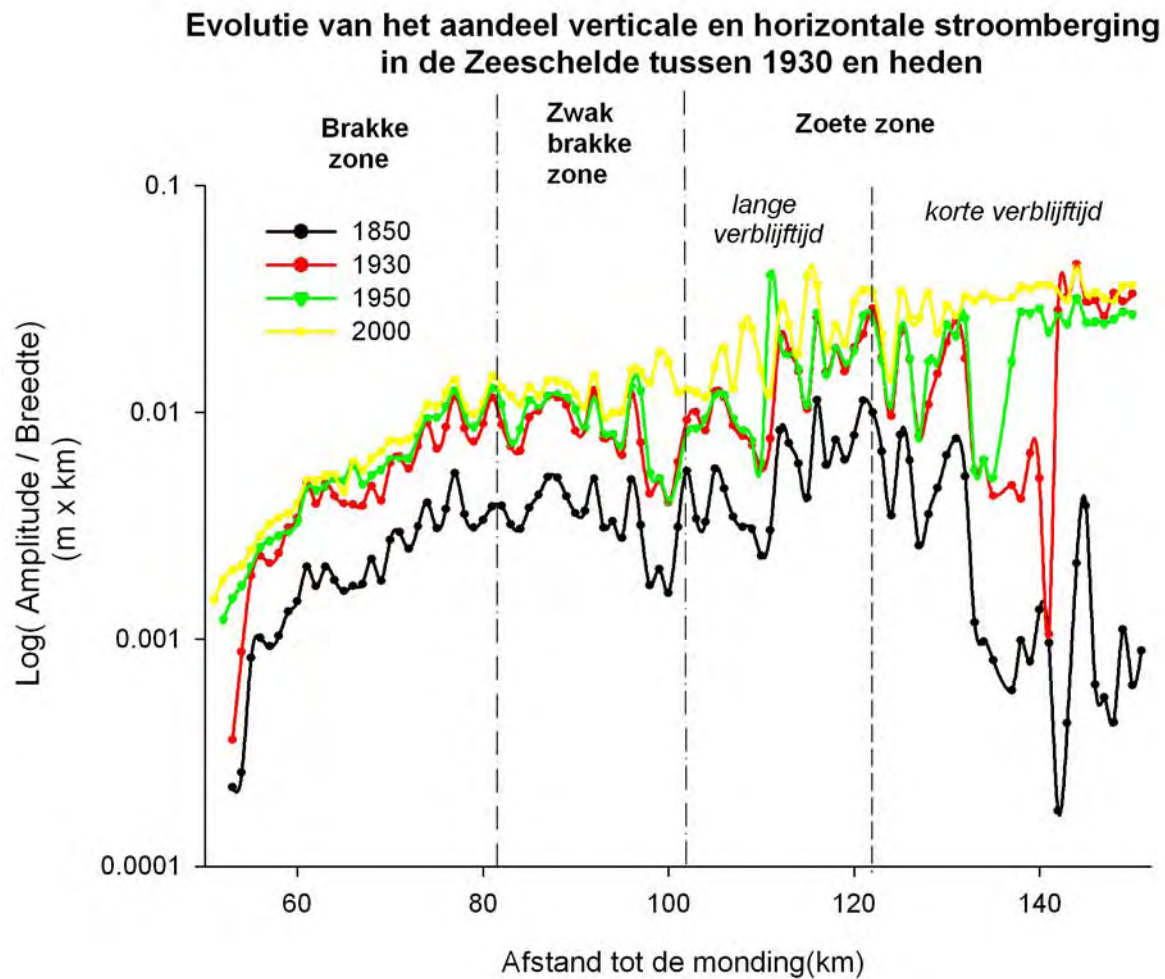
In *Figuur 3.89*, waarin een maat voor de lokale stroomberging per km wordt weergegeven als het product van de stroombergende breedte en de getijamplitude, is te zien dat de verandering tussen 1850 en 1930 een grote impact heeft gehad op het Schelde-ecosysteem. Het sterk verminderen van de bovenafvoer van de Schelde ligt hier mee aan ten grondslag.

Aan de hand van een procentuele cumulatieve curve (*Figuur 3.90*) van dit product zien we in welke mate het stroombergend vermogen verschoven is in stroomopwaartse richting. Vanaf de Belgisch-Nederlandse grens vertonen de curves van 1850 en 1930 relatief gezien een snelle stijging in relatieve stroomberging. In 1950 en 2003 is de stijging aanzienlijk kleiner. De helft van het totale stroombergend vermogen wordt rond 1850 en 1920-1930 bereikt op ongeveer de 65 km van de monding (thv Boudewijnsdijk). In 1950 en 2003 situeert zich dit 5 km verder rond km 70 (thv Fort St Marie). 75% vulling wordt in 1850 het snelst bereikt rond km 85 (thv Kruikeke) en in 1930 rond km 90 van de monding (Rupelmonde). In 1950 is dit verder verschoven naar km 95 (Notelaar). In 2003 verloopt de vulling ongeveer even snel als in 1930. Aangezien in 1930 meer water geborgen werd in de breedte, speelt in 2003 de verticale berging een grotere rol (*Figuur 3.91*).



*Figuur 3.90* Evolutie van de cumulatieve stroomberging langs de Zeeschelde gradiënt / Evolution of the cumulative storage capacity along the Zeeschelde

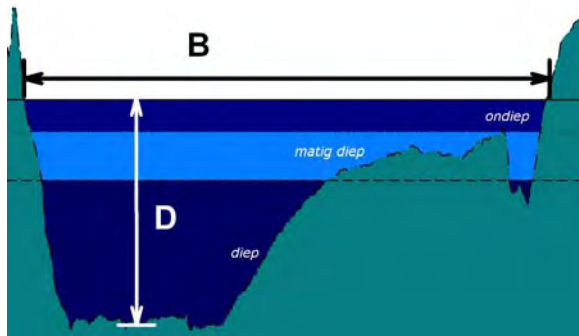
De evoluties in de verhouding van getijamplitude en stroombergende breedte (*Figuur 3.91*) illustreren het stijgend belang van verticale stroomberging in het Schelde-estuarium. De grootste verandering gebeurde tussen 1850 en 1930. Tussen 1930 en 1950 bleven de veranderingen beperkt met uitzondering van de zoete zone met korte verblijftijd. Tussen 1950 en 2003 treedt de grootste verschuiving op in de overgang tussen de zwak brakke zone en de zoete zone met lange verblijftijd. In de zoete zone met korte verblijftijd stijgt het belang van de verticale stroomberging verder.



*Figuur 3.91 Evolutie van het aandeel verticale en horizontale stroomberging in de Zeeschelde/ Evolution of the ratio of vertical and horizontal component in the storage capacity along the Zeeschelde*

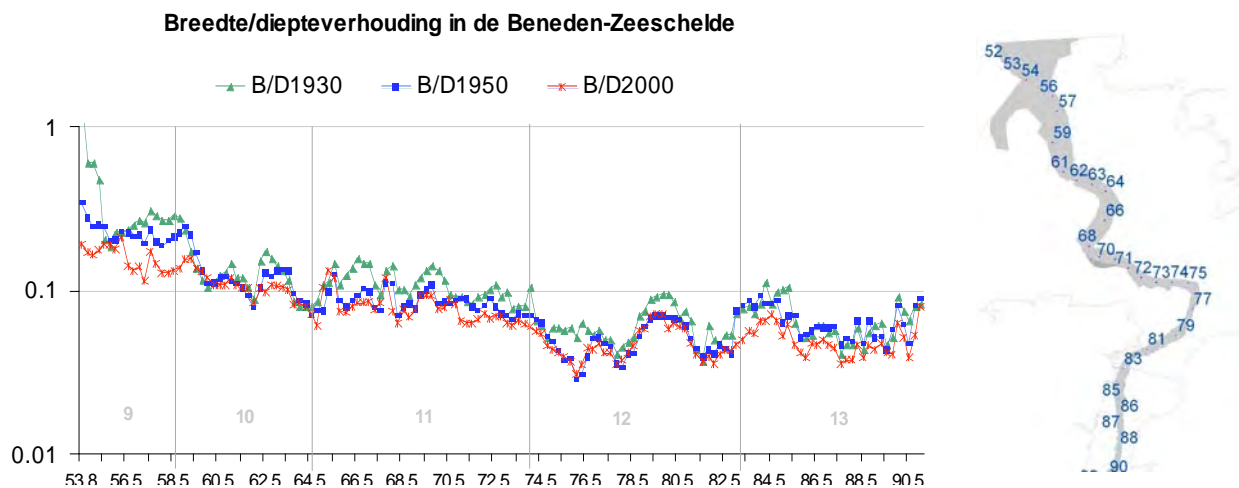
### Breedte - Diepte veranderingen

Bij de breedte-diepte veranderingen wordt gekeken naar de veranderingen in de gemiddelde stroombergende breedte  $B$  en de maximale diepte van de diep water-zone  $D$  ( $< 5\text{m}$  onder GLWS) binnen een bepaald segment (*Figuur 3.92*). Dit kon alleen voor de Beneden-Zeeschelde (Grens-Rupel) bekeken worden bij gebrek aan bathymetrische data verder stroomopwaarts.



Figuur 3.92 Schematische weergave van de bepaling van de breedte-diepteverhouding / Schematical view of the determination of the storage width (B) – maximum channel depth (D) ratio

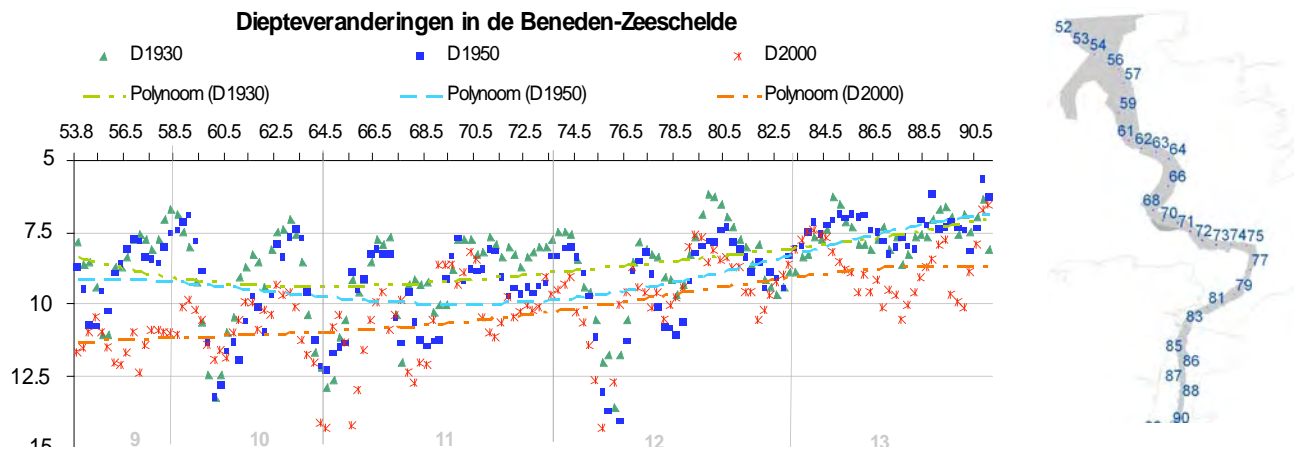
Over het algemeen stijgt de geulbreedte van een rivier in stroomafwaartse richting sneller dan de geuldiepte (de breedte-diepteverhouding neemt dus toe). Dat geldt ook voor de Beneden-Zeeschelde. De breedte/diepteverhouding vertoont voor de drie beschouwde perioden een dalende trend in stroomopwaartse richting (Figuur 3.93). In 1930 is nog een duidelijk golvend patroon aanwezig dat de afwisseling van drempels en diepere delen weerspiegelt. In 1950 blijft dit patroon nog grotendeels aanwezig in Omes-segmenten 12 en 13, maar verder stroomafwaarts is het minder uitgesproken geworden door de toegenomen baggerinspanningen ter hoogte van de drempels.



Figuur 3.93 Evolutie van de breedte-diepteverhouding in de Beneden-Zeeschelde van 1930 tot 2000 (logaritmisch) / Evolution of the width-depth ratio in the lower Zeeschelde from 1930 till 2000 (logarithmic)

Wanneer we de veranderingen per Omes-segment bekijken zien we in segment 9 een duidelijke daling van de breedte/diepte verhouding tussen 1930 en nu. In 1930 zorgden de brede zone ter hoogte van het Groot Buitenschoor en de ondiepe zone ter hoogte van de drempel van Zandvliet voor de vrij hoge B/D verhouding. De inpoldering van 600 ha schor in 1942 resulteerde in een sterke daling in 1950. De daling tot 2003 is vooral te wijten aan de verdiepingen van de vaargeul ten behoeve van de scheepvaart. In Omes-segment 10 (Doel tot Ketenisse) is er een daling tussen 1930 en 1950 ter hoogte van de drempel van Lillo en de ondiepte ter hoogte van de huidige Liefkenshoektunnel. Vanaf 1950 blijft de verhouding relatief gelijk. Segment 11 (Ketenisse tot Blokkerdijk) vertoont een sterke mindering van de breedte/diepte verhouding. De grootste daling vond plaats tussen 1930 en 1950. In het traject Blokkerdijk en Burcht (segment 12) zien we de laagste breedte/diepte verhouding in de Beneden-Zeeschelde in de periode 1950 en 2003 ter hoogte van Antwerpen. De hoogste verhoudingen liggen hier ter hoogte van de plaat de Vlake en het Galgenweel. Op de grens van Omes-segmenten 12 en 13 is in stroomopwaartse richting een afwisseling van een hoge en lage B/D verhouding zichtbaar. In deze zone, waar de breedte beperkt

was, weerspiegelt dit vooral de afwisseling in diepte van de diepwaterzone (Figuur 3.94). Nabij Rupelmonde zorgen de aanwezige schorzones voor een stijgende B/D verhouding.



Figuur 3.94 Diepteveranderingen in de Beneden-Zeeschelde van 1930 tot 2000 / Depth changes in the lower Zeeschelde from 1930 till 2000

### 3.3 Historisch overzicht van antropogene invloeden

Aan de hand van een literatuurscreening werd nagegaan welke veranderingen plaatsvonden die rechtstreeks of onrechtstreeks van invloed kunnen zijn op het areaal of de kwaliteit van de slikken en schorren. Als de ingreep of gebeurtenis nauwkeurig kan gedateerd worden, wordt alleen een begindatum weergegeven. Als dat niet zo nauwkeurig kan of als de werken over een langere periode plaats vonden, wordt een periode (begin- en einddatum) aangegeven. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen veranderingen in het landgebruik (Tabel 3.17) en wijzigingen op het niveau van de riviermorfologie en –dynamiek (Tabel 3.18). De meeste gebeurtenissen worden ook elders in dit rapport vermeld om de waargenomen evoluties te helpen verklaren.

#### 3.3.1 Landgebruik

Tabel 3.17 Historisch overzicht van het landgebruik langsheen de Zeeschelde/ Historic overview of land use changes along the Zeeschelde

	Locatie	Begin- datum	Eind- datum	Beschrijving
Voor 1900	KBR	vanaf 1850		sterke toename wijmenteelt ten nadele van akker
	schor Rupelmonding	1872		beplanting met wijmen
1900-1930	Schausselbroek	1903		grote toename wijmenbeplantingen tot 90% van de oppervlakte
	Schausselbroek	1914		bij benadering einde van de turfontginning
	St.-Amandsschoor	1921		geleidelijke omzetting van hooilanden naar akkerbouw
	De Cramp	1921		geleidelijke omzetting van hooilanden naar akkerbouw
1930 – 1950	Schausselbroek	1928		teloorgang wijmenteelt
	Saaftinge	1933		introductie van Engels slijkgras
	Notelaar	1940		tot WO II beweid en begroeid met biezen, daarna deels omgevormd tot griend
	Kijkverdriet	1945		ontstaan van een grote krater ter hoogte van de vroegere spuikom in de noordoosthoek door bominslag
	Galgenschoor	1950		vermoedelijk stopte het beweidingsbeheer dat op heel Galgenschoor geldde rond deze periode
1950-1960	Kijkverdriet	1950		einde landbouwbeheer
	St.-Amandsschoor	1950		einde landbouwbeheer rond deze periode
	St.-Amandsschoor	1950	1960	geleidelijke stopzetting akkerbouw
	De Cramp	1950	1960	geleidelijke stopzetting akkerbouw
	Kijkverdriet	1950		stopzetting van het hooilandbeheer
	Groot schoor van Hamme	1955		einde akkerbouw en start ontwikkeling schor
	Schausselbroek	1969		opkomst populierenteelt, neemt tot 70% van de oorspronkelijke wijmen in
1970-1980	Konkelschoor	1979		tot dan stukken in gebruik als rietsnijderij
1980-1990	Kijkverdriet	1980	1981	start beheerswerken door ecotest
	Groot schoor van Hamme	1980		vanaf 1980 ongeveer helft omgezet in maisakker



	Locatie	Begin- datum	Eind- datum	Beschrijving
	Schor van Doel	1980		einde van de begrazing rond de jaren 80
	Groot Schoor van Grembergen	1983		start beheerswerken
	St.-Amandsschoor	1983		een aantal brede grachten worden gegraven, voortijdig stopgezet
	Vlassenbroekse polder/schor van Vlassenbroek	1985		start beheerswerken
	St.-Amandsschoor	1986	1987	start beheerswerken
	Notelaar	1987		start beheer wielewaal, wilgenkap en wintermaaien riet
	Notelaar	1987		start beheerswerken
	Galgenschoor	1987		start maaien zuidelijk rietveld voor commerciële redenen
	Notelaar	1987		start beheerswerken (vooral wilg kappen)
	Scheldebreeken Zele/Berlare	1988		start beheerswerken
	Schorren aan Durmemonding	1989		start beheerswerken BNVR, er worden wel al sedert jaren 70 grote oppervlaktes gemaaid
1990-nu	De Cramp	1990		start beheerswerken
	Konkelschoor	1991	1992	start beheerswerken
	Brede Schoren	1991	1992	start beheerswerken
	Schor van Ouden Doel	1993		start beheerswerken
	t Stort bij Weert	1995		kapvergunning voor wilgen
	Galgenschoor	1996		start beheerswerken (zeer kleinschalig)
	Schor van Doel	1999		reïntroductie seizoensbegrazing
	Groot Buitenschoor	2000		start begrazing met schapen

## 3.3.2 Riviermorfologie

Tabel 3.18 Historisch overzicht van de riviermorfologische ingrepen / Historical overview of anthropogenic activities on the Zeeschedde

zone	Periode	Locatie	Type	Begin- datum	Eind- datum	Beschrijving
MHZ		Groot Buitenschoor	Rivierdynamiek	1846	1867	aanleg Kreekrakdam, Ooster- en Westerschelde definitief van elkaar gescheiden
		Schor van Ouden Doel	Impoldering/bedijking	1846	1847	impoldering Prosperpolder
		Schor van Ouden Doel	Impoldering/bedijking	1894	1899	indijking Paardenschor met zomerdijk, precieze datum onduidelijk
		Ketenssepolder	Impoldering/bedijking	1854	1877	indijking polder
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1860		aanleg Kattendijkdok
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1893	1894	start aanleg Royerssluis maar opgeschort na instortingen
		Antwerpen	Infrastructuur	1878	1881	rechttrekking en aanleg van 3.5 km Scheldekaaien voor de rede te Antwerpen
		Antwerpen	Infrastructuur	1895		Verlenging kaaimuur met 2 km in zuidelijke richting
		Haven Antwerpen	Rivierdynamiek	1891	1897	Dijkverlegging (1891-1894) en verplaatsing vaargeul (1894-1897) aan punt van Melsele
		Schelde	Baggerwerken	1894	1897	start systematische onderhoudsbaggerwerken op de drempels van de Zeeschedde tussen Antwerpen en Kruisschans
OHZ		KBR	Rivierdynamiek	1715		Dijkdoorbraak waardoor de drie kreken ontstonden
		Kijkverdriet	Impoldering/bedijking	1750		impoldering Noordelijke helft + uitgraven Lange Kil in het noorden voor de steenbakkerij aansluitend op de natuurlijke kil
		Kijkverdriet	Impoldering/bedijking	1850		impoldering Zuidelijke helft
		schor Rupelmonding	Impoldering/bedijking	1892		voorzien van zomerdijk
ZZ_LT		Tielrodebroek	Impoldering/bedijking	1872		Tielrodebroek voorzien van eerste sluis en spuigat/afvoerpijp
		Tielrodebroek	Impoldering/bedijking	1830		indijking van het eiland Luizenbosch in de Durmemonding
		Schelde	Rivierdynamiek	1850	1860	Aanleg stuw te Gentbrugge ?? (onzeker)
ZZKT		Lele	Rivierdynamiek	1847	1862	Graven afleidingskanaal van de Lele; een groot deel van het bovendebiet valt weg waardoor het getij plots veel beter voelbaar wordt in Gent.
		Dendermonding	Rivierdynamiek	1868		Bouw stuwsluis aan monding met Scheide
		Rupelmonding	Rivierdynamiek	1892		Plaatsing van stroomgeleider aan de Rupelmonding waarna grote zandbank ontstond in de Rupelmonding (rechteroever). Terug weggenomen rond 1910.

Voor 1900

zone	Periode	Locatie	Type	Begin-datum	Eind-datum	Beschrijving
schelde		Schelde	Rechttrekking	1878	1904	verbeteringswerken op Schelde met verschillende rechttrekkingen en normalisaties, Schelde wordt 10,5 km korter (zie Tabel 3.16 voor meer details)
Durme		Durme	Rivierdynamiek	1825	1827	aanleg kanaal Gent-Terneuzen waardoor bovendebiet Durme sterk daalt
Wester-schelde MHZ		Saaftinge	Impoldering/bedijking	1904	1907	indijking Hedwigepolder
		Potpolder Lillo	Impoldering/bedijking	1906		indijking potpolder Lillo
		Antwerpen	Ophoging	1894	1906	opspuiting Sint-Anna (Borgerweertpolder), ontstaan Sint-Annastrand
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1905		petroleumpijper-zuid voor petroleumrichtingen-Zuid
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1906	1907	hervatting aanleg Royerssluis
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1907		1e Havendok en Albertdok
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1925	1928	aanleg Kruisschanssluis (=Van Cauwelaertsuis)
OHZ		Hobokense Polder	Infrastructuur	1900		uitbreiding kaaien naar Zuiden
ZZ_LT		t Stort bij Weert	Rechttrekking	1902	1904	rechttrekking Schelde bij Driegoten waardoor huidige zone van het stort ontstaat (één van de coupures uit de periode 1878-1904)
ZZ_KT	1900-1930	Schelde	Dijkwerken	1924		dijkverhoging stroomop Dendermonde tot 6.60 m
		Schelde	Normalisatie	1903	1905	Normalisatie tussen Gentbrugge en de brug van Melle
			Normalisatie	1899	1903	Normalisatie tussen Melle en de brug van Wetteren
			Normalisatie	1892	1894	Normalisatie te Wetteren
			Normalisatie	1897	1898	Normalisatie tussen Wetteren en Schellebelle
			Normalisatie	1911	1914	Normalisatie tussen Schellebelle en Schoonaarde
			Normalisatie	1925	1928	Normalisatie tussen Schoonaarde en Appels
		Scheldebroeken Zele/ Berlare	Impoldering/bedijking	1925		aanleg dijk, einde invloed getij
Rupel		Rupel	Infrastructuur	1922		Monding Zeekanaal verlegt van Klein-Willebroek naar Wintam
Durme		Durme	Rivierdynamiek	1921		zeer sterke verzanding Durme brengt scheepvaart (tot Lokeren) in gedrang, gevolg van extreem droog jaar met praktisch nuldebiet

## Resultaten en discussie

zone	Periode	Locatie	Type	Begin-datum	Eind-datum	Beschrijving	
MHZ	1930-1950	Haven Antwerpen	Infrastructuur	1931		Waaslandtunnel/St.Annatunnel	
		Antwerpen	Infrastructuur	1931	1933	aanleg voetgangerstunnel en Waaslandtunnel	
		Groot Buitenschoor	Inpoldering/bedijking	1942		indijking Nieuw-Westlandpolder: 600 van de 820 ha van GBS op Belgisch grondgebied verdwijnt	
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1949	1950	Marshall-dok en bijhorende petroleumhaven	
ZZ_LT			Kastel	Inpoldering/bedijking	1931	1932	aanleg Albertdijk (binnendijk van Driegoten tot Kastel en rond het Broek in Grembergen)
			Dendermonde	Rechttrekking	1936		kleine rechttrekking nabij vroegere Dendermonding
ZZ_KT			Schelde	Dijkwerken	1933		dijkverhoging stroomop Dendermonde tot 7.10 m
Durme			Durme	Rechttrekking	1930		rechttrekking Durme bij Hamme (?)
			Durme	Rechttrekking	1931	1934	rechttrekking Durme bij Waasmunster
			Durme	Rechttrekking	1935	1937	afsnijding Oude Durme op grens Waasmunster-Hamme
		Durme	Rivierdynamiek	1935		aanpassing vaargeul Durme tussen Hamme en Tielrode waardoor eiland verdwijnt	
Wester-schelde	1950-1960	Durme	Rivierdynamiek	1938	1945	aanleg potpolders langs Durme	
		Schelde	Inpoldering/bedijking	1953		inpoldering Braakman	
MHZ		Haven Antwerpen	Ophoging	1950		Opspuiting Wijtvliet-polder (bedijkt in 1774)	
MHZ		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1955		opening Boudewijnsluis	
Durme		Durme	Rivierdynamiek	1953	1955	Durme afgedamd stroomafwaarts van het centrum van Lokeren	
Wester-schelde			Sieperdaschor	Inpoldering/bedijking	1966		inpoldering van de Selenapolder/Sieperdaschor
			Walsoorden	Rivierdynamiek	1966	1967	Inkorting Oude hoofd te Walsoorden
MHZ			Haven Antwerpen	Infrastructuur	1960		5e Havendok en Industriedok
			Haven Antwerpen	Infrastructuur	1965	1967	aanleg kanaaldok B1-B3
			Haven Antwerpen	Infrastructuur	1967		opening Zandvlietsluis - opsplitsing GBS en Galgenschoor
		Haven Antwerpen	Rivierdynamiek	1963	1964	Regularisatie rechteroever tussen ballastplaat en huidige Europaterminal ter voorbereiding van de opening van de Zandvlietsluis (vooral baggerwerken)	
		Plaat van Doel	Rivierdynamiek	1966	1969	Aanleg leidam	
		Ballastplaat	Rivierdynamiek	1968	1971	Aanleg leidam GBS	

zone	Periode	Locatie	Type	Begin-datum	Eind-datum	Beschrijving
		Schor Hoboken	Impoldering/bedijking		1967?	impoldering schor voor Hoboken (ten tijde van de aanleg van de Kennedytunnel)
OHZ		Schausselbroek	Ophoging	1968	1975	Schor voor de Ballooi volgestort met huishoudelijk afval
ZZ_LT		Dendermonde	Rivierdynamiek	1968	1978	verlegging van de Dendermonding en bouw getijsluis in St.Onolfspolder (2km meer stroomopwaarts dan oude monding)
ZZ_KT		Kalkense Meersen	Impoldering/bedijking	1960		rond deze periode worden winteroverstromingen stopgezet wegens vervuiling Schelde
Durme		Molsbroek	Dijkwerken	1963		aanleg Molsbroek als spuikom
		Durme-Moervaart	Rivierdynamiek	1964?		Einde getijwerking op Moervaart door afdamming Durme te Lokeren
		Durme	Rivierdynamiek	1967		Dam op Durme verplaatst naar Den Oever
Wester-schelde		Schelde	Rivierdynamiek	1977		verlegging hoofdvaargeul naar de vloedgeul Gat van Ossensisse-Overloop Hansweert, verandering reeds merkbaar vanaf 1955
MHZ		Schor van Ouden Doel	Ophoging	1970		opspuiting Paardenschor voor aanleg kerncentrale
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1971		start aanleg Kallosluis (bedrijfsklaar 1979)
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1975		Schelde-Rijnkanaal
ZZ_KT		Schelde	Rivierdynamiek	1975		aanleg ringvaart Gent en sluiten schutsluis Gentbrugge. Bovendebiet tussen Gentbrugge en Melle valt vrijwel volledig weg
Schelde		Schelde	Baggerwerken	1971	1976	verdieping met 1.5 tot 2 meter, nawerking hiervan tot 1980-81
Schelde		Schelde	Dijkwerken	1977		start uitvoering Sigma-plan
Rupel		Rupel	Rivierdynamiek	1979		nieuwe verbinding zeekanaal met Rupel bij Wintam
Durme		Durme	Rivierdynamiek	1973		Dam op Durme verplaatst naar grens met Zele waardoor dijken moeten verhoogd worden en potpolders onbruikbaar worden
MHZ		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1981		Vergroting van het Amerikadok met opslorping Lefebredok, door slopen landtong (85 meter X 110 meter tussen beide)
		Schor van Ouden Doel	Dijkwerken	1984	1985	dijkverzwarringswerken
		Galgenschoor	Dijkwerken	1985	1986	dijkversterigingswerken en ingrepen in het geulsysteem (verbreding bestaande en graven nieuwe geulen)
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1987	1990	Aanleg Europa-terminal
		Haven Antwerpen	Infrastructuur	1989		Berendrechtsluis
ZZ_LT		Vlaassenbroekse polder/ schor	Dijkwerken	1980		dijkversterigingswerken tussen Temsebrug en Rupelmonding

## Resultaten en discussie

zone	Periode	Locatie	Type	Begin- datum	Eind- datum	Beschrijving
ZZ_KT		van Vlassenbroek Schorren aan Durmemonding Konkelschoor	Dijkwerken Dijkwerken	1981 1985	1982 1986	dijkverbredingswerken (naar kant van de rivier toe) te Hamme Sigmawerken
Wester- schelde		Brede Schoren Sieperdaschor	Dijkwerken Ontpoldering/GOG/GGG	1985 1990	1987	Sigmawerken natuurlijke ontpoldering van Sieperdaschor door dijkdoorbraak tgv stormvloed
MHZ	1990 - nu	Haven Antwerpen Haven Antwerpen	Infrastructuur Infrastructuur	1994 1999	1996 2005	Noordzee-terminal aanleg Deurganckdok
Schelde		Ketenssepolder	Ontpoldering/GOG/GGG	2003		ontpoldering Ketenssepolder
Durme		Schelde Rietsnijderij	Baggerwerken Dijkwerken	1997 1994	1998 1995	verdieping Westerschelde sigmawerken Durmedijk tussen Waasmunsterbrug en oude spoorlijn St.-Niklaas Dendermonde
RupeI		RupeI	Rivierdynamiek	1997		opening nieuwe zeesluis van Wintam

### 3.3.3 Morfologisch beheer

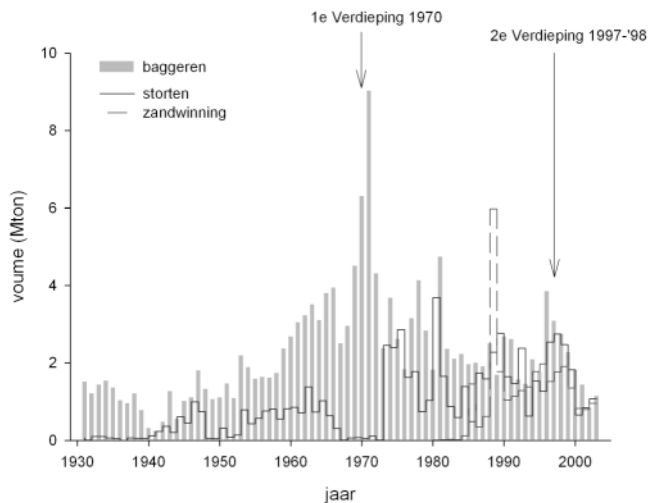
Om meer inzicht in het belang van baggeren, storten en zandwinning bij het morfologisch beheer van de Schelde te kunnen krijgen, is het goed om de evoluties doorheen de tijd beter in beeld te brengen. Voor een meer gedetailleerde uitwerking verwijzen we naar de actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde 2006.

Het morfologische beheer omvat zowel sedimentonttrekkingen ten gevolge van zandwinningen, baggerwerken en opspuitingen naast het storten van sediment (*Figuur 3.95*).

Vanaf eind jaren vijftig stijgen de baggervolumes met een duidelijk maximum rond 1970 ten tijde van de eerste verdieping. Bij de verdieping van 1997-98 zien we een nieuwe, kleinere piek. Uit de grafiek blijkt ook duidelijk dat de eerste verdieping gepaard ging met sedimentonttrekking, terwijl bij de tweede verdieping het volume gstort materiaal ongeveer even hoog ligt als het baggervolume en er dus geen materiaal aan het systeem onttrokken werd. Vanaf halweg de jaren tachtig startte de zandwinning in de Zeeschelde op de plaat van Doel. In 1989 vertoonde de zandwinning een uitzonderlijke piek van 5,98 Mton, wat voornamelijk gebruikt werd voor de aanleg van de Europa-terminal. Het storten is vooral begonnen vanaf de jaren '70.

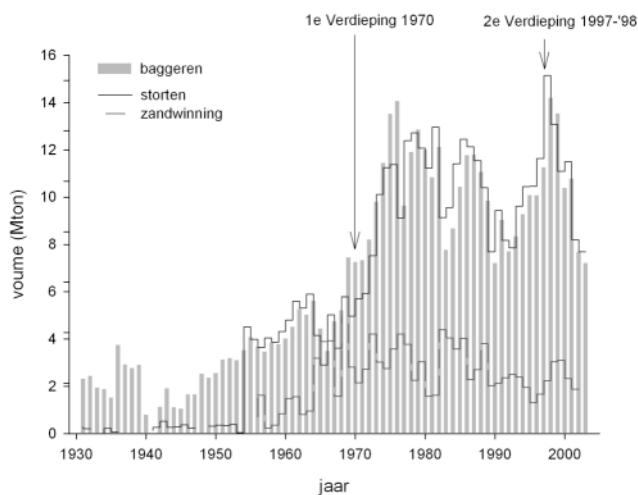
In de Westerschelde verloopt de evolutie anders (*Figuur 3.96*). De baggervolumes stijgen sterk vanaf de jaren '40 en blijven op een hoog niveau na de eerste verdieping.

#### Evolutie van morfologisch beheer in de Beneden-Zeeschelde



*Figuur 3.95 Evolutie van het morfologisch beheer in de Zeeschelde (AWZ-Afd. Maritieme Toegang) / Evolution of the morphological management in the Zeeschelde (source: AWZ-Afd. Maritieme Toegang)*

#### Evolutie van morfologisch beheer in de Westerschelde



*Figuur 3.96 Evolutie van het morfologisch beheer in de Westerschelde (AWZ-Afd. Maritieme Toegang) / Evolution of the morphological management in the Westerschelde (source: AWZ-Afd. Maritieme Toegang)*

## 4 Besluit en hypothesen

In deze historische analyse wordt geprobeerd om de Zeeschelde en haar zijrivieren als systeem te benaderen. De kwantitatieve evoluties (areaalverschuivingen) worden zoveel mogelijk geïnterpreteerd binnen de grote sturende processen die zich in het estuarium afspelen, zoals de veranderende getijdynamiek en de wijzigingen in het kombergend vermogen.

Om de stellingen en suggesties voor verder onderzoek die verderop gemaakt worden goed te kunnen kaderen worden de belangrijkste resultaten hieronder nog eens kort samengevat:

### 4.1 Synthese en besluit

#### Wijzigingen in ecotooparealen:

##### *Sublitoraal*

- In 1930 en 1950 vertoont het sublitoraal nog steeds een natuurlijke gradiënt van diepe naar ondiepe waterzones.
- In de periode van 1930 tot nu is het netto-aandeel ondiep water sterk afgenomen ten voordele van diep water.
- De bufferende ondiepe zones voor de platen van Doel, Lillo en de Ballastplaat zijn nagenoeg volledig verdwenen.

##### *Litoraal*

- Het huidige slikareaal bedraagt nog ongeveer 1/3 van het areaal in 1850. In de laatste decennia blijft de relatieve slikafslag aanzienlijk.

##### *Supralitoraal*

- De oppervlakte aan supralitorale gebieden (schorren en vloeisystemen) was in 1920 met 13% en in 2003 met 82% gedaald in vergelijking met de situatie in 1850. Bij de volledige realisatie van het toekomstscenario (uitvoer Actualisatie Sigmaplan en Meest Wenselijk Alternatief) zal het areaal maximaal 71% van dat in 1850 bedragen, ondanks de sterke toename van de getij-involed in de Zeeschelde. In het oligohalien en het zoete deel met lange verblijftijd zal méér supralitoraal gebied beschikbaar zijn dan er in 1850 was, maar elders nog steeds veel minder.
- In 1850 was 69% van de supralitorale zones onbedijkt (vooral in de meest stroomopwaarts gelegen zones). In 1920 is dit gedaald tot 28%. In 2003 zijn de nog resterende schorren allen onbedijkt; bedijkte vloeisystemen bestaan niet meer.
- Vergelijking van de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003 leert dat het aandeel climaxvegetatie (riet in de brakke zone en wilgenbos en –struweel in de zoete zone) sterk is toegenomen ten koste van pioniervegetaties, biezen en ruigtes.
- Tot 1950 waren zo goed als alle supralitorale gebieden in cultuur gebracht, behalve in de mesohaliene zone. Langs de Durme en zoete zone met korte verblijftijd gaat het bijna uitsluitend om vloeiveiden; in de andere zones ook om schorren in cultuur. Het gaat hierbij om kleinschalig extensief landbouwgebruik als hooi- en weiland. De wijmenteelt neemt sterk in belang toe van het einde van de 19e eeuw tot WOI en raakt terug in verval na 1920. Vanaf 1950 raken de vloeisystemen in onbruik. In vele buitendijkse gebieden wordt niet langer aan landbouw gedaan en gaat de natuurlijke ontwikkeling op het schor haar gang. Vanaf de jaren 80 wordt op veel schorren extensief natuurbeheer opgestart.

##### *Aquatisch*

- De meeste getijgebonden **zijbeken** en grachten en hun aangrenzende zones werden aan de getij-involed onttrokken. Vooral de afsluiting van de Vliet langs de Rupel, waardoor op slag 1/3 van de buitendijkse gebieden langs de Rupel verdween, is een zeer drastische ingreep geweest.
- De weinige actieve **nevengoulen** die er in de Schelde waren, zijn al dan niet op natuurlijke wijze verdwenen, eventueel versneld door antropogene ingrepen.

#### Wijzigingen in getij karakteristieken

- De **getij-involed** reikte in 1850 maar tot aan de Kalkense Meersen. Het Schelde-estuarium kende nog een volledige estuariene gradiënt met mesotidale naar microtidale zones. Het



opschuiven van de getij-Invloed tot de sluis van Gent is een gevolg van de **manipulatie van de bovenafvoer** en/of de **rechttrekkingen** tussen midden 19<sup>e</sup> eeuw en begin 20<sup>e</sup> eeuw.

- Het **gemiddeld hoogwater** stijgt geleidelijk in de tijd in het volledige estuarium. De grootste stijging gebeurt in de zoete zone met korte verblijftijd. Het maximale GHW verschuift van Antwerpen naar Sint-Amands. Na 1970 stijgt het GHW plots veel sterker aan de bovenstroom van de Rupel.
- Het **gemiddeld laagwater** vertoont een minder eenduidig verloop. In de Rupel en de meso- en oligohaliene zone daalt het globaal gezien in de tijd. In de zoete zone met lange verblijftijd blijft het stabiel tot 1970 en daalt het daarna. In de zoete zone met korte verblijftijd stijgt het GLW tot 1970 en daalt het daarna. In de Durme daalt het GLW aan de monding en stijgt het meer stroomopwaarts.
- De **getijamplitude** in de Zeeschelde stijgt in de tijd en het maximum verschuift van Antwerpen naar Temse. In de Rupel stijgt de amplitude globaal in de tijd, maar ze neemt af in stroomopwaartse richting. De Durme vertoont een complexe evolutie met een dalende amplitude aan het begin van de eeuw, een stijging tot de periode 1931-1940 en daarna een stijging in het stroomafwaartse deel en een daling in het stroomopwaartse deel.
- De **getijasymmetrie** neemt toe in de tijd tot 1960-1970 en dit vooral in de brakke zone en zoete zone met korte verblijftijd. Daarna daalt de asymmetrie terug tot het beginniveau, behalve in de brakke zone waar de asymmetrie duidelijk nog veel hoger is dan aan het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw. In de Rupel stijgt de asymmetrie in de tijd en in stroomopwaartse richting tot rond 1950, daarna daalt ze terug. In de Durme neemt de asymmetrie globaal toe, maar veel sterker in de stroomopwaartse delen.

#### Wijzigingen in de geometrie van het estuarium

- De Durme is door **rechttrekkingen** 12% (2,5 km) korter geworden en het meest stroomopwaartse deel van de Zeeschelde 22% (10,5 km). In de zoete zone met korte verblijftijd daalde de sinuositeit hierdoor sterk en ging de rivier over van een kronkelend in een recht verloop. De rechttrekkingen zorgden voor een rechtstreeks verlies van zowel sublitorale, litorale als supralitorale habitats. Door de bijhorende verhoging van de dijken en normalisering van de vaargeul (uitbochtting en verdieping) werden de aangrenzende overstromingsgebieden van de rivier geïsoleerd. In de *zoete zone met korte verblijftijd* leidde dit tot een verlies van 95 % (826ha) aan potentieel overstromingsgebied.
- De grootste wijzigingen in de **stroombergende breedte** zijn opgetreden in de mesohaliene zone (inpolderingen Prosperpolder, Hedwigepolder, Groot Buitenschoor en Ketenisseschor), de zoete zone met korte verblijftijd (wegvallen van alluviale berging door bedijking en van de vloeisystemen in de Kalkense Meersen) en de Durme (wegvallen vloeisystemen tussen 1955 en 1990 leidde tot 87,4 % (730ha) minder overstromingsgebied dan in 1850). Ook aan Tielrode en St. Amands nam de breedte sterk af. Langs de Rupel gebeurde de grootste inpoldering door het afsluiten van de Vliet. Tussen 1955 en 1990 ging hier ook veel areaal verloren door infrastructuurwerken.
- De **stroomberging** (gedefinieerd als stroombergende breedte x amplitude) is sterk gestegen tussen 1850 en 1920. In 1850 was de stroomberging in de Beneden-Zeeschelde relatief veel groter dan in 2003. In 2003 moest dus een groter aandeel geborgen worden in de meer stroomopwaartse delen van de Zeeschelde.

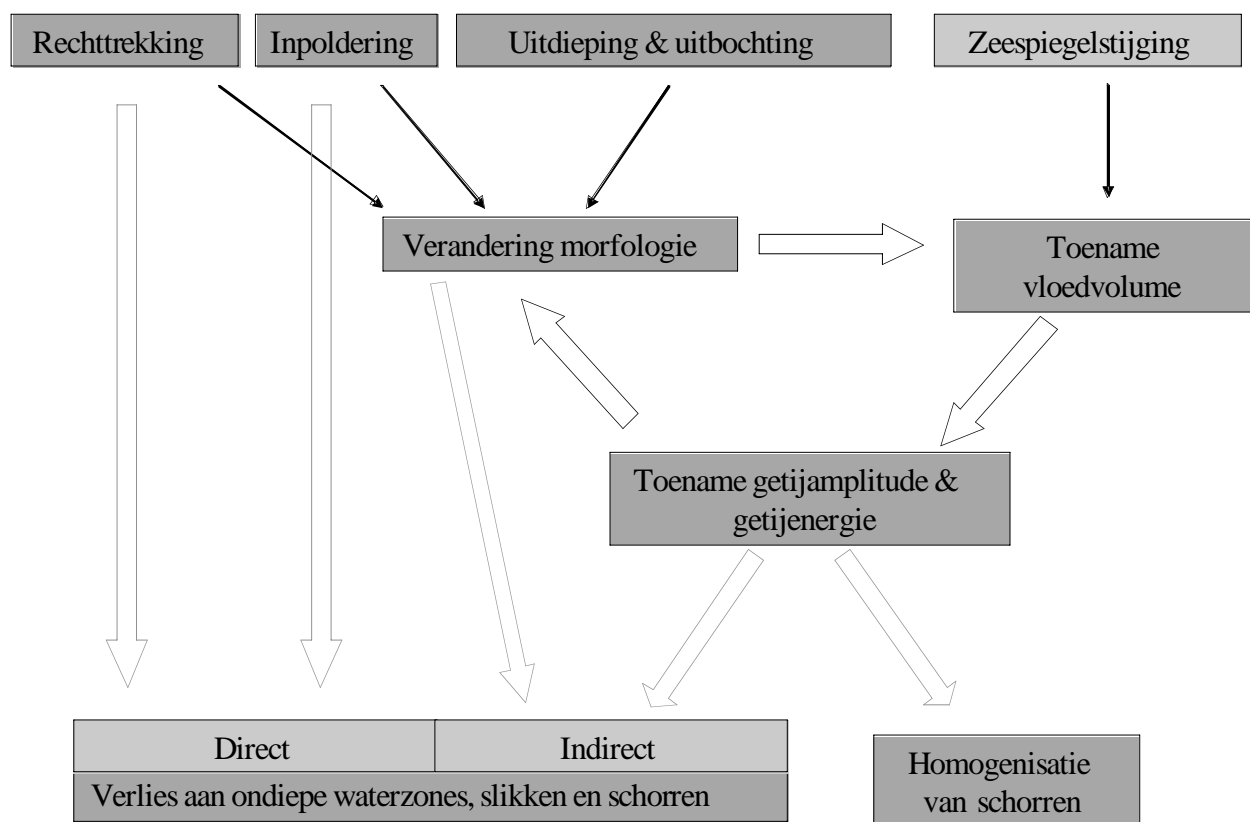
#### Besluit

We kunnen besluiten dat tussen 1850 en 1950 de talrijke rechttrekkingen en inpolderingen zorgen voor een rechtstreeks habitatverlies. Na 1950 is direct habitatverlies vooral te wijten aan infrastructuur- en dijkwerken. Bovendien veroorzaakten infrastructuurwerken (bvb. strekdammen,...), verhoging van de baggervolumes en zandwinningen en morfologische veranderingen in de Westerschelde een verandering van de diepte en het geulprofiel, waardoor het vloedvolume sterk toename. Door de daarmee gepaard gaande verhoging in getijamplitude en – energie speelt de laatste decennia vooral indirect habitatverlies door erosie een belangrijke rol.

*Figuur 4.1* schetst de samenhang tussen natuurlijke en antropogene factoren en de dynamiek van ondiepe waterzones, slikken- en schorren in de Zeeschelde. Van nature doorlopen ondiepe

waterzones, slik- en schorgebieden steeds een cyclus van ontwikkeling en degeneratie. Hun bestaan wordt bepaald door een dynamische wisselwerking van sedimentatie en erosie. Sedimentatie leidt tot verticale groei en zet zich voort tot een bepaald evenwichtsniveau. In natuurlijke systemen wisselen slik- en schorontwikkeling door sedimentatie af met erosie of afkalving, doorgaans vanaf de slik/schorrand. Wanneer een bepaalde helling overschreden wordt in de overgang van de gemiddelde laagwaterlijn naar de gemiddelde hoogwaterlijn start het natuurlijk proces van afkalving. Slikken en schorren eroderen en het proces van de sedimentatie kan van voor af aan beginnen (van de Koppel et al., 2005). De zijdelingse ruimte die een natuurlijk estuarium inneemt om dit dynamisch evenwicht te onderhouden neemt dus toe met een stijgende getijamplitude. De vrijheid om deze zijdelingse ruimte in te nemen bepaalt in grote mate de kwaliteit van schorhabitat, slikplaten en ondiepwatergebieden die zich ontwikkelen tussen de geul en de oever.

De Zeeschelde beschikt niet over de vrijheid om meer ruimte in te nemen naarmate de hoogwaterstanden toenemen. Dankzij de hoge sedimenttoevoer kunnen de schorren weliswaar de steeds stijgende hoogwaterstanden volgen en verdrinken ze voorlopig niet (Temmerman, 2003). Het niveauverschil met de vaargeul wordt echter steeds groter en door gebrek aan zijdelingse uitbreidingsruimte wordt de overgang tussen geul en schor steeds steiler. De toenemende helling leidt tot onstabiele van schor, slik en ondiepe sublitorale zones met onvermijdelijke afslag tot gevolg. Slik, laag- en middenschor worden kwetsbaarder en eroderen door de toenemende stroomsnelheden. De sedimentatie/erosie cyclus kan echter niet opnieuw beginnen, de sterk toegenomen dynamiek en ruimtegebrek beletten sedimentatie, nieuwe vestiging van pioniersoorten en ontwikkeling van jong schor. De resterende schorren evolueren naar gesloten en eentonige climaxvegetaties. Bij verder toenemende hydrodynamiek zullen deze tenslotte ook verdwijnen door erosie indien uitbreiding in de breedte niet mogelijk is, tenzij ze door schorrandverdediging gefixeerd worden, maar ook dan is de cyclus ten einde en blijven enkel monotone climaxvegetaties over.



Figuur 4.1 Schematische weergave van de relaties tussen natuurlijke evoluties, antropogene ingrepen en het effect op de slikken, schorren en subtidale gebieden.

We kunnen dan ook als basishypothese vooropstellen dat **met de huidige geometrie en abiotische omstandigheden in het estuarium het areaal aan schorren, slikken en ondiepe sublitorale habitats niet op een duurzame manier in stand kan gehouden worden**. De enige manier om hieraan te verhelpen is meer ruimte geven aan de rivier door de realisatie van nieuwe estuariene natuur. Een aantal brede trajecten waar de volledig hoogtegradiënt van diep water tot hoog schor kan ontwikkelen zijn noodzakelijk voor een duurzaam herstel. De voorgestelde ontpolderingen, aantakkingen en GGG's in het kader van het meest wenselijke alternatief zijn absoluut en integraal noodzakelijk om de veerkracht van het ecosysteem terug te verhogen.

## 4.2 Stellingen

Op basis van de resultaten uit dit rapport worden een aantal stellingen geformuleerd die aanleiding kunnen geven tot nieuwe, gerichte onderzoeksvragen:

### **Stelling 1: Bij de huidige stort- en zandwinningstrategie kan de schaar van Doel niet als ondiep sublitoraal habitat in stand gehouden worden.**

Deze stelling wordt geformuleerd op basis van de sterke achteruitgang van de ondiepe zones aan de schaar van Doel, ondanks het feit dat dit een stortlocatie voor baggerspecie is. Op andere stortlocaties zoals de Plaat van Boomke voor Blokkersdijk ontstaan wel grote ondiepe zones.

### **Stelling 2: Ondiepe subtidale zones op baggerstortlocaties hebben niet dezelfde ecologische waarde als natuurlijke ondiepe zones.**

Laagdynamische ondiepwaterzones zijn ecologisch belangrijk als foerageergebied voor watervogels en vissen en als opgroeigebied en kraamkamer voor vissen en andere organismen. Uit onze resultaten blijkt dat op bepaalde baggerstortlocaties ondiepe zones behouden blijven. Over de werkelijke ecologische waarde ervan is zeer weinig geweten. Uiteraard is de kwaliteit van het gestorte materiaal een belangrijke factor, maar daarnaast zal de stortfrequentie wellicht bepalen in hoeverre het substraat kan gekoloniseerd worden en / of er zich een duurzame benthosgemeenschap zal kunnen ontwikkelen. De kritische stortfrequentie zal waarschijnlijk ook verschillen naargelang de saliniteitszone. De benthosgemeenschappen in zones met zeer variabele saliniteit vertonen grote variaties in de tijd en evolueren niet verder dan 'pioniersgemeenschappen' met opportunistische soorten. In dergelijke zones zal de kritische stortfrequentie vermoedelijk hoger.

### **Stelling 3: Verdieping van de Schelde gecombineerd met sedimentonttrekking uit het systeem (1<sup>e</sup> verdieping) heeft een grotere ecologische en hydrodynamische impact dan een verdieping zonder sedimentonttrekking (2<sup>e</sup> verdieping).**

Onze resultaten suggereren dat de eerste verdieping van de Schelde een veel grotere invloed gehad heeft op de getijkarakteristieken dan de tweede verdieping, en dan vooral op het GLW. Dit zorgt voor een grotere hydrodynamiek in het ecosysteem en een afname van de ecologisch waardevolle, laagdynamische habitats.

### **Stelling 4: Toelaten van slikvorming en ontstaan van ondiepe zones vormt de meest duurzame manier om schorren te beschermen.**

Een daling van oppervlak aan ondiepe subtidale zones, gecombineerd met slik- en schorafslag ter hoogte van o.a. het Galgenschoor is reeds waar te nemen. Ervaringen met nieuwe natuurontwikkelingsprojecten zoals Ketenisse leren dat schorontwikkeling moeizaamst verloopt ter hoogte van de smalste slik- en ondiepe waterzones, of de zones met de hoogste hellingsgraad. De vraag is in hoeverre voorliggende ondiepwatergebieden en slikken bijdragen tot de duurzame instandhouding van het achterliggende schor.

### **Stelling 5: Pionierschor kan slechts ontwikkelen bij een combinatie van de juiste hydromorfologische condities (overstromingsfrequentie en –diepte, dynamiek en hellingsgraad).**

Waarom pioniergordels van biezen zich vroeger wel konden ontwikkelen en nu veel minder blijft een belangrijke vraag. Wellicht maakt een combinatie van factoren de vestiging mogelijk. De smalle zeebiesgordel die zich nu op veel breuksteenbestortingen vestigt, suggereert dat een combinatie van de juiste overstromingsfrequentie en –hoogte en beschutting een rol spelen bij ontkieming of vegetatieve vestiging. Deze gordels zijn echter niet te vergelijken met de brede pionierschorren aan het begin van de eeuw, waarbij brede biezenzones in een range van overstromingsdieptes voorkwamen (vegetatieve gordels die volledig onder water kwamen en bloeiende gordels die minder diep onder water kwamen). Wellicht is er een bepaalde kritische breedte bij een gegeven overstromingsregime nodig om vestiging, gevolgd door laterale uitbreiding naar de lagere zones te kunnen realiseren. Biezenkartering in verschillende periodes linken met onder andere bathymetrie, profielen en substraat is een bijkomende optie. Ook mogelijke impact van bioturbatie en foeragegedrag van ganzen moeten hierbij bekeken.

**Stelling 6: Fixatie van de slik- en schorgrens is geen duurzame manier om slik- en schorgebieden in stand te houden**

Schorren en slikken zijn waardevolle en beschermde biotopen. Het is dan ook een gangbare maatregel om erosie tegen te gaan door het aanbrengen van breukstenen of andere verstevigingen ten einde het bestaande areaal te kunnen behouden. Schorren en slikken zijn echter per definitie zeer dynamische biotopen. Erosie en sedimentatie zijn hierbij natuurlijke en zelfs essentiële processen. Het aanbrengen van verdedigingen beperkt die natuurlijke dynamiek. Het leidt ook tot een toenemende helling van de subtidale gebieden aan de rivierwaartse zijde en geeft op termijn dus een verhoogd risico op afslag. Ecologische kosten/baten door fixatie van de slik- en schorgrens moeten geëvalueerd worden.

**Stelling 7: De abnormale stijging van het gemiddeld hoogwater na 1970 ter hoogte van de oorsprong van de Rupel is een gevolg van de afsluiting van de Vliet.**

Rond 1970 zijn twee grote ingrepen gebeurd die een effect kunnen gehad hebben op het hoogwater in de Rupel. Eerst en vooral is er de eerste verdieping van de Schelde, maar omdat die elders in het estuarium geen opvallende verschuivingen veroorzaakte in het hoogwater gaan we er vanuit dat de afsluiting van de Vliet en de bijhorende intertidale gebieden deze abnormale stijging hebben veroorzaakt.

**Stelling 8: Het gemiddeld laagwater is gevoeliger voor antropogene en natuurlijke wijzigingen dan het gemiddeld hoogwater.**

Dit volgt uit de vaststelling dat de stijging van GHW zeer geleidelijk gebeurt en schijnbaar redelijk onafhankelijk van grote gebeurtenissen en ingrepen (een aantal lokale effecten niet te na gesproken, bv. langs de Durme), in tegenstelling tot de evolutie van GLW die zeer geaccidenteerd verloopt en bovendien sterk afhankelijk is van de plaats in het estuarium.

**Stelling 9 Het gedeeltelijk wegvallen van de bovenafvoer heeft een grotere impact op de getijamplitude in de Boven-Zeeschelde dan de rechttrekkingen.**

Twee grote ingrepen kunnen verantwoordelijk geweest zijn voor de verdere indringing van het getij in het bovenste deel van de Zeeschelde: het wegvallen van een belangrijk deel van de bovenafvoer door het graven van het afleidingskanaal van de Leie (1847-1862) en de rechttrekkingen in het zoete deel met korte verblijftijd (1878-1904). Hoe de verhoudingen van het effect op de getijamplitude precies liggen is onduidelijk. Via modellering zouden de effecten kunnen geïsoleerd worden. Daarvoor is ook een gedetailleerdere analyse van de evolutie van de bovenafvoeren noodzakelijk. Ook voor het beheer van de getijarm tussen Melle en Gentbrugge kan een analyse van de invloed van de bovenafvoer belangrijke inzichten opleveren.

**Stelling 10: De natuurlijke respons op de diepere getij-indringing, met name het dieper landinwaarts schuiven van schorgebieden, wordt door de huidige bedijking onmogelijk gemaakt.**

Dat we tegenwoordig bijna geen schorren meer aantreffen stroomopwaarts van het Konkelschoor is geen gevolg van het verdwijnen van schorzones. In 1850 reikte de getij-invloed immers nog niet

zo ver en kwamen er geen schorren voor langs het meest stroomopwaartse deel van de Zeeschelde. Met de huidige getijkarakteristieken zouden zich echter wel schorgebieden ontwikkelen indien de ruimte daartoe aanwezig zou zijn.

**Stelling 11: Historische veranderingen in vloeduur en ebduur en dus ook in de getij-asymmetrie speelden een voorname rol in het verdwijnen van de nevengeul van Mariekerke.**

In een korte tijdspanne rond 1950 is de ebgeul van Mariekerke volledig toegeslibd. Dit zorgde voor een sterke fixatie van het gebied zowel voor het subtidaal, slik en schor. De periode van de verandering valt tevens samen met een verandering in de getijasymmetrie. In hoeverre zijn relatief kleine veranderingen in getijasymmetrie belangrijk voor het functioneren van een dynamisch evenwichtig systeem.

## 5 Suggesties voor bijkomend onderzoek

Om de basishypothese en de stellingen die we vooropstellen beter te kunnen onderbouwen, is bijkomend multidisciplinair onderzoek noodzakelijk op twee niveaus:

- Aanvullend beschrijvend onderzoek op ecosysteemniveau om een aantal hiaten uit deze studie op te vullen.
- Ondersteunende morfologische en hydrodynamische modelleringen om de verschillende mogelijke oorzaak-gevolg relaties die in de stellingen naar voren geschoven worden uit elkaar te halen en het aandeel van de verschillende ingrepen en natuurlijke evoluties op de vastgestelde veranderingen te kunnen kwantificeren.

### 5.1 Onderzoek noodzakelijk om het historisch beeld van de Zeeschelde te vervolledigen

Noodzakelijke inzichten om een uitspraak te kunnen doen over de ontwikkelingen en specifiek de *arealen* van de slikken, schorren en ondiepe waterzones voor de volledige Zeeschelde zijn:

- **Uitbreiding van de evolutie van sublitorale ecotopen (diep en ondiep water) met het gedeelte stroomopwaarts van de Rupelmonding.**

Hiervoor moeten de bathymetrische data van de Boven-Zeeschelde nog verwerkt worden. Aanvullend hierop kan de evolutie van de hellingsgraad van de sublitorale zones geanalyseerd worden. Brys et al. (2005) ontwikkelden een kwaliteitsindex op basis van o.a. de hellingsgraad van de intergetijdengebieden. Dit kan verder onderbouwd worden door historische analyses, wat interessante mogelijkheden biedt om de evolutie en de stabiliteit van verschillende intertidale gebieden na te gaan. Uitbreiding van deze index met een longitudinale factor is een mogelijkheid, omdat tot nu toe nog maar beperkt rekening gehouden werd met de ligging in het estuarium.

- **Evolutie litorale ecotopen: berekening slikarealen vanaf 1930.**

Dit is de vroegste datum waarvoor het slikareaal objectief kan gereconstrueerd worden als de zone tussen de op DG3 gekarteerde supralitorale zones enerzijds en de onderste slikgrens uit de bathymetrie anderzijds. Voor 1960, 1990 en 2000 kan dit ook vervolledigd worden. Omdat hiervoor de bathymetriegegevens moeten verwerkt zijn, kan dit slechts voor de volledige Zeeschelde gebeuren nadat de vorige analyse is afgerond.

- **Evolutie van de dynamiek op de slikplaten.**

Naast de arealen kan er ook gekeken worden naar de veranderingen in hoogdynamische en laagdynamische slikken op basis van helling en ribbelpatronen. In de Westerschelde geldt de aan- of afwezigheid van ribbelpatronen op de platen naast de helling als een maat voor de dynamiek die op die plaats heerst. Op de oude luchtfoto's kunnen ook langs de Zeeschelde dergelijke patronen waargenomen en gekarteerd worden.

- **Uitbreiding van de evolutie van de geometrie & dynamiek met het gedeelte stroomopwaarts van de Rupelmonding.**

De parameters die we toegepast hebben op de Beneden-Zeeschelde, kunnen op basis van nieuwe bathymetrische data voor de Boven-Zeeschelde bepaald worden om een volledig beeld van de Zeeschelde te verkrijgen. De Vries et al. (2001) en Goldbach (2003) geven een overzicht van parameters die gebruikt werden om de historische evolutie van de morfologische dynamiek in de Westerschelde na te gaan. Verschillende van deze parameters kunnen ook toegepast worden op de volledige Zeeschelde en haar vier saliniteitszones (of op de Omes-segmenten).

De volgende inzichten zijn noodzakelijk om een uitspraak te kunnen doen over de historische ontwikkelingen van de *ecologische kwaliteit* van de slikken, schorren en ondiepe waterzones *en het effect van antropogene invloeden*:

- **Uitbreiding van de schoranalyse op mesoschaal.**

De vergelijking van de schorvegetatie op mesoschaal die werd uitgevoerd voor de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003 kan door stereoscopisch onderzoek van de oude luchtfoto's uitgebreid worden naar vroegere periodes. Daarbij is het aanbevolen om zich te concentreren op een selectie van grotere schorgebieden waarvoor reeksen van kwaliteitsvolle luchtfoto's beschikbaar zijn, zoals het Groot Buitenschoor, Schor van Doel, Galgenschoor, Notelaar en de schorren aan de Durmemonding.

- **Evolutie van de kreekpatronen.**

Het proces van coastal squeeze dat optreedt ten gevolge van de toename van het vloedvolume en vernauwing van de vallei, gaat gepaard met wijzigingen in de kreekpatronen van de schorren. Een belangrijk effect zou de verwijding van de kreekmonding zijn. Op basis van de oude luchtfoto's kan dit voor een aantal schorgebieden nagegaan worden. Tot 1950 waren vrijwel alle buitendijkse gebieden in cultuur en dus in meerdere of mindere mate geperceleerd en voorzien van afwateringsgrachten. De afwateringssystemen vormen wellicht een grote belemmering voor de ontwikkeling van een natuurlijke kreekdiversiteit, wat op zijn beurt implicaties kan hebben op vegetatie- en soortdiversiteit in de schorren. Ook hier kan een detailanalyse van de kreekontwikkeling op luchtfoto's meer inzicht verschaffen. De evolutie van kreekbreedtes en -lengtes doorheen de jaren geeft ook veranderingen in energie-dissiperende mogelijkheden van een gebied weer.

## 5.2 Begeleidende morfologische en hydrodynamische modellering voor het ecologisch, historisch onderzoek

Naast de ecosysteembenadering in dit historisch onderzoek, waarbij een empirisch inzicht wordt verkregen van morfologische veranderingen op lange en middellange termijn (top down-benadering), is een procesmatige benadering (bottom- up) aan te raden. Verschillende processen kunnen immers aan de basis liggen van een bepaalde morfologische verandering in de tijd. Hydrodynamische en eventueel morfologische modellering zijn geschikte instrumenten om de effecten van verschillende ingrepen elkaar te isoleren. Het isoleren van de effecten van de vorige verdiepingen zal toelaten om een realistische inschatting te maken van mogelijke gevolgen van de geplande 3<sup>e</sup> verdieping.

### 5.2.1 Stap 1: Hydrodynamische modellering van historische ingrepen op het systeemniveau van de Zeeschelde

Dat de geometrie en specifiek de bathymetrie sterk veranderd is, staat niet ter discussie. Hoe het systeem erop reageert, is vaak nog onduidelijk. Bij deze eerste modellering op systeemniveau willen we vooral specifieke aandacht geven aan de impactbepaling van lokale veranderende geometrie op de veranderingen in hydrodynamische parameters zoals vloedvolume, waterhoogte, stroomsnelheden,...

Bij de normalisatie van de getijgegevens in dit eerste historisch rapport is ervan uitgegaan dat het effect van zeespiegelstijging en nodaal getij lineair is over het volledige estuarium. Dat is uiteraard niet het geval en een betere correctie van de getijmetingen is dan ook nodig om inzicht te krijgen in de werkelijke effecten van de verschillende ingrepen en ze te isoleren van de natuurlijke evoluties. Door deze modellering kan een beter inschatting gemaakt worden van het aandeel van de zeespiegelrijzing in historische context in de verschillende saliniteitszones van de Zeeschelde. Met deze modellering aangevuld met de informatie uit reeds uitgevoerde modelleringen en inzichten uit literatuur kunnen verschillende stellingen onderbouwd worden.

Stelling 3 waarin gesteld wordt dat de verdieping van de Schelde gecombineerd met sedimentonttrekking uit het systeem (1<sup>e</sup> verdieping) een grotere ecologische en hydrodynamische impact kan hebben dan een verdieping zonder sedimentonttrekking.

Stelling 11 betreft de historische veranderingen rond het verdwijnen van de nevengeul van Mariekerke en de gecombineerde veranderingen in vloed- en ebduur en bijhorende stroomsnelheden, alsook de getij-asymmetrie.

Deze modellering kan helpen inzicht verwerven in de huidige stort- en zandwinningstrategie (Stelling 1) alsook de randvoorwaarde scheppen voor mogelijks bijkomende morfologische modelleringen.

### *5.2.2 Stap 2: Morfologische modellering op gebiedsniveau*

Het doel van een meer gedetailleerde modellering is o.a. een betere koppeling tussen modeloutput en ecotopen te kunnen bewerkstelligen voor de Zeeschelde. Dit is belangrijk om inzicht te krijgen in de directe impact van geometrische veranderingen. Een vergelijkbare aanpak werd reeds gevolgd de Belgische Maas (Van Looy et al., 2005) en voor de Westerschelde werd een eerste praktische oefening gemaakt (de Vries et al., 2001).

Als test ecotoop kan dit onderzoek afgestemd worden op **Pionierschor met biezen-gordels**, ter onderbouwing van stelling 6. Dit habitat is voor de Zeeschelde van groot ecologisch belang en wordt het sterkst beïnvloed door de veranderingen in de geometrie en hydrodynamiek. Om relaties te kunnen vinden is aan te raden om ook rond specifiek gebied te werken.

Als modelgebied kan de omgeving van De Notelaer gekozen worden, aangezien in dit gebied op luchtfoto's van 1951 duidelijk een zeer brede zone van onbegroeid slik en geïsoleerde, grote populaties met biezen te zien zijn. In 1967 zijn de biezenvegetaties niet meer aanwezig op de luchtfoto's. Naast de mogelijkheid om een meer gedetailleerdere historische analyse te maken basis van luchtfoto's kunnen ook de bevindingen van Temmerman (2003) mee input leveren. Door bijkomende modellering met de geometrie van 1950 en 1970 kunnen de abiotische veranderingen gekoppeld worden aan de biotische.

## **5.3 Bijkomende modelscenario's**

Deze waargenomen veranderingen zijn zeer relevant voor het verkrijgen van een beter inzicht. Mogelijks zijn verschillende zaken te halen uit reeds uitgevoerde modelresultaten of kunnen ze in toekomstige projecten mee doorgerekend worden.

### *5.3.1 De abnormale stijging van het gemiddeld hoogwater na 1970 ter hoogte van de oorsprong van de Rupel is een gevolg van de afsluiting van de Vliet.*

Rond 1970 zijn twee grote ingrepen gebeurd die een effect kunnen gehad hebben op het hoogwater in de Rupel. Eerst en vooral is er de eerste verdieping van de Schelde, maar omdat die elders in het estuarium geen opvallende verschuivingen veroorzaakte in het hoogwater gaan we er vanuit dat de afsluiting van de Vliet en de bijhorende intertidale gebieden deze abnormale stijging hebben veroorzaakt.

### *5.3.2 Het wegvallen van de bovenafvoer heeft een grotere impact op de getijamplitude in de Boven-Zeeschelde dan de rechtekkingen.*

Twee grote ingrepen kunnen verantwoordelijk geweest zijn voor de verdere indringing van het getij in het bovenste deel van de Zeeschelde: het wegvallen van een belangrijk deel van de bovenafvoer door het graven van het afleidingskanaal van de Leie (1847-1862) en de rechtekkingen in het zoete deel met korte verblijftijd (1878-1904). Hoe de verhoudingen van het effect op de getij-amplitude precies liggen is onduidelijk. Via modellering zou de effecten kunnen geïsoleerd worden. Daarvoor is ook een gedetailleerdere analyse van de evolutie van de bovenafvoeren noodzakelijk. Ook voor het beheer van de getijarm tussen Melle en Gentbrugge kan een analyse van de invloed van de bovenafvoer belangrijke inzichten leveren.



### *5.3.3 Evolutie van storm-events*

Volgens Allen en Pye (1992) kunnen stormvloeden het sedimentatieproces sterk wijzigen. Het weggeslagen slik komt grotendeels op het hoger gelegen schor terecht en zorgt zo voor een trendbreuk in de normale asymptotische sedimentatiecurve. In de Zeeschelde liggen de brakke schorren opvallend hoger ten opzichte van het GHW dan de zoetwaterschorren, wat er zou kunnen op wijzen dat stormvloeden ook hier een belangrijke rol spelen. De evolutie van het aantal en de omvang van storm-events langs de Zeeschelde zou dan ook in kaart moeten gebracht worden.

## 6 Referenties

- Adriaensen, F., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Brys, R., Cox, T., Jacobs, S., Konings, P., Maes, J., Maris, T., Mertens, W., Nachtergale, L., Struyf, E., Van Braeckel, A., Van Hove, D. & Meire, P. 2005. Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium. Rapportnummer: ECOBE 05-R82.
- Aerts, R., Van Orshoven, J., Buys, P. en De Belder, J. 2000. In kaart brengen van de natuurlijke en actuele overstromingsgebieden in Vlaanderen. GROUND FOR GIS K.U.Leuven Research & Development, Leuven. 62pp.
- Baten, I. & Huybrechts, W. 2002. De historische bedding van de bevaarbare Nete. Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud, 2002.02. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel : Belgium. 55 pp.
- Blanckaert, J. 2003. Actualisatie van het Sigmapijan: Integrale verkenning Scheldebekken, Integrale verkenning Rupelbekken, Planstudie rivierherstelproject Durme, Deelopdracht 3: Hydrologische en hydraulische modellen Scheldebekken, I/RA/11199/03,027/JBL, 110p.
- Bouma, H., de Jong, D.J., Twisk, F. & Wolfstein, K.. 2005. Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Rapport RIKZ 2005.024. Middelburg. 156 p.
- Bruylants, B.; De Blust, G. & Gielis, R. 1986. Landschapsecologisch onderzoek in verband met de waterbeheersingsproblematiek in enkele valleien van onbevaarbare waterlopen in de provincie Antwerpen en het Nederlandstalig gedeelte van de provincie Brabant: eindrapport: deel 2f: project Vliet. Universitaire Instelling Antwerpen (UIA), Departement Biologie: Antwerpen. 45 pp.
- Brys, R.; Ysebaert, T.; Escaravage, V.; Van Damme, S.; Van Braeckel, A.; Vandevoorde, B.; Van den Bergh, E. (2005). Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de krw: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en /of mep in elk vlaams overgangswatertype vanuit de - overeenkomstig de krw - ontwikkelde beoordelingssyste. Verslag van het instituut voor natuurbehoud, IN.O.2005.7. Brussel. 178 pp.
- Chen, M.S., Wartel, S., Francken, F. & Schotte, P. 2005. Energy distribution in the Schelde Estuary and its major tributaries – a brief note. Bijlage 4.4 uit: Adriaensen et al. Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium. Rapportnummer ECOBE 05-R82.
- Claessens, J. & Meyvis, L. 1994. Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1981-1990. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Antwerpse zeehavendienst.
- Codde, R. & De Keyser, L. 1967. Noordzee, kust, Scheldemonding en Zeeschelde. Verklarende tekst bij de platen 18A en 18B van de Atlas van België, Nationaal Comité voor Geografie, Brussel.
- Couderé, K., Vincke, J., Nachtergaele, L., Van den Bergh, E., Dauwe, W., Bulckaen, D. & J. Gauderis. 2005. Geactualiseerd Sigmapijan voor veiligheid en natuurlijkheid in het bekken van de Zeeschelde – Synthesenota. NV Waterwegen en Zeekanaal, document 5145-507-042.
- Cox, R., Wadsworth, R.A. & Thomson, A.G. 2003. Long-term changes in salt marsh extent affected by channel deepening in a modified estuary. *Continental Shelf Research* 23 (17-19): 1833-1846.
- Degezelle, T., Kongs, T., Martens, L., Vercoutere, B. & Hoffmann, M. 2004. Ontwerp-ecosysteemvisie Kalkense Meersen en Berlare broek: een verkenning van natuurpotenties. Aminor Afdeling Natuur, Brussel.
- De Moor, G. & Heyse, I. 1978. De morfologische evolutie van de Vlaamse Vallei. *De Aardrijkskunde* 2(4): 343-375.
- De Ronde, J.G. 1983. Changes of relative mean sea level and of mean tidal amplitude along the Dutch coast. In: Ritsma, A.R., Gürpınar, A. (Eds.), *Seismicity and Seismic Risk in the Offshore North Sea Area*. Reidel, Dordrecht, pp. 131-141.

- De Vries, M.B., van Helvert, M.A.G., Verhage, L. Koppeling van ESTMORF aan HABIMAP voorspelling. 2001. WL & delft hydraulics.
- Dillingh, D., De Haan, L., Helmers, R., Können, G. P. & Van Malde, J. 1993 De basispeilen langs de Nederlandse kust, statistisch onderzoek, RIKZ Rapport DGW-93.023. Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Doody, J.P. 2004. Coastal squeeze – a historical perspective. *J. Coastal Cons.* 10: 129-138.
- French, J.R. & Reed, D.J. 2001. Physical contexts for saltmarsh conservation. In: Warren, A. & J.R. French (eds.). *Habitat conservation – managing the physical environment*. John Wiley & Sons Ltd. Pp. 179-228.
- Guns, P. 1975. Historische evolutie van het polderlandschap langs de linker Schelde-oever. Waterbouwkundig Laboratorium, Borgherhout.
- Hackney, C.T., & Yelverton, G.F. 1990. Effects of human activities and sea level rise on wetland ecosystems in the Cape Fear River estuary, North Carolina, USA. pp. 55-61. In D.F. Whigham, Good, R.E. & Kvet, U. (editors). *Wetland ecology and management: case studies*. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- Hoffmann, M. 1993. Vegetatiekundig-ecologisch onderzoek van de buitendijkse gebieden langs de Zeeschelde met vegetatiekartering. Universiteit Gent. 223 p.
- IMDC, Belgroma, Soresma, Haecon, RA & Technum. 2005. Actualisatie van het Sigmoplan. Integrale verkenning Scheldebekken. Integrale Verkenning Rupelbekken. Planstudie rivierherstel Durme. Deelopdracht 3: hydrologische en hydraulische modellen. Volume 3c: scenarioanalyse Durmebekken. Versie 1.0 dd. 14/04/2005. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap/Departement LIN/Administratie Waterwegen en Zeewezen/Afdeling Zeeschelde.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, ed. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. & White, K.S. Cambridge, UK: Cambridge University Press: 1000 pp ([http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/428.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/428.htm)).
- Jones, G. 1994. Global warming, sea level change and the impact on estuaries. *Marine Pollution Bulletin* 28: 7-14.
- Kater, B.J. 2005. Morfodynamische en ecologische kennisontwikkeling in de Westerschelde. Rapport RIKZ/2005 - In voorbereiding. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Kennish, M.J. 2002. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation* 29, 78-107.
- Kiden, P. 1983. Recente morfodynamiek van de Schelde in de omgeving van Temse. Licentiaatsthesis, Rijksuniversiteit Gent. 121 pp.
- KNMI, 2003. De toestand van het klimaat in Nederland 2003. KNMI, De Bilt.
- Können, G.P., 2001. Climate scenarios for impact studies in the Netherlands. KNMI, De Bilt.
- Kuijper, C., Sas, M. & M.C.J.L. Jeuken. 2006. Systeembeschrijving Schelde-estuarium. Een visie op de morfologische ontwikkeling. Conceptrapport.
- Leonard, L.A. & Reed, D.J. Hydrodynamics and sediment transport through tidal marsh canopies. *Journal of Coastal Research* 36: 459-469.
- Leopold, L.B. & Wolman, M.G. 1957. River channel patterns - Braided, Meandering and Straight. United States Geological Survey, Professional paper 282B.
- Martens, I. 1994. De polder van Kruikebeke: een historisch-ecologische en politiek-geografische benadering in het kader van het natuurbehoud. Licentiaatsthesis, Universiteit Gent.
- Massart, J. & Bommer, C. 1908. Les aspects de la végétation en Belgique. Vol. 1. Les districts littoraux et alluviaux.
- Meire, P. & E. Kuijken. 1988. Het Land van Saeftinge, slikken en schorren: ecologische betekenis van getijdegebieden langs de Schelde. *Water* 7 : 214-222.
- Meire, P., Starink, M. & Hoffmann, M., 1997. Integratie van ecologie en waterbouwkunde in de Zeeschelde: aanleiding tot en situering van het Onderzoek Milieueffecten Sigmoplan (OMES). *Water*, 95: 147-165.
- Meyvis, L. 1977. Indijkingen en waterbouwkundige werken langs de Westerschelde en de Zeeschelde. Deel 1. Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Antwerpse Zeediensten. Verslag nr. AZ.77-12. 53 pp.

- Morris, R.K.A., Reach, I.S., Duffy, M.J., Collins, T.S. & Leafe, R.N. 2004. On the loss of saltmarshes in south-east England and the relationship with *Nereis diversicolor*. *Journal of Applied Ecology* 41: 787-791.
- Muylaert, K. 1999. Distribution and dynamics of protist communities in a freshwater tidal estuary = Verspreiding en dynamiek van protistengemeenschappen in een zoetwatergetijdengebied. TWOL. Universiteit Gent (RUG), Faculteit wetenschappen, Vakgroep Biologie, Laboratorium voor plantkunde, Sectie protistologie en aquatische ecologie: Gent. 192 pp.
- Mys, M. 1981. Geomorfologische landschapsdifferentiatie in de Scheldepolders ten Noorden van Antwerpen. *De Aardrijkskunde* 1/2: 303-314.
- Mys, M., Gullentops, F., Janssens, P., Wuytack, M.J. & Stinissen, H. 1983. De holocene evolutie van de alluviale vlakke van de Beneden-Schelde. *Ts. Belg. Ver. Aardr. Studies* 1: 7-33.
- Onkelinx, T., De Keersmaeker, L. & Vandekerckhove, K.. 2005. Methodiek en proefdigitalisatie van historisch kaartmateriaal met het oog op analyse van de evolutie van habitats in Vlaanderen en toepassingen en het gebiedsgericht natuurbeleid. IBW.Bb.R.2004.019. In opdracht van Instituut voor Natuurbehoud. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Geraardsbergen.
- Paramor, O.A.L. & Hughes, R.G. 2004. The effects of bioturbation and herbivory by the polychaete *Nereis diversicolor* on loss of saltmarsh in south-east England. *Journal of Applied Ecology* 41: 449-463.
- Peters, J.J., Meade, R.H., Parker, W.R. & Stevens, M.A. 2001. Improving navigation conditions in the Westerschelde and managing its estuarine environment: how to harmonize accessibility, safety and naturalness? [S.n.], Antwerpen. 32 pp. + annexes.
- Pieters, T. 2002. Het Scheldegetij, Beschrijving en analyse van het getij in het Schelde-estuarium". Rapport BGW-0102. 67p.
- Probst, J.L. 1989. Hydroclimatic fluctuations of some European rivers since 1800. In: Petts, G.E.; Möller, H.; Roux, A.L. (Ed.) (1989). *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*. Wiley: Chichester. 355 pp.
- Rademakers, J.G.M. & Wolfert, H.P. 1994. Het Rivier-Ecotopen-Stelsel: een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en beleidsstudies in het buitendijkse rivierengebied. Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch herstel Rijn en Maas'. Publicatie 61-1994. Riza. Lelystad. 77 p.
- Runhaar 1985 Runhaar, J.; Stevers, R.A.M.; Udo De Haes, H.A. (1985). Uitwerking CML-ecotopensysteem voor de randstad. CLM, 20. Rijksuniversiteit Leiden, Centrum voor Milieukunde (CML): Leiden. 100 pp.
- Schelde MER-commissie. 2004. Richtlijnen strategisch milieueffectenrapport Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap – Afdeling Algemeen Milieu- en Natuurbeleid (cel MER) en Directoraat Generaal Water, Den Haag, DGW/GW 2004/830.
- Stabel, A., Vrielynck, S., Belpaire, C., Triest, L., Kaur, P., Es, K., Vanhecke, L., Librecht, I., & Vandaele, K. 2002. Referentietoestand van waterlopen in het vlaamse gewest op basis van historische gegevens. Heirman, J.P., directeur-generaal AMINAL: Brussel. 265 p.
- Stessels, M. z.d. (ca. 1863). *Description hydrographique de l'Escaut*. 27 p.
- Stevens, R.A.M., Runhaar, J. & Groen, C.L. 1987. Het CML ecotopensysteem: uitwerking voor Noord-, West- en Zuidwest Nederland. CLM, 34. Centrum Voor Milieukunde: Leiden. 110 p.
- Taverniers, E. 1998. Evolutie van het getij in het Zeescheldebekken. *Water* 102: 304-308.
- Technische Scheldec commissie, 1984. Verdieping Westerschelde Programma 48'/43'. Studierapport Deel 1 en 2. Subcommissie Westerschelde. Middelburg, Antwerpen.
- Temmerman, S. 2003. Sedimentation on tidal marshes in the Scheldt estuary. Katholieke Universiteit Leuven (KUL).
- Vanallemeersch, R. Hoffmann, M. & Meire, P. 2000. Ontwerpbeheerplan voor het Vlaams natuurreservaat slikken en schorren van Schelde en Durme. Universiteit Gent – Instituut voor Natuurbehoud, IN-rapport 00.01 (draft versie).
- Van Cauwenbergh, C. 2000. Relative Sea Level Rise Along The Belgian Coast: Analyses and Conclusions with Respect to the High Water, the Mean Sea and the Low Water Level. *The Hydrographic Journal* 97: 7-11.

- Van Damme, S., Ysebaert, T., Meire, P. & Van den Bergh, E. 1999. Habitatstructuren, waterkwaliteit en leefgemeenschappen in het Schelde-estuarium. Rapporten van het Instituut voor Natuurbehoud, 1999(24). Instituut voor Natuurbehoud: Brussel : Belgium. 155 pp.
- Van den Bergh, E., Van Damme, S., Graveland, J., de Jong, D.J., Baten, I. & Meire, P. 2003. Voorstel voor natuurontwikkelingsmaatregelen ten behoeve van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium. Op basis van een ecosysteemanalyse en verkenning van mogelijke maatregelen om het streefbeeld Natuurlijkheid van de Lange Termijn Visie te bereiken. RIKZ/OS/2003.825x.
- Van den Bergh, E.; Buysse, C.; Coeck, J.; Gyselings, R.; Mertens, W.; Van Braeckel, A.; Breine, J.; Vandecasteele, B.; Muylaert, K.; Du Laing, G.; Maes, J.; Soetaert, K.; Van Damme, S. (2005). Zeeschelde, in: Dumortier, M. et al. (Ed.) (2005). Natuurrapport 2005 : toestand van de natuur in Vlaanderen : cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud, 24: pp. 153-161.
- Van de Koppel, J., van der Wal, D., Bakker, J.P. & Herman, P.M.J. 2005. Self-organization and vegetation collapse in salt marsh ecosystems. *The American Naturalist* 165(1): E1-E12.
- van de Plassche, D. 1980. Holocene water-level changes in the Rhine-Meuse delta as a function of changes in relative sea level, local tidal range and river gradient. *Geologie en Mijnbouw* 59 (4): 343-351.
- Van der Spek, A.J.F. 1997. Tidal Asymmetry and Long-Term Evolution of Holocene Tidal Basins in the Netherlands: Simulation of Palaeo-Tides in the Schelde Estuary. *Marine Geology* 141: 71-90.
- Van der Wal, D. & Pye, K. 2003. The use of historical bathymetric charts in a GIS to assess morphological change in estuaries. *The hydrographic journal*, 110: 3-9.
- Vandevoorde, B. et al. Vegetatiekartering van de Zeeschelde in 2003. In prep.
- Van Looy, K. & De Blust, G. 1998. Ecotopenstelsel Grensmaas: een ecotopenindeling, referentiebeschrijving en vegetatietypering voor de Levende Grensmaas. Rapporten van het Instituut voor Natuurbehoud, 1998(25). Instituut voor Natuurbehoud: Brussel : Belgium. 87 pp
- Van Looy, K., Van Braeckel, A. & De Blust, G. 2005. De dynamiek ontleed in tijd en ruimte. Dynamische modellering Vegetatiesuccessie Natuurontwikkeling Grensmaasproject. *Landschap*. 22 (3) :127 – 139.
- Van Nuffel, S. 1969. Ontstaan en evolutie van de Zeeschelde. *STERO* (publicatie voor stedenbouw en ruimtelijke ordening) 3: 9-18.
- van Strydonck, M. & de Mulder, G.. 2000. De Schelde. Verhaal van een rivier. Davidsfonds Leuven. 176 p.
- Van Veen, J. 1944. Schelderegim en Schelderegie. In beperkte oplage (her-)uitgegeven in 1993; RWS/RIKZ.
- Verbessem, I., Ysebaert, T., Van den Bergh, E., De Regge, N., Soors, J. & Kuijken, E. 2002. 10 jaar monitoring op het Groot Buitenschoor. Rapport IN 02/10. Instituut voor Natuurbehoud.
- Vermeersch, S., De Knijf, G. & K. Decler. 2004. Verkennende ecologische gebiedsvisie voor de Dender. Rapporten van het instituut voor natuurbehoud, IN.R.2004.7. Brussel. 244 pp.
- Vroon, J., Storm, C. & Coosen, J. 1997. Westerschelde, stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwante biologische patronen in een estuarium. Rapport RIKZ-93.023. Rijkswaterstaat RIKZ Middelburg.
- Vrielynck, S., Belpaire, C., Stabel, A., Breine, J. & Quataert, P. 2002. De visbestanden in Vlaanderen anno 1840-1950 : een historische schets van de referentietoestand van onze waterlopen aan de hand van de visstand, ingevoerd in een databank en vergeleken met de actuele toestand. Rapporten van het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer - sectie visserij, 2002(89). Instituut voor Natuurbehoud: Groenendaal : Belgium. 271 pp.
- Wang, Z.B., Jeuken, M.C.J.L., Gerritsen, H., de Vriend, H.J. & Kornman, B.A. 2002. Morphology and asymmetry of the vertical tide in the Westerschelde estuary. *Continental shelf research*. 22 (17): 2599-2609.
- Winckelmans, J. 2005. Gevlochten verleden: wijmenteelt en mandenmakerij langs de Schelde. Vereniging Heemkunde Klein-Brabant.

- Witteveen & Bos. 1999. Getijanalyse Westerschelde. In opdracht van Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ). Deventer. Rapport Rw741.1.
- Wolfert, H.P. 1996. Rijkswateren-Ecotopen-Stelsels. Uitgangspunten en plan van aanpak. RIZA Nota 96.050. Lelystad. 36 p.
- Wolters, M., Bakker, J.P., Bertness, M.D., Jefferies, R.L. & Möller, I. 2005. Saltmarsh erosion and restoration in south-east England: squeezing the evidence requires realignment. *J. Appl. Ecol.* 42: 844-851.
- Zonneveld, I.S. 1960. De Brabantse Biesbosch: een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta. Deel B: Nederlandse tekst. *Bodemkundige studies*, 4. Stichting voor Bodemkartering: Wageningen. 396 pp.

## 7 Bijlagen

### 7.1 Lijst met figuren

<i>Figuur 2.1 De valleibegrenzing van de Zeeschelde met aanduiding van de verschillende saliniteitszones die de basis vormen voor de bespreking in dit rapport / Valley boundary of the Zeeschelde and its salinity zones.....</i>	<i>5</i>
<i>Figuur 2.2 Legende van Dépôt de la Guerre 2 / Legend of Dépôt de la Guerre 2.....</i>	<i>8</i>
<i>Figuur 2.3 Legende van Dépôt de la Guerre 3 / Legend of Dépôt de la Guerre 3.....</i>	<i>9</i>
<i>Figuur 2.4 Schema van de onder- en bovengrenzen van het litoraal, supra- en sublitoraal. GLWS=gemiddeld laagwater bij springtij, GHWD=gemiddeld hoogwater bij doortij, *=5 maal overspoeling per jaar / Schematic view of lower and upper boundaries of litoral, supralitoral and sublitoral zone. GHWD=mean high water at neap tide, GLWS=mean low water at spring tide, * = 5 times flooded per year.....</i>	<i>17</i>
<i>Figuur 2.5 Relatie tussen gemiddeld laagwater bij springtij en gemiddeld laagwater / Relationship between mean low water at spring tide and mean low water.....</i>	<i>17</i>
<i>Figuur 2.6 Relatie tussen gemiddeld hoogwater bij spring- en doortij en gemiddeld hoogwater / Relationship between mean high water at spring tide and mean high water.....</i>	<i>17</i>
<i>Figuur 2.7. Afbakening van de ecotopen in het brakwatergebied of mesohaliene zone / Ecotope range in the brackish or mesohaline zone .....</i>	<i>18</i>
<i>Figuur 2.8. Evolutie van de slikplaat voor het schor van de brug van Temse. In 1969 is het nog een brede gevarieerde plaat met een hoogdynamische zone met duidelijke ribbelpatronen in het oostelijke deel en een laagdynamisch westelijk deel. De situatie anno 2004 toont alleen nog een smalle structuurarme slikrand / Evolution of the mudflat at Temse bridge. In 1969 this large mudflat consisted of a highly dynamic eastern part, characterized by distinct ribbed patterns, and a low dynamic western part. In 2004 only a small part remains, lacking any distinct morphological features.....</i>	<i>20</i>
<i>Figuur 2.9 Schematische weergave van een aantal belangrijke karteringseenheden gebruikt voor het gereduceerd kadaster (zie tekst voor verder uitleg). Donkere lijn = winterdijk; lichtgrijs = perceelsgrenzen; lichtblauw = rivier / Schematic view of important units used when digitizing the 'Reduced kadaster' map (1850). Dark line = winter dike; pale grey line = parcel boundary; pale blue = river. ....</i>	<i>25</i>
<i>Figuur 2.10 Natuurlijk schor Cn (voormalig Schor van Wijtvliet) versus Schor in cultuur Cc (Galgenschoor) / Natural salt marsh (mapping unit Cn) (former salt marsh of Wijtvliet) opposed to a cultivated salt marsh (mapping unit Cc) (Galgenschoor) .....</i>	<i>26</i>
<i>Figuur 2.11 Illustratie van de afbakening van alluviale gebieden versus vloeisystemen nabij het Scheldebroek te Zele. Links: Overzicht van de situatie op het gereduceerd kadaster met een detail van de drainagepatronen van het Scheldebroek en het Aubroeck. De dichte regelmatige percelering aansluitend op een centrale afvoergracht in het Scheldebroek is een goede indicatie dat het een vloeisysteem betreft; in het Aubroeck is dit minder duidelijk, al kan een vloeisysteem alleen op basis hiervan niet uitgesloten worden. Op het DTM linksonder zijn de zones boven 4m TAW groen ingekleurd (gemiddelde GHW rond 1850, zones tussen 3.5 en 4m donkerblauw en zones onder 3.5m lichtblauw. Het Scheldebroek ligt duidelijk hoger dan het Aubroeck. Onder invloed van de Schelde sedimenteerde dit gebied tot op een vergelijkbaar niveau als de naburige schorren (Brede Schoren). Dat bevestigt het vermoeden van een regelmatig overstroomd systeem en dus een vloeisysteem /Illustration of how alluvial areas are distinguished from so called flood systems near the 'Scheldebroek' at Zele. Left: overview of the situation on the 'reduced kadaster' (1850) with a detail of drainage patterns at the Scheldebroek and Aubroeck. The dense, regular parcels connecting to a central drainage at the Scheldebroek are characteristic for flood</i>	

<i>systems; although the pattern is less obvious at the Aubroeck, the possibility of a flood system cannot be excluded merely based on this. On the digital terrain model zones above 4m TAW (~MHW in 1850) are in green, zones between 3.5 and 4 m in dark blue and zones below 3.5m in pale blue. The Scheldebroek is clearly more elevated than the Aubroeck and lies at a level comparable to the adjacent salt marshes. This confirms that it was regularly flooded, hence it is a flood system rather than an alluvial area.....</i>	27
<i>Figuur 2.12 Vergelijking jaargemiddelden en tienjarige gemiddelden voor Antwerpen uit Blanckaert (2003)/ Comparison of annual and decade means at Antwerp (from Blanckaert, 2003).....</i>	31
<i>Figuur 2.13 De geometrie van het estuarium (nabij Kallosluis anno 2001): Bb = stroombergende breedte en Amp = Amplitude / Geometry of the estuary: Bb = storage width and Amp = tidal amplitude.....</i>	32
<i>Figuur 3.1 Verloop van de verhouding ondiep water en diep water in de Beneden Zeeschelde tussen 1930 en 2003 /Evolution of the ratio shallow/deep water from 1930 till 2003 in the lower Zeeschelde .....</i>	36
<i>Figuur 3.2 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 9 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublitoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 9 from 1930 till 2003.....</i>	37
<i>Figuur 3.3 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 10 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublitoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 10 from 1930 till 2003.....</i>	38
<i>Figuur 3.4 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 11 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublitoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 11 from 1930 till 2003.....</i>	39
<i>Figuur 3.5 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 12 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublitoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 12 from 1930 till 2003.....</i>	40
<i>Figuur 3.6 Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes traject 13 van 1930 tot 2003 / Evolution of the sublitoral zone and adjacent mudflat in Omes segment 13 from 1930 till 2003.....</i>	41
<b>Figuur 3.7 Relatief aandeel van het ecotoop 'matig diep water' dat werd omgezet in 'diep water' tussen elke periode / Proportion of moderate deep water converted to deep water within each period.....</b>	43
<i>Figuur 3.8 Dieptekaart voor traject 11 in 1930 (links), 1950 (midden) en de tussentijdse netto diepteveranderingen (rechts). Bemerkt de vermoedelijke zandwinning aan de plaat van de Parel / Bathymetrical map of Omes zone 11 in 1930 (left), 1950 (middle) and its nett depth changes (right). Note a possible sand exploitation effect on the mudflat of "De Parel" .....</i>	43
<i>Figuur 3.9 Dieptekaart voor traject 9 in 1990-91 (links) en 2002-2003 (midden) en tussentijdse diepteveranderingen (rechts) / Bathymetrical map of Omes zone 9 in 1990-1991 (left) and 2002-2003 (middle) and the intervening nett depth changes (right).....</i>	43
<i>Figuur 3.10 Relatief aandeel van het ecotoop 'ondiep water' naar 'matig diep water' en 'diep water' tussen elke periode / Proportion of shallow water converted to moderate deep and deep water within each period.....</i>	44
<i>Figuur 3.11 Voorbeelden van sedimentatie- en erosieprocessen aan de slik- en schorrand bij het Groot Buitenschoor, Galgenschuur, schor aan Temsebrug en net stroomopwaarts van het huidige Deurganckdok / Examples of sedimentation and erosion processes at the mudflat and salt marsh margins of Groot Buitenschoor, Galgenschuur, the fresh water marsh at the bridge of Temse and the zone upstream of the present tidal Deurganckdock. ....</i>	46
<i>Figuur 3.12 Illustratie van het gebruik van de subtidale gegevens bij de interpretatie van de historische kaarten. De brede zone tussen de dijk en het laag slik moeten we</i>	



<i>waarschijnlijk interpreteren als een uitgestrekt pionierschor, zoals op deze foto van Massart uit 1904 nabij Zandvliet genomen bij laagtij (Massart &amp; Bommer, 1908) / Example of the use of subtidal data for interpretation of historical maps. The broad area between dike and low tidal mudflats should be interpreted as a vast pioneer saltmarsh, as illustrated by this photograph of Massart taken in 1904 near Zandvliet at low tide.....</i>	<i>47</i>
<i>Figuur 3.13 Het slikareaal (begrensd in het rood) kan onrechtstreeks bepaald worden als de zone tussen de gekarteerde supralitorale gebieden enerzijds en de via de bathymetrie bepaalde grens tussen slik en ondiep water anderzijds. Hier een voorbeeld aan het Ketenisseschor / Tidal mudflat area (marked in red) can be determined indirectly as the zone between the mapped supralitoral area and the boundary between mudflat and shallow water (determined with bathymetric data). This is an example at Ketenisseschor. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figuur 3.14 Evolutie van het areaal bedijkt en onbedijkt supralitoraal gebied in de tijdsreeks 1850-1920-2003-toekomstscenario en per saliniteitszone (inclusief pionierschor, dat soms als slik wordt geïnterpreteerd: zie 3.1.2); in het toekomstscenario worden GGG's als bedijkte gebieden beschouwd. / Evolution of embanked and unembanked supralitoral area in the time series 1850-1920-2003-intended scenario in each salinity zone (including pioneer saltmarsh that is sometimes interpreted as mudflats) .....</i>	<i>48</i>
<i>Figuur 3.15 Beschikbaar alluviaal gebied langs de Schelde in 1850 (geel), huidige (rood) en toekomstige situatie (blauw gestreept) tov valleigebied (grijs) / Available storage width of the Scheldt in 1850 (yellow), the present situation (red) and in the future scenario (blue striped) compared to the extent of the river valley (grey). ....</i>	<i>51</i>
<i>Figuur 3.16 Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden op het gereduceerd kadaster (1850) / Proportion of main mapping units of the 'Reduced kadaster' map (1850).....</i>	<i>52</i>
<i>Figuur 3.17 Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden op Dépôt de la Guerre 3 (1920) / Proportion of main mapping units of the 'Dépôt de la Guerre 3' (1920) .....</i>	<i>52</i>
<i>Figuur 3.18 Relatieve verhouding van de belangrijkste karteringseenheden (habitatgroepen) op de vegetatiekaart van 2003. Bemerkt dat de verhoudingen in deze figuur licht kunnen afwijken van de waarden in Tabel 3.8 omdat de tussenliggende gebieden niet in rekening gebracht werden bij de analyse van het vegetatieverloop. Dat verandert echter weinig aan het globale beeld / Proportion of the main habitat groups in 2003. Note this might slightly differ from in table 3.9 because the latter does not take into account the intermediate area between the main tidal marshes.....</i>	<i>53</i>
<i>Figuur 3.19 Temporele evolutie van een aantal vergelijkbare hoofdcategorieën / Temporal evolution of some main mapping units .....</i>	<i>53</i>
<i>Figuur 3.20 Opdeling van de Zeeschelde rond 1850 op basis van het meest voorkomende landgebruiktype langs het betreffende traject / The major land use zonation along the Zeeschelde around 1850.....</i>	<i>54</i>
<i>Figuur 3.21. Temporele evolutie van het proportioneel aandeel van a) pioniervegetatie, b) kruidachtige vegetatie, c) rietvegetatie en c) struweel- en bosvegetatie in brak- en zoetwaterschorren van de Zeeschelde over de periode van 1992 tot 2003. A = schor van Ouden Doel en B = schor nabij de Temsebrug als typevoorbeelden voor respectievelijk brakke- en zoetwaterschorren (overgenomen uit Brys et al. 2005) / Temporal evolution of proportion of a) pioneer vegetation, b) tall herbs, c) reed and d) shrub and woody vegetation in brackish and fresh water tidal marshes along the Zeeschelde from 1992 to 2003. A = brackish tidal marsh of Ouden Doel and B = fresh water tidal marsh near bridge of Temse (Brys et al. 2005)....</i>	<i>60</i>
<i>Figuur 3.22 De Brede schoren kennen een groot vegetatieverloop met een belangrijk verlies van ruigte ten voordele van riet en een uitbreiding van de struweelkernen van 1992 in de ruigtezones, twee frequente processen op schorren in de zoete zone met korte verblijftijd / Vegetation turnover in the tidal marsh "Brede Schoren" is high with an</i>	

- important loss of tall herbs at the expense of reed as well as the expansion of shrub in tall herb zones, two frequent turnover processes in the fresh water zone with short retention time .....64*
- Figuur 3.23. Schorren in de zoete zone met lange verblijftijd hebben de meest stabiele vegetatie, zoals hier duidelijk geïllustreerd voor het Groot schoor van Grembergen. In tegenstelling tot de andere saliniteitszones neemt het aandeel riet af / Tidal marshes in the fresh water zone with long retention time have the most stable vegetation, as illustrated by the "Groot Schoor van Grembergen". This in contrast to the other salinity zones where reed area declines .....65*
- Figuur 3.24 Dit deel van de Notelaar (oligohaliene zone) kent een gelijkaardige evolutie als het Groot schoor van Grembergen: relatief stabiel met een groot aandeel houtige vegetatie. De belangrijkste omzettingen die nog gebeuren zijn van riet en ruigte naar struweel en van struweel naar bos. Hier is ook een duidelijke afkalvingszone zichtbaar (slik in de verschilkaart) / The evolution of this part of the Notelaar (oligohaline zone) is very similar to "Groot Schoor van Grembergen": relatively stable with a large proportion of woody vegetation. Most important turnover processes are reed and tall herbs to shrubs and shrubs to woodland. Also note the distinct retreat of tidal marsh (mudflat on the map) .....66*
- Figuur 3.25 Op het Groot Buitenschoor valt vooral de omzetting van biezenvetaties naar riet op over de volledige lengte van het schor. Anderzijds zijn de biezenvetaties duidelijk uitgebreid aan de rivierzijde. Het schor is dus aan het groeien. Vooral in het noordelijke deel is het aandeel zilt grasland sterk toegenomen, een gevolg van het begrazingsbeheer dat tussen de twee karteringsperiodes gestart werd / Conversion of rush vegetation to reed along the entire saltmarsh edge is most markable change at the "Groot Buitenschoor". On the other hand, rushes clearly expanded towards the riverside, indicating saltmarsh growth. Especially in the northern part, the proportion of brackish grassland increased as a response to the grazing regime that started between the two mapping periods .....67*
- Figuur 3.26 Evolutie aan de Rupelmonding en de monding van de Vliet. 1892 toont de 'originele' toestand met de monding van het Zeekanaal in Klein Willebroek en monding van de Vliet ter hoogte van Niel. In 1922 worden de monding van het Zeekanaal en monding van Vliet verlegd naar Wintam; de oude monding van de Vliet is nog aanwezig. In 1977 wordt de Vliet volledig afgesloten van de Rupel; de oude Vlietmonding verdween al veel eerder (met zekerheid vóór 1954). In 1997 werden de nieuwe Zeesluis aan de Rupelmonding en de bijhorende uitbreiding van het zeekanaal in gebruik genomen / Historical changes near the mouth of the Rupel River and its tributary the "Vliet". 1892 shows the "original" situation with the Sea channel at Klein Willebroek and the mouth of the Vliet near Niel. In 1922 the mouth of the Zeekanaal and the Vliet were transferred to Wintam. The original mouth of the Vliet is still present. In 1977, the Vliet was completely cut off from the Rupel. The original mouth of the Vliet disappeared before 1954. In 1997 a new sea sluice was opened at the Rupel mouth .....69*
- Figuur 3.27 Broekse Vaart (rode pijl) en het krekensysteem in de gecultiveerde schorren van de bocht bij Uitbergen / Broekse Vaart (red arrow) and the creek network in cultivated tidal marshes near Uitbergen .....71*
- Figuur 3.28 De grote centrale afvoergrachten in de vloeisystemen bij Sint-Amands (links) en Schellebelle (Koningsgracht, rechts) waren aan weerszijden aangetakt aan de Schelde en er staan geen sluizen op aangegeven / Main central drainage channels in the tidal systems at Sint-Amands (left) and Schellebelle (right) connected at both ends to the Scheldt. No sluices are indicated .....72*
- Figuur 3.29 De nevengeul ter hoogte van Sint-Amands was ten tijde van het gereduceerd kadaster nog sterk ontwikkeld, in 1956 was ze al grotendeels dichtgeslibd en in 2003 is alleen nog een smalle kreek overgebleven / A well-developed side channel of the Scheldt is*

<i>found at Sint-Amands in 1850. In 1956 large parts are filled up with sediment and in 2003 only a small creek remained.....</i>	<i>73</i>
<i>Figuur 3.30 Nevengeul en eiland aan het groot schoor van Hamme (situatie nu en ten tijde van het gereduceerd kadaster op het kaartblad Moerzeke) / Side channel and isle at the "Groot Schoor van Hamme" (present situation and situation in 1850).....</i>	<i>74</i>
<i>Figuur 3.31 Opsplitsing van de Durmegeul aan de grens van Elversele en Tielrode (situatie nu en ten tijde van het gereduceerd kadaster) / Side channel in the Durme River near Elversele-Tielrode.....</i>	<i>74</i>
<i>Figuur 3.32 Huidige locatie van de verschillende tijposten in km tot de monding van de Westerschelde. De symbolen komen overeen met de symbolen die gebruikt worden in de getijgrafieken / Location of tidal stations in km to the mouth of the Westerschelde. Symbology corresponds to the ones in the tidal graphs.....</i>	<i>75</i>
<i>Figuur 3.33 Verloop van het 10-jarig gemiddeld hoogwater tussen 1850 en nu in de Schelde / Evolution of decennial mean high water since 1850 in the Schelde.....</i>	<i>76</i>
<i>Figuur 3.34 Schematische voorstelling van het verloop van de vloedgolf in een estuarium: a, zonder kom-effect; b, met kom-effect (zijdelingse afvloeiing). MHW = gemiddeld hoog water, MLW: gemiddeld laag water (overgenomen uit Zonneveld, 1960) / Schematical representation of the tidal wave in an estuary: a. without basin effect; b, with basin effect (lateral flow). MHW = mean high water, MLW = Mean low water (taken from Zonneveld, 1960.....</i>	<i>77</i>
<i>Figuur 3.35 Verloop van het gemiddeld laagwater tussen 1890 en 2000 in het Schelde / Evolution of mean low water between 1890 and 2000 in the Scheldt.....</i>	<i>78</i>
<i>Figuur 3.36 Evolutie van a) de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en b) de laagwaterlijn (MLW) per decennium in enkele tijposten lang de Schelde tussen 1891-1900 en 1991-2000 / Evolution of a) mean high water and b) mean low water at a selection of tidal stations between 1891-1900 and 1991-2000.....</i>	<i>78</i>
<i>Figuur 3.37 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Polyhaliene zone van het Schelde estuarium over de periode van 1891-1900 tem 1991-2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the polyhaline zone of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>79</i>
<i>Figuur 3.38 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Mesohaliene zone van het Schelde estuarium over de periode van 1891 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the mesohaline zone of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>79</i>
<i>Figuur 3.39 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaar in de Oligohaliene zone van het Schelde estuarium over de periode van 1891 tem 1990 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the oligohaline zone of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>80</i>
<i>Figuur 3.40 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Zoete zone met lange verblijftijd van het Schelde estuarium over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the fresh water zone with long retention time of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>80</i>
<i>Figuur 3.41. Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaartal in de Zoete zone met korte verblijftijd van het Schelde estuarium over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the fresh water zone with short retention time of the Scheldt from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>81</i>

<i>Figuur 3.42 (A) &amp; (B), Trend (A) en verandering (B) van het 10- jarig gemiddelde hoogwater per decennium (MHW), voorafgaand aan het weergegeven jaartal, tov 1900 bij verschillende tijposten van de Zeeschelde gecorrigeerd voor het gemiddeld hoogwater bij Vlissingen / Trend (a) and increase (b) of decennial mean high water compared to the 1891-1900-level at a several tidal stations along the Zeeschelde and corrected for mean high water at Vlissingen.....</i>	<i>82</i>
<i>Figuur 3.43 (A) &amp; (B), Globale afname van het gemiddelde laagwater per decennium (MLW) voorafgaand het weergegeven jaartal bij verschillende tijposten van de Zeeschelde gecorrigeerd voor het gemiddeld laagwater bij Vlissingen / A&amp;B, Overall decrease of decennial mean low water at several tidal stations along the Zeeschelde and corrected for mean low water at Vlissingen .....</i>	<i>83</i>
<i>Figuur 3.44. Zeespiegelstijging volgens verschillende scenario's (bron: IPCC) / Expected sea level rise for various scenarios (source: IPCC) .....</i>	<i>84</i>
<i>Figuur 3.45 Meting zeespiegelstijging bij Vlissingen (bron: Rijkswaterstaat RIKZ.) / Sealevel measurements at Vlissingen (source: RIKZ, NL) .....</i>	<i>85</i>
<i>Figuur 3.46 Verloop van het gemiddeld hoogwater tussen 1890 en 2000 in de Rupel / Evolution of mean high water along the Rupel River between 1890 and 2000.....</i>	<i>85</i>
<i>Figuur 3.47 Verloop van het gemiddeld laagwater tussen 1890 en 2000 in de Rupel/ Evolution of mean low water along the Rupel River between 1890 and 2000.....</i>	<i>86</i>
<i>Figuur 3.48 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaar in Rupel over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the Rupel from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>86</i>
<i>Figuur 3.49 Verloop van het gemiddeld hoogwater tussen 1890 en 2000 in de Durme/ Evolution of mean high water along the Durme River between 1890 and 2000.....</i>	<i>87</i>
<i>Figuur 3.50 Verloop van het gemiddeld laagwater tussen 1890 en 2000 in de Durme / Evolution of mean low water along the Durme River between 1890 and 2000 .....</i>	<i>88</i>
<i>Figuur 3.51 Evolutie van de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) per decennium voorafgaand het weergegeven jaar in Durme over de periode van 1900 tem 2000 / Evolution of decennial mean high water and mean low water in the Durme from 1891-1900 till 1991-2000.....</i>	<i>89</i>
<i>Figuur 3.52. Verloop van de gemiddelde getijamplitude (in meter) in het Schelde-estuarium tussen de periode 1862-1863 en 1991-2000 / Evolution of decennial mean tidal amplitude along the Scheldt between 1862-1863 and 1991-2000 .....</i>	<i>90</i>
<i>Figuur 3.53 Verloop van de gemiddelde getijamplitude in de Zeeschelde tussen de periode 1862-1863 en 1991-2000, geklasseerd volgens tijregime / Evolution of mean tidal amplitude along the Scheldt between 1862-1863 and 1991-2000, classified by tidal regime.....</i>	<i>91</i>
<i>Figuur 3.54 Getijmolens en sluizen ten tijde van het gereduceerd kadaster. Zekere getijmolens zijn gedocumenteerd in de literatuur en staan aangeduid op het gereduceerd kadaster, vrij zekere getijmolens zijn gedocumenteerd maar niet aangegeven op het kadaster of vice versa. Zekere sluizen worden met het geschrift 'éclusette' en als symbool een rood haakje aangegeven, vrij zekere sluizen hebben geen geschrift maar wel een rood haakje. De precieze locatie van de getijmolen te Dendermonde kon niet achterhaald worden en is niet aangeduid op de kaart / Tidal mills and sluices in 1850. Certain tidal mills are documented in literature and mapped on the Reduced kadaster, probable tidal mills are documented but not mapped or vice versa. Certain sluices are symbolized by a red bracket and indicated on the map as 'éclusette', probable sluices are symbolized but have no accompanied writing on the map. The exact location of the tidal mill at Dendermonde remains uncertain .....</i>	<i>92</i>

<i>Figuur 3.55 Evolutie van de getij-amplitude op A) Rupel en B) Durme tussen 1888 en heden / Evolution of decennial mean tidal amplitude along A) the Rupel and B) the Durme between 1888-1895 and 1991-2000</i> .....	93
<i>Figuur 3.56 Veranderingen in asymmetrie van het getij langs de Zeeschelde tussen de periode 1888-1895 en 1981-1990 / Changes in tidal asymmetry along the Zeeschelde between 1888-1895 and 1981-1990</i> .....	93
<i>Figuur 3.57 Veranderingen in de eb- en vloedduur langs de Schelde tussen de periode 1888-1895 en 1981-1990 / Changes in high and low tide duration along the Scheldt between 1888-1895 and 1981-1990</i> .....	94
<i>Figuur 3.58 Veranderingen in asymmetrie van het getij langs de Rupel en de Durme tussen de periode 1888-1895 en 1981-1990 / Changes in tidal asymmetry along the Rupel and Durme between 1888-1895 and 1981-1990</i> .....	94
<i>Figuur 3.59 Afwijking van het jaarlijks afvoerdebiet van de Schelde te Schelle ten opzichte van het langjarig gemiddelde (Gegevensbron: Ministerie Vlaamse Gemeenschap - Waterbouwkundig Laboratorium – Borgerhout) / Deviation on long-term mean of annual discharge of the Scheldt at Schelle (source: Ministerie Vlaamse Gemeenschap - Waterbouwkundig Laboratorium – Borgerhout)</i> .....	95
<i>Figuur 3.60 Energiedistributie in de Schelde, Rupel en Durme (uit Chen et al. 2005) / Energy distribution along the Scheldt, Rupel and Durme (from Chen et al. 2005)</i> .....	96
<i>Figuur 3.61 Rechttrekkingen in de zoete zone met korte verblijftijd / Canalization of the fresh water zone with short retention time</i> .....	97
<i>Figuur 3.62 Rechttrekkingen van de Durme bij Waasmunster / Canalization of the Durme near Waasmunster</i> .....	99
<i>Figuur 3.63 Rechttrekking van de Durme bij Den Oever(grens Waasmunster-Lokeren) / Canalization of the Durme near Den Oever at Waasmunster</i> .....	99
<i>Figuur 3.64 Wijziging van de geul voor Doel door de aanleg van een leidam bij de Plaat van Doel. Het vroegere traject is in blauwe stippellijn aangegeven / Channel displacement at Doel by construction of a longitudinal levee at the 'Plaat van Doel'. The former direction is indicated by a blue dotted line.</i> .....	100
<i>Figuur 3.65 Verlegging bij de monding van de Rupel / Channel displacement at the mouth of the Rupel</i> .....	100
<i>Figuur 3.66 Rechttrekking bij het stort van Weert. Rechts (stippellijn) de Oude Schelde te Weert, die reeds in de 14e eeuw werd afgesloten / Canalization at 'Stort of Weert'. At the right (dotted line) the Old Scheldt at Weert, already cut off from the river in the 14th century...</i>	101
<i>Figuur 3.67 De afsnijding van de oude meander van de Roggeman te Moerzeke (blauwe stippellijn) dateert van vóór 1850/ The cut off of the old meander 'Roggeman' at Moerzeke (blue dotted line) goes back to ~ 1850</i> .....	101
<i>Figuur 3.68 "Rechttrekking" bij Dendermonde (eigenlijk meer een lokale verplaatsing van de loop van de rivier) / Canalization at Dendermonde (actually more like a local displacement of the river course)</i> .....	102
<i>Figuur 3.69 Rechttrekking bij Appels / Canalization near Appels</i> .....	102
<i>Figuur 3.70 Rechttrekking bij Paardenweide te Wichelen / Canalization near the 'Paardenweide' at Wichelen</i> .....	103
<i>Figuur 3.71 Rechttrekkingen in de Kastermeersen en Kalkense Meersen (Wetteren-Schellebelle) / Canalization in the Katermeersen and the Kalkense meersen near Wetteren and Schellebelle</i> .....	103
<i>Figuur 3.72 Rechttrekking bij Overschelde (Wetteren) / Canalization near Overschelde - Wetteren</i> .....	104
<i>Figuur 3.73 Rechttrekking bij Melleham te Heusden. De stippellijn geeft een meander weer die dateert van vóór 1850</i> .....	104

<i>Figuur 3.74 Rechttrekking bij de Zwaanhoek op de grens van Melle en Heusden / Canalization near Melle</i> .....	105
<i>Figuur 3.75 Rechttrekkingen in de Gentbrugse Meersen en Heusden. / Canalization near Gentbrugge</i> .....	105
<i>Figuur 3.76 Rechttrekking aan de stuw in Gent / Canalization near the present dam in Gent</i>	106
<i>Figuur 3.77 Gemiddelde breedte van de stroombergende zone in de verschillende saliniteitszones van de Zeeschelde, de Rupel en de Durme / Mean storage width in different salinity zones of the Scheldt and Rupel and Durme</i> .....	107
<i>Figuur 3.78 Afstand tot de monding langs de rivieras (km) / distance to mouth along the river axis (km)</i> .....	108
<i>Figuur 3.79 Evolutie van het stroombergend oppervlak in het stroomafwaartse deel van de brakke zone van de Zeeschelde tussen 1850 en heden/ Evolution of storage area in the downstream area of the mesohaline part of the Scheldt since 1850</i> .....	109
<i>Figuur 3.80 Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde tussen 1850 en heden / Evolution of storage width in the mesohaline zone of the Scheldt since 1850 (x-axis: distance to the mouth, y-axis: log(width))</i> .....	109
<i>Figuur 3.81 Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde vergeleken met het geplande herstel in het meest wenselijk alternatief van het Sigma plan (toekomstscenario) / Evolution of storage width in the Scheldt since 1850 and the planned restoration in the MeWa</i> .....	110
<i>Figuur 3.82 Evolutie van de stroombergende breedte in de brakke zone vanaf 1850 tot 2003 samen met het geplande meest wenselijk alternatief; a) Brakke of mesohaliene zone, b) zwak brakke of oligohaliene zone / Storage width in the brackish part of the Scheldt around 1930, 2003 and the planned future scenario; a) mesohaline zone, b) oligohaline zone</i> ...	111
<i>Figuur 3.83 Evolutie van de stroombergende breedte in de zoete zone vanaf 1850 tot 2003 samen met het toekomstig meest wenselijk alternatief van het Sigma plan; a) zoete zone met lange verblijftijd, b) zoete zone met korte verblijftijd. / Storage width in the fresh water part of the Scheldt around 1930, 2003 and the planned future scenario; a) long retention zone, b) short retention zone</i> .....	111
<i>Figuur 3.84 Verlies aan alluviaal en vloeimeersengebied in de zoete zone met korte verblijftijd tussen 1850 en 2003 / Lost alluvial and flooded area between 1850 and 2005</i> ....	112
<i>Figuur 3.85 Evolutie van de stroombergende breedte langs de Rupel vanaf 1850 tot nu en het geplande meest wenselijk alternatief van het Sigma plan / Evolution of storage width along the Rupel from 1850 till now and the planned future scenario (MeWa)</i> .....	113
<i>Figuur 3.86 Evolutie van de stroombergende breedte langs de Durme vanaf 1850 tot het geplande herstel in het meest wenselijk alternatief van het Sigma plan/ Evolution of storage width along the Durme from 1850 till now and the planned future scenario (MeWa)</i> .....	113
<i>Figuur 3.87 Verlies aan stroombergende ruimte langs de Durme tussen 1850 en 2003 / lost of flood zones and tidal area between 1850 and 2005</i> .....	114
<i>Figuur 3.88 Evolutie van de horizontale tijcomponent of stroombergende breedte naast de verticale component: de getijamplitude langs de Zeeschelde / Evolution of the horizontal and vertical tidal component: storage width and tidal amplitude)</i> .....	115
<i>Figuur 3.89 Evolutie van de stroomberging (breedte x amplitude) langs de Zeeschelde gradiënt / Evolution of storage capacity (storage width x tidal amplitude) along the Zeeschelde</i> .....	115
<i>Figuur 3.90 Evolutie van de cumulatieve stroomberging langs de Zeeschelde gradiënt / Evolution of the cumulative storage capacity along the Zeeschelde</i> .....	116
<i>Figuur 3.91 Evolutie van het aandeel verticale en horizontale stroomberging in de Zeeschelde/ Evolution of the ratio of vertical and horizontal component in the storage capacity along the Zeeschelde</i> .....	117

---

<i>Figuur 3.92 Schematische weergave van de bepaling van de breedte-diepteverhouding / Schematical view of the determination of the storage width (B) – maximum channel depth (D) ratio</i>	118
<i>Figuur 3.93 Evolutie van de breedte-diepteverhouding in de Beneden-Zeeschelde van 1930 tot 2000 (logaritmisch) / Evolution of the width-depth ratio in the lower Zeeschelde from 1930 till 2000 (logarithmic)</i>	118
<i>Figuur 3.94 Diepteveranderingen in de Beneden-Zeeschelde van 1930 tot 2000 / Depth changes in the lower Zeeschelde from 1930 till 2000</i>	119
<i>Figuur 3.95 Evolutie van het morfologisch beheer in de Zeeschelde (AWZ-Afd. Maritieme Toegang) / Evolution of the morphological management in the Zeeschelde (source: AWZ-Afd. Maritieme Toegang)</i>	127
<i>Figuur 3.96 Evolutie van het morfologisch beheer in de Westerschelde (AWZ-Afd. Maritieme Toegang) / Evolution of the morphological management in the Westerschelde (source: AWZ-Afd. Maritieme Toegang)</i>	127
<i>Figuur 4.1 Schematische weergave van de relaties tussen natuurlijke evoluties, antropogene ingrepen en het effect op de slikken, schorren en subtidale gebieden. ....</i>	130

## 7.2 Lijst met tabellen

Tabel 2.1. Overzicht van de gebruikte historische kaarten / Overview of historical maps used for this study.....	6
Tabel 2.2. Kaartbladen van het gereduceerd kadaster die gebruikt werden voor deze studie. Kaartbladen met een sterretje werden digitaal geleverd door het NGI, kaartbladen zonder sterretje zijn ingescande reproducties (minder goede kwaliteit) / Used map sheets from the 'Gereduceerd Kadaster'. Sheets marked with an asterisk were digital maps from the National Geographic Institution, .....	7
Tabel 2.3. Overzicht van de DG-kaarten (* datum van verschijnen)/ Overview of the maps of 'Dépôt de la Guerre'.....	9
Tabel 2.4. Overzicht van het aantal foto's per jaar dat in het archief van ATO werd geselecteerd / Overview of the number of photographs that was selected in the ATO archives.	11
Tabel 2.5. Beschikbare bathymetrie-gegevens (bron: Afdeling maritieme toegang) / Available bathymetrical data (source: Afdeling Maritieme Toegang). .....	12
Tabel 2.6. Beschikbare historische getijlocaties en periodes (bronnen: 1862: Stessels z.d.; 1888-1990: reeks 'Overzichten van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken' van Claessens & Meyvis; 1990-2000: getijgegevens geleverd door Waterbouwkundig labo); Eu=euhalien, Meso=mesohalien, Oligo=oligohalien, Lang=zoet met lange verblijftijd, Kort=zoet met korte verblijftijd / Lang=zoet met lange verblijftijd, Kort=zoet met korte verblijftijd / Tidal stations and periods for which historical data are available; Eu = euhalinic, Meso = mesohaline, Oligo = oligohaline, Lang = fresh water zone with long retention time, Kort = fresh water zone with short retention time .....	12
Tabel 2.7. Recente jaarlijkse tijgegevens (bron: Waterbouwkundig labo Borgerhout) / Recent annual tidal data.....	12
Tabel 2.8 Indelingskenmerken gebruikt voor het ecotopenstelsel van de Zeeschelde; *zie tekst voor verklaring; GLWS = gemiddeld laagwater bij springtij, GHWD=gemiddeld hoogwater bij doottij, GHWS=gemiddeld hoogwater bij springtij) / Classification characteristics used for the ecotope system of the Zeeschelde; see text for further explanation; GLWS = mean low water at spring tide, GHWD = mean high water at neap tide .....	15
Tabel 2.9 Overzichtstabel van de ecotopen van de Zeeschelde. Ecotopen die theoretisch kunnen voorkomen, worden in de rechterkolom in het groen aangegeven; indien de combinatie van de verschillende indelingskenmerken tot een onbestaand ecotoop leidt, is dat in het grijs aangegeven (bijvoorbeeld wilgenstruwelen in de mesohaliene zone) / Overview of the Zeeschelde ecotopes. Existing ecotope combinations in green, non-existing ecotope in grey (e.g. willow shrub in the mesohaline zone). .....	22
Tabel 2.10 Overzicht van de gebieden die meegenomen werden in het toekomstscenario en die dus nog niet gerealiseerd waren bij de vegetatiekartering van 2003 (*alleen het Belgische deel; **inclusief het deel van de polygoon dat in het Meest Wenselijk alternatief van het Sigmoplan verkeerd werd aangeduid als Hedwigepolder) / Areas of most desirable scenario that are planned but not yet realized in 2003 .....	28
Tabel 2.11 Overzicht van de 'wetland' gebieden uit het MWeA / Wetland areas of most desirable scenario.....	29
Tabel 2.12 Locatie van de tijmeters / Location of tidal stations.....	31
Tabel 3.1 Omes-segmenten binnen de Beneden-Zeeschelde / Omes-segments in the lower Zeeschelde.....	35
Tabel 3.2 Procentuele veranderingen in de sublitorale zone 20 en 70 jaar na de referentieperiode van 1930 (1950 en 2000) / Relative changes of the sublitoral zone 20 and 70 years after the reference year 1930(%).....	36



<i>Tabel 3.3 Procentueel aandeel van het sublitorale ecotoop uit de referentieperiode 1930 dat hetzelfde ecotoop blijft (=, cursief) of overgaat naar een ander sublitoraal ecotoop (+:ondieper,-:dieper; vet: &gt; 33%) / Changes of sublitoral zone ecotopes in 1930 into ecotopes after 20 and 70 years (%).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabel 3.4 Gemiddelde verandering in bodemdiepte in de sublitorale ecotopen van 1930 na 20 en 70 jaar / Average change in bottom level in sublitoral ecotopes after 20 and 70 years (since 1930).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabel 3.5: Evolutie van slikken en schorren tussen 1992 en 2003 aan Groot Buitenschoor, Schor van ouden Doel, Galgenschoor, Liefkenshoek, St Annastrand (klein deel), KBR schor, Temsebrug, Notelaar, Kijkverdriet, Stort van Weert, Schor van Branst, Driegoten, Mariekerke, Cramp en Schoor van Grembergen (*waarvan 21ha door ontpoldering en 14ha door schorafslag en slikaangroei vanuit subtidaal gebied) / Evolution of tidal mudflats and marshes between 1992 and 2003 fro a limited series of areas along the Scheldt.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabel 3.6 Evolutie van het areaal bedijkt en onbedijkt supralitoraal gebied (in hectare en procentueel) in de tijdsreeks 1850-1920-2003-toekomstscenario per saliniteitszone / Evolution of embanked, unembanked and total supralitoral area (in hectare and as a percentage) in the time series 1850-1920-2003-future scenario (TS) in each salinity zone.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabel 3.7 Evolutie van de coëfficiënt voor laterale connectiviteit / Evolution of the lateral connectivity coefficient.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabel 3.8 Evolutie van de belangrijkste vegetatiegroepen langs de Zeeschelde in de overlappende zones van de vegetatiekarteringen van 1992 en 2003 / Vegetation group evolution along the Zeeschelde in the commom zones of the vegetation map of 1992 and 2003... </i>	<i>59</i>
<i>Tabel 3.9 Bedekkingspercentage van de verschillende vegetatiegroepen per saliniteitszone in de karteringen 1992 en 2003 / Percentage of cover vegetation groups by salinity zone according to the vegetation maps of 1992 and 2003 .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabel 3.10 Toename en afname van de verschillende vegetatiegroepen per saliniteitszone in de karteringen 1992 en 2003. De belangrijkste wijzigingen zijn in kleur aangeduid. (*nog niet of nauwelijks aanwezig in 1992; - afwezig) / Increase and decrease of different vegetation groups in each salinity zone in 1992 and 2003. The most important changes are marked. (*not yet or barely present in the map of 1992; -absent) .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabel 3.11 Percentage ongewijzigde rastercellen per vegetatiegroep en per saliniteitszone / Percentage of unchanged raster cells by vegetation group and salinity zone.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabel 3.12 Vegetatieverloop tussen de twee karteringen uitgedrukt als percentage van de gewijzigde vegetatiecellen van de betreffende groep. De opvallendste gegevens staan in het grijs / Vegetation turnover of 1992 and 2003 expressed as percentage of changed vegetation cells of each group. Important changes are indicated in grey .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabel 3.13 Vegetatieverloop tussen de twee karteringen per saliniteitszone uitgedrukt als percentage van de gewijzigde vegetatiecellen van de betreffende groep. De opvallendste gegevens staan in het grijs / Vegetation turnover of 1992 and 2003 within each salinity zone expressed as percentage of changed vegetation cells of each group. Important changes are indicated in grey.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabel 3.14 Getij-beïnvloede grachten en beken in het Zeescheldebekken rond 1850. <sup>1</sup>Gemeten tot Oppuurs; <sup>2</sup>Grote drainagegrachten in vloeisysteem; <sup>3</sup>Beperkte getij-invloed / Tidal brooks in the Zeeschelde catchment around 1850. <sup>1</sup>Measured up to Oppuurs; <sup>2</sup>large drainage canals in a flood system, <sup>3</sup>reduced tidal influence. ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabel 3.15 Relatieve stijgsnelheid voor hoogwater, laagwater en gemiddelde zeestand voor Vlissingen (Dillingh et al., 1993) en Oostende (Van Cauwenberghe, 2000) / Relative rise rates for high and low water, and mean sea level at Vlisisngen and Oostende.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabel 3.16 Overzicht rechttrekkingen langs Zeeschelde, Durme en Rupel. Bij de locatie wordt tussen haakjes de naam van de rechttrekking weergegeven zoals gebruikt in</i>	

*Meyvis (1977) indien die afwijkt van de hier gebruikte naam / Overview of canalization along Scheldt, Rupel and Durme.....* 98

*Tabel 3.17 Historisch overzicht van het landgebruik langs de Zeeschelde/ Historic overview of land use changes along the Zeeschelde.....* 120

*Tabel 3.18 Historisch overzicht van de riviermorfologische ingrepen / Historical overview of antropogenic activities on the Zeeschelde.....* 122

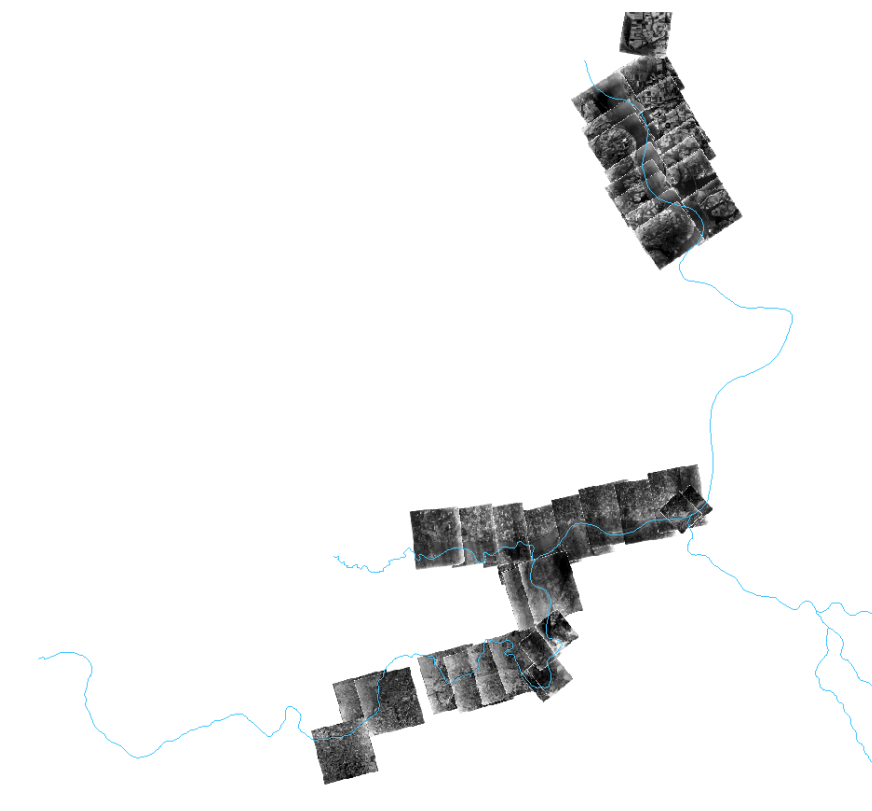
*Tabel 7.1 Hoofdcategorieën (HC) gebruikt bij de vergelijking van de verschillende periodes.....* 176

*Tabel 7.2 Karteringseenheden gebruikt voor het gereduceerd kadaster en de vertaling van deze eenheden naar de hoofdcategorieën.....* 176

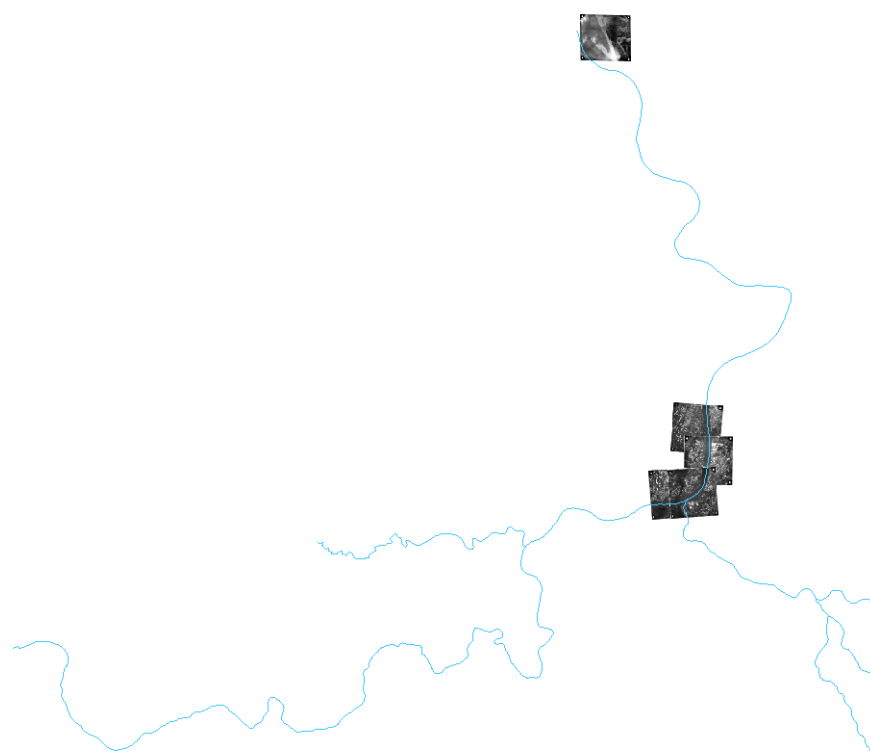
*Tabel 7.3 Karteringseenheden gebruikt voor de kartering van Dépôt de la Guerre 32 en de vertaling van deze eenheden naar de hoofdcategorieën. \*nr=niet relevant.....* 177

*Tabel 7.4 Habitatgroepen uit de vegetatiekartering van 2003 en de vertaling ervan naar de hoofdcategorieën. ....* 178

### 7.3 Overzicht van de beschikbare historische luchtfoto's



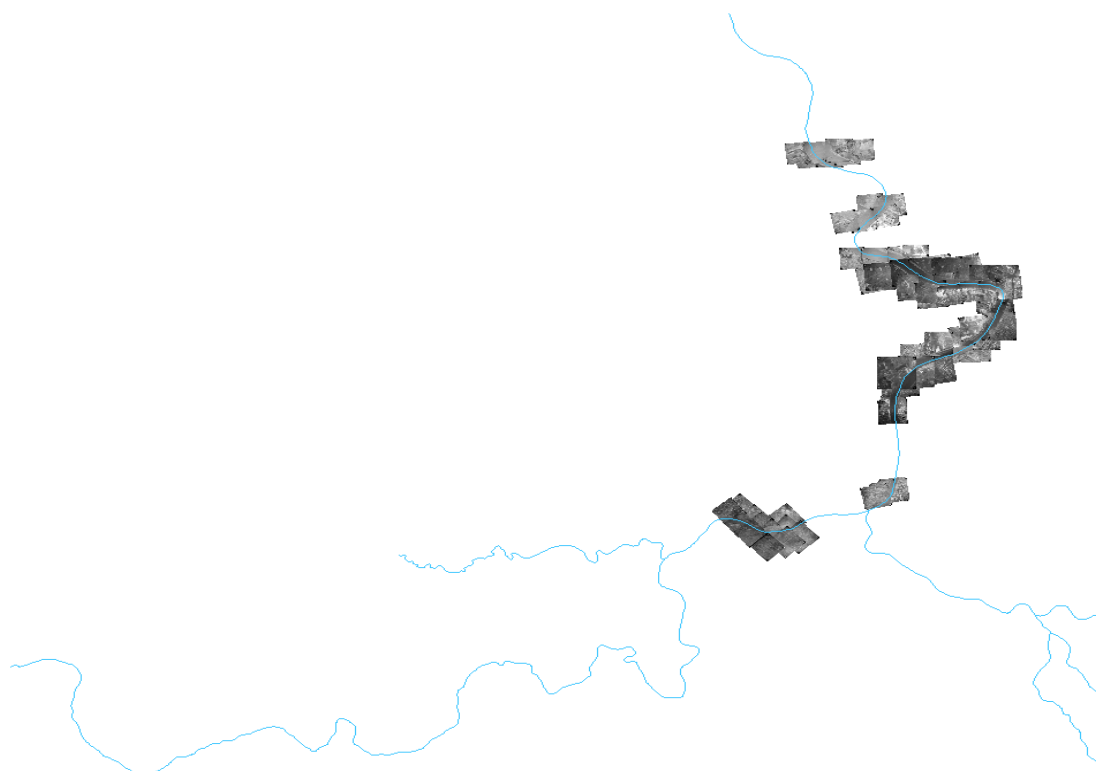
**1944**



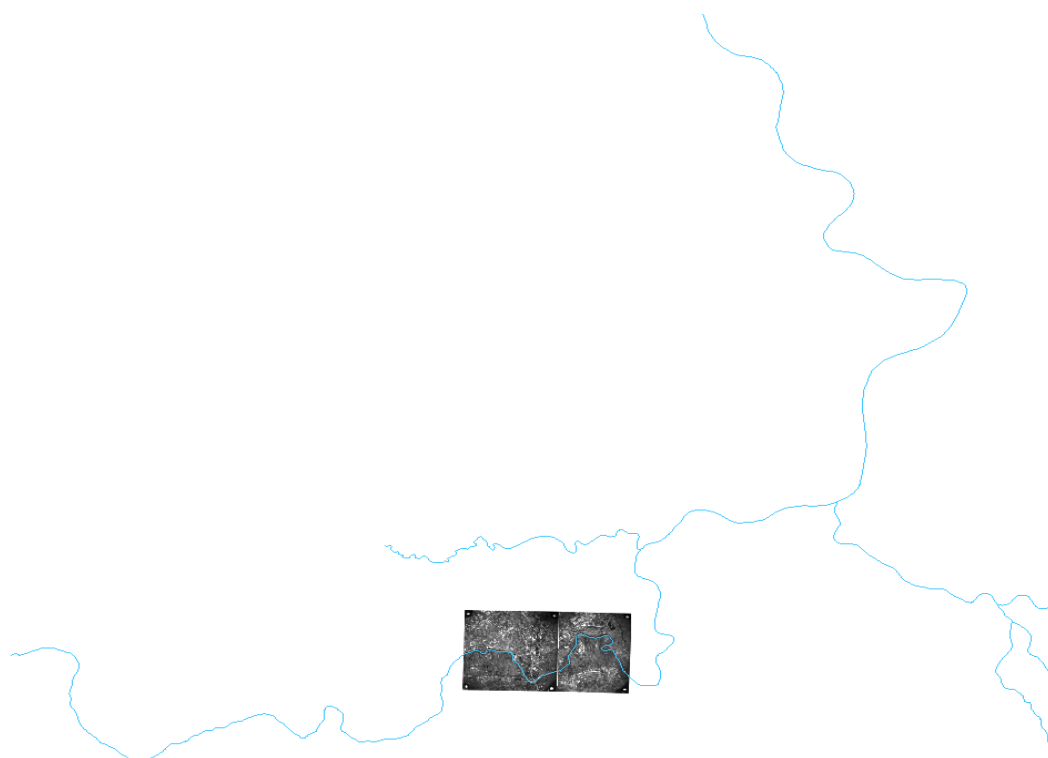
**1948**



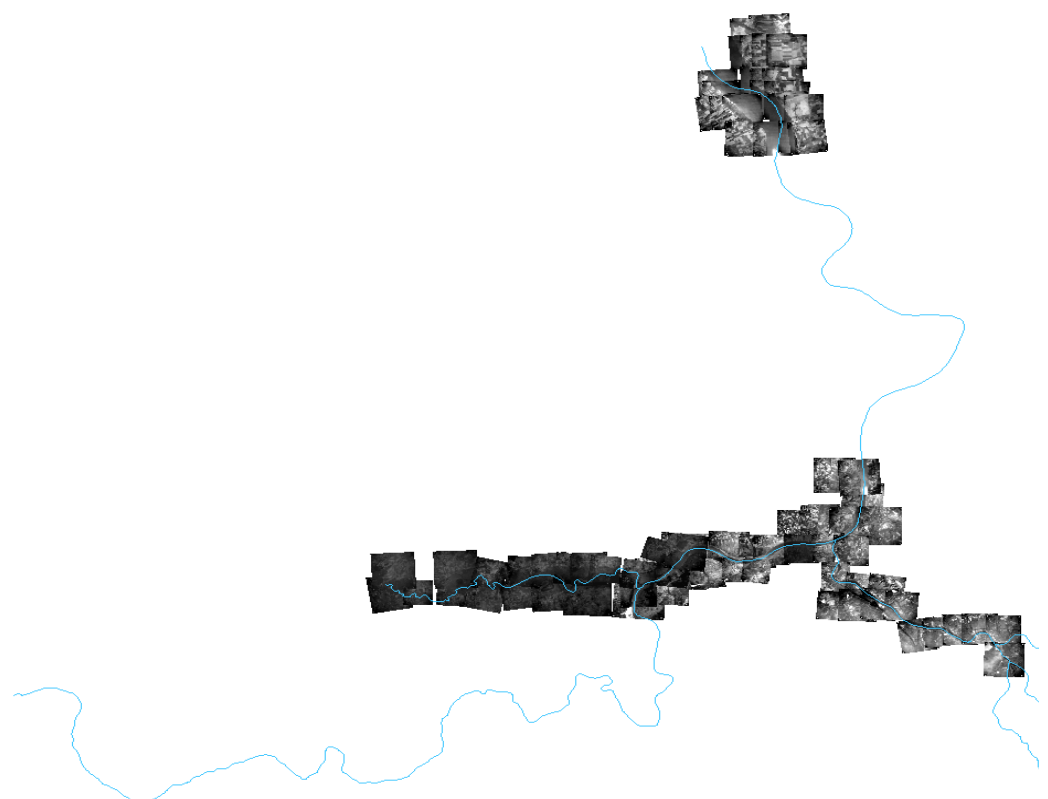
**1949**



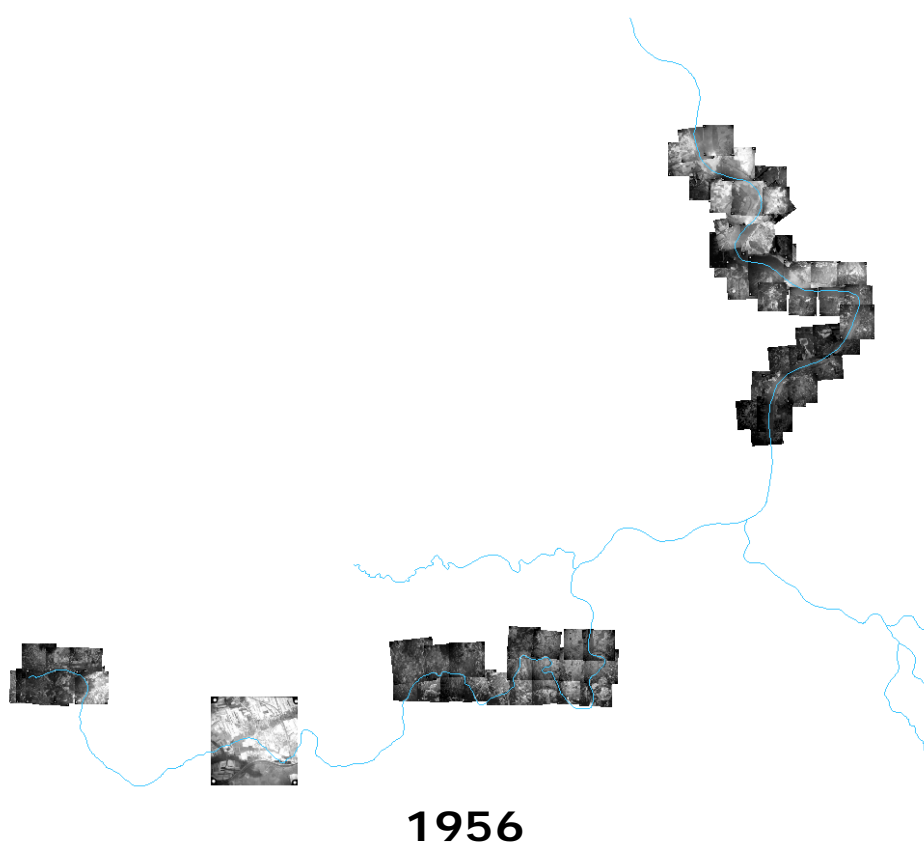
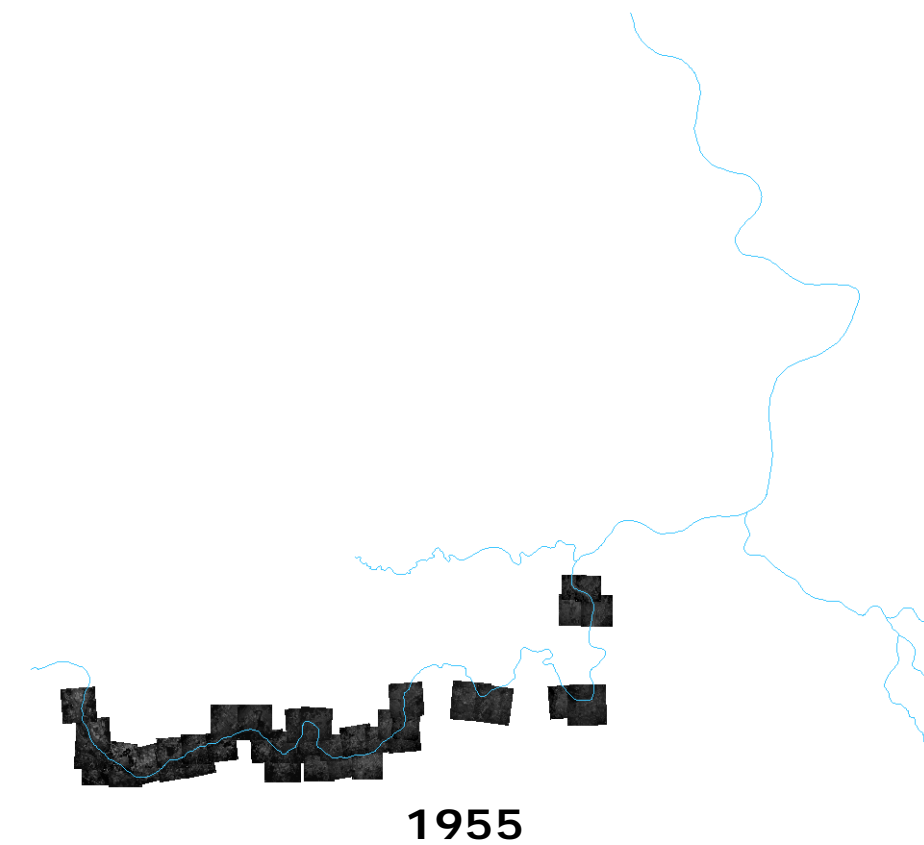
**1951**

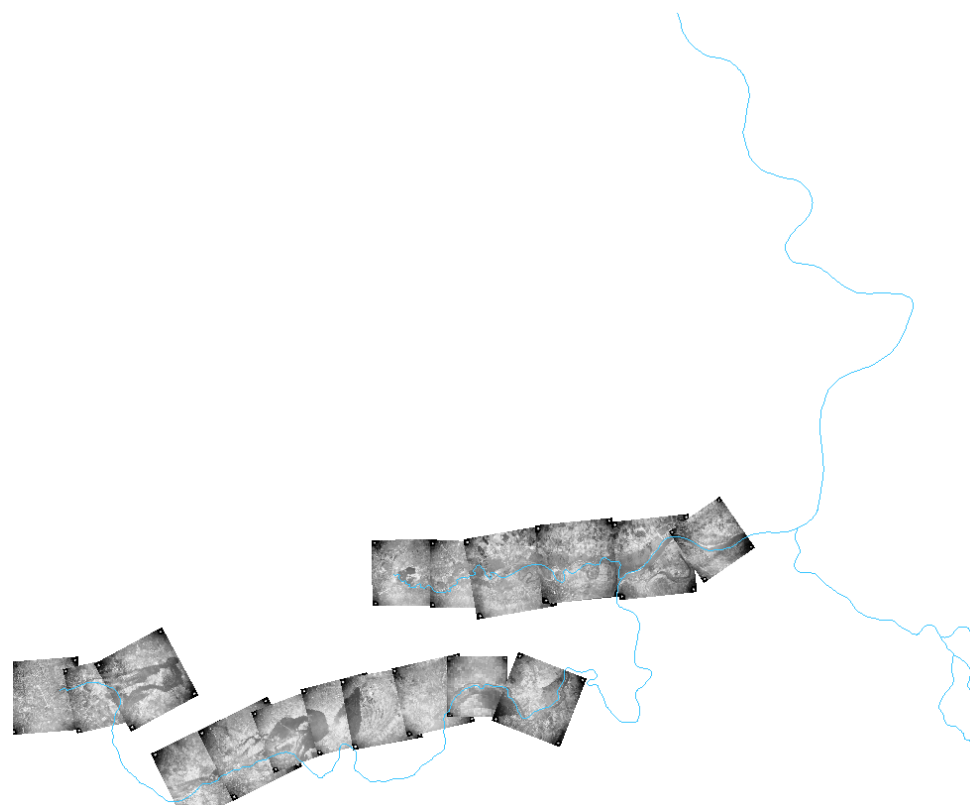


**1952**

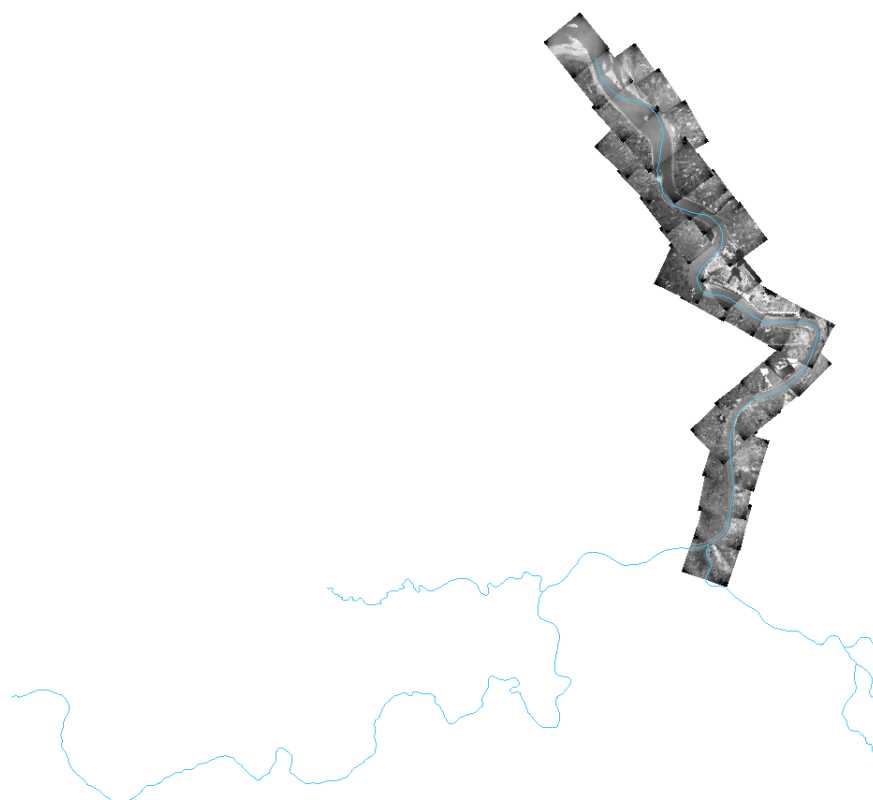


**1954**

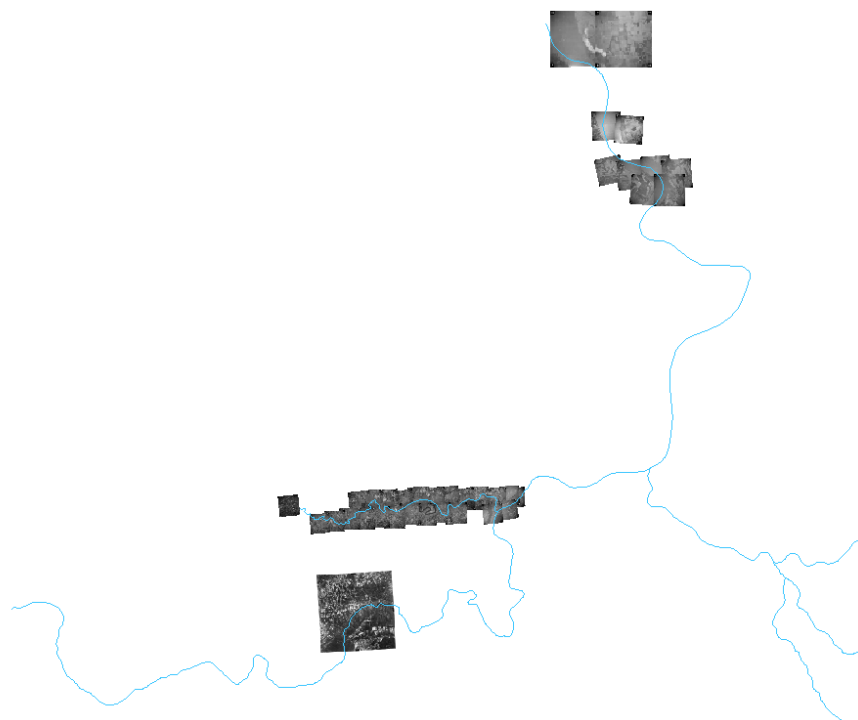




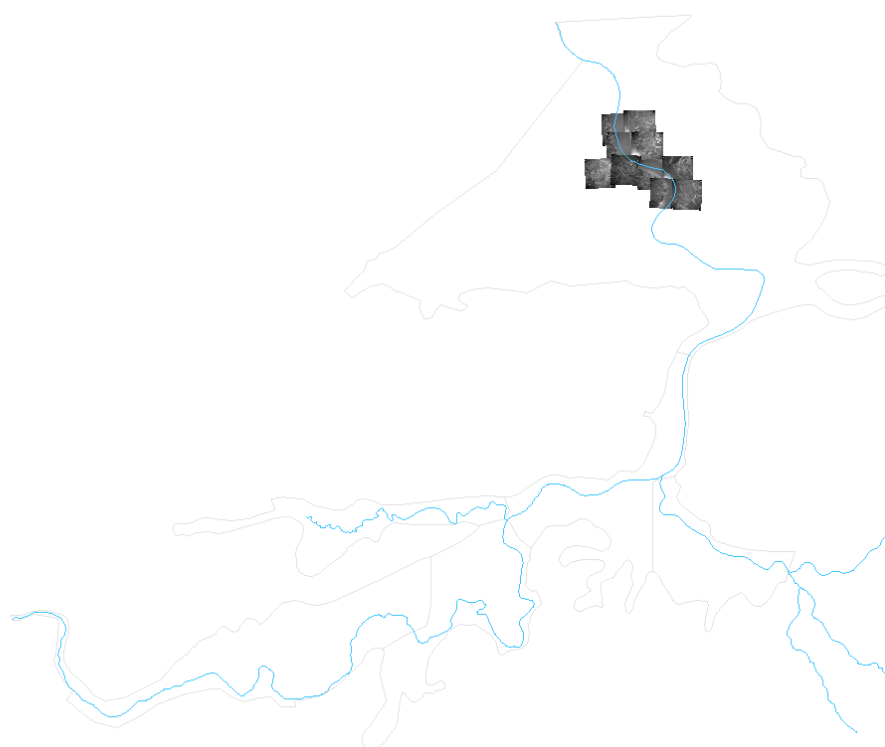
**1957**



**1958**

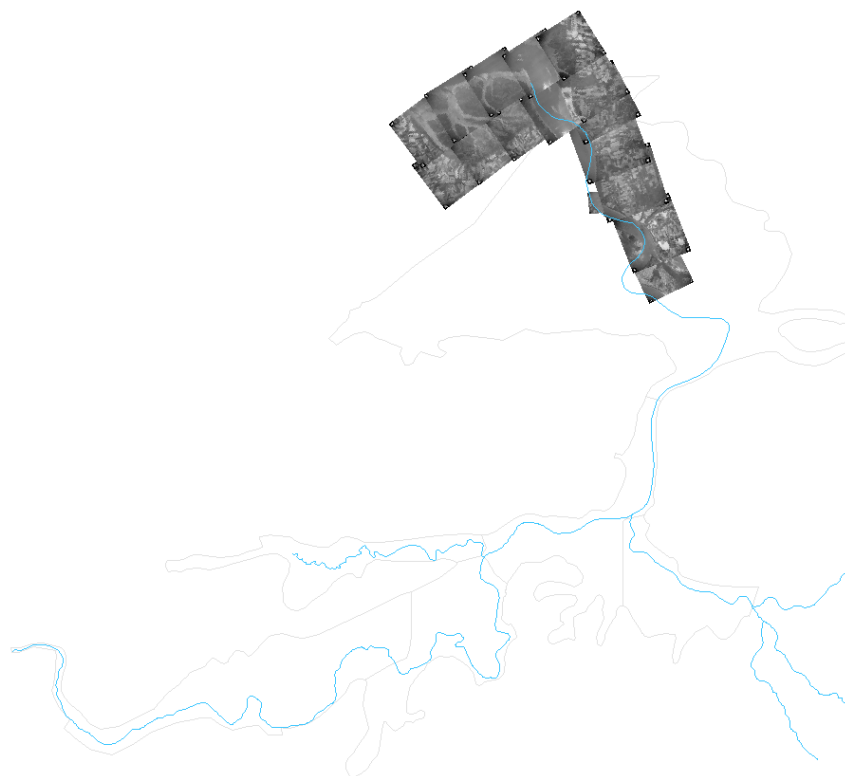


**1960**

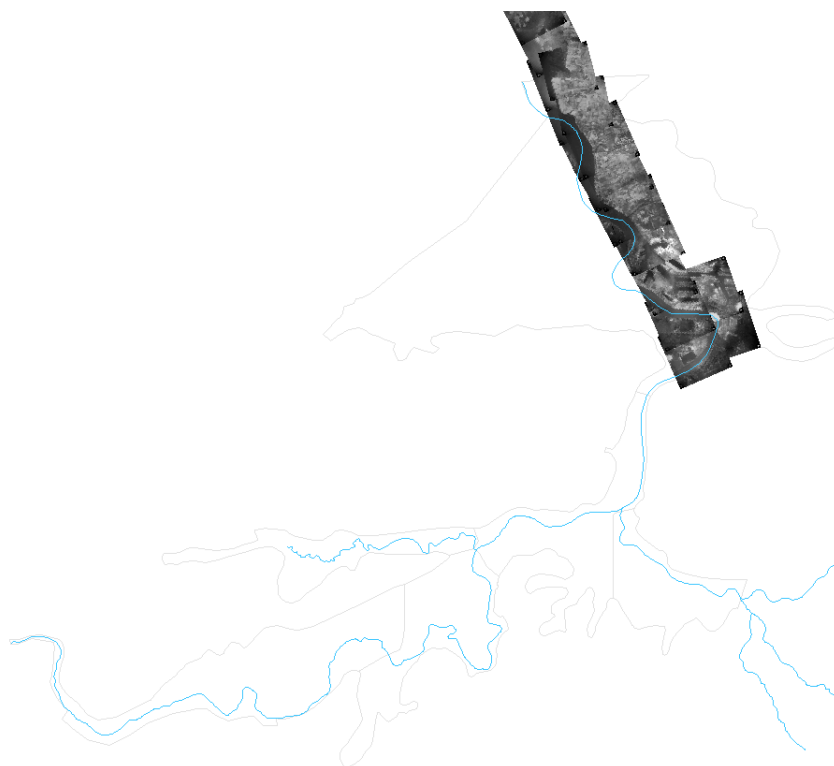


**1961**

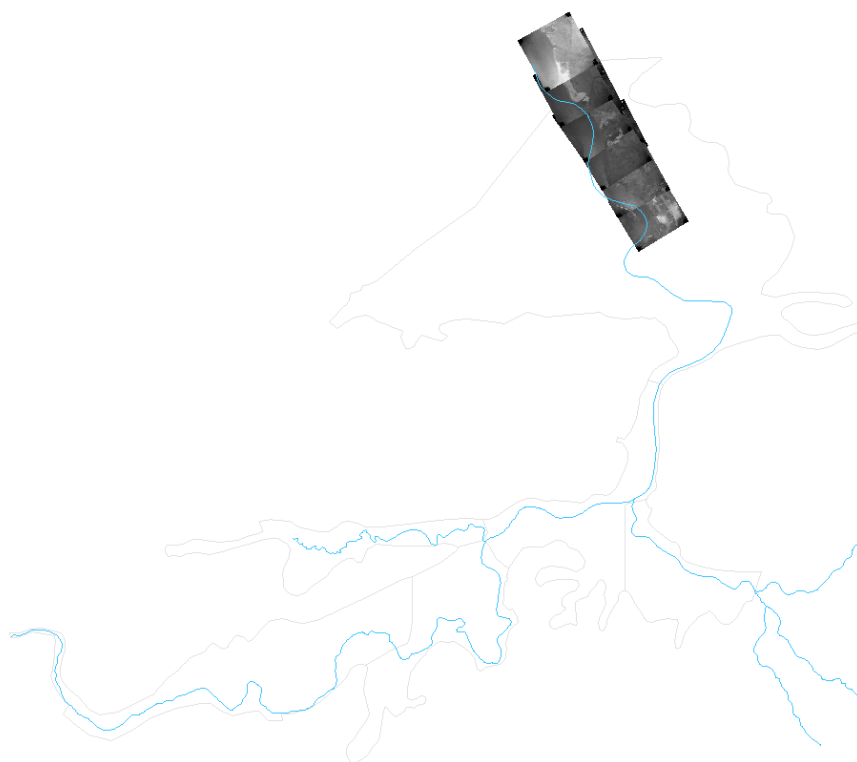




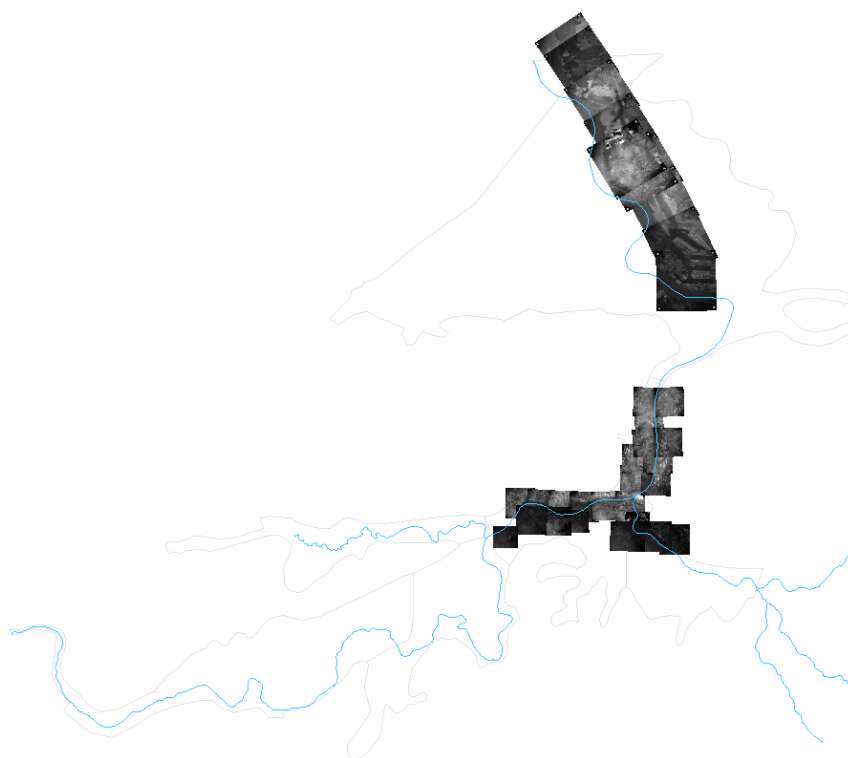
**1962**



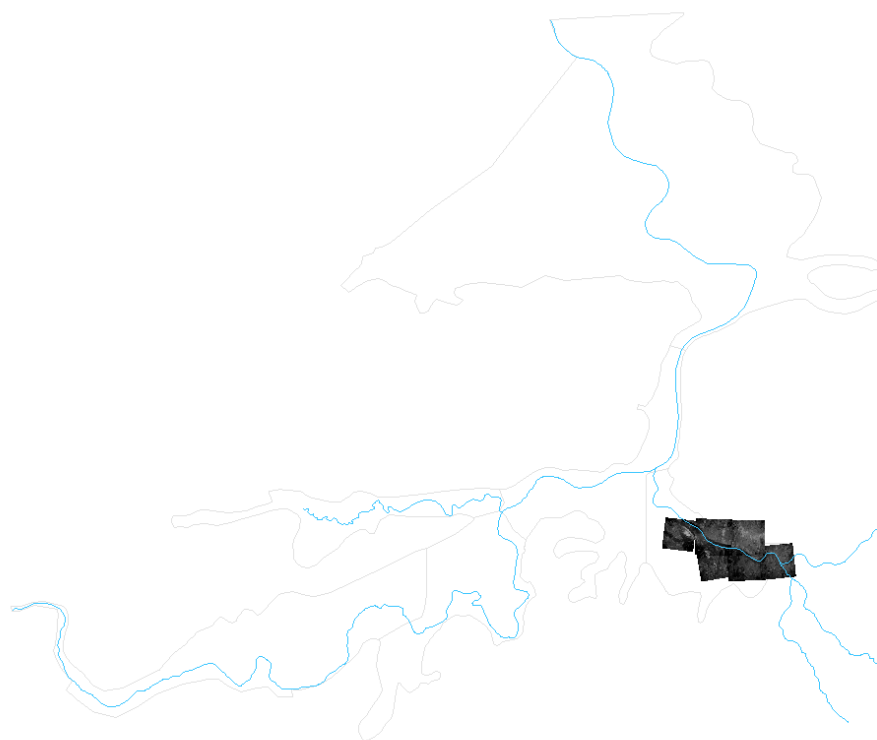
**1963**



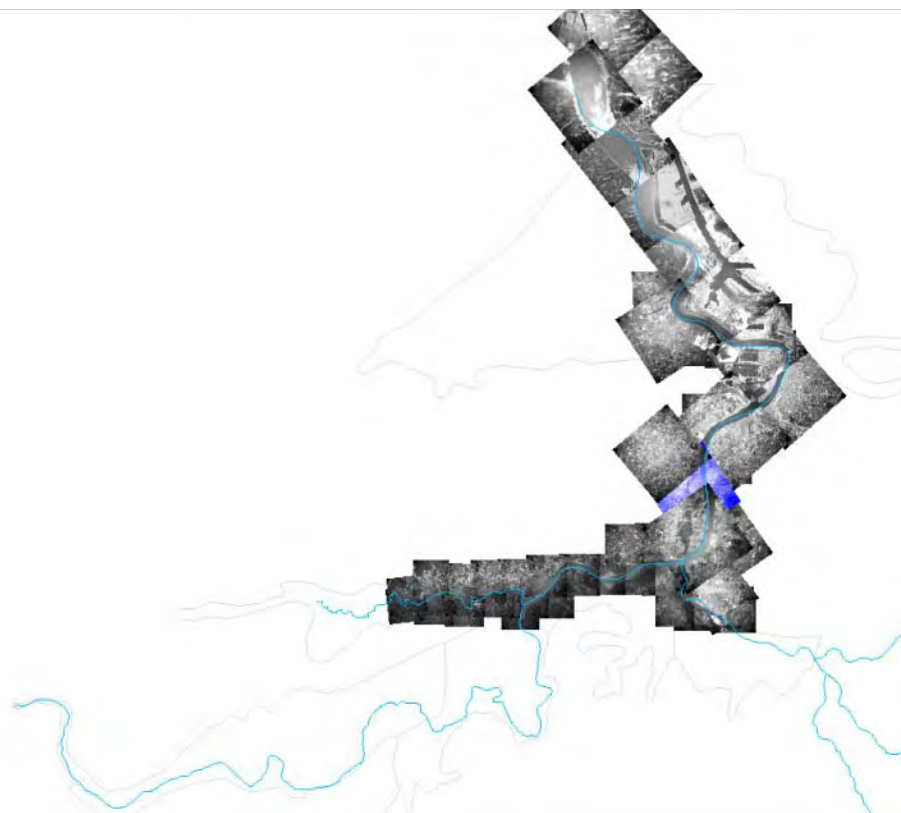
**1964**



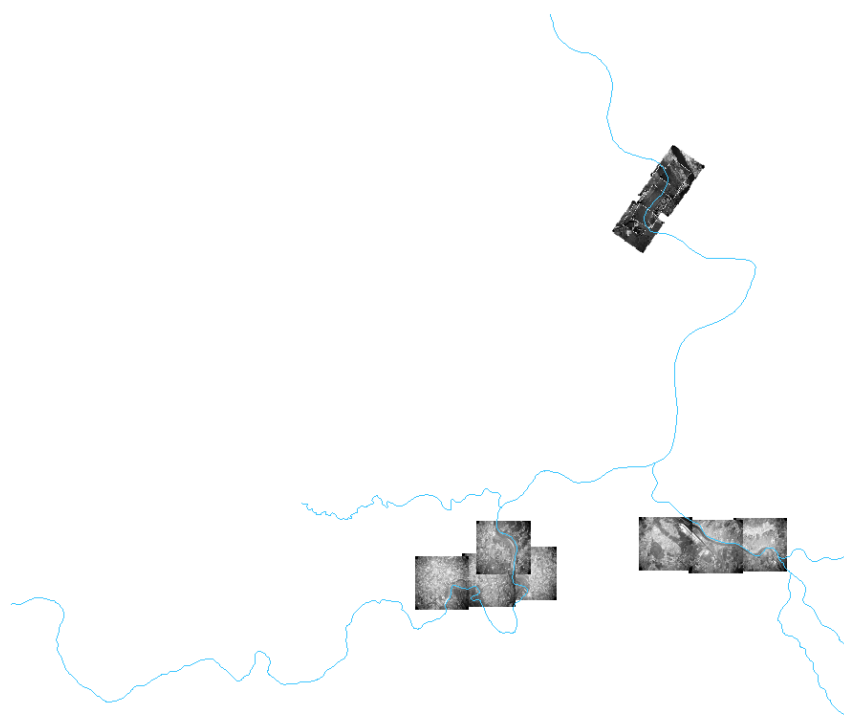
**1965**



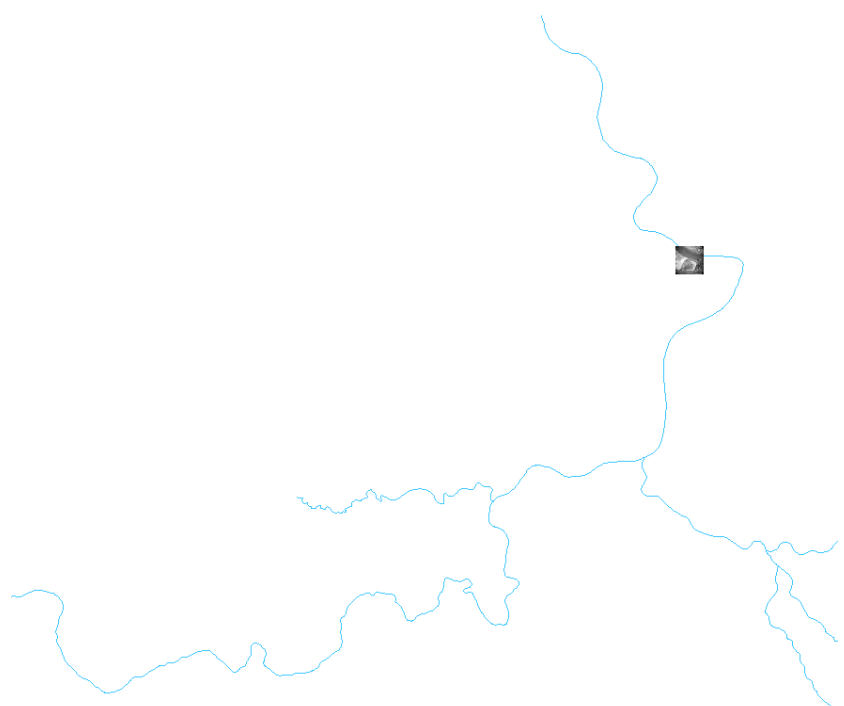
1968



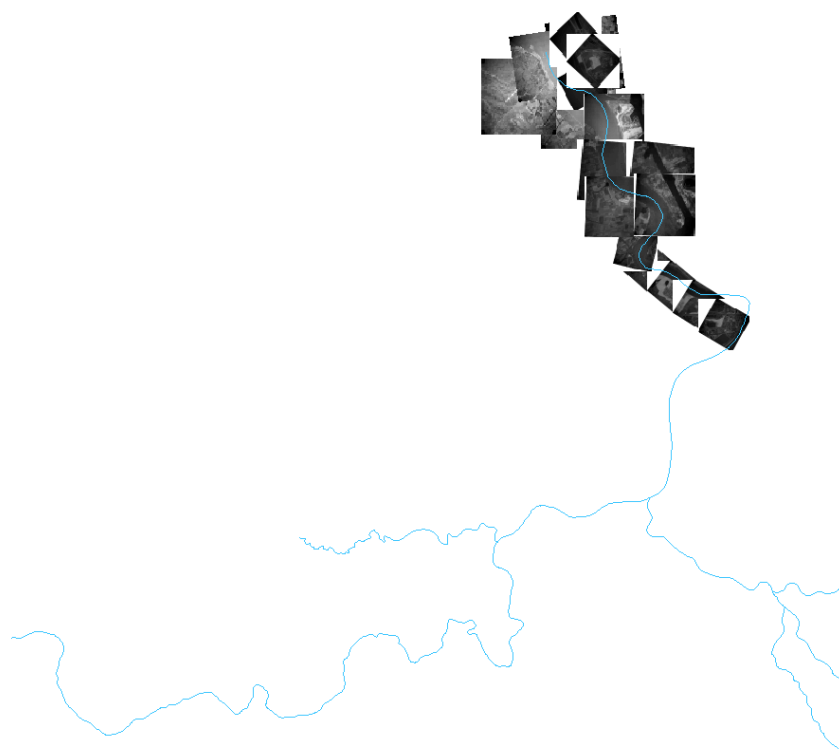
1969



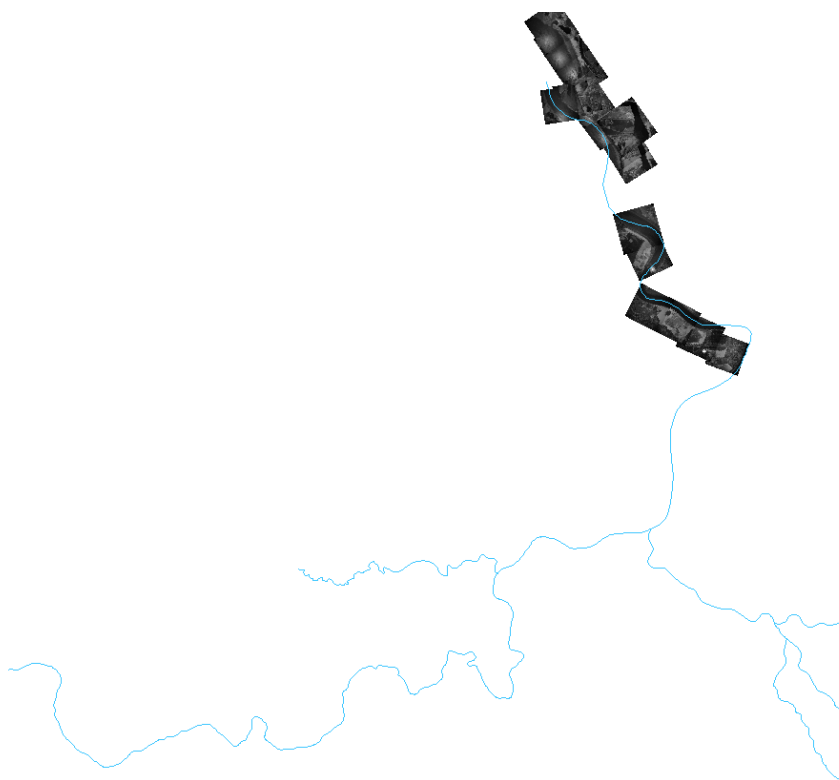
**1970**



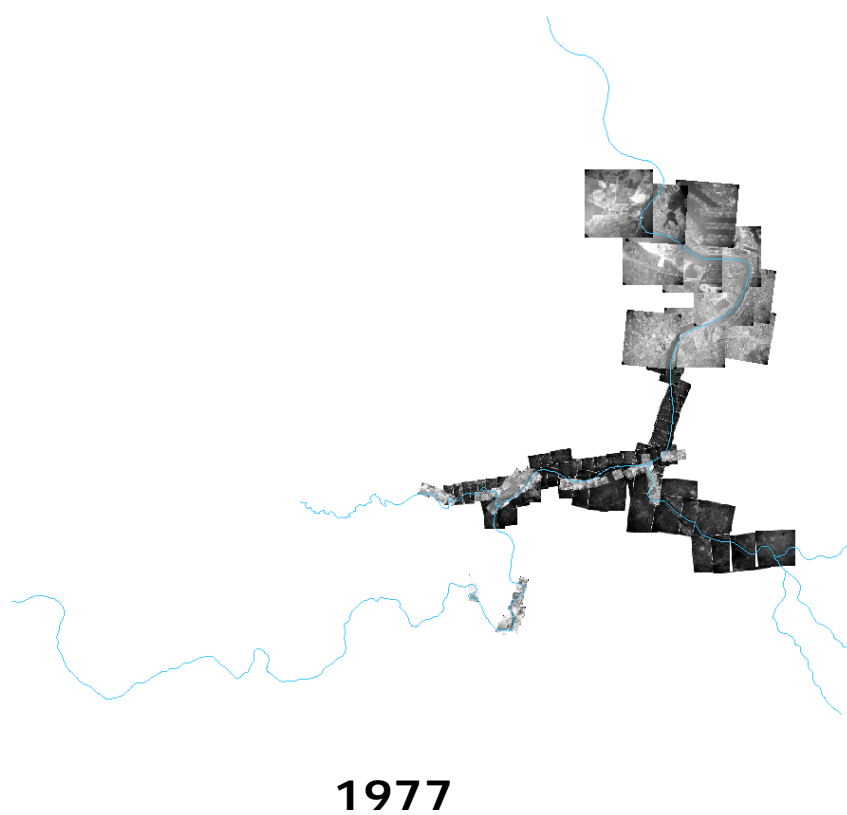
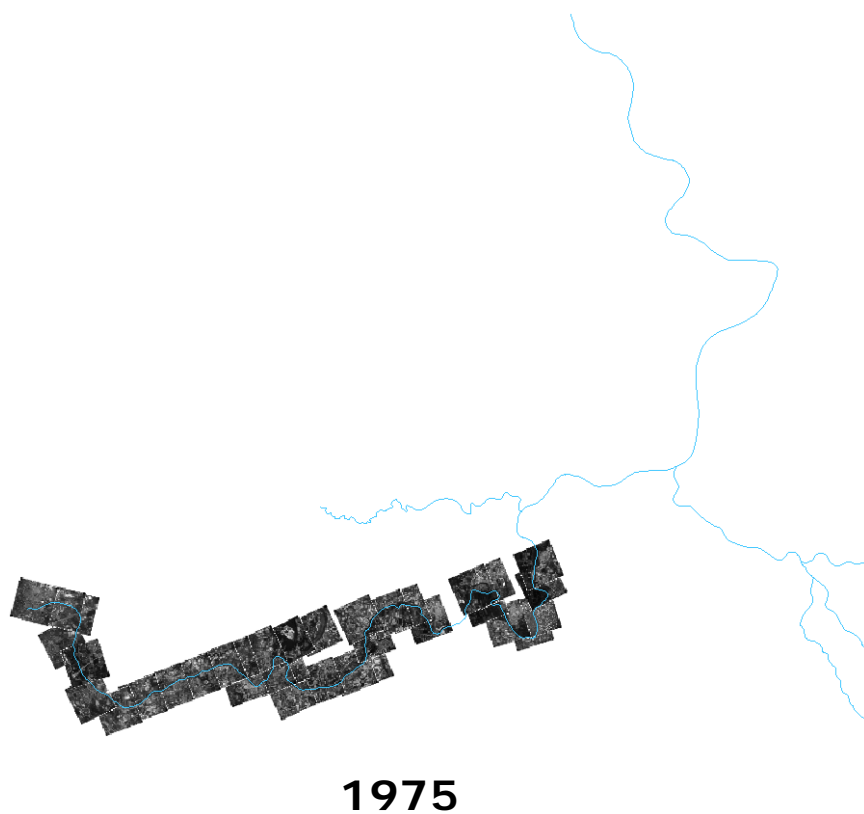
**1971**

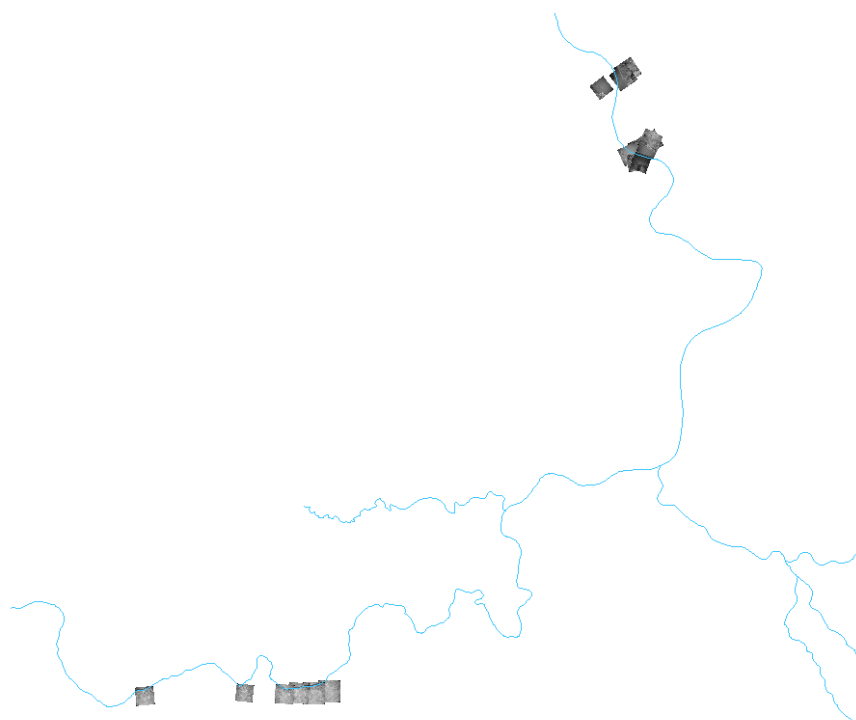


**1972**



**1973**

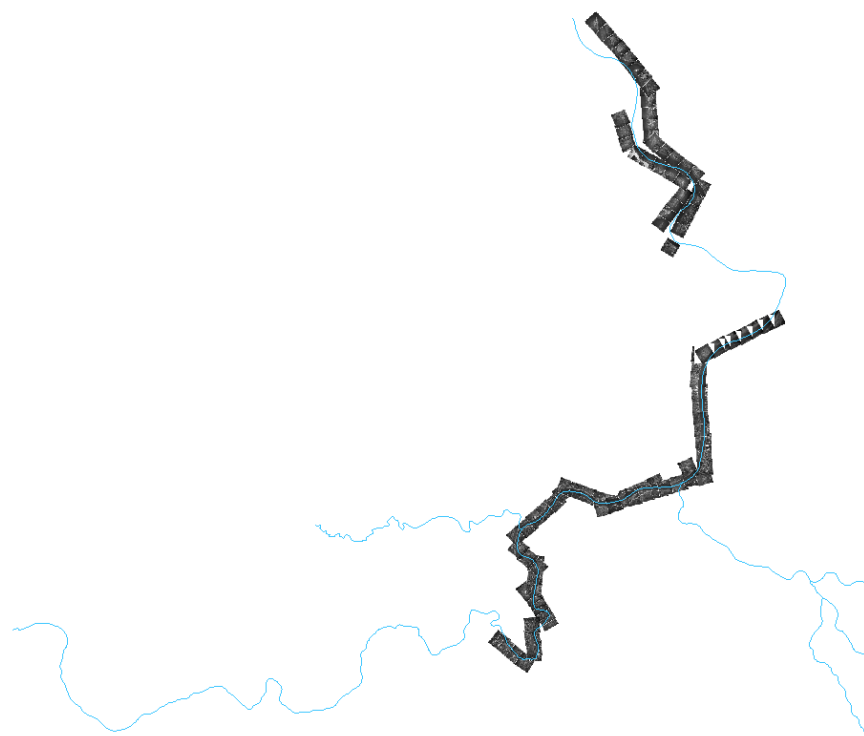




**1978**



**1981**

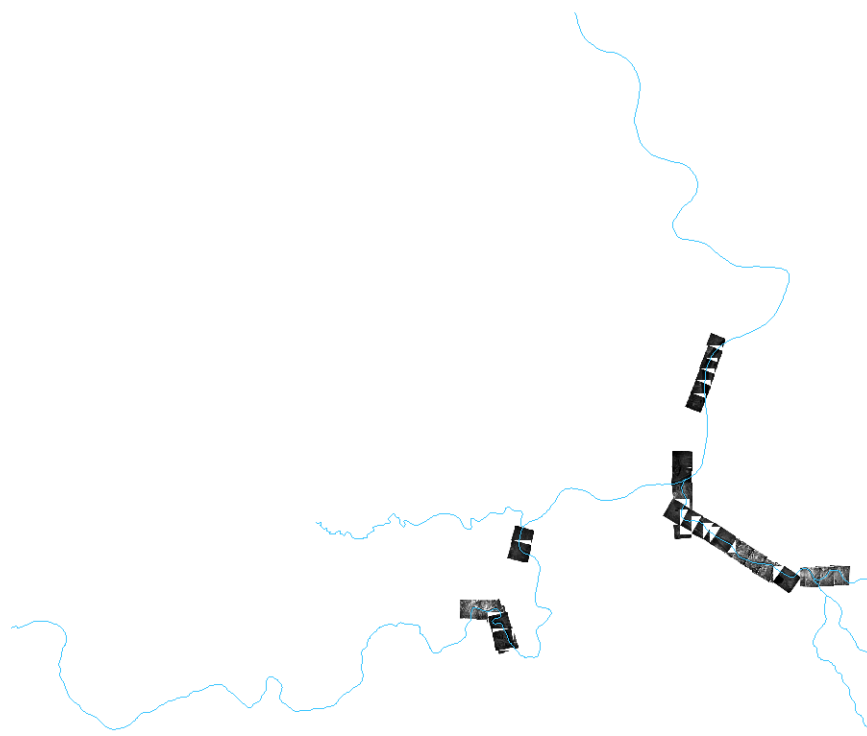


**1982**

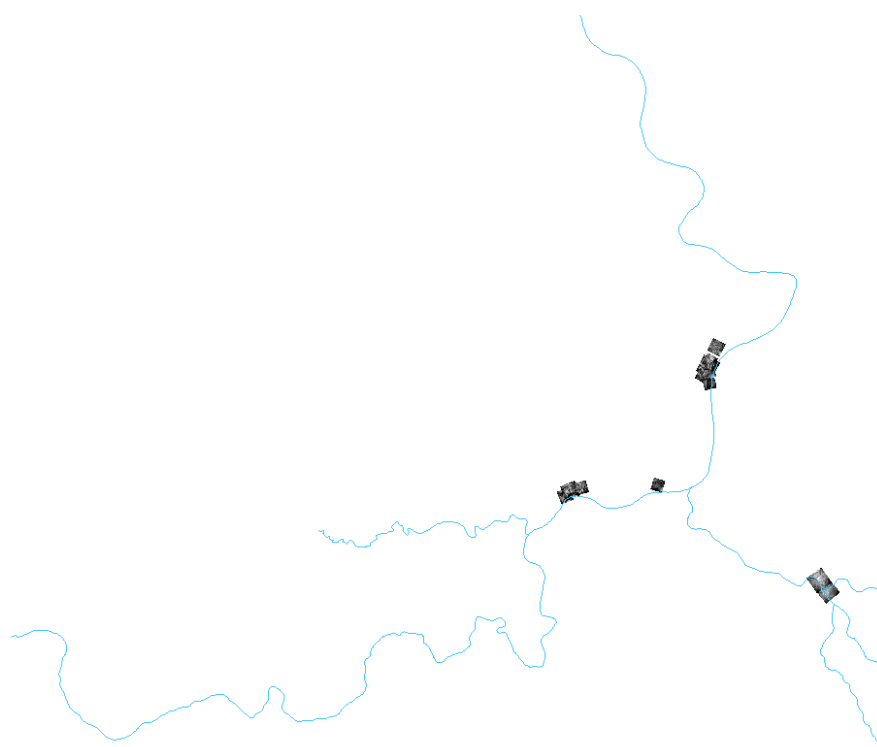


**1983**

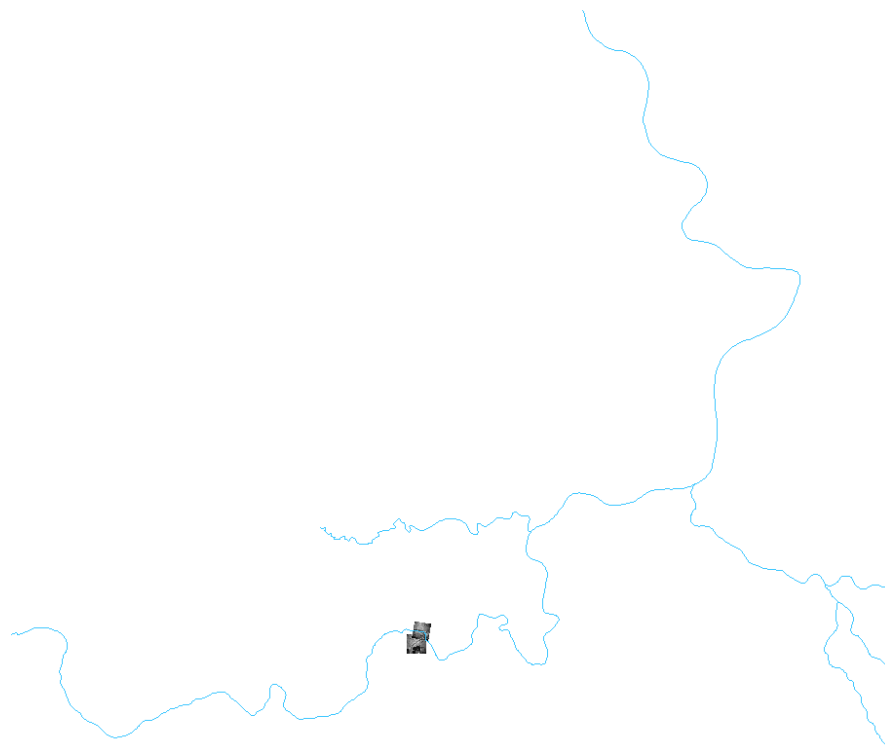




**1984**



**1985**



**1987**

## 7.4 Evoluties van een aantal belangrijke schorgebieden via oude luchtfoto's

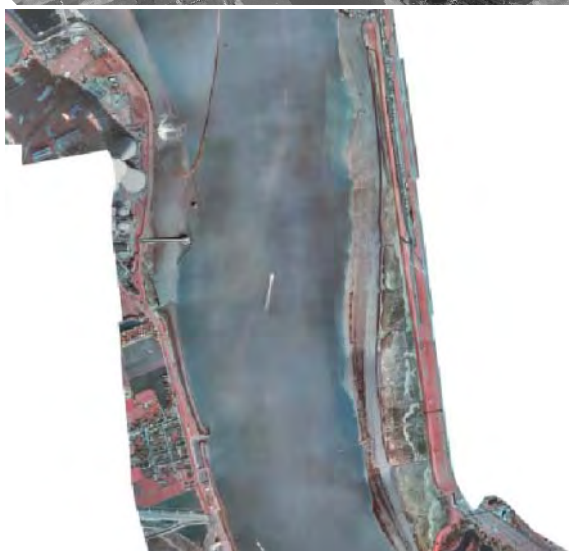
### Evoluties aan het Galgenschoor



**1892** – Aan het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw was het Galgenschoor korter en breder dan nu. Het liep van het fort van Lillo tot Blauwgaren en op het breedste punt was het ongeveer 360 m. Verder stroomafwaarts lag slechts een smalle slikzone. Bemerkt linksboven ook het Paardenschor dat nog niet was ingepolderd.

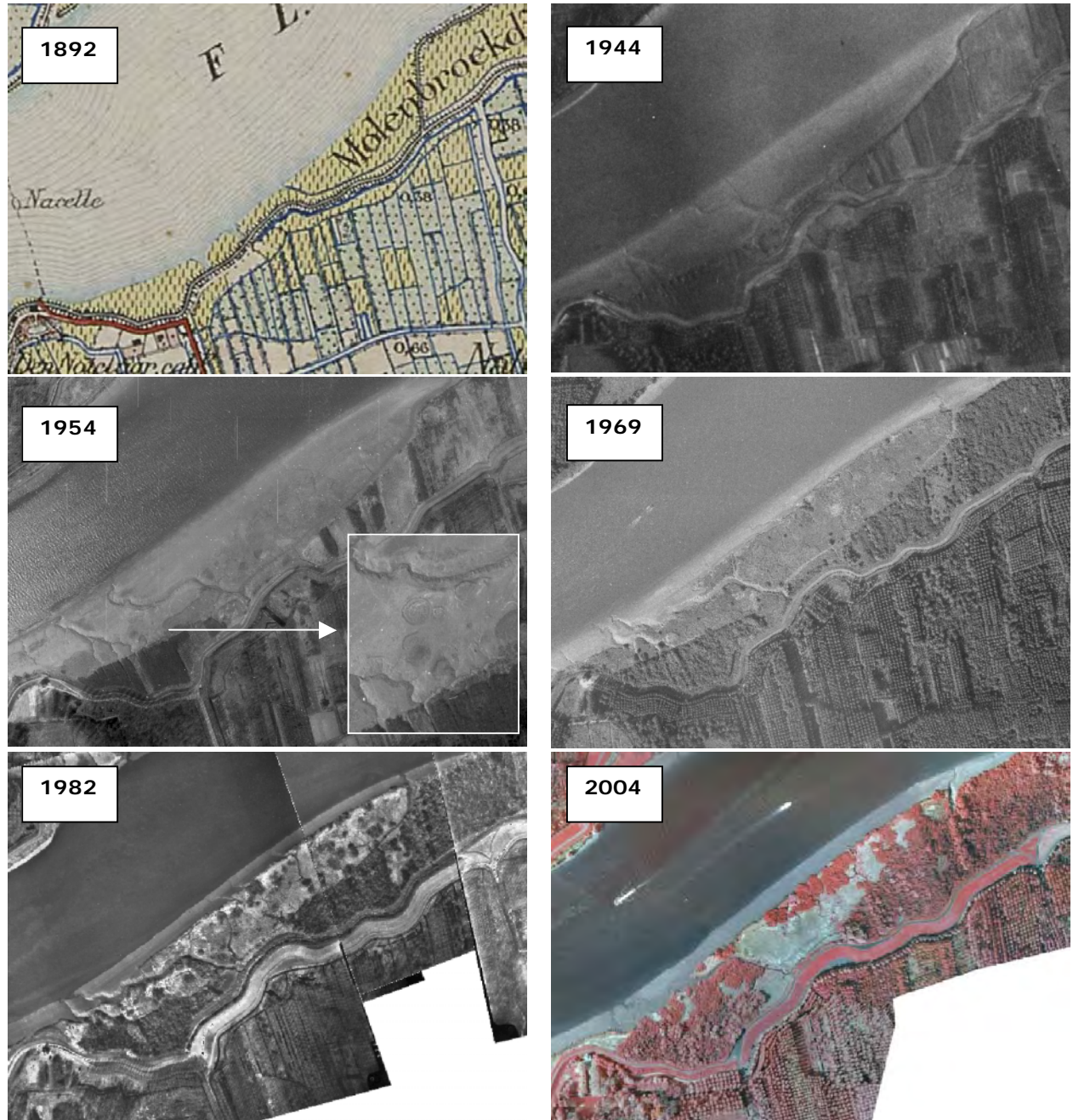


**1958** – Aan het noordelijke uiteinde is het Galgenschoor veel langer geworden. Het reikt nu een stuk voorbij Blauwgaren tot aan het voormalige fort Frederic. In het Zuiden is het schor ongeveer 30 meter smaller geworden. Het Paardenschor is intussen ingepolderd.



**2004** – Door een rivierwaartse dijkverschuiving tijdens de uitbreiding van de haven is het Galgenschoor over de totale lengte ongeveer 70 meter smaller geworden. Op het breedste punt meet het schor nog ongeveer 240 m, ongeveer een derde minder dan de breedte in 1892. Intussen werd het schor beschermd met een breuksteengordel. Op het Zuidelijk deel van het Paardenschor staat nu de kerncentrale van Doel.

## Evoluties aan de Notelaar



Aan het eind van de 19<sup>e</sup> en begin van de 20<sup>e</sup> eeuw was het schor aan de Notelaar nog veel smaller dan nu. In 1944 had zich in de luwte van een inham in de Molenbroekdijk een grote slikzone ontwikkeld. In 1954 zien we de eerste bolvormige kolonies van pioniersoorten - waarschijnlijk biezen - op het slik verschijnen (zie inzet). Tegen 1969 heeft de nieuwe schorzzone de huidige vorm bereikt. Het schor is grotendeels begroeid met riet. Van dan af wordt het riet meer en meer verdrongen door wilgenstruweel en –bos.

## Evoluties aan het schor bij Temse brug



**1892** – Van het schor stroomopwaarts van Temse brug (links op de figuur) is in deze periode nog geen sprake. Er zijn alleen enkele kleine slikzones te zien voor de dijk van de Binnenpolder. De brug dateert van 1870.



**1969** – Voor de Binnenpolder is een volledig nieuwe schorzone ontstaan. Bovendien heeft zich een brede slikplaat ontwikkeld over de volledige lengte van de binnenbocht. De brug op de foto dateert van 1955, nadat de oude brug werd opgeblazen tijdens de tweede wereldoorlog. Het nieuwe schor en de slikplaat waren reeds aanwezig vóór de bouw van de nieuwe brug.



**2004** – Het schoroppervlak lijkt redelijk stabiel gebleven, maar detailanalyses toonden aan dat het schor geleidelijk terug afkalft. Van de brede slikplaat blijft weinig over. Het grootste deel ervan verdween pas zeer recent (Bryns et al., 2005).

Evoluties aan de Plaat te Driegoten en het schor bij Branst



**1893** – De Plaat te Driegoten (gelegen tegenover het schor bij Branst) bestaat uit een vrij breed Noordelijk deel, maar ten Zuiden van de knik in de dijk is het schor in 1893 nog zeer smal.



**1955** –Op het zuidelijke deel van de plaat is het schor veel breder geworden. Er ligt een brede slikplaat voor met een duidelijk vloedgeul. De hoofdgeul ligt dicht tegen de buitenbocht aan en het slik is daar zeer smal.



**2004** – De slikplaat is grotendeels verdwenen (wellicht weggebaggerd) en ook de vloedgeul is niet meer te zien. De hoofdgeul ligt centraler in de rivier waardoor het slik langs het schor bij Branst kon aangroeien.

## Evoluties aan het schor van Zele en het nieuw schor van Appels



**1949** – Het schor van Zele (binnenbocht) is in gebruik als hooi- of weiland. Van het nieuw schor van Appels (buitenbocht) is nog niets te zien.



**1975** – Het landgebruik op het schor van Zele is gewijzigd naar populierenaanplanting. Aan de rechterzijde is een deel van het schor verdwenen, wellicht omdat de zomerdijken niet meer onderhouden werden. Er is nog steeds geen schorvorming te zien in de buitenbocht



**1995** – De punt van het schor van Zele is verder weggeërodeerd. De populieren zijn verdwenen en er is spontane verbossing opgetreden. Het nieuw schor van Appels is nu duidelijk zichtbaar in de buitenbocht. De eerste aanzet van het nieuwe schor werd zichtbaar halfweg de jaren 80.



**2004** – Het nieuw schor van Appels is nog wat verder aangegroeid, maar de situatie is veel stabiel. Veranderingen manifesteren zich nu vooral op het niveau van het successiestadium van de schorvegetatie (verbossing en verruiging).

## 7.5 Conversietabel karteringseenheden

Tabel 7.1 Hoofdcategorieën (HC) gebruikt bij de vergelijking van de verschillende periodes.

Code (HC)	Omschrijving
A	Alluviaal
Cb	Verhout schor (bos of struweel)
Cz	Schor met zomerdijk
Cn	Niet verhout schor
H	Hoogwatervrij
Ci	Pionierschor
Q	Aquatisch
V	Vloeisysteem
GOG	GOG/Vloeisysteem achter winterdijk

Tabel 7.2 Karteringseenheden gebruikt voor het gereduceerd kadaster en de vertaling van deze eenheden naar de hoofdcategorieën.

Code	Omschrijving	HC
A	Alluviaal	A
Cb	Bebost schor	Cb
Cc	Schor in cultuur	Cn
Ccz	Schor in cultuur met zomerdijk	Cz
Cn	Natuurlijk schor	Cn
Ctuin	Schor in gebruik als tuin	Cn
Cz	Schor met zomerdijk	Cz
eiland	Eiland bij nevengeul	Cn
H	Hoogwatervrij	H
Had	Hoogwatervrij – dijk	H
Ci	Pionierschor	Ci
Qka	Actieve kreek	Q
Qkau	Actieve kreek van antropogene oorsprong	Q
Qn	Nevengeul	Q
Qp	Plas	Q
Qs	Strang	Q
Qw	Wiel	Q
Vo	Open vloeisysteem	V
Vw	Vloeisysteem achter winterdijk	GOG
Vb	Vloeisysteem met bovenafvoer	-
Vz	Vloeisysteem achter zomerdijk	V



Tabel 7.3 Karteringseenheden gebruikt voor de kartering van Dépôt de la Guerre 32 en de vertaling van deze eenheden naar de hoofdcategorieën. \*nr=niet relevant

Code	Bedijking*	Omschrijving	HC
A	O	Alluviaal onbedijkt	A
A	W	Alluviaal achter winterdijk	A
A	Z	Alluviaal achter zomerdijk	A
Cb	H	Bebost schor gedeeltelijk bedijkt	Cb
Cb	O	Bebost schor onbedijkt	Cb
Cb	Z	Bebost schor achter zomerdijk	Cb
Cbcw	eiland	Wijmencultuur op eiland	Cb
Cbcw	O	Wijmencultuur onbedijkt	Cb
Cbcw	Z	Wijmencultuur achter zomerdijk	Cb
Cgc	H	Schor in cultuur als wei/hooiland gedeeltelijk bedijkt	Cn
Cgc	O	Schor in cultuur als wei/hooiland onbedijkt	Cn
Cgc	Z	Schor in cultuur als wei/hooiland achter zomerdijk	Cz
Ck	H	Schor in cultuur als akker gedeeltelijk bedijkt	Cn
Ck	O	Schor in cultuur als akker onbedijkt	Cn
Ck	Z	Schor in cultuur als akker achter zomerdijk	Cz
Cn	O	Natuurlijk schor onbedijkt	Cn
Cn	Z	Natuurlijk schor achter zomerdijk	Cz
Ctuin	O	Schor in gebruik als tuin onbedijkt	Cn
H	nr	Hoogwatervrij	H
Had	nr	Hoogwatervrij dijk	H
Ci	nr	Pionierschor	Ci
Ci	eiland	Pionierschor	Ci
Ci	O	Pionierschor onbedijkt	Ci
Ci	Z	Pionierschor achter zomerdijk	Ci
Qka	nr	Actieve kreek	Q
Qkau	nr	Actieve kreek van antropogene oorsprong	Q
Qn	nr	Nevengeul	Q
Qp	nr	Plas	Q
Qp	Z	Plas achter zomerdijk	Q
Qs	nr	Strang	Q
U	nr	Urbaan	H
U	O	Urbaan	H
U	Z	Urbaan	H
Vb	Z	Beboste vloeuweide	V
Vbcw	W	Vloeuweide met wijmencultuur achter winterdijk	GOG
Vbcw	Z	Vloeuweide met wijmencultuur achter zomerdijk	V
Vgc	H	Vloeuweide met cultuurgrasland gedeeltelijk bedijkt	V
Vgc	O	Vloeuweide met cultuurgrasland onbedijkt	V
Vgc	W	Vloeuweide met cultuurgrasland achter winterdijk	GOG
Vgc	Z	Vloeuweide met cultuurgrasland achter zomerdijk	V
Vk	W	Vloeiakker achter winterdijk	GOG
Vk	Z	Vloeiakker achter zomerdijk	V
W	nr	Water	Q

Tabel 7.4 Habitatgroepen uit de vegetatiekartering van 2003 en de vertaling ervan naar de hoofdcategorieën.

Code	Omschrijving	HC
A	Antropogeen	H
B	Bos	Cb
G	Grasland	Cn
GL	Geul	Q
GX	Glaux gedomineerde vegetatie	Cn
I	Individu (boom)	Cb
K	Kolonisatoren	Ci
M	Mattenbies	Ci
O	Open	L
P	Riet	Cn
R	Ruigte	Cn
S	Struweel	Cb
SL	Slik	L
V	Vaucheria	Ci
WA	Water	Q