Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat RIKZ

Plaatmorfologie Westerschelde

Veranderingen in de plaatmorfologie van de Westerschelde en de gevolgen voor het steltloperhabitat

onderzoeksrapport

A1774

November 2006

Opdrachtgever **Rijkswaterstaat RIKZ**

Titel **Plaatmorfologie Westerschelde; Veranderingen in de plaatmorfologie van de Westerschelde en de gevolgen voor het steltloperhabitat**

Samenvatting In dit rapport staat beschreven hoe de morfologie van de platen in de Westerschelde is veranderd in de periode 1959-2004. Dit wordt gedaan aan de hand van beschikbare bodemkaarten en kaarten van de droogvalpercentages. Vervolgens wordt in globale zin aangegeven welke gevolgen deze morfologische veranderingen hebben gehad voor de steltlopers in het gebied.

Referenties Alkyon offerte A1774p1r3 verstuurd op 22 augustus 2006
Opdracht met bestelnummer 4500054179 dd 24 augustus 2006

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A1774R1r2 Sleutelwoorden: morfologie, intergetijdegebied, platen, westerschelde, steltlopers Project nummer: A1774	tekst pagina's : 42 tabellen : - figuren : 49 appendices : -	☐ voorlopig ☐ concept ☑ eindrapport

Alkyon
Hydraulic Consultancy & Research

postadres
PO Box 248
8300 AE, Emmeloord

bezoekadres
Voorsterweg 28, Marknesse
tel : 0527 24 81 00
fax: 0527 24 81 11

e-mail
info@alkyon.nl
internet
http://www.alkyon.nl

Samenvatting

Context, aanleiding en doel

De ontwikkeling van het foerageergebied van bodemdieretende steltlopers op de platen van het Schelde-estuarium is onderzocht in het Vlaams- Nederlandse samenwerkingsverband LTV O&M (Lange Termijn Visie Onderzoek en Monitoring in het Schelde-estuarium). Het doel van deze studie is om een kwantitatief beeld te krijgen van de veranderingen in het plaathabitat van steltlopers in de Westerschelde in de periode van 1959 tot heden.

In dit onderzoek is antwoord gegeven op twee onderzoeksvragen:
1. Welke habitatfactoren in relatie tot plaatmorfologie lijken belangrijk te zijn voor steltlopers?
2. Hoe zijn deze factoren in de periode vanaf 1959 veranderd?

Gegevens en methoden

In dit rapport is gebruik gemaakt van bodemligginggegevens, droogvalpercentages en geomorfologische informatie die is aangeleverd door Rijkswaterstaat. De Meetadviesdienst Zeeland van Rijkswaterstaat heeft de beschikbare gegevens van de waterstanden gebruikt om de gemiddelde waterstanden in verschillende jaren te berekenen. De combinatie daarvan met de bodemligging uit dat jaar is door Rijkswaterstaat gebruikt voor het bepalen van droogvalpercentages.
Op basis van literatuuronderzoek en expertkennis (Bureau Waardenburg) is een overzicht gemaakt van de bepalende factoren voor de aanwezigheid van steltlopers op platen en deze zijn doorvertaald naar mogelijk sturende abiotische factoren.

Belangrijke habitatfactoren voor steltlopers

Op grond van de bestaande kennis van de habitateisen van steltlopers zijn criteria geformuleerd om de morfologische ontwikkelingen te vertalen naar ontwikkeling van het steltloperhabitat:
- Kwantitatieve morfologische informatie over het plaatareaal wordt kwalitatief vertaald naar het steltloperhabitat door te stellen dat een toename van het totale areaal droogvallende plaat een toename betekent van de foerageermogeljikheden
- Kwantitatieve morfologische informatie over de aanwezige droogvalklassen wordt kwalitatief vertaald naar het steltloperhabitat door het criterium te hanteren dat steltlopers de droogvalklasse van 30% tot 70% prefereren. Veranderingen in het areaal in deze droogvalklasse betekenen dat de foerageermogelijkheden van steltlopers veranderen.

Van de aanwezigheid van mesoreliëf (kommen, kuilen en kleine geultjes op de platen), de bodemsamenstelling en de bodemdynamiek is kwalitatieve informatie beschikbaar, die kwalitatief wordt vertaald naar de ontwikkeling van het steltloperhabitat, volgens de volgende criteria:
- De aanwezigheid van mesoreliëf op platen heeft een positief effect op de foerageermogelijkheden van steltlopers;
- De aanwezigheid van slib heeft een positief effect op de foerageermogelijkheden van steltlopers;
- Hoogdynamische gebieden bieden minder foerageermogelijkheden voor steltlopers.

Foerageermogelijkheden voor steltlopers vanaf 1959

Voor de beschouwde periode van 1959 tot 2004 geldt per plaatcomplex:

- De Hooge Platen bieden iets minder foerageermogelijkheden voor steltlopers. Het totale areaal van de Hooge plaat is stabiel. Het aandeel in de klassen 30% tot 70% droogvallen is tussen 1959 en 2004 afgenomen van 50% tot 40%;
- Op de Middelplaten zijn de foerageermogelijkheden afgenomen. De belangrijke verandering van de Middelplaat is de afname van het areaal intergetijdegebied De oppervlakte en het sedimentvolume van de Middelplaat is afgenomen sinds de jaren zeventig. Het relatieve aandeel van het lage plaatareaal (met 0 - 30% droogvallen) is daarbij toegenomen ten koste van het hoge plaatareaal (met 30 - 70% droogvallen);
- Op de Plaat van Baarland zijn de foerageermogelijkheden toegenomen sinds 1988, omdat het areaal intergetijdegebied beduidend is toegenomen.;
- Over de effecten van de veranderingen op de Platen van Ossenisse-West zijn geen uitspraken mogelijk. Het totale oppervlakte intergetijdegbied van de plaat is sinds 1959 afgenomen met ongeveer 11%. Het aandeel van de voor steltlopers meest aantrekkelijke droogvalklasse van 30 - 70% is relatief gezien met ongeveer 10 % toegenomen sinds 1959. Daarbij zijn mesoreliëf op de platen afgenomen en de bodemdynamiek toegenomen.
- De Platen van Ossenisse-oost bieden waarschijnlijk iets minder foerageermogelijkheden; Het totale plaatoppervlak van dit gebied is sinds 1982 toegenomen en het oppervlak in de droogvalklasse 31 - 70% is in absolute zin toegenomen. Beide ontwikkelingen zijn gunstig voor de foerageermogelijkheden van steltlopers. Wel is op dit plaatcomplex is het mesoreliëf duidelijk afgenomen en is de bodemdynamiek toegenomen.
- Op de Plaat van Valkenisse zijn de foerageermogelijkheden waarschijnlijk toegenomen. Op deze platen valt in de meest recente opname van 2004, ongeveer 60% van het plaatoppervlak in de klasse 31 - 70% droogvalpercentage. Het relatieve aandeel van deze voor steltlopers interessante droogvalklasse is sinds halverwege de jaren tachtig toegenomen. Deze toename compenseert de kleine afname plaatsgevonden van het totale plaatoppervlak sinds halverwege de jaren tachtig. Het mesoreliëf en de bodemdynamiek zijn niet veranderd.

De optelsom van de morfologische veranderingen van de plaatcomplexen van de Westerschelde is waarschijnlijk niet gunstig voor de foerageermogelijkheden van steltlopers.

Aanbevelingen

In deze studie zijde foerageer*mogelijkheden* en habitatontwikkeling voor steltlopers onderzocht. Het daadwerkelijk *gebruik* van de platen door foeragerende steltlopers en de relaties tussen de verschillende biotische en abiotische parameters en de aantallen steltlopers zijn niet onderzocht. Voor een goede voorspelbaarheid van de draagkracht van de Westerschelde voor steltlopers is het zinvol om het verband tussen de foerageergebieden en de steltloperaantallen vast te stellen.
In het voorliggende rapport zijn de veranderingen va de morfologie beschreven. *Verklaringen* van de opgetreden morfologische veranderingen worden in dit rapport slechts zeer beperkt gegeven. Onderzoek met numerieke modelsimulaties van de fysische processen op en rond de platen kan inzicht geven in het hoe en waarom van de veranderingen.

Inhoud

Lijst van figuren

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Doel 1
1.3 Aanpak en leeswijzer 1
2 Gebiedskenmerken van de Westerschelde 3
3 Gebruikte gegevens en methoden 5
3.1 Inleiding 5
3.2 Bodemligginggegevens 5
3.3 Waterstanden 5
3.4 Droogvalpercentages 6
3.5 Arealen en profielen 6
3.6 Bodemsamenstelling en dynamiek 7
4 Relevante parameters voor steltlopers 9
4.1 Wat zoeken steltlopers op platen ? 9
4.2 Steltlopers 9
4.3 Voedsel voor steltlopers 10
4.4 Droogvallen en foerageren 11
4.5 Grote steltlopers en kleine steltlopers 11
4.6 Observaties van steltlopers 12
4.7 Keuze van fysische parameters 12
4.7.1 Plaatareaal 12
4.7.2 Hoogte van de plaat 13
4.7.3 De vorm van de plaat 13
4.7.4 Bodemsamenstelling 14
4.7.5 Bodemdynamiek 14
4.7.6 Zandbalans 15
5 Analyse per plaatcomplex 17
5.1 Hooge platen 17
5.1.1 Beschrijving 17
5.1.2 Ontwikkeling 17
5.1.3 Droogvalpercentage 18
5.1.4 Zandbalans 18
5.1.5 Dwarsdoorsneden 18
5.1.6 Dynamiek en Bodemsamenstelling 19
5.1.7 Consequenties voor steltlopers 19
5.2 Middelplaat (inclusief Suikerplaat) 20
5.2.1 Beschrijving 20
5.2.2 Ontwikkeling 20
5.2.3 Droogvalpercentage 20
5.2.4 Zandbalans 21
5.2.5 Dwarsdoorsneden 21

5.2.6 Dynamiek en Bodemsamenstelling 21
5.2.7 Consequenties voor steltlopers 22
5.3 Plaat van Baarland 22
5.3.1 Beschrijving 22
5.3.2 Ontwikkeling 22
5.3.3 Droogvalpercentage 23
5.3.4 Zandbalans 23
5.3.5 Dwarsdoorsneden 23
5.3.6 Dynamiek en Bodemsamenstelling 24
5.3.7 Consequenties voor steltlopers 24
5.4 Platen van Ossenisse – west 24
5.4.1 Beschrijving 24
5.4.2 Ontwikkeling 25
5.4.3 Droogvalpercentage 25
5.4.4 Zandbalans 26
5.4.5 Dwarsdoorsneden 26
5.4.6 Dynamiek en bodemsamenstelling 26
5.4.7 Consequenties voor steltlopers 27
5.5 Platen van Ossenisse – oost 27
5.5.1 Beschrijving 27
5.5.2 Ontwikkeling 27
5.5.3 Droogvalpercentages 28
5.5.4 Zandbalans 28
5.5.5 Dwarsdoorsneden 28
5.5.6 Dynamiek en bodemsamenstelling 29
5.5.7 Consequenties voor steltlopers 29
5.6 Platen van Valkenisse 30
5.6.1 Beschrijving 30
5.6.2 Ontwikkeling 30
5.6.3 Droogvalduur 31
5.6.4 Zandbalans 31
5.6.5 Dwarsdoorsneden 31
5.6.6 Dynamiek en bodemsamenstelling 32
5.6.7 Consequenties voor steltlopers 32
6 Synthese en discussie 33
6.1 De grote lijn 33
6.2 De kleine lijn 35
6.3 Het vervolg 37

Referenties

Figuren

Lijst van figuren

1.1 De Westerschelde met de zes onderscheiden plaatcomplexen in de Westerschelde
2.1 Lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde; Bodemligging 1880 tot 2004
2.2 Kenmerkende morfologische elementen in de Westerschelde
2.4 Gemeten waterstanden op twee locaties in de Westerschelde (januari 2004)
3.1 Kaarten van de droogvalpercentages in de Westerschelde 1959 - 2004 (diepte contouren 2004)
3.2 Geomorfologische kaarten van de Westerschelde1959; 1965-1970; 1977; 1996; 2001; 2004
3.3 Luchtfotobeelden van de platencomplexen van Valkenisse
4.1 Verschillende typen plaatprofielen uit de Westerschelde
5.1.1 Kaart met morfologische eenheden en namen op en rond de Hooge platen
5.1.2 Bodemligging Hooge Platen 1959 (boven) en 2004 (onder)
5.1.3 Kaart Hooge platen met contouren geulen (NAP -10 m) en contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004
5.1.4 Kaart Hooge platen met contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m)
Kaart metlocatie van profielen Hoogeplaten (bodemligging 2004)
5.1.5 Grafiek van areaal (m2) Hooge Plaaten in verschillen droogvalpercentages
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages
5.1.6 Hypsometrische curve van de Hooge platen (cumulatieve areaal per hoogte)
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen
5.1.7 Profiel 4 over de Hoge plaat (locatie profiel in figuur 5.1.4)
Profiel 5 over de Hoge plaat (locatie profiel in figuur 5.1.4)
5.1.8 Profiel 6 over de Hoge plaat (locatie profiel in figuur 5.1.4)
5.1.9 Verschillende profielen uit 1960 over de Hoge plaat
Verschillende profielen uit 2004 (locaties profielen in figuur 5.1.4)
5.2.1 Kaart met morfologische eenheden en namen op en rond de Middelplaat en de Plaat van Baarland
5.2.2 Bodemligging van de Middelplaat en de Plaat van Baarland 1959 (boven) en 2004 (onder)
5.2.3 Kaart contouren geulen (NAP -10 m) Middelplaat en Plaat van Baarland
contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004
5.2.4 Kaart contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m)
Locatie van profielen Middelplaat en de Plaat van Baarland (bodem 2004)
5.2.5 Grafiek van areaal Middelplaat(m2) in verschillen droogvalpercentages
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages
5.2.6 Hypsometrische curve van de Middelplaat (cumulatieve areaal per hoogte)
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen
5.2.7 Profiel 2 over de Middelplaat
Profiel 5 over de Middelplaat (locatie profielen in figuur 5.2.4)
5.3.1 Grafiek arealen Plaat van Baarland (m2) in verschillen droogvalpercentages
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages
5.3.2 Hypsometrische curve Plaat van Baarland (cumulatieve areaal per hoogte)
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen
5.3.3 Profiel 1 over de Plaat van Baarland (locatie van het profiel in figuur 5.2.4)
5.4.1 Kaart met morfologische eenheden en namen op en rond de Platen van Ossenisse West en Oost
5.4.2 Bodemligging van de Platen van Ossenisse West en Oost 1959 (boven) en 2004 (onder)

5.4.3 Kaart contouren geulen (NAP -10 m) Platen van Ossenisse West en Oost
contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004
5.4.4 Kaart contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m) Platen van Ossenisse
Locatie van profielen Platen van Ossenisse West en Oost (bodem 2004)
5.4.5 Grafiek arealen Plaat van Ossenisse West (m2) per klasse droogvalpercentage
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages
5.4.6 Hypsometrische curve Plaat van Ossenisse West
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen
5.4.7 Profiel 1 over de Plaat van Ossenisse West
Profiel 6 over de Plaat van Ossenisse West (locatie profielen in figuur 5.3.4)
5.5.1 Grafiek arealen Plaat van Ossenisse Oost (m2) per klasse droogvalpercentages
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages
5.5.2 Hypsometrische curve Plaat van Ossenisse Oost (cumulatieve areaal per hoogte)
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen
5.5.3 Profiel 1 over de Plaat van Ossenisse Oost
Profiel 4 over de Plaat van Ossenisse Oost (locatie profielen in figuur 5.3.4)
5.6.1 Kaart met morfologische eenheden en namen
op en rond de Plaat van Valkenisse
5.6.2 Bodemligging van de Plaat van Valkenisse
1959 (boven) en 2004 (onder)
5.6.3 Kaart Plaat van Valkenisse met contouren geulen (NAP -10 m) en
contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004
5.6.4 Kaart Plaat van Valkenisse met contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m)
Locatie van profielen Plaat van Valkenisse (bodemligging 2004)
5.6.5 Grafiek arealen Plaat van Valkenisse (m2) per klasse droogvalpercentage
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages
5.6.6 Hypsometrische curve Plaat van Valkenisse (cumulatieve areaal per hoogte)
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen
5.6.7 Profiel 1 over de Plaat van Valkenisse
Profiel 2 over de Plaat van Valkenisse (locatie profielen in figuur 5.4.5)
5.6.8 Profiel 3 over de Plaat van Valkenisse
Profiel 4 over de Plaat van Valkenisse (locatie profielen in figuur 5.4.5)
5.6.9 Profiel 5 over de Plaat van Valkenisse (locatie profiel in figuur 5.4.5)
6.1 Dwarsdoorsneden profiel 1 Ossenisse-Oost 1959 en 2004 met jaarrond gemeten
waterstandsverloop
6.2 Grafiek totale droogvallende oppervlakte plaatcomplexen Westerschelde
Grafiek oppervlakte droogvalklasse 30-70% plaatcomplexen
6.3 Voorbeeld van vergelijkbaar areaal droogvallende plaat bij kleine getijslag en flauwe plaat
(A) en grote getijslag en steile plaat (B)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het estuarium van de Westerschelde (figuur 1.1) wordt sinds lange tijd door mensen ingegrepen in het natuurlijk systeem (indijkingen, baggeren). Voor de lange termijn beleidsontwikkeling is het belangrijk om de veranderingen van de ecologie te kunnen voorspellen. Zulke voorspellingen zijn bijvoorbeeld nodig voor het beoordelen van de effecten van mogelijk nieuwe ingrepen en maatregelen. Dit betekent dat betrouwbare informatie en kennis beschikbaar moet komen over de relaties tussen fysische, biologische en chemische processen en tussen habitat en organismen. Een belangrijke habitat in het Schelde-estuarium zijn de droogvallende platen die het fourageergebied zijn van bodemdieretende steltlopers.

Voor de steltlopers is niet alleen het oppervlakte aan droogvallende platen van belang. Voorbeeld van factoren die de *draagkracht* voor de steltlopers bepalen zijn de aanwezigheid en beschikbaarheid van prooidieren, de droogvalduur, de hypsometrie (hoogteverdeling) en de samenstelling (sterkte) van de bodem.
De aanwezigheid van prooidieren hangt weer af van de bodemsamenstelling, de dynamiek van de bodem, de stroomsnelheden boven de plaat en de mate waarop water op de plaat blijft staan. Verschillende morfologische en hydrodynamische morfodynamische factoren bepalen daarmee niet alleen direct, maar ook indirect de aantrekkelijkheid van het plaatgebied als geschikt habitat voor steltlopers.

De ontwikkeling van het foerageergebied van bodemdieretende steltlopers is onderzocht in het LTV O&M project. In het Vlaams- Nederlandse samenwerkingsverband LTV O&M (In het project LTV O&M (Lange Termijn Visie Onderzoek en Monitoring in het Schelde-estuarium) worden verschillende aspecten onderzocht die betrekking hebben op de dynamiek van het Schelde-estuarium.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om een kwantitatief beeld te krijgen van de veranderingen in het plaathabitat van steltlopers in de Westerschelde in de periode van 1959 tot heden.

Dit doel leidt tot twee onderzoeksvragen die in dit onderzoek centraal stonden:

1. Welke habitatfactoren zijn belangrijk te zijn voor steltlopers?
2. Hoe zijn deze factoren in de periode vanaf 1959 veranderd?

Het jaartal 1959 is het oudst beschikbare jaar waar een kaart met het droogvalpercentage voor beschikbaar is. De periode 1959 – 2004 is een voldoende lange periode om significante veranderingen in het plaathabitat te kunnen waarnemen.

1.3 Aanpak en leeswijzer

Deze studie is gericht op de kwantificeerbare veranderingen van de morfologie van de plaatcomplexen in de Westerschelde. Op grond van de bestaande kennis van de habitateisen van steltlopers worden de morfologische veranderingen vertaald in een kwalitatieve beschrijving van de effecten van de morfologische veranderingen voor steltlopers. De morfologische analyse wordt uitgevoerd op het niveau van de

plaatcomplexen en concentreert daarmee op de 'meso-ruimteschaal' van de Westerschelde. De meso-schaal is een ordeniveau kleiner dan de gehele Westerschelde (macroschaal). Detailontwikkelingen op de platen (microschaal) worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

In hoofdstuk 2 wordt een korte systeembeschrijving van de Westerschelde gegeven. Voor meer gedetailleerde informatie wordt de lezer doorverwezen naar verschillende relevante studies en publicaties.

Hoofdstuk 3 bevat de gebruikte gegevens en de methoden voor de morfologische analyses.

De voor steltlopers relevante abiotische factoren in de Westerschelde worden verkend in hoofdstuk 4. Op basis van literatuuronderzoek en expertkennis (Bureau Waardenburg) is een overzicht gemaakt van de bepalende factoren voor de aanwezigheid van steltlopers op platen. Op basis van de verzamelde ecologische kennis is een doorvertaling gemaakt naar mogelijk sturende abiotische factoren. Daarmee wordt de eerste onderzoeksvraag ('Welke habitatfactoren zijn belangrijk te zijn voor steltlopers?') beantwoord en is focus gekregen voor de bestudering van de bodemkaarten en droogvalduurkaarten.

In hoofdstuk 5 wordt een beschrijving gegeven van de waargenomen morfologische veranderingen van de platen in de Westerschelde.Daarbij wordt ingegaan op morfologische dynamiek, droogvalduur, plaatdoorsneden, zandbalansen, bodemdynamiek en bodemsamenstelling. Deze beschrijving is opgesteld voor per plaatcomplex. In de periode 1959 – 2004 zijn steeds zes duidelijk herkenbare plaatcomplexen zichtbaar, die in de onderste figuur van figuur 1.1 worden getoond. Van west naar oost zijn dit:

- de Hooge Platen, inclusief de Plaat van Breskens, De Bol, de Hooge Springer en de Lage Springer;
- De Middelplaten (doorsneden door de Pas van Terneuzen);
- De Plaat van Baarland;
- De Platen van Ossenisse-West, gescheiden via de Pas van Ossenisse met:
- De Platen van Ossenisse-Oost;
- De Plaat van Valkenisse.

Hoewel alle platen integraal onderdeel uitmaken van het estuarien systeem van de Westerschelde, kunnen hun respectievelijke morfologische veranderingen wel apart worden beschouwd. In hoofdstuk 5 wordt tenslotte ook per plaatcomplex aangegeven wat de waargenomen veranderingen hebben betekend voor steltlopers.

Tenslotte wordt in hoofdstuk antwoord gegeven op de tweede onderzoeksvraag, namelijk 'hoe zijn de voor steltlopers belangrijke habitatfactoren in de periode vanaf 1959 veranderd? ' Daarbij worden overwegingen voor vervolgonderzoek gegeven.

2 Gebiedskenmerken van de Westerschelde

De Westerschelde is het langgerekte trechtervormige estuarium, dat van de (Zee)Schelde naar de Noordzee loopt, tussen Zuid-Beveland en Walcheren aan de noordzijde en Zeeuws-Vlaanderen aan de zuidzijde. In hoofdlijnen is deze langgerekte trechtervorm hetzelfde gebleven sinds de 18e eeuw (figuur 2.1, kaarten op basis van bodemligginggegevens Rijkswaterstaat). Uitzonderingen op de langgerekte trechtervorm zijn de zijarmen Sloe, Braakman en Kreekrak. De afdamming en inpoldering van de zijarmen heeft de trechtervorm verder benadrukt. Een beschrijving van de ontstaansgeschiedenis is onder andere te vinden in Kater (2005) en de Kraker (2002).

Kenmerkend voor de Westerschelde is het vlechtende patroon van geulen, die een aantal plaatcomplexen omsluiten (figuur 2.2). Het meergeulenstelsel bestaat uit een grote doorgaande geul (de hoofdgeul) en nevengeulen. Door de tussengelegen plaatcomplexen liggen vaak nog één of meerdere kleinere geulen.
De nevengeulen zijn voornamelijk vloedscharen, zoals beschreven door Van Veen (1950), van der Berg e.a. (1996) en Swinkels (2006). De kleine geulen dwars door de plaatcomplexen worden ook wel kortsluitgeulen genoemd, omdat deze geulen een verbinding kortsluiten tussen de hoofd- en nevengeulen. De morfologie van de geulen verraadt de eb- of vloeddominantie van de kortsluitgeulen.

Sedimentcirculatiecellen

In de afgelopen zes jaar is het zogenaamde "cellenconcept" voor de Westerschelde ontwikkeld als uitgangspunt voor het vaststellen van de bagger- en stortstrategie (zie bijvoorbeeld Wang e.a., 2002 en Arcadis Technum consortium, 2006). In dit concept wordt de Westerschelde opgedeeld in zeven deelgebieden, die bestaan uit een hoofdgeul en een nevengeul, met daartussen een plaatcomplex of ondiepte. Deze cellen zijn sedimentcirculatiecellen, waarbinnen een groot deel van het sedimenttransport wordt "rondgepompt". Tussen de sedimentcirculatiecellen vindt overigens ook uitwisseling van sediment plaats. De plaatcomplexen fungeren als het ware als de spil van deze cellen, waaromheen het sedimenttransport rondgaat. Uitzonderingen op dit beeld zijn de Hooge Platen en de Plaat van Baarland. Bij deze complexen zijn de nevengeulen dermate in omvang afgenomen dat deze niet meer als onderdeel van sedimentcirculatie cellen kunnen worden gezien (deze nevengeulen hebben te weinig watervoerende functie).

Getij- en rivierdebiet

De trechtervorm van de Westerschelde vertaalt zich ook in de dwarsdoorsnedes van het estuarium. Van west naar oost nemen de natte dwarsdoorsnedes van het estuarium af, van circa 80.000 m^2 bij Vlissingen, tot circa 30.000 m^2 bij Bath (Steijn en Adema, 2000). De breedte en de gemiddelde diepte neemt af van circa 6 km en 14 m, tot circa 3 km en 9 m. Ook de debieten door de dwarsdoorsneden van de Westerschelde vertonen een afname van west naar oost, met een debiet van $950 \cdot 10^6$ m^3/getij bij Vlissingen (debietraai 10), $500 \cdot 10^6$ m^3/getij halverwege bij Hansweert tot $150 \cdot 10^6$ m^3/getij bij Bath.
De afvoer van de rivier de Schelde is ongeveer $5 \cdot 10^6$ m^3/getij, oftewel circa 120 m^3/s. Dit is dus overal aanzienlijk kleiner dan de getijvolumes.

Getij en waterstanden

Het verticale getij op de Westerschelde is, naar Nederlandse begrippen relatief groot. Het heeft een dubbeldaags karakter zonder veel dagelijkse ongelijkheid. Er zit bovendien vrijwel geen agger[1] in het waterstandverloop.
Stormopzet kan de waterstand tijdelijk verhogen (bij windrichtingen uit het westen en noordwesten) of verlagen (bij windrichtingen uit het oosten en zuidoosten). Met een frequentie van 1/10 jaar kan deze opzet variëren tussen +2 m en –1 m.

Op de Westerschelde is sprake van een typisch asymmetrisch waterstandsverloop van het getij, waarbij de rijzingsduur korter is dan de dalingsduur. Bovendien treden de maximale eb- en vloedsnelheden iets eerder op dan respectievelijk de laagste en hoogste waterstand. Omdat de waterstand hoger is kan de vloedstroom over een grotere breedte het estuarium optrekken. De ebstroom daarentegen is meer geconcentreerd in de getijgeulen, omdat delen van de platen dan zijn drooggevallen.

Getijslag

Het verticale verschil tussen hoog- en laagwater (de getijslag) neemt toe van Vlissingen richting Bath. Dit is goed te zien in het gemeten verloop van de waterstanden bij Vlissingen en bij Bath, zoals weergegeven in figuur 2.3.
De gemiddelde getijslag bij Vlissingen bedraagt 3,80 m; ter hoogte van Bath is dit circa 4,6 m. Bij Rupelmonde in België bedraagt het getijverschil nog iets meer, namelijk 5,30 m. Deze toename van de getijslag van west naar oost, heeft te maken met de combinatie van opslingering en reflectie van sommige van de dominante getijcomponenten. Nog verder de Schelde op neemt de getijslag overigens weer abrupt af (de zogenaamde vloedkuil). Dit laatste houdt verband met de relatief smalle toegang tot het achterliggende stroomgebied.

Het getij kent niet alleen kortdurende waterstandvariaties, zoals de bekende doodtij-springtij cyclus (maandelijks), maar ook meerjarige variaties. Zo is er de 18,6 jarige getijcylus, ook wel aangeduid als de Saros-cyclus. Als gevolg hiervan kan de getijslag (GHW-GLW) orde 10% toe- of afnemen in een periode van bijna 10 jaar (de halve cyclusperiode van 9,3 jaar).
Op de nog langere termijn (eeuw) speelt ook zeespiegelstijging een belangrijke rol. Niet alleen omdat als de platen niet meebewegen met de stijgende zeespiegel ze dan automatisch na verloop van tijd onder water verdwijnen, maar ook omdat als gevolg van opslingering de getijslag achterin het estuarium sterker toeneemt.

Droogvalduur

Droogvalduur hangt af van de hoogte van de platen ten opzichte van de waterstand. Zowel morfologie als waterbeweging zijn hierbij van belang. Gelet op de grote variatie in waterstanden, treedt een aanzienlijke variatie in droogvalduur op enkel en alleen door fluctuaties in het waterstandsverloop. Daarbovenop komen dan nog de morfologische veranderingen.

[1] Bij een agger in het getij blijft het water na het laagste niveau bereikt te hebben een tijdje laag en stijgt dan een klein beetje. Daarna daalt het water weer en volgt een tweede laagwater. Pas daarna stijgt het water snel en wordt het weer vloed (dit is bijvoorbeeld het geval bij Hoek van Holland). Bij vloed kan het verschijnsel ook optreden en dan wordt wel gesproken van een dubbele kop in het getij (bekend is het optreden bij Den Helder).

3 Gebruikte gegevens en methoden

3.1 Inleiding

In dit rapport is gebruik gemaakt van gegevens en informatie zoals aangeleverd door Rijkswaterstaat. Om de morfologische ontwikkelingen inzichtelijk te maken hebben we op de geleverde gegevens nabewerkingen uitgevoerd. Voorbeelden hiervan zijn profielen en contourplots en het berekenen van sedimentvolumes (sedimentbalans) en dieptearealen (hypsometrie). Bij deze nabewerkingen zijn geen nieuwe gegevens of informatie toegevoegd. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de verschillende brongegevens tot stand zijn gekomen.

3.2 Bodemligginggegevens

De bodemligginggegevens van de Westerschelde zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat RIKZ. De kaarten zijn gegenereerd op basis van een 20 x 20 m grid, dat is samengesteld met behulp van de oorspronkelijke bodemligginggegevens van de Westerschelde. De opname van de bodemligging vindt plaats vanaf schepen (echolodingen) en door waarnemers op het droge (waterpassen en GPS-metingen). Sinds de jaren negentig worden de droogvallende delen (platen en kust) vanuit vliegtuigen ingemeten met laseraltimetrie. Deze metingen worden uitgevoerd in een vast raaienstelsel, waarbij de raaien een onderlinge afstand van doorgaans 200 meter hebben. De opnames van de bodemligging hebben per kaartblad plaatsgevonden. In Habraken en Parée (2006) is een overzicht vanaf 1950 opgenomen van de beschikbare vaklodingen per blad voor de Westerschelde.

Nadat de metingen hebben plaatsgevonden zijn door Rijkswaterstaat bewerkingen uitgevoerd om te komen tot het 20 x 20 m grid dat de basis vormt voor de kaarten in dit rapport. In de loop van de tijd is deze nabewerking veranderd, waarbij de belangrijkste verandering de omissie van de waterstandscorrectie is, sinds (ongeveer) 2001. Tot die tijd werd de waterdiepte bepaald ten opzichte van de lokale waterhoogte op het moment van meten. Aan de hand van het (gemeten) waterstandsverloop in het gebied tijdens de meting werd dan naderhand de diepte ten opzichte van NAP bepaald. Deze verwerking gebeurde per kaartblad. Vanaf ongeveer 2001 wordt tijdens de meting de hoogte van het schip ten opzichte van NAP (en de locatie) direct gemeten met een DGPS-LRK systeem en wordt ter plekke de waterstand ten opzichte van NAP bepaald. De waterstandscorrectie “achteraf” kan daardoor achterwege blijven.

De metingen moeten vervolgens vanuit de raaien worden “vergrid” tot een 20 x 20 m grid. Rijkswaterstaat heeft daarbij gebruik gemaakt van hun standaard ‘Digipol’ software.

Voor een overzicht van de nauwkeurigheid van de hoogtebepalingen en het gebruik van deze gegevens bij kuberingen wordt verwezen naar Nederbragt en Liek (2004) en de referenties daarin.

3.3 Waterstanden

De waterstanden worden gemeten en opgeslagen voor verschillende meetstations langs de Westerschelde. De frequentie waarmee de informatie wordt ingewonnen en opgeslagen is in de loop van de tijd veranderd. Vanaf 1987 tot heden is voor iedere tien

minuten de waterstand beschikbaar voor de stations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath. Voor de periode 1971 tot en met 1987 is voor ieder uur een waterstand beschikbaar en zijn de tijdstippen van hoog- en laagwater vastgelegd. Voor de periode 1954 (1957 voor Bath) tot en met 1970 is voor iedere drie uur een waterstand beschikbaar en zijn de tijdstippen van hoog- en laagwater vastgelegd.

De Meetadviesdienst Zeeland van Rijkswaterstaat heeft de beschikbare gegevens van de waterstanden gebruikt om de gemiddelde waterstanden in verschillende jaren te berekenen. Hierover is gerapporteerd in Habraken en Paree (2006). Voor de periode 1954 tot en met 1987 zijn de beschikbare gegevens gebruikt om een tien-minuten verloop van de waterstanden te reconstrueren.

3.4 Droogvalpercentages

De combinatie van de bodemligging en het waterstandsverloop uit dat jaar is de basis voor het bepalen van droogvalpercentages. Het droogvalpercentage is gedefinieerd als de fractie van de tijd (bezien over het hele betreffende jaar) dat het betreffende gridpunt boven water ligt. Door de Universiteit Eindhoven is een set van Matlab-routines ontwikkeld, waarmee de droogvalpercentages zijn berekend. De waterstanden op ieder grid-punt worden daarin ruimtelijk geïnterpoleerd uit de gemeten waterstanden op de meetstations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath. Daarbij wordt rekening gehouden met de looptijd van het getij. De beschrijving van de methode staat in het rapport 'Inundatiekaarten Westerschelde' (Habets, 2003).

De gebruikte kaarten van de droogvalpercentages zijn weergeven in figuur 3.1. De droogvalpercentages zijn geproduceerd door de Meetadviesdienst Zeeland van Rijkswaterstaat met behulp van de genoemde Matlab-routines. De wijze waarop de kaarten tot stand zijn gekomen is gerapporteerd in Habraken en Paree (2006). Wij maken uit deze rapportage op dat de droogvalduurkaarten mede zijn gebaseerd op de waterstandsvariaties van het betreffende (gehele) jaar en dus niet voor één getij of één doodtij-springtij getijperiode. Dit betekent dat de droogvalduurkaarten zoals door ons gebruikt, een jaargemiddelde situatie weergeven. Het is waarschijnlijk dat er in bepaalde perioden, bijvoorbeeld tijdens doodtij, aanzienlijk minder droogvaltijd is dan dat de kaarten suggereren. Ook perioden met meer of minder stormopzet of invloeden van meerjarige waterstandsfluctuaties, kunnen de werkelijke droogvalduur aanzienlijk laten afwijken van de gebruikte droogvalduurkaarten. Alleen een analyse op plaatniveau en een uitvoeriger analyse van de lokale waterstandsfluctuaties kan hierin meer inzicht geven.

3.5 Arealen en profielen

De droogvalduurkaarten van alle jaren zijn gebruikt om "omhullenden" (polygonen) te tekenen rondom de zes eerder genoemde plaatcomplexen. Deze omhullenden zijn zo gekozen dat de platen in alle jaren vanaf 1959 worden omsloten. Van de op deze manier omsloten deelgebieden is het areaal berekend dat hoort bij verschillende droogvalpercentages (in klassen van 10%). Tevens is voor ieder deelgebied het areaal berekend van de waterdiepte in klassen van 20 cm boven NAP –3 m (hypsometrische kromme).

Op basis van de bodemliggingskaarten is tevens een keuze gemaakt voor de ligging van raaien waarvoor bodemprofielen (dwarsdoorsneden van de platen) zijn getekend.

3.6 Bodemsamenstelling en dynamiek

Om een beeld te krijgen van de bodemsamenstelling en de dynamiek is gebruik gemaakt van geomorfologische kaarten van de Westerschelde. Deze kaarten zijn door Rijkswaterstaat (Habraken en Paree, 2006) vervaardigd op basis van de interpretatie van luchtfoto's. Ze staan weergegeven in figuur 3.2.
De uitgebreide indeling en legenda is voor de studie teruggebracht tot een beperkt aantal klassen. Hiertoe zijn alle begroeide gebieden samengevoegd onder de noemer schor en zijn de antropogene en hard natuurlijke substraten samengevoegd. Verder is onderscheid gemaakt in laagenergetische gebieden met zand en met slib en hoogenergetische gebieden met en zonder reliëf.

Een voorbeeld van de elementen die op luchtfoto's zichtbaar zijn, is te zien in figuur 3.3. Bij de analyse wordt overigens gebruikgemaakt van 'false colour' beelden, wanneer deze beschikbaar zijn, omdat daarin bepaalde elementen veel duidelijker zichtbaar zijn. Voor een beschrijving van de werkwijze wordt verwezen naar Habraken en Paree (2006).

De analyse op basis van luchtfoto's geeft een momentaan beeld van de morfologie op het moment van opname. Het slibrijke of zandige karakter van de bodem is achterhaald aan de hand van beelden en niet van metingen in het veld. Hierdoor is slechts een kwalitatieve analyse mogelijk.

4 Relevante parameters voor steltlopers

4.1 Wat zoeken steltlopers op platen ?

Onder platen wordt hier het intergetijdegebied verstaan dat ruwweg tussen GLW en GHW ligt en dat niet verbonden is aan het vasteland. De slikken van de Westerschelde blijven in deze studie buiten beschouwing. Steltlopers zoeken op de platen hun voedsel dat bestaat uit verschillende soorten bodemdieren, waaronder schelpdieren.
Of een plaat aantrekkelijk is voor steltlopers wordt in belangrijke mate bepaald door twee parameters: de hoeveelheid voedsel en de beschikbaarheid van dat voedsel. Beide zijn direct en indirect afhankelijk van het droogvallen van de platen.

Naast de hoeveelheid en de beschikbaarheid van het voedsel zijn er meer elementen die de opname door steltopers bepalen. De verstoring tijdens het foerageren speelt bijvoorbeeld en rol bij de aantrekkelijkheid van platen voor steltlopers. Onder verstoring vallen bijvoorbeeld menselijke activiteiten zoals wandelen, en de aanwezigheid van predatoren (roofvogels). Andere aspecten zijn de 'slikkigheid' van de plaat (oftewel de bodemsamenstelling in termen van korrelgrootte en slibpercentage) en de afstand tot hoogwatervluchtplaatsen.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de relatie tussen abiotische karakteristieken van de platen en de aanwezigheid van steltlopers. In het daarop volgende hoofdstuk worden per plaatcomplex deze karakteristieken besproken en wordt ingegaan op de mogelijke consequenties voor steltlopers.

4.2 Steltlopers

Dè steltloper bestaat niet: de aanduiding steltlopers (eigenlijk steltloperachtigen: Charadriiformes) is een verzamelbegrip voor een grote groep vogelsoorten. In het Engels heet deze groep 'waders' en in het Amerikaans 'shorebirds'. In deze drie namen zijn het kustmilieu, het foerageergedrag en de kenmerkende lange poten benoemd die deze vogels gemeen hebben.

In dit rapport kijken we naar de steltlopersoorten in de Westerschelde die in het kader van de Natura2000 zullen worden aangewezen:

- Scholekster (*Haematopus ostralegus*);
- Kluut (*Recurvirostra avosetta*).
- Bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*);
- Strandplevier (*Charadrius alexandrinus*);
- Zilverplevier (*Pluvialis squatarola*);
- Goudplevier (*Pluvialis apricaria*)
- Kanoetstrandloper (*Calidris canutus*);
- Drieteenstrandloper (*Calidris alba*);
- Bonte strandloper (*Calidris alpina*);
- Rosse grutto (*Limosa lapponica*);
- Wulp (*Numenius arquata*);
- Tureluur (*Tringa totanus*);
- Zwarte ruiter (*Tringa erythropus*);
- Groenpootruiter (*Tringa nebularia*);

- Steenloper (*Arenaria interpres*);

In de bovengenoemde lijst komen zowel soorten voor die vrijwel uitsluitend in de zoute getijdewateren voorkomen, als soorten die meer aan zoete milieus zijn gebonden. Deze studie richt zich met name op de soorten die voor het foerageren tijdens hun verblijf in de Westerschelde zijn gebonden aan het zoute plaatmilieu.

Elke steltlopersoort heeft zijn eigen gedrag, voorkeursvoedsel, foerageerwijze, trekroutes en –perioden.
Het verschil in gewicht en de grootte van de steltlopervoet betekent bijvoorbeeld dat sommige soorten steltlopers beter op een slappe (slibrijke) bodem kunnen lopen dan andere soorten (van de Kam e.a., 1999 , Kirchner, 1963 in Blomert, 2002). De consequentie van deze verschillen tussen steltlopersoorten is dat elke soort een (iets) ander plaatmilieu prefereert. En dat betekent dat veranderingen in de plaatmorfologie voor de ene soort positief kunnen uitpakken, terwijl de andere soort achteruit kan gaan. Wel geldt in het algemeen dat een afname van het droogvallende plaatareaal betekent dat minder voedsel beschikbaar is voor steltlopers.

4.3 Voedsel voor steltlopers

Het voedsel van steltlopers bestaat uit bodemdieren die in en op de intergetijdeplaten leven, zoals wormen, schelpdieren en kreeftachtigen. Over de aanwezigheid van bodemdieren, de relaties binnen het ecosysteem en de verschillende habitateisen is veel gepubliceerd, zie bijvoorbeeld de Kam e.a. (1999), Blomert (2002), Kater (2005) en Meire (2005) en referenties in deze publicaties. Hieronder wordt kort ingegaan op de abiotische habitateisen die bodemdieren aan het plaatmilieu stellen.

De wormen, schelpdieren en kreeftachtigen die het voedsel vormen van steltlopers stellen hun eigen eisen aan het plaatmilieu. Het substraat moet geschikt zijn voor de betreffende (voedsel-)soort en er moet voldoende voedsel (fytoplankton en – benthos, detritus, of andere bodemdieren) beschikbaar zijn. Het getij (stroming en waterstand) is een belangrijke factor voor de bodemdieren, omdat met het water voedsel wordt aangevoerd. De bodem moet overigens niet té dynamisch zijn. Harde stroming en/of veel golfslag en daarmee veel afwisseling tussen erosie en sedimentatie zijn doorgaans ongunstig (zoals duidelijk is uit de lage dichtheden van bodemdieren op de geulbodems en in de brekerzone van stranden, Janssen en Mulder, 2004).

Naast bovenstaande parameters is het ook belangrijk of de plaat een kom vormt waar water in kuilen achterblijft. Vaak stroomt het water dergelijke kuilen uit via één of meerdere geultjes (prielen). Dit afstromen gaat langzamer dan bij een vlakke plaat. Als zich dergelijke komen voordoen, dan is het water langer beschikbaar voor filterfeeders die hun eten uit het water halen. De aanwezigheid van kuilen en andere reliëfvormen op de platen, samengevat onder noemer mesoreliëf, vergroot naar verwachting de foerageermogelijkheden voor steltlopers.

Het voedsel van de steltlopers levert enkele belangrijke parameters op voor onze verdere analyses:

1. Het plaatareaal;
2. Hoogte van de plaat ten opzichte van de wisselende waterstand;
3. Aanwezigheid van kommen op de plaat;
4. Bodemsamenstelling (zand, slib, mengsel);
5. Bodemdynamiek.

4.4 Droogvallen en foerageren

Het is niet voldoende dat het voedsel voor de steltlopers aanwezig is: de steltlopers moeten het ook kunnen bereiken. Alleen wanneer de platen bijna droogvallen kunnen de steltlopers foerageren. Afhankelijk van de vorm van de plaat en de hoogte ten opzichte van het getij, komt het voedsel op verschillende manieren beschikbaar. Bij een vlakke plaat zonder oeverwallen[2] komt in korte tijd een groot oppervlak beschikbaar, wanneer de waterstand lager wordt dan de plaathoogte (figuur 4.1: Plaat van Baarland profiel 1). Bij een plaat die afloopt naar een (figuur 4.1: Hooge Platen profiel 5) of twee zijden (figuur 4.1: Ossenisse west profielen 1 en 6) komt tijdens het afgaande water steeds meer plaatoppervlak beschikbaar voor foerageren. De waterlijn komt steeds lager op de plaat te liggen, zodat bij elk getij een soort 'lopend buffet' ontstaat gevolgd door de steltlopers. De helling of steilheid van de plaat is dus een factor die bepaald wanneer voedsel beschikbaar komt.
Op vlakke platen met oeverwallen blijft het water lang staan tijdens afgaand water. Dat wil zeggen, langer dan op grond van de plaathoogte ten opzichte van de waterstand zou kunnen worden geconcludeerd. Door de grotere weerstand duurt het langer voordat de plaat gedraineerd is. De situatie op een plaat met oeverwallen is aantrekkelijk voor vogelsoorten die hun voedsel in opdiep water zoeken.

De voedselbeschikbaarheid levert twee belangrijke parameters op voor onze verdere analyses:

1. Hoogte van de plaat ten opzichte van de wisselende waterstand;
2. Vorm en helling van de plaat (plat, aflopend, convex, concaaf, oeverwallen);

4.5 Grote steltlopers en kleine steltlopers

Tussen de verschillende soorten steltlopers bestaan grote verschillen in de tijd die ze in getijdengebieden foerageren. Scholeksters vliegen vaak drie uur vóór hoogwater al naar de hoogwatervluchtplaats, terwijl bonte strandlopers dan vaak nog één tot twee uur doorgaan met voedsel zoeken in de opkomende waterlijn (van de Kam e.a., 1999). En bij afgaand water is het omgekeerd, dan beginnen de bonte strandlopers vaak al direct nadat het eerste slik begint droog te vallen voedsel te zoeken, terwijl scholeksters nog een paar uur wachten. Dit wordt deels verklaard door het feit dat grote vogels grote prooien eten en grote prooien vooral laag in de getijdenzone voorkomen (van de Kam e.a., 1999). Hierdoor hebben grote soorten op de platen minder tijd om voedsel te zoeken. Kleine prooien, die vooral door kleine steltlopers worden gegeten, komen vaak tot dicht onder de hoogwaterlijn massaal voor. Daarnaast kunnen grotere vogels een groter deel van hun dagelijkse totale voedselopname intern opslaan en meenemen naar de hoogwatervluchtplaats om daar te verteren.

Belangrijk is ook dat kleine vogels in verhouding meer voedsel nodig hebben om op gewicht te blijven dan grote vogels. Zo moet een kleine strandloper met een gewicht van 20 g dagelijks 23 g vleesgewicht eten (dat is 115% van het eigen gewicht), terwijl een wulp van 750 g per dag slechts 301 g (dat is 40% van eigen het gewicht) nodig heeft (Van de Kam e.a., 1999).

[2] Een oeverwal ('levee' in het engels) is een hoger gelegen rand (wal) die langs een geul loopt. Oeverwallen ontstaan doordat water bij het uittreden uit de geul over een ondiepte veel van zijn snelheid verliest, waardoor sedimentatie plaatsvindt.

Over het algemeen foerageren grote steltlopers 70-85% van de tijd dat ze op de plaat aanwezig zijn. Voor kleine steltlopers is dit 80-95% van de tijd (Van de Kam et al., 1999). Gemiddeld foerageren de meeste steltlopers op locaties met een droogvalduur van tussen de 4 en 5,5 uur (Blomert, 2002), wat overeenkomt met droogvalpercentages van 30% tot 45%.

Veranderingen in het droogvalpercentage pakken dus anders uit voor kleine dan voor grote steltlopers. Dit verschil is echter niet kwantificeerbaar en de relatieve veranderingen in droogvalpercentages zullen niet worden vertaald naar het effect op grote of kleine steltlopers.

4.6 Observaties van steltlopers

Observaties van vogels in de Waddenzee en het deltagebied laten zien dat tussen de vogelsoorten verschillen bestaan in het geprefereerde habitat. De bonte strandloper, wulp en zilverplevier lijken over het algemeen in slibrijke milieus te foerageren, terwijl de rosse grutto vooral in een zandig milieu foerageert. De kanoet lijkt bij voorkeur te foerageren in een milieu dat hier tussenin ligt. De scholekster benut een brede range van habitats, deze soort kan zowel in zandige, slibrijke als intermediaire milieus foerageren (Ens et al., 2005).

De grote lijn uit het onderzoek door Van Kleunen (1999) was dat op slibrijk substraat (veel) meer vogels foerageren dan op zandig substraat en dat ook de meeste soorten op de meest slibrijke gebieden hun hoogste dichtheid bereiken. De combinatie van droogvalduur en bodemsamenstelling levert op dat in de laaggelegen zone op zandig substraat meer vogels foerageren dan op slibrijk substraat. Voor de hoog gelegen zones is dat andersom: zandige gebieden zijn vogelarmer dan slibrijke gebieden (Lambeek, 2006).

Uit de observaties van steltlopers valt op te maken dat de combinatie van de volgende parameters belangrijk is voor steltlopers:

1. Hoogte van de plaat ten opzichte van de wisselende waterstand;
2. Bodemsamenstelling (zand, slib, mengsel);

4.7 Keuze van fysische parameters

In paragraaf 4.3 tot en met 4.6 is een aantal parameters genoemd die van belang zijn voor de aanwezigheid van steltlopers op platen. In deze paragraaf wordt beargumenteerd welke parameters voor plaatcomplexen van de Westerschelde zijn geanalyseerd.

4.7.1 Plaatareaal

Zonder droogvallende platen zijn er geen steltlopers en naarmate er meer platen zijn nemen de mogelijkheden voor steltlopers toe. Het totale aanwezige plaatareaal is daarom een belangrijke parameter voor de aanwezigheid van steltlopers. In deze studies is bij het vaststellen van het plaatareaal rekening gehouden met de opgetreden variaties in de waterstanden.

Het totale droogvallende plaatareaal per plaatcomplex is weergegeven als het

- Cumulatieve oppervlakte (m^2) in de droogvalklasse van 91% tot 100%)

Waarbij als criterium voor de steltlopers is gehanteerd dat een toename van het totale areaal droogvallende plaat een toename betekent van de foerageermogeljikheden.

4.7.2 Hoogte van de plaat

De hoogte van de plaat bepaalt in combinatie met de waterstand hoeveel plaatareaal beschikbaar is voor het foerageren door steltlopers én bepaalt mede de hoeveelheid bodemdieren. De plaathoogte verandert langzaam in de loop van de jaren. De waterstand is afhankelijk van het getij en van meteorologische invloeden (windrichting en -strekte, luchtdruk). In dit rapport wordt gewerkt met gemiddelde waterstanden en met een afgeleide parameter (droogvalpercentages). Bij deze laatste parameter is rekening gehouden met de effecten van variaties in het getij en meteorologische invloeden. Onder extreme omstandigheden kan ook meer plaatareaal (bijvoorbeeld na enkele dagen oostenwind bij springtij) of juist minder plaatareaal (bij flinke westerstorm) beschikbaar zijn (zie opmerkingen in hoofdstuk 2).

De hoogte van plaat ten opzichte van de wisselende waterstand wordt uitgedrukt in het:

- Areaal (m^2) per droogvalpercentage (in klassen van 10%)
- Percentage (%) per droogvalpercentage (in klassen van 10%)

Waarbij als criterium voor de steltlopers wordt gehanteerd dat deze droogvalklassen van 30% tot 70% prefereren.

4.7.3 De vorm van de plaat

Het profiel van de plaat bepaalt of de oppervlakte ineens of geleidelijk beschikbaar komt voor het foerageren. De basisvormen van plaatprofielen (figuur 4.1) zijn plat en convex (bol) of concaaf (bol). De aanwezigheid van oeverwallen speelt daarbij ook een rol, omdat daardoor water langer op de platen kan blijven staan.

Het mesoreliëf van de plaat is de variatie in de hoogte van decimeters tot enkele meters over afstanden van tientallen tot honderden meters. Het mesoreliëf (figuur 4.1) bestaat uit kleine geultjes (schaartjes, kortsluitgeulen) die vanuit de geul de plaat oplopen. Ook restanten van dergelijke geulen kunnen lang achterblijven op de platen als lokale verdiepingen. Vaak hebben dergelijke verdiepingen een wat hoger slibpercentage in de bodem. Verder worden op sommige platen banken gevormd die voor een lokale verhoging zorgen.

De aanwezigheid van mesoreliëf betekent dat de waterlijn bij afgaand en opkomend tij aanzienlijk langer is dan op een vlakke plaat. Het mesoreliëf levert daardoor een vergroting van de foerageerlocaties op voor steltlopers die de waterlijn volgen. Lokale toenames van de slibpercentages in de bodem die samenhangen met het mesoreliëf, vergroten de beschikbaarheid van bodemdieren. De foerageermogelijkheden door steltlopers nemen hierdoor verder toe.

Een indicatie van de ‘overall’ helling van de plaat wordt gegeven in de hypsometrische curves (grafieken waarin het cumulatieve oppervlakte per hoogteklasse is uitgezet): hoe steiler de hypsometrische curve des te steiler de plaat is.
Een indicatie van de vorm van de plaat en de aanwezigheid van mesoreliëf wordt gegeven in de profielen (dwarsdoorsnedes) van de platen. Hierbij hoort de kanttekening dat een plaat in het ene profiel hol kan zijn, terwijl een profiel dwars erop bol kan zijn.

Als criterium voor steltlopers wordt aangehouden dat mesoreliëf op platen een positief effect heeft op foerageermogelijkheden van steltlopers.

4.7.4 Bodemsamenstelling

De bodemsamenstelling is op verschillend manieren van invloed op de aanwezigheid van bodemdieren en op de beschikbaarheid voor steltlopers. Verschillende bodemdieren stellen verschillende eisen aan de korrelgrootte van hun leefomgeving, bijvoorbeeld door hun fysiologie of hun gedrag. De bodemsamenstelling heeft ook een duidelijke invloed op de geochemie. Direct doordat slib en zand verschillende geochemische karakteristieken hebben. Indirect doordat de korrelgrootte en de variatie in de korrelgrootte de poriëngrootte en daarmee de percolatie van bodemwater bepaalt.

De bodemsamenstelling speelt ook een rol bij de begaanbaarheid van de plaat, die door het verschil in gewicht van de steltloper en de grootte van de voet per soort anders is.

De bodemsamenstelling op platen varieert in de ruimte (de verspreiding over de plaat), in de diepte (de al dan of niet gemende opbouw van de platen) en in de tijd (er is bijvoorbeeld een seizoensvariatie in de aanwezigheid van slib, zie bijvoorbeeld Chang e.a., 2006 voor observaties uit de Waddenzee). Dat maakt het lastig de bodemsamenstelling te meten en te vergelijken. De aanwijzingen voor de bodemsamenstelling uit de geomorfologische kaart zijn gebaseerd op één momentopname, waarvan niet duidelijk is of deze representatief is voor een langere periode. De bodemsamenstelling meenemen in de analyse kan vooralsnog alleen kwalitatief.

Het criterium dat voor steltlopers wordt aangehouden is dat de aanwezigheid van slib een positief effect heeft op de foerageermogelijkheden van steltlopers.

4.7.5 Bodemdynamiek

De bodemdynamiek is van invloed op de vestiging en handhaving van bodemdieren. Wanneer de bodem in beweging raakt kunnen in en op de bodem levende dieren verspoelen of juist bedekt raken met sediment. Filterfeeders kunnen bij hogere sedimentconcentraties die bij dynamische bodems optreden, minder effectief voedsel uit de waterkolom filteren. Voor bodemdieren is de lokale bodemdynamiek op de platen van belang, zoals die per getij optreedt. De bodemdynamiek per getij is in feite de omwerkingsdiepte tijdens het getij. Op een plaat met kleine ribbels is dit typisch de hoogte van de ribbels (tussen de trog en de kam) die enkele centimeters bedraagt. Bij grote ribbels is de omwerkingsdiepte doorgaans kleiner dan de hoogte van de megaribbels. Maar meestal is deze diepte wel groter dan de ribbelhoogte van kleine ribbels die soms òp de grote ribbels te zien zijn.
De bodemdynamiek op de langere termijn van maanden en jaren, bijvoorbeeld door de verplaatsing van geulen, is ook belangrijk voor de aanwezigheid van bodemdieren. In dit rapport wordt deze langere termijn bodemdynamiek verdisconteerd in de ontwikkeling van de arealen.

De dynamiek van de bodem is gecorreleerd aan de stroomsnelheid, waterdiepte en korrelgrootte van de bodem. Bij hogere stroomsnelheden neemt de dynamiek van de bodem toe. Ook golven, of beter gezegd de orbitaalsnelheid door golven, draagt bij aan de dynamiek. Bij vertalen van modelsimulaties of metingen van de waterbeweging wordt naar bodemdynamiek wordt regelmatig de bodemschuifspanning gehanteerd.

Voor de bodemdynamiek geldt net als voor de bodemsamenstelling dat deze varieert in de ruimte (de verspreiding over de plaat) en in de tijd (er is bijvoorbeeld een doodtij-springtijvariatie in de hoogte en lengte van megaribbels in getijdegebieden, Batholdy e.a. 2002). De aanwijzingen uit de geomorfologische kaarten zijn alleen geschikt voor een kwalitatieve analyse. Bij de analyse is daarbij aangenomen dat hoogenergetisch overeenkomt
met een dynamische bodem en laagenergetische met een niet-dynamische bodem.

Het criterium dat voor steltlopers wordt aangehouden is dat de hoogdynamische gebieden minder foerageermogelijkheden bieden voor steltlopers.

4.7.6 Zandbalans

Het sedimentvolume in de plaat is een belangrijke indicator van de morfologische ontwikkelingen. Een afname van het sedimentvolume in de plaatcomplexen zal op termijn onherroepelijk leiden tot een afname van plaatareaal.
Veranderingen in de morfologie kunnen optreden dor een lokale herverdeling van sediment op de plaat, of doordat de totale hoeveelheid sediment toe- of afneemt. Het sedimentvolume van de plaatcomplexen wordt weergegeven in de hypsometrische curves voor verschillende jaren. Verder wordt per plaatcomplex een grafiek gepresenteerd van het totale sedimentvolume van het plaatcomplex (waarbij is gekozen voor een vast beneden niveau op NAP –3,0 m.). In deze grafiek zijn ook de ontwikkelingen van het sedimentvolume boven en onder NAP 0,0 m weergegeven. Hierin is een eventuele herverdeling van sediment over de hoge en lage delen van de plaatcomplexen zichtbaar.

Voor de steltlopers wordt het criterium gehanteerd dat een afname van het sedimentvolume betekent dat de foerageermogelijkheden afnemen.

5 Analyse per plaatcomplex

5.1 Hooge platen

5.1.1 Beschrijving

De Hooge platen is het meest westelijke plaatcomplex in de Westerschelde, ter hoogte van Vlissingen en de Sloehaven (figuur 5.1.1). De Hooge platen zijn een langgerekt westnoordwest-oostzuidoost gericht complex van platen. Aan de noordzijde wordt het complex van west naar oost begrensd door de geulen Schaar van Spijkerplaat, de Pas van Borssele en de Pas van Terneuzen. Aan de zuidzijde wordt het complex van west naar oost begrensd door het Vaarwater langs de Hoofdplaat en het Vaarwater langs de Paulinapolder.

Het complex bestaat tegenwoordig uit drie delen, die van elkaar zijn gescheiden door kleine kortsluitgeulen. Aan de westzijde ligt de grootste plaat van het complex die bestaat uit de Plaat van Breskens, de Bol en de Hooge Springer. Ten oosten hiervan ligt de Springergeul, die de Hooge Springer van de Lage Springer scheidt. Ten oosten van de Lage Springer ligt de Thomasgeul, met direct ten oosten daarvan een plaat zonder naam. De naam Plaat van Breskens wordt gebruikt voor de westpunt van het grote plaatcomplex en voor een kleine langgerekte plaat direct ten westen van het complex.

Zoals de naam al doet vermoeden liggen de Hooge platen relatief hoog, ten opzicht van de platen in de nabijheid (figuur 5.1.2). De Bol op het westelijke deel van de Hoge platen ligt deels boven gemiddeld hoogwater en is begroeid met schorvegetatie. Ook op de oostpunt ligt de Hooge Springer deels boven gemiddeld hoogwater en is sprake van begroeiing. Aan de zuidzijde gaat de plaat met een knik over in de geul vaarwater van het Hoofdplaat. Aan de noordzijde is de overgang veel geleidelijker. Ter hoogte van de Hooge Springer steekt een klein vloedschaartje de plaat in.

5.1.2 Ontwikkeling

In vergelijking met andere plaatcomplexen en de ontwikkeling van de ondiepten in de directe omgeving (Spijkerplaat) zijn de Hooge platen door de jaren heen relatief vormvast gebleven (figuren 5.1.3 en 5.1.4). Dit is bijvoorbeeld goed te zien in de figuur van de NAP + 1 m contour (figuur 5.1.4): de omhullende contouren verplaatsen nagenoeg niet in de periode 1960-2004.

Vergelijking van de bodemligging in 1959 met die van 2004 (figuur 5.1.2) laat een beperkt aantal verschillen zien. Het aantal platen in het complex is afgenomen, omdat de Hoge Springer onderdeel is geworden van de grote plaat. De westelijke grens van de grote plaat is verschoven naar het oosten, zoals zichtbaar in de ontwikkeling van de NAP –1.5 m contour (figuur 5.1.3).

De vorm van de westzijde is van meer langgerekt en puntig, naar stomp gegaan. Deze verandering heeft begin jaren zeventig plaatsgevonden. De grootte van het vloedschaartje aan de noordzijde is in de loop van de tijd afgenomen. Aan de oostzijde van de grote plaat is de grens westwaarts opgeschoven, zoals zichtbaar in de ontwikkeling van de NAP –1.5 m contour (figuur 5.1.3).

In het bovenaanzicht is de overgang naar de geul aan de zuidzijde van 'bol' veranderd in 'hol' (figuur 5.1.3). De Lage Springer is van vorm veranderd en iets groter geworden. Het zwaartepunt van de Lage Springer is iets naar het noordwesten verschoven. De oriëntatie van de lange as van de geul is met de wijzers van de klok meegedraaid van westnoordwest-oostzuidoost naar noordwest-zuidoost. De grootste veranderingen van de Lage Springer hebben plaatsgevonden aan het eind van de tachtiger jaren.

5.1.3 Droogvalpercentage

Op basis van de beschikbare droogvalduurkaarten (zie figuur 3.1), is voor het gebied van de Hooge Platen uitgerekend hoeveel oppervlakte een bepaald droogvalpercentage heeft (in stappen van 10%). De resultaten van deze bewerking staan in figuur 5.1.5.

De bovenste figuur laat de veranderingen zien in het cumulatieve droogvalpercentage. De totale oppervlakte aan inter- en supragetijde gebied (droogvalpercentage $\geq$ 100%) ligt iets boven $16 \cdot 10^6$ m^2 (1600 ha). Het oppervlakte dat slechts 10% van de tijd droogvalt is eveneens tamelijk constant: orde 1,5 10^6 m^2 (150 ha).

De verdeling over de verschillende droogvalpercentages fluctueert (zie onderste figuur in figuur 5.1.5). Het aandeel van de droogval-klasse van 71-80% is sinds 1959 iets toegenomen ten koste van de droogvalklasse 31 - 60%. De plaat is daarmee iets 'droger' geworden vanaf 1959 tot 2004. De foerageermogelijkheden in de klasse van 30 tot 70% zijn afgenomen. Ook binnen deze voor steltlopers aantrekkelijke droogvalklassen is een kleine verschuiving opgetrden naar de hogere klassen , zoals zichtbaar in de overgang tussen de 41%- 50% en 51%-60% droogvalklassen figuur van 5.1.5.
Het 'droger' worden van de Hoogeplaten blijkt ook uit de bovenste figuur in figuur 5.1.4. Tot 1996 was sprake van twee gebieden boven NAP: de Bol en de Hoge Springer. Daarna werd het één aaneengesloten en groter gebied en dit betekent dat het gebied verondiept.

5.1.4 Zandbalans

De hypsometrische curve (boven NAP –3 m) en het totale sedimentvolume van de Hooge platen boven NAP –3 m (figuur 5.1.6), ondersteunen de observatie dat de Hooge platen een stabiel complex is. Het sedimentvolume van de plaat vertoont een marginale toename (figuur 5.1.6 onderaan). De toename van het sedimentvolume komt overeen met het benodigde sedimentvolume om de stijging van de zeespiegel van 20 cm/eeuw te volgen.

5.1.5 Dwarsdoorsneden

In de onderste figuur van figuur 5.1.4. staan de verschillende dwarsdoorsneden aangegeven waarvoor bodemprofielen zijn geplot. Een selectie daarvan is te zien in de figuren 5.1.7 tot en met 5.1.9. Duidelijk is te zien dat op het niveau van en vaste doorsnede de vorm van de plaat door de jaren heen erg veranderlijk is

Van west naar oost is de plaat over doorsnede 4 duidelijk platter geworden (figuur 5.1.7 bovenaan). In doorsnede 5 is te zien dat de plaat hier geleidelijk omhoog is gekomen, bolvormig is geworden aan de oppervlakte en afloopt van noord naar zuid (figuur 5.1.7 onderaan). Doorsnede 6 laten mooi de bolvorm zien van de plaat op deze locatie (figuur 5.1.8 bovenaan).

Uit een analyse van de dwarsdoorsneden blijkt dat de hoogte van de Hooge Platen lokaal toeneemt tot eind jaren tachtig. Na die tijd is de hoogte vrijwel constant.

De verplaatsing van de platen en geulen is in de profielen zeer duidelijk zichtbaar. Zo is bijvoorbeeld in figuur 5.1.8 goed te zien hoe de getijgeul "Pas van Terneuzen" het plaatcomplex inschuift (zie opschuivende plaatrand in het linkerdeel van de figuur). De verplaatsing van de plaatrand, het migreren van de geulwand, volstrekt zich met een redelijk constante snelheid van gemiddeld 8 m/j. Overigens verloopt de verplaatsing van het diepste deel van de geul sneller dan de verplaatsing van de geulrand, zodat de geulwand zelf steeds steiler komt te staan (niet zichtbaar in de gekozen dwarsdoorsneden).

Het mesoreliëf van de Hooge platen is in de loop van de tijd afgenomen. In de profielen van 1960 (figuur 5.1.9 bovenaan) is veel meer kleinschalige variatie in bodemligging te zien dan in 2004 (figuur 5.1.9 onderaan).

5.1.6 Dynamiek en Bodemsamenstelling

De geomorfologische kaarten (figuur 3.2) laten een toename zien van het areaal met megaribbels en andere reliëfvormen ("hoogenergetisch reliëfrijk") op de Hooge platen. Dit suggereert dat volgens de samenstellers van de geomorfologische kaarten, de dynamiek van de bodem is toegenomen.
Het totaal aan oppervlakte met zand zonder reliëf en slibrijke gebieden, is in de loop der tijd iets afgenomen. Het slibrijke gebied is in 2004 is duidelijk in omvang afgenomen, maar daarvan is onduidelijk of dat een tijdelijke fluctuatie is. In het verleden (geomorfologische kaart 1965-1970: figuur 3.2a) is het areaal slibrijk gebied namelijk ook al kleiner geweest.

5.1.7 Consequenties voor steltlopers

Het areaal intergetijdegebied van de Hooge platen is stabiel. Ongeveer 40% van de Hooge platen vallen in 2004 in de klasse van 30 – 70% droogvalpercentage. Het aandeel in de klassen 30% tot 70% droogvallen is tussen 1959 en 2004 afgenomen met ongeveer 10% (een afname van ruim $1 \cdot 10^6$ m^2 (100 ha), waardoor de Hooge platen iets minder aantrekkelijk zijn geworden als foerageergebied voor steltlopers.

De Hooge platen hebben een relatief groot areaal (bijna 35% in 2004) in droogvalklassen groter dan 70%. Deze hoge delen van de plaat zijn over het algemeen minder aantrekkelijk voor het foerageren door steltlopers.
Het permanent droogliggende deel van de Hooge platen vormt een broedgebied voor sterns en plevieren. Het 'natte' deel van de Hooge platen tot 30% droogvallen vormt ruim 25% van het areaal.

Mogelijk zijn de Hooge platen ook minder aantrekkelijk geworden door de toename van de bodemdynamiek. Dit is zichtbaar in de toename van de hoog energetische ecotopen, en het afnemen van het mesoreliëf. Locale verdiepingen op de platen, door kleine geultjes die de plaat insteken ontbreken vrijwel volledig in de huidige situatie.

5.2 Middelplaat (inclusief Suikerplaat)

5.2.1 Beschrijving

De Middelplaat ligt ongeveer ter hoogte van Terneuzen (figuur 5.2.1). Aan de zuidzijde wordt het plaatcomplex begrensd door de Pas van Terneuzen. Aan de noordzijde wordt het begrensd door de Everingen en in het verlengde daarvan het Straatje van Willem.

Het plaatcomplex bestaat tegenwoordig uit enkele langgerekte kleine platen in het westen en twee grote platen in het oosten. De langgerekte kleine platen hebben geen eigen naam en worden van de grotere plaat gescheiden door de Geul van de Suikerplaat. De Suikerplaat zelf is tegenwoordig verheeld met[3] de Middelplaat, zodat deze nu een geheel vormen.

Van de geul het Stoombotengat die de Suikerplaat en de Middenplaat scheidde (in de kaart van 1959 nog duidelijk zichtbaar; figuur 5.2.2 bovenaan) resteert alleen nog een lokale kuil in de plaat.

Tussen de twee grotere platen loopt de geul Zuid Everingen.

5.2.2 Ontwikkeling

De globale belijning van het plaatcomplex is vanaf het begin van de 20e eeuw niet wezenlijk veranderd, zoals zichtbaar in de kaarten van gehele Westerschelde (figuur 2.1 A -C). Dit blijkt ook uit de ligging van de NAP -10 m contour, die maar weinig variatie laat zien over de periode 1959 – 2004 (figuur 5.2.3 bovenaan). Wel is het plaatcomplex wat smaller en langgerekter geworden.

Wanneer alleen naar de droogvallende delen van het plaatcomplex wordt gekeken valt op dat het zwaartepunt daarvan steeds verder naar het westen toe is opgeschoven. Het oostelijk deel van de Middelplaat, is samen met de geul Zuid Everingen steeds verder naar het westen toe verplaatst. Ook de oostgrens van het westelijke deel van de Middelplaat is naar het westen verplaatst. De platen aan de westzijde zijn steeds kleiner geworden en naar het zuidoosten verplaatst.
Deze ontwikkelingen zijn zeer duidelijk te zien in de ligging van NAP –1.5 m contour in de loop van de tijd (figuur 5.2.3 onderaan). Rond de Suikerplaat en ten westen daarvan zijn de platen steeds meer met elkaar vergroeid. De vloedschaartjes tussen deze geulen verplaatsen naar het oosten en zijn in omvang afgenomen.

De ligging van de NAP +1.0 m contour (figuur 5.2.4 bovenaan) laat zien dat de hoge delen van de plaat naar het zuiden zijn opgeschoven. Bovendien is de totale omvang ervan afgenomen.

5.2.3 Droogvalpercentage

Het totale oppervlakte droogvallende plaat is vanaf de jaren zestig afgenomen van ruim 11 km^2 tot ruim 7,5 km^2 (figuur 5.2.5 bovenaan – droogvalpercentage 100%). In de jaren zeventig is deze afname vooral ten koste gegaan van de lage delen van de plaat, met een droogvalpercentage van minder dan 50%. Naderhand is het relatieve aandeel van het plaatoppervlak met een droogvalpercentage van minder dan 50%, weer

[3] 'Verhelen met' is de morfologische aanduiding voor het vastgroeien van een plaat aan en ander plaat of aan de kust.

toegenomen tot ongeveer de verhouding die er ook begin jaren zestig was. Dit laatste is te zien door de eerste en de laatste kolom in de onderste figuur in figuur 5.2.5 met elkaar te vergelijken. De relatieve bijdragen van de verschillende droogvalpercentages is bijna hetzelfde in 1959 en 2004.

Het verlies aan plaatareaal vond dus eerst plaats op de diepere delen van het plaatcomplex en pas later op de hogere delen van het complex. Hierdoor is de relatieve verdeling van de verschillende hoogten op de plaat ten opzichte van elkaar tijdelijk veranderd, maar uiteindelijk ook weer hersteld.

In de huidige situatie (2004) valt ongeveer 50% van de Middelplaat in 2004 in de klasse van 30% tot 70% droogvallen. De rest van het plaatcomplex valt voornamelijk in de 'nattere' klassen, met 0 % tot 30% droogvallen. Zeer hoge delen ontbreken bij de Middelplaat. Het hoogste deel valt in de klasse 70% tot 80% en het aandeel daarvan bedraagt tegenwoordig ongeveer 5%.

5.2.4 Zandbalans

Het sedimentvolume van de Middelplaat (gemeten boven NAP –3 m) neemt vanaf begin jaren tachtig af met bijna 12 $*10^6$ m^3 (bijna 500.000 m^3/j). Het sedimentvolume van de platen boven NAP neemt in de periode 1977 – 2004 af met bijna 2,5 $*10^6$ m^3 (bijna 100.000 m^3/j). Hieruit volgt dat de grootste afname in sedimentinhoud zich op de diepere plaatdelen heeft voorgedaan. Dit is te zien in figuur 5.2.6 onderaan.

Ook de hypsometrische kromme verschuift langzaam naar rechts, hetgeen inhoudt dat er steeds minder hoger oppervlakte is (figuur 5.2.6 bovenaan).

5.2.5 Dwarsdoorsneden

In het west-oost profiel (profiel 2; figuur 5.2.7 bovenaan, locatie in figuur 5.2.4) van het Middelplaat-complex is duidelijk zichtbaar dat de westpunt van de plaat gemiddeld dieper is geworden. De geulen in dat gebied zijn in omvang afgenomen, zodat het geaccidenteerde reliëf uit de jaren vijftig nu een relatief geleidelijk oplopend gebied is. In dit profiel is ook de doorgaande westwaartse verplaatsing van de geul de Zuid Everingen zichtbaar (geheel rechts in de figuur).

In profiel 5 (figuur 5.2.7 onderaan) is zichtbaar dat het hoogste deel van de Middelplaat een zeer vlak profiel heeft, dat eigenlijk al zo is sinds de oudste opname uit 1959. Vooral sinds de jaren tachtig is de plaat ter hoogte van deze doorsnede smaller geworden. De uitbouw aan de zuidzijde compenseert hier niet volledig de erosie aan de noordzijde.

5.2.6 Dynamiek en Bodemsamenstelling

De geomorfologische kaart uit 2004 laat voor dit plaatcomplex relatief veel areaal met megaribbels en andere reliëfvormen zien ("hoogenergetisch reliëfrijk" – de rode vlakken in figuur 3.2). Met name op het oostelijke deel van het plaatcomplex (ten oosten van de Zuid-Everingen) valt bijna de helft van het gebied in de klassen "hoogenergetisch reliëfrijk". Ten opzichte van 2001 is sprake van een toename van deze klasse. Het aandeel slibrijk delen in de geomorfologische kaarten fluctueert dusdanig sterk dat hier geen consequenties aan worden verbonden.

5.2.7 Consequenties voor steltlopers

Het areaal intergetijdegebied van de Middelplaten is sinds eind jaren zestig afgenomen van ruim 11 km^2 tot ruim 7,5 km^2, waardoor de foerageermogelijkheden voor steltlopers zijn afgenomen.

De foerageermogelijkheden zijn verder afgenomen doordat de delen van de plaat in de droogvalklasse van 30 tot 70% sinds de tachtiger jaren sneller in omvang zijn afgenomen dan de lagere klassen delen. Het oppervlakte in de droogvalklasse van 30 tot 70% is afgenomen met $2 \cdot 10^6$ m^2 (200 ha), zodat de foerageermogelijkheden voor de meeste steltlopers zijn afgenomen. De verhouding tussen het lage plaatareaal (met 0 % tot 30% droogvallen) en het hoge plaatareaal (met 30 % tot 70% droogvallen) is verschoven van 1:3 in 1977 naar 2:3 in 2004 (zoals het ook was vòòr 1960). Plaatdelen in de droogvalklassen boven de 70 % ontbreken vrijwel volledig op de Middelplaten

De toename van het areaal hoog energetische gebied betekent mogelijk dat de dynamiek van de bodem is toegenomen. De foerageermogelijkheden voor stellopers op de Middelplaten zijn hierdoor misschien verder afgenomen. De bodemsamenstelling laat geen duidelijke veranderingen zien en verondersteld wordt dat deze factor de foerageermogelijkheden niet heeft beïnvloed.

5.3 Plaat van Baarland

5.3.1 Beschrijving

De Plaat van Baarland is weergegeven in dezelfde kaartenserie (figuur 5.2.1 tot 5.2.4) als de Middelplaten. De Plaat van Baarland (figuur 5.2.1) ligt vlak onder kust van Zuid-Beveland ten oosten van Ellewoutsdijk. In de huidige situatie (2004) is sprake van een complex met aan de noordzijde de eigenlijke Plaat van Baarland en aan de zuidzijde een plaat zonder naam.

De Plaat van Baarland wordt van de kust en de Slikken van Everingen gescheiden door een geul (de Geul van Baarland). Tussen de eigenlijke Plaat van Baarland en de zuidelijke plaat zonder naam, ligt een uitloper van de Everingen. Ten zuiden van het plaatcomplex ligt een uitloper van het Middelgat. In deze analyse wordt de Plaat van Baarland geanalyseerd in combinatie met de Slikken van Everingen en de zuidelijke Plaat van Baarland.

5.3.2 Ontwikkeling

De Plaat van Baarland is in de loop der tijd steeds verder naar het noorden komen te liggen, waarbij de plaat geleidelijk groter is geworden. Dit is bijvoorbeeld goed te zien in de verplaatsing van de NAP +1 m contour in de bovenste figuur in figuur 5.2.4.

De Geul van Baarland is in de loop van de jaren steeds verder in omvang afgenomen en eind jaren tachtig vrijwel geheel verdwenen. Tegenwoordig is alleen het gedeelte onder de kust van Zuid Beveland nog ‘nat’. De aanstroomopeningen aan beide zijden vallen droog bij GLW, zoals af te leiden uit de doorlopende NAP –1,5 m contour uit 2004 (figuur 5.2.3 onderaan).

De plot van de NAP –10 m contour (figuur 5.2.3 bovenaan) ten zuiden van de plaat van Baarland laat een wirwar aan geulen zien. Deze wirwar is het gevolg van de dynamiek van de eb- en vloedscharen tussen de Everingen en het Middelgat. Vanuit beide grote geulen ontstaan scharen, die eerst in grootte toenemen en naar het zuiden verplaatsen, om daarna in omvang weer af te nemen. Het is het mondingsgebied van twee geulsystemen die ieder een tegengestelde getijdominantie hebben: vloeddominantie in de Everingen en ebdominantie in het Middelgat. Kenmerkend voor een dergelijk gebied is een grote dynamiek, dat wil zeggen snelle morfologische veranderingen op soms kleine ruimtelijke schalen. De zuidelijke Plaat van Baarland is recent ontstaan tussen een vloedschaar van de Everingen en een ebschaar van het Middelgat.

5.3.3 Droogvalpercentage

Het droogvallende deel van de Plaat van Baarland is vanaf 1959 tot 1988 afgenomen van ruim 3,5 km^2 tot ruim 2,5 km^2 (figuur 5.3.1 bovenaan). Na 1988 is dit weer sprongsgewijs toegenomen tot meer dan 5 km^2.
De sterke toename van de afgelopen jaren is het gevolg van het ontstaan van de zuidelijke Plaat van Baarland en de afname van de geul.

De verdeling over de verschillende droogvalpercentages (figuur 5.3.1 onderaan) is in de loop van de tijd veranderd, zonder dat er een duidelijke trend te zien is. Mede omdat de ruimtelijke dimensies kleiner zijn dan bij de andere bestudeerde plaatcomplexen, en omdat het gebied het “strijdtoneel” is van twee grootschalige geulsystemen, kunnen er vrij grote schommelingen in de verdeling van de droogvalpercentages optreden.

5.3.4 Zandbalans

De zandbalans van de Plaat van Baarland (figuur 5.3.2 onderaan) vertoont een geleidelijke afname van eind jaren zestig tot begin jaren negentig. Daarna is het sedimentvolume van de plaat snel toegenomen, van ruim $7*10^6$ m^3 tot bijna $19*10^6$ m^3 in 2001. Dat is een gemiddelde toename van maar liefst 1 miljoen m^3/j. Deze toename in zandvolume vertaalt zich direct terug in de ontwikkeling van het totaal oppervlak plaatgebied (paragraaf 5.3.3). De bijna-verdubbeling van het zandvolume tussen 2001 en 2004, is het gevolg van het ontstaan van de zuidelijke Plaat van Baarland.

5.3.5 Dwarsdoorsneden

De getekende dwarsprofielen over raai 1 lopen zuidwaarts door tot voorbij de Plaat van Baarland. Daardoor is ook veel van de beweeglijkheid van de geulen zichtbaar in de profielen. De bodemveranderingen zijn goed te zien in profiel 1 die dwars door het gebied met eb- en vloedscharen van de Everingen en Middelgeul gaat (figuur 5.3.3, locatie zie figuur 5.2.4). In dit profiel is ook de afname van de Geul van Baarland (links in de figuur) en de noordwaartse migratie van de Plaat van Baarland zichtbaar.

Van oudsher is de Plaat van Baarland vrij glad, zonder veel meso-reliëf. Hierin is geen grote verandering opgetreden, blijkens de getekende profielen.

5.3.6 Dynamiek en Bodemsamenstelling

Op basis van de geomorfologische kaart (figuur 3.2) zou geconcludeerd kunnen worden dat in 2004 het grootste deel van de Plaat van Baarland slibrijk is, met relatie weinig bodemdynamiek. Sinds de jaren zeventig lijkt het slibgehalte te zijn toegenomen en de bodemdynamiek te zijn afgenomen. De afnemende grootte en daarmee afnemende invloed van de Geul van Baarland is waarschijnlijk de onderliggende reden voor de toename van het slibgehalte en de afname van de bodedynamiek. Alleen langs de zuidoostrand van het plaatcomplex is tegenwoordig nog sprake van hoog-dynamisch gebied.

De zuidelijk Plaat van Baarland lijkt te bestaan uit zand, dat voor een belangrijk deel reliëfrijk is. De bodemdynamiek is op deze plaat anno 2004 groot. Dit gebied ligt dan ook in de uitstroomzone van het Middelgat.

5.3.7 Consequenties voor steltlopers

Het totaal areaal intergetijdegebied is sinds 1988 sterk toegenomen, met $2{,}7 \cdot 10^6$ m^2 (270 ha). In absolute zin zijn de foerageermogelijkheden voor steltlopers op de Platen van Baarland dan ook toegenomen.

In de huidige situatie (2004) is de verdeling van het areaal droogvallende plaat ongeveer 1/3 in de klasse 0 % tot 30% droogvallen, 1/3 in de klasse 30 % tot 70% droogvallen en 1/3 in de klasse 70 % tot 100% droogvallen. Deze verdeling is niet optimaal voor steltlopers, die de klasse 30% tot 70% droogvallen prefereren. Deze verdeling vertoonde in het verleden echter grote variaties, waarbij de huidige situatie de minst gunstige lijkt te zijn van de afgelopen 15 jaar. Het areaal in de klasse 30% tot 70% droogvallen schommelt rond de $2 \cdot 10^6$ m^2 (200 ha).

De toename van het slibgehalte en de afname van de bodemdynamiek betekenen dat de foerageermogelijkheden voor steltlopers op de eigenlijke Plaat van Baarland zijn toegenomen.
Op zuidelijke plaat van Baarland is de bodemdynamiek groot en bestaat de bodem uit zand, waarmee de foerageermogelijkheden van steltlopers op dit deel van het complex beperkt lijken.

5.4 Platen van Ossenisse – west

5.4.1 Beschrijving

De Platen van Ossenisse worden sinds de jaren vijftig doorsneden door de in omvang sterk toegenomen getijgeulen Gat van Ossenisse en Overloop van Hansweert. Sinds die tijd is sprake van een plaatcomplex “west” en een plaatcomplex “oost”, die ieder hun eigen hydromorfologische dynamiek en aansturing kennen. In paragraaf 5.5 wordt ingegaan op het plaatcomplex Ossenisse-Oost. De beide plaatcomplexen zijn weergegeven in dezelfde kaartenserie (figuur 5.4.1 tot 5.4.4).

Het westelijke complex van de Platen van Ossenisse (figuur 5.4.1) ligt ongeveer ter hoogte van Hoedekenskerke. De langgerekte vorm van het plaatcomplex is duidelijk te zien aan de hand van de NAP –10 m contour (figuur 5.4.3 bovenaan).

Aan de westzijde ligt tussen het plaatcomplex en de kust de eerdergenoemde getijgeul Middelgat. Aan de oostzijde begrenst de Overloop van Hansweert het plaatcomplex. Deze geul gaat naar het zuiden toe over in het Gat van Ossenisse.

In de huidige situatie bestaat het complex uit twee platen, die worden gescheiden door de Geul van Molenplaat. Het noordelijke deel van het plaatcomplex bestaat uit de Brouwerplaat en de Molenplaat. Een deel van de zuidelijke plaat staat bekend als de Rug van Baarland (figuur 5.4.1).

5.4.2 Ontwikkeling

Na het opsplitsen van het plaatcomplex Ossenisse door het ontstaan van de Overloop van Hansweert tussen de jaren dertig en vijftig heeft een aantal belangrijke veranderingen plaatsgevonden. Vergelijk bijvoorbeeld de kaart van 1959 met die van 2004 in figuur 5.4.2. Belangrijke ontwikkelingen zijn: (a) de afname van het aantal platen door het verdwijnen van kortsluitgeulen en scharen; (b) de veranderende oriëntatie van de geulen door de plaat, en (c) de afname van de plaat in het westen, door de verplaatsing van de Overloop van Hansweert.

In de jaren vijftig was nog sprake van vier droogvallende plaatdelen, die werden gescheiden door twee kortsluitgeulen en verschillende scharen. Deze plaatdelen zijn met enige moeite te zien in de figuur met de NAP –1.5 m dieptelijnen (figuur 5.4.3 onderaan). In de huidige situatie scheidt alleen de Geul van Molenplaat het noordelijke en het zuidelijke deel. Verder zijn enkele restanten van geulen aanwezig als lage delen in het plaatreliëf.

De hoofdoriëntatie van de geulen in het gebied is veranderd van west-oost naar zuidwest-noordoost. Deze veranderingen hebben geleidelijk plaatsgevonden. De afname van het aantal kortsluitgeulen heeft halverwege de jaren tachtig zijn beslag gekregen. De buitenbocht van de Overloop van Hansweert verplaatste gaandeweg naar het westen, waardoor de afschuring van het plaatcomplex sterker werd (dit zal hierna worden geïllustreerd aan de hand van profielen).

In de ontwikkeling van de NAP –1.5 m contour (figuur 5.4.3 onderaan) is zichtbaar dat de losse plaatdelen geleidelijk aan één plaat zijn gaan vormen. De kaart van de NAP +1 m contour maakt duidelijk zichtbaar dat de westelijke Platen van Ossenisse weinig hoge delen hebben.

5.4.3 Droogvalpercentage

Het areaal droogvallende plaat is toegenomen van ruim 8 km^2 tot 9 km^2 in de periode 1959 tot 1969, om daarna tot 2004 redelijk constant af te nemen tot iets minder dan 8 km^2 (figuur 5.4.5 bovenaan).

Het relatieve aandeel van de laagste plaatdelen, met droogvalpercentages van 1% tot 40%, is in de periode 1969 – 2004 afgenomen van circa 50% tot circa 35% (figuur 5.4.5 onderaan). De relatieve bijdrage van de hoogste plaatdelen, met droogvalpercentages van meer dan 61%, is niet veranderd. Overigens is er maar zeer weinig plaatoppervlak dat meer dan een 80% droogvalpercentage heeft.

Het aandeel van het areaal met een droogvalpercentages van 41% tot 60% is wel toegenomen in de periode vanaf 1969: van 33 % in 1969 tot 50% in 2004.

5.4.4 Zandbalans

Het zandvolume van de westelijke Plaat van Ossenisse is relatief weinig veranderd sinds begin jaren zeventig (figuur 5.4.6 onderaan). Daarvoor, in de periode 1959 – 1969 was sprake van een toename van het zandvolume met circa 3 $*10^6$ m^3. Voor de periode van 2001 tot 2004 wordt een geringe afname berekend van circa 1,5$*10^6$ m^3.

De toename van het sedimentvolume in de periode 1959 tot 1969 en de afname ervan in de periode 2001 tot 2004 is ook te zien in het verloop van het totale oppervlak intergetijdegebied (figuur 5.4.5 bovenaan). Van 1969 tot 2001 verloopt de ontwikkeling van het zandvolume echter afwijkend van de ontwikkeling van het totaal oppervlak intergetijdegebied. De veranderingen van de morfologie en de droogvalpercentages van de westelijke Plaat van Ossenisse in deze periode, staan in contrast met de nagenoeg onveranderlijkheid van het zandvolume. Dit impliceert dat er sprake is geweest van een herverdeling van zand binnen het plaatcomplex. Het in 1969 aanwezige zand ligt anno 2001 op een kleiner oppervlak. Omdat die zandhoeveelheid vrijwel constant is gebleven, moet de gemiddelde hoogte dus zijn toegenomen. Dit blijkt ook uit de toename van de hogere droogvalpercentages (figuur 5.4.5 onderaan).

5.4.5 Dwarsdoorsneden

De profielen van de westelijke platen van Ossenisse laten duidelijk zien dat er veel bodemveranderingen zijn geweest. Zie daarvoor profielen 1 en 6 in figuur 5.4.7 (locatie van de raaien: zie figuur 5.4.4 onderaan).

De noordelijk plaat heeft een enigszins bol profiel, dat in de loop der jaren ter hoogte van deze doorsnede met bijna 1 meter ongeveer in hoogte is toegenomen (profiel 1 in figuur 5.4.7 bovenaan). Aan de oostzijde is in profiel 6 (figuur 5.4.7 onderaan) de westwaartse migratie (uitbochting) van de Overloop van Hansweert / Gat van Ossenisse zichtbaar. Over een periode van circa 40 jaar is de geulwand hier met ruim 200 m opgeschoven. Op andere doorsneden is dit soms nog wat meer geweest.

De profielen dwars over het zuidelijke deel van het complex laten de toename zien van de plaathoogte (profiel 6; figuur 5.4.7 onderaan). Een deel van de toename in hoogte bestaat uit het opvullen van geultjes die daarvoor nog dwars door de plaat liepen. In de profielen van 2004 is van deze geultjes weinig meer over dan een lokale verdieping.

Het mesoreliëf van de plaat is afgenomen. De plaat heeft door deze ontwikkeling in de loop der tijd een meer bol profiel gekregen, in plaats van het holle profiel waar voorheen sprake van was. Dit laatste is bijvoorbeeld goed te zien in de dwarsdoorsneden voor raai 6 voor de jaren 1959 en 1973 (duidelijk hol) versus die van na 1988 (duidelijk bol).

5.4.6 Dynamiek en bodemsamenstelling

Op de westelijke Platen van Ossenisse heeft in de beschouwde periode een verschuiving plaatsgevonden van laagenergetische naar hoogenergetische klassen.

In de geomorfologische kaart van 2004 (figuur 3.2b) zijn veel zandige gebieden zichtbaar waar de dynamiek van de bodem groot is. Daar was veel minder sprake van in de geomorfologische kaart van bijvoorbeeld 1959 (figuur 3.2a). Net als op de andere plaatcomplexen worden de hoogdynamische gebieden met name langs de plaatranden aangetroffen. De laagdynamische gebieden bevinden zich daarbinnen, op de hogere delen van de platen.

5.4.7 Consequenties voor steltlopers

Het totale oppervlakte van de plaat is afgenomen met ruim 1 km^2 , oftewel ongeveer 11%, . Hierdoor zijn de foerageermogelijkheden voor steltlopers op de westelijke Platen van Ossenisse afgenomen.

Van de westelijke Plaat van Ossenisse ligt in 2004 ongeveer 70% in de 31 – 70 % klasse van droogvalpercentages. Dit is voor steltlopers de meest aantrekkelijke zone om te foerageren. Hogere delen ontbreken vrijwel volledig. Het aandeel van de klasse 31 - 70% is met ongeveer 10 % toegenomen sinds 1959. In absolute zin is de oppervlakte in deze klasse met ongeveer $1 \cdot 10^6$ m^2 (100 ha) toegenomen. De toename van deze droogvalklasse betekent dat de foerageermogelijkheden op het (in oppervlak afnemende) plaatareaal zijn toegenomen.

Het mesoreliëf van de plaat is afgenomen, waardoor de foerageermogelijkheden van steltlopers tenminste niet gunstiger zijn geworden. Verder is de bodemdynamiek toegenomen, wat ook een mogelijke afname van de foerageermogelijkheden kan betekenen.

Door de combinatie van tegengestelde ontwikkelingen is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de veranderingen van de foerageermogelijkheden voor steltlopers op het plaatcomplex Ossenisse-West.

5.5 Platen van Ossenisse – oost

5.5.1 Beschrijving

Het oostelijke complex van de Platen van Ossenisse (figuur 5.4.2) ligt ter hoogte van Perkpolder. De hoofdgeul van de Westerschelde kromt om de noordrand van dit plaatcomplex. Aan de westzijde heet deze hoofdgeul de Overloop van Hansweert en aan de noordzijde ligt de put van Hansweert. Ten oosten van het platencomplex splitst de Overloop van Hansweert in de Schaar van Waarde en het Zuidergat.
Ten zuiden van de plaat loopt de Schaar van Ossenisse, die de plaat van de kust scheidt. Tegenwoordig is sprake van één aaneengesloten plaatcomplex.

5.5.2 Ontwikkeling

Vergelijking van het kaartbeeld van 1959 met dat van nu laat grote verschillen zien in de morfologie van dit plaatcomplex (figuur 5.4.2). Deze verschillen treden vooral op in de ondiepe delen. De omliggende positie van de NAP-10 m contour verandert maar weinig (figuur 5.4.3 bovenaan).

In de jaren vijftig was sprake van een langgerekte plaat, inclusief een vloedschaar en twee kleine platen bij de kust. De Schaar van Ossenisse was nog een geul met een

duidelijke watervoerende functie. In die tijd "staken" vanuit het westen een vloedschaar en vanuit het oosten een ebschaar het plaatcomplex in (figuur 5.4.3). De hoge delen van de plaat zijn sindsdien in oppervlakte toegenomen, zoals zichtbaar in de ontwikkeling van de NAP + 1 m contour (figuur 5.4.4 bovenaan). Ook zijn de vloed- en ebschaartjes uit het plaatcomplex verdwenen. Kennelijk was er steeds minder drainagecapaciteit nodig (omdat het gebied omhoog kwam), waardoor deze geultjes uiteindelijk zijn verzand.

In de huidige situatie heeft de plaat de vorm van een half ei. Aan de zuidzijde loopt nog steeds de Schaar van Ossenisse, met een kleine vloedschaar. Aan de zuidzijde van de plaat zijn nog de resten van enkele schaartjes zichtbaar. Aan de noordwestzijde is de plaat vanaf eind jaren tachtig iets kleiner geworden, omdat de Overloop van Hansweert naar het oosten is uitgebreid. Aan de noordoostzijde is de plaat juist iets uitgebouwd naar het Zuidergat.

5.5.3 Droogvalpercentages

Het areaal droogvallende plaat is toegenomen van ruim 3,5 km^2 tot ruim 5,5 km^2 in de periode 1988 tot 2001 (dat is gemiddeld 150.000 m^3/j). Daarna nam het weer af tot 2004 (figuur 5.5.1 bovenaan).

De grote toename van het droogvallende plaatareaal komt bijna volledig voor rekening van de hogere delen van de plaat (figuur 5.5.1 onderaan).
In 1959 hadden de platen van Ossenisse nog helemaal geen areaal met droogvalpercentage tussen 71% en 90 %. In 2004 dragen deze droogvalpercentages bijna de helft bij aan het totale intergetijdegebied.

Het areaal van de diepere delen (droogvalpercentages 1- 60%), nam eerst af in de periode tot 1982, om daarna tot 1996 weer toe te nemen. Vervolgens nam het in de periode tot 2004 weer af (zie bijvoorbeeld de 31 – 40% curve in figuur 5.5.1 bovenaan).

5.5.4 Zandbalans

Het zandvolume van de oostelijke Platen van Ossenisse (figuur 5.5.2 onderaan) vertoont een gestage toename van $8{,}3*10^6$ m^3 in 1959 tot $20*10^6$ m^3 in 2004. Uit de berekende hypsometrische krommen voor de verschillende jaren blijkt dat er vooral in de periode 1992-1996 een grote sprong in sedimentinhoud heeft plaatsgevonden.

De toename van het zandvolume is niet gelijkmatig verdeeld over de hoge en lage delen van de plaat: het sedimentvolume van de hoge delen neemt meer toe dan het sedimentvolume van de lage delen. Desondanks blijkt de helling van de hypsometrische kromme in de hoogtezone NAP –2 m / NAP +1 m van 1959 en die van 2004 nagenoeg gelijk te zijn. Er is alleen veel meer hoger gelegen areaal bijgekomen (boven NAP +1m). Deze ontwikkeling van het sedimentvolume gaat gelijk op met de relatieve toename van het areaal met hoge droogvalpercentages.

5.5.5 Dwarsdoorsneden

De voorgaande constateringen zijn ook af te leiden uit een analyse van de getekende dwarsprofielen (voor de ligging van de verschillende doorsneden: zie figuur 5.4.4 onderaan). De dwarsdoorsneden over de noord-zuid lopende raai 1 laat goed zien hoe de plaat geleidelijk aan hoger is geworden (figuur 5.5.3 bovenaan). Tevens is te zien hoe

de typische insnoeringen in het profiel door getijgeulen (in dit geval vloedscharen), geleidelijk aan uit het profiel verdwijnen.

De toename van de plaathoogte, maar ook de stabilisatie daarvan, is ook te zien in profiel 4 (figuur 5.5.3 onderaan).

Het hoge deel van de plaat breidt ter hoogte van raai 1 geleidelijk uit naar het zuiden, over de Schaar van Ossenisse. Deze geul die thans nog vlak onder de kust loopt, ondervindt dus een laterale zandtoevoer. Zodra de longitudinale transportcapaciteit in deze geul de aanvoer niet meer kan verwerken, kan deze getijgeul verder verzanden. Dan kan een verheling van de plaat met het vasteland plaatsvinden, met een vergelijkbare situatie tot gevolg als de Plaat van Baarland.

In 2004 steken door de plaat geen kleine geulen en het plaatprofiel is enigszins bol. Het mesoreliëf van de plaat is duidelijk afgenomen.

5.5.6 Dynamiek en bodemsamenstelling

De opgestelde geomorfologische kaarten laten duidelijk een verschuiving zien van laagenergetische naar de hoogenergetische klassen (figuur 3.2). In 2004 is bijna de hele westelijke helft van de plaat hoogenergetisch. Slibrijke gebieden ontbreken dan ook op de oostelijke platen van Ossenisse, hetgeen voorheen minder duidelijk het geval was.

Volgens de kaarten is de dynamiek van de bodem toegenomen. Deze toename is ten koste gegaan van het gebied met zand zonder reliëf (Laagenergetisch vlak zand).

5.5.7 Consequenties voor steltlopers

Het totale plaatoppervlak van de oostelijke platen van Ossenisse is sinds 1982 toegenomen (op de afname van 2001 naar 2004 na), zodat de foerageermogelijkheden zijn toegenomen. Deze toename heeft vooral geresulteerd in een toename van het oppervlak van de hogere delen van de plaat. Maar ook het oppervlak in de klasse 31 - 70% droogvallen is toegenomen sinds 1982, hetgeen gunstig is voor de foerageermogelijkheden van steltlopers.

Ongeveer 40% van de oostelijke Platen van Ossenisse ligt in 2004 in de klasse 31 – 70 % droogvallen. De hoge delen van de plaat (70 % tot 90% droogvallen) omvatten ook ongeveer 40% van het areaal. Deze hoge delen zijn minder aantrekkelijk voor steltlopers, doordat minder voedsel beschikbaar is. Vòòr 1982 was de verdeling van het plaatareaal over de diepteklassen aantrekkelijker voor steltlopers, met in 1969 bijvoorbeeld 70% van het plaatareaal in de klasse 30 % tot 70% droogvallen.

In 1959 bedroeg het areaal in de klasse 30- 70 % ongeveer $2{,}0 \cdot 10^6$ m^2 (200 ha) en in 1982 ongeveer $1{,}5 \cdot 10^6$ m^2 (150 ha). In de 2004 was weer ongeveer $2{,}1 \cdot 10^6$ m^2 (210 ha) aanwezig. Echter, de toename van de bodemdynamiek, het verdwijnen van slibrijke gebieden en de afname van het mesoreliëf, betekenen dat de foerageermogelijkheden voor steltlopers mogelijk zijn afgenomen.

5.6 Platen van Valkenisse

5.6.1 Beschrijving

De Platen van Valkenisse worden aan de west- en zuidzijde begrensd door de hoofdgeul van de Westerschelde. De hoofdgeul staat van west naar oost bekend als het Zuidergat, de Overloop van Valkenisse en het Nauw van Bath. Tussen de kust en het oostelijk deel van het plaatcomplex loopt de geul Zimmerman.

Het plaatcomplex wordt doorsneden door de Schaar van Valkenisse, die het verlengde is van de Schaar van Waarde. Deze geul is in de afgelopen tientallen jaren geleidelijk aan vanuit het westen het plaatcomplex ingesneden.

Van de zuidelijke helft van de Platen van Valkenisse is de westpunt bekend als de Plaat van Walsoorden.

5.6.2 Ontwikkeling

Vergelijking van de bodemliggingen van 1959 en 2004 (figuur 5.6.2) laat een enigszins vergelijkbare morfologie zien, met twee plaatcomplexen onderling gescheiden door de Schaar van Valkenisse. Wanneer ook de tussenliggende jaren worden bekeken, bijvoorbeeld in de vorm van de contour van de NAP –1.5 m (figuur 5.6.3 onderaan), dan valt pas op hoe veranderlijk het gebied eigenlijk is geweest.

Een belangrijk element in de bodemdynamiek is de Schaar van Valkenisse, waarvan zowel de grootte als de ligging aanzienlijk is veranderd. Voorts is de natte inhoud van de geul Zimmerman sterk afgenomen.

De ligging van de NAP –10 m contour (figuur 5.6.3 bovenaan) geeft een indruk van de ontwikkeling van de grote geulen in en rondom het plaatcomplex. De positie van de hoofdgeul van de Westerschelde is redelijk constant. Aan de westzijde van het plaatcomplex schuift de NAP –10 m begrenzing van de Schaar van Waarde op naar het oosten. De Schaar van Valkenisse verlengt, wordt groter en migreert naar het zuiden.

De kaart met de NAP –1.5 m dieptecontouren levert geen duidelijk beeld op. Dat is vooral het gevolg van de grote morfologische veranderingen die in het hogere deel van de hypsometrische kromme hebben afgespeeld. Deze veranderingen worden voornamelijk geïnitieerd door het ontstaan van verschillende vloedscharen vanuit de Schaar van Waarden. Deze scharen nemen eerst in volume toe, verplaatsen en nemen dan weer in volume af. Daarbij worden delen van de plaat gedeeltelijk of geheel afgesneden, om op een later moment opnieuw te ontstaan en weer met grotere platen te verhelen.

De kaart met de NAP +1 m hoogtecontouren geeft de ontwikkeling van de hoge delen van de platen weer (figuur 5.6.4 bovenaan). Deze hoge delen zijn in de loop van de tijd in omvang wat toegenomen. Van de zuidelijke helft van de Plaat van Valkenisse, inclusief de Plaat van Walsoorden, schuift de westelijke grens van het hoge plaatgebied op naar het oosten en de noordelijke grens naar het zuiden. De Vorm van het hoge plaatgedeelte wordt hierdoor wat compacter (minder langgerekt).

5.6.3 Droogvalduur

Het totale oppervlak droogvallende platen is van 1959 tot 1982 toegenomen van ruim 7 km^2 tot bijna 11 km^2 (figuur 5.6.5 bovenaan). Daarna is de totale oppervlakte marginaal afgenomen tot iets minder dan 10 km^2 in 2004.

Tot 1969 is vooral de oppervlakte van de diepere delen van de plaat toegenomen, met droogval percentage tot 50% (figuur 5.6.5 onderaan). Daarna neemt het relatieve aandeel van met name het hogere plaatgedeelte toe. Zo neemt het relatieve aandeel van de plaat met droogvalpercentages tot 50% af van ruim 80% tot orde 45% in de periode 1965 – 2000. De relatieve bijdrage van het plaatareaal met 51-80% droogvalduur neemt in deze periode toe van bijna 18% tot maar liefst bijna 50%.
De gebieden met tenminste 70% droogvalduur lagen in de meest recente opname van 2004, overwegend op de zuidelijke helft van de Plaat van Valkenisse.

5.6.4 Zandbalans

De hypsometrische krommen van het gebied (boven NAP –3 m) laten een duidelijke verschuiving "naar links" zien (figuur 5.6.6 bovenaan). Dit betekent dat er steeds meer oppervlakte komt boven een zekere hoogte. De grootste stap lijkt te worden gemaakt in de periode 1977 – 1982, hoewel daarvoor op wat dieper water reeds een verschuiving is waar te nemen. Na 1982 is er nog veel minder vervorming van de hypsometrie te zien.

Het zandvolume van de Platen van Valkenisse (figuur 5.6.6 onderaan) is snel toegenomen van bijna $19*10^6$ m^3 in 1965 tot ruim $32*10^6$ m^3 in 1982 (dat is gemiddeld bijna 800.000 m^3/j). Ook nu blijkt dat de grootste sprong wordt gemaakt in de periode 1977 – 1982. Deze snelle toename gaat gelijk op met de toename van het totale plaatoppervlak (paragraaf 5.6.3). Na 1982 neemt het zandvolume niet veel meer toe of af, hetgeen ook al bleek uit een analyse van de hypsometrische krommen. Het verschil tussen het hoogste en het laagste zandvolume bedraagt in de periode 1982 – 2004 maximaal $0.5*10^6$ m^3.

Na 1982 is iets meer van het sediment op de hoge delen van de plaat terechtgekomen. Er is dus sprake van een herverdeling van het zand over de verticaal.

5.6.5 Dwarsdoorsneden

De dwarsdoorsneden over raai 1 (locatie: figuur 5.6.4 onderaan), laten zien dat hier de Plaat van Walsoorden lager is geworden in de periode 1969 - 1988 (figuur 5.6.7 bovenaan). Ter hoogte van doorsneden 2 (figuur 5.6.7 onderaan) en 3 (figuur 5.6.8 bovenaan) is de hoogte van de Plaat van Walsoorden juist toegenomen vanaf 1959. Ook de grote beweeglijkheid van de bodem is goed af te lezen uit de getekende dwarsdoorsneden.

Na het bereiken van de maximale hoogte rond 1988 is de hoogte van de Plaat van Walsoorden niet veel meer gewijzigd. In doorsneden 1, 2 en 3 is ook de dynamiek van de Schaar van Valkenisse zichtbaar in de variabele ligging van de geul(en) tussen de kust en de Plaat van Walsoorden. In 1959 was sprake van één diepe geul tussen de kust en de plaat, terwijl in 2004 sprake is van drie geuldelen.
Aan de zuidzijde van profiel 2 is zichtbaar dat de plaat kleiner wordt door het ontstaan en de groei van een geul. Deze geul is een vloedschaar die vanaf de hoofdgeul de plaat van Walsoorden insteekt.

In doorsnede 4 (figuur 5.6.8 onderaan) is het noordelijke deel van de Plaat van Walsoorden zichtbaar. Dit deel van de plaat is in 2004 minder hoog dan het zuidelijk deel. In de plaat is iets meer reliëf zichtbaar, doordat enkele kleine geulen de plaat doorsnijden.
De geul Zimmerman is na 1982 aanzienlijk ondieper geworden: van NAP -15 m tot NAP – 6 m (linkerzijde in figuur 5.6.8 onderaan).

In profiel 5 (figuur 5.6.9 bovenaan) is zichtbaar dat de verbindingsgeultjes tussen de geul Zimmerman en het Nauw van Bath naar het zuiden verplaatsen en daar na enige tijd verdwijnen (zie ook figuur 5.6.2). Hier lijkt een soort cyclus te zijn van kleine scharen die door de plaatrand steken en vervolgens langs de plaatrand zuidwaarts migreren. Zodra de monding van deze kleine geulen te ver is opgeschoven verliezen ze hun watervoerende functie en verzanden, waarna een nieuw cyclus begint.

Op de Platen van Valkenisse komt veel kleinschalige variatie voor in het plaatreliëf, door de aanwezigheid van bodemvormen, kleine geultje en banken. Dit mesoreliëf lijkt niet veel te veranderen in de profielen van de verschillende jaren.

5.6.6 Dynamiek en bodemsamenstelling

De geomorfologische kaarten (figuur 3.2) laten van het noordelijke deel van de Plaat van Valkenisse voornamelijk reliëfrijk en reliëfarm zand uit de hoge energetische klassen zien. In het midden van de plaat is een slibrijk gebied met enkele stukken zand uit de laagenergetische klasse zichtbaar.

Na 1996 is het oppervlak van de laagenergetische klassen toegenomen in het centrale deel van het plaatcomplex. Op het zuidelijk deel van de Plaat van Valkenisse is het oppervlak “laagenergetisch slibrijk en zandig gebied” groter, zowel in absolute zin als ten opzichte van het areaal in de hoogenergetische klassen.

In de verhouding hoog en laagenergetisch verandert weinig op deze plaat, wel fluctueert het aandeel slibrijk sediment in de kaarten.

5.6.7 Consequenties voor steltlopers

Op de Platen van Valkenisse ligt tegenwoordig (2004) ongeveer 60% van het plaatoppervlak in de klasse 31 - 70% droogvalpercentage. Dat is de voor steltlopers interessante zone (hoofdstuk 4). Dit relatieve aandeel is sinds halverwege de jaren tachtig toegenomen, omdat zowel de hoogste als de laagste delen van de plaat in relatieve bijdrage zijn afgenomen.

In absolute zin heeft sinds halverwege de jaren tachtig een kleine afname plaatsgevonden van het totale plaatoppervlak, van $10{,}6 \cdot 10^6$ m^2 (1060 ha) in 1982 tot $9{,}8 \cdot 10^6$ m^2 (980 ha) in 2004. Door de toename van het areaal in de aantrekkelijke droogvalklasse van 31 - 70% van $4{,}9 \cdot 10^6$ m^2 (490 ha) in 1988 tot $5{,}3 \cdot 10^6$ m^2 (530 ha) in 2004, zijn desondanks de mogelijkheden voor steltlopers naar verwachting niet noodzakelijkerwijs verslechterd en mogelijk zelfs verbeterd.

Het mesoreliëf en de bodemdynamiek van de Plaat van Valkenisse laten weinig veranderingen zien, zodat deze naar verwachting geen grote invloed heeft gehad op het habitat voor steltlopers.

6 Synthese en discussie

6.1 De grote lijn

Steltlopers maken gebruik van de platen in de Westerschelde om te foerageren. Daarom zijn voor de steltlopers de aanwezigheid en de bereikbaarheid van dat voedsel van levensbelang. Het voedsel kan alleen beschikbaar komen als (delen van) de platen tijdelijk droogvallen. Bij dat droogvallen zijn twee dingen van belang, namelijk de oppervlakte en de vorm van de platen en het tijdsverloop van de waterstanden. Beide bepalen de droogvalduur per getijperiode (of droogvalpercentage).

In de Westerschelde zijn in de afgelopen 50 jaar zowel de morfologie van de platen als het waterstandsverloop verandert. Een periode van ongeveer 50 jaar wordt hier genoemd, omdat dat de periode is waarvoor in deze studie bruikbare gegevens voorhanden waren. Om deze veranderingen te illustreren staan in figuur 6.1 twee dwarsdoorsneden van de bodem: de bovenste uit 1959, de onderste uit 2004. De locatie van de doorsnede die hier wordt getoond komt overeen met profiel 1 over de Platen van Ossenisse-oost (zie figuur 5.4.4). De figuur laat duidelijk zien dat de plaat hier hoger is geworden en bovendien dat de plaat veel vlakker is geworden. Dit laatst komt overigens omdat er vrijwel geen (drainage-)geultjes meer zijn. In de beide figuren is tevens het bij Hansweert gemeten waterstandsverloop gedurende het betreffende jaar geplot (de grijze "band" rondom NAP). Ook de waterstanden zijn in beide jaren duidelijk anders, hoewel de normale getijden en de doodtij-springtij cycli herkenbaar zijn.

Voor de bodemdieren die in en op de platen leven, is het droogvallen van de platen en de wijze waarop dit gebeurt van belang voor hun aanwezigheid en ontwikkeling. Veranderingen van de waterbeweging en plaatmorfologie werken ook door op de aanwezigheid en samenstelling van het steltlopervoedsel.

Informatie over de opgetreden veranderingen in de plaatmorfologie en het waterstandsverloop, kunnen dus helpen om eventuele veranderingen in de aanwezigheid van steltlopers in de Westerschelde te verklaren.

De veranderingen in de plaatmorfologie zijn niet de enige factoren die de aanwezigheid van steltlopers en hun voedsel bepalen. De aanwezigheid en dichtheden van verschillende soorten bodemdieren worden naast waterbeweging en de plaatmorfologie ook beïnvloed door de samenstellingen en de dynamiek van de bodem, alsmede verschillende fysische parameters (bijvoorbeeld temperatuur en ijsvorming), chemische parameters (zoals de saliniteit) en biologische parameters (waaronder de aanwezigheid van plankton in de waterkolom). Direct en indirect is de morfologie van de plaat en de waterbeweging (waterstanden en snelheden) ook van invloed op verschillende van deze parameters. Voor de aanwezigheid van steltlopers zijn bijvoorbeeld ook de verstoring tijdens het foerageren belangrijk, evenals de afstand tot hoogwatervluchtplaatsen.

Op grond van de bestaande kennis van de habitateisen van steltlopers zijn criteria geformuleerd om de morfologische ontwikkelingen te vertalen naar ontwikkeling van het steltloperhabitat:

- Kwantitatieve morfologische informatie over het plaatareaal wordt kwalitatief vertaald naar het steltloperhabitat door te stellen dat een toename van het totale areaal droogvallende plaat een toename betekent van de foerageermogeljikheden

- Kwantitatieve morfologische informatie over de aanwezige droogvalklassen wordt kwalitatief vertaald naar het steltloperhabitat door het criterium te hanteren dat steltlopers de droogvalklassen van 30% tot 70% prefereren. Veranderingen in het areaal in deze droogvalklassen betekenen dat de foerageermogelijkheden van steltlopers veranderen.

Van de aanwezigheid van mesoreliëf (kommen, kuilen en kleine geultjes op de platen), de bodemsamenstelling en de bodemdynamiek is kwalitatieve informatie beschikbaar, die kwalitatief wordt vertaald naar de ontwikkeling van het steltloperhabitat, volgens de volgende criteria:

- De aanwezigheid van mesoreliëf op platen heeft een positief effect op de foerageermogelijkheden van steltlopers;
- De aanwezigheid van slib heeft een positief effect op de foerageermogelijkheden van steltlopers;
- Hoogdynamische gebieden bieden minder foerageermogelijkheden voor steltlopers.

Bij de analyse is het van belang om de ruimtelijke schalen te benoemen. Als er bijvoorbeeld op één locatie minder plaatareaal is gekomen, terwijl dat op een andere locatie juist is toegenomen, dan is op de schaal van de Westerschelde niet veel verandert in de foergaeermogelijkheden van steltopers. Daar staat tegenover dat als we de informatie aggregeren op de schaal van de hele Westerschelde, dat er dan informatie kan worden weggemiddeld, die toch wel relevant is voor de steltlopers. Om aan dit dilemma tegemoet te komen is de keuze gemaakt voor de analyse van de zest grotere plaatcomplexen. De begrenzing daarvan is zo gekozen dat de voorkomende platen in de hele beschouwde periode 1959 – 2004 binnen die grenzen vielen.

Met behulp van de kaarten van 1959 tot en met 2004 uit figuur 3.1 kan in één oogopslag een beeld worden gekregen van de ontwikkeling van de droogvalpercentages op de platen in de Westerschelde. De kaarten voor 1959 en 2004 laten enkele duidelijke verschillen zien:

- De droogvalpercentages van de platen in het oosten van de Westerschelde zijn in 2004 beduidend hoger dan in 1959. Deze platen zijn dan ook in relatie tot het waterstandsverloop hoger geworden. Dit in contrast met de platen in het westen, waar de veranderingen in droogvalpercentages veel minder evident zijn. Deze geconstateerde ontwikkelingen komen overeen met de observaties van Huijs (1995), voor de periode van 1935 tot 1989;
- Het aantal losse plaatdelen (platen die gescheiden zijn door zones dieper dan GLW) is in 1959 beduidend meer dan in 2004. Kennelijk heeft er “samenklontering” plaatsgevonden;
- De ruimtelijke variatie in de droogvalpercentages (mesoreliëf) is in 1959 groter dan in 2004.

Analyse van de geomorfologische kaarten (figuur 3.2) voegt daar nog aan toe:

- Het areaal in de hoogdynamische klassen is in 2004 beduidend groter dan in 1959.

Op grond van deze verschillende en de habitateisen van steltlopers wordt geconstateerd dat de foerageermogelijkheden waarschijnlijk zijn afgenomen in de periode van 1959 tot 2004. In de volgende paragraaf zal per plaatcomplex worden geconcludeerd hoe de foerageermogelijkheden zijn veranderd.

6.2 De kleine lijn

De ontwikkelingen van het totale droogvallende plaatareaal en van het areaal in de droogvalklasse 30-70% is per plaatcomplex en de gehele Westerschelde weergegeven in figuur 6.2. Voor ieder van de zes onderscheiden plaatcomplexen (figuur 1.1) zijn de volgende constateringen gedaan.

De Hooge Platen

Doordat de Hooge plaat inderdaad een hoge plaat is, valt een belangrijk deel van het oppervlak in de voor steltlopers wat minder aantrekkelijke droogvalklasse van meer dan 70%. De hogere delen vormen wel een aantrekkelijk broedgebied voor sterns en plevieren.
Het totale areaal van de Hooge plaat is stabiel. Het aandeel in de klassen 30% tot 70% droogvallen is tussen 1959 en 2004 afgenomen van 50% tot 40%, dit is een afname van ongeveer $1 \cdot 10^6$ m^2 (100 ha).
Daarbij is de bodemdynamiek toegenomen en is het kleinschalige (meso)reliëf, dat bestaat uit locale verdiepingen op de platen, afgenomen.

Dit wijst er op dat de Hooge platen door de afname van het areaal 30 –70% droogvalpercentage, de toegenomen bodemdynamiek en de afname van het mesoreliëf, iets minder aantrekkelijk is geworden als foerageergebied voor steltlopers.

De Middelplaat

De belangrijke verandering van de Middelplaat is de afname van het areaal intergetijdegebied (gemeten tussen GLW en GHW). De oppervlakte en het sedimentvolume van de Middelplaat is afgenomen sinds de jaren zeventig.
Het relatieve aandeel van het lage plaatareaal (met 0 - 30% droogvallen) is daarbij toegenomen ten koste van het hoge plaatareaal (met 30 - 70% droogvallen).

Door de afname van het plaatoppervlak zijn de foerageermogelijkheden voor steltlopers afgenomen. Daarbij is de aantrekkelijkheid voor steltlopers verder afgenomen doordat het areaal met de optimale droogvalduur (30% tot 70% droogvallen) ongeveer $2 \cdot 10^6$ m^2 (200 ha) kleiner is geworden.

De Plaat van Baarland

De foerageermogelijkheden op de Plaat van Baarland zijn sinds 1988 toegenomen, omdat het areaal intergetijdegebied beduidend is toegenomen. De recente toename (van 2001 naar 2004) heeft voornamelijk plaatsgevonden op de nieuwe zuidelijke plaat van Baarland. De verdeling over de verschillende klassen van droogvalpercentages varieert sterk in de tijd.
Het areaal met droogvalpercentages van 30 tot 70 % is met $2 \cdot 10^6$ m^2 (200 ha) toegenomen. Weliswaar bestaat dit areaal voor een belangrijk deel uit hoogdynamisch gebied, maar desondanks zullen de foerageermogelijkheden voor steltlopers zijn toegenomen.

De Platen van Ossenisse - west

De morfologische veranderingen hebben voor dit plaatcomplex zowel gunstige als ongunstige kenmerken. Het totale oppervlakte intergetijdegbied van de plaat is sinds 1959 afgenomen met ongeveer 11%. Het aandeel van de voor steltlopers meest aantrekkelijke droogvalklasse van 30 - 70% is relatief gezien met ongeveer 10 % toegenomen sinds 1959, hetgeen neerkomt op een toename met $1 \cdot 10^6$ m^2 (100 ha).

Het mesoreliëf op de platen is afgenomen en de bodemdynamiek is toegenomen. Het is niet goed aan te geven wat dit voor de aanwezigheid en beschikbaarheid van bodemdieren voor de steltlopers heeft betekent. Mogelijk is dat iets afgenomen.

Door de tegengestelde ontwikkelingen is niet goed mogelijk om gefundeerde uitspraken te doen over de foerageermogelijkheden voor steltlopers op het plaatcomplex Ossenisse-West.

De Platen van Ossenisse - oost

Het totale plaatoppervlak van dit gebied is sinds 1982 toegenomen. Hierbij is met name het areaal van de hoogste delen van de plaat toegenomen. Maar ook het oppervlak in de droogvalklasse 31 - 70% is in absolute zin toegenomen, met $0{,}6 \cdot 10^6$ m^2 (60 ha). Beide ontwikkelingen zijn gunstig voor de foerageermogelijkheden van steltlopers.
Wel was voorheen de relatieve verdeling van de diepteklassen aantrekkelijker voor steltlopers, met in 1969 bijvoorbeeld 70% van het totale plaatoppervlak in de interessante droogvalklasse van 30 – 70 %. In vergelijking met1959 is de oppervlakte van de droogvalklasse 30 – 70 % gelijk gebleven
Op dit plaatcomplex is het mesoreliëf afgenomen en is de bodemdynamiek toegenomen. Deze verandering houden waarschijnlijk een afname van de foerageermogelijkheden voor steltlopers in. Helemaal zeker is dat niet, omdat daarvoor veldgegevens ontbreken.

Samenvattend lijkt het erop dat de veranderingen ertoe hebben geleid dat de oostelijke Platen van Ossenisse minder aantrekkelijk zijn geworden voor foeragerende steltlopers.

De Platen van Valkenisse.

De mogelijkheden voor steltlopers op de Platen van Valkenisse zijn waarschijnlijk niet slechter geworden en mogelijk zelfs verbeterd door de waargenomen verandering van de morfologie.
Op deze platen valt in de meest recente opname van 2004, ongeveer 60% van het plaatoppervlak in de klasse 31 - 70% droogvalpercentage. Het aandeel van deze voor steltlopers interessante droogvalklasse is sinds halverwege de jaren tachtig toegenomen met ongeveer $0{,}4 \cdot 10^6$ m^2 (40 ha). Wel heeft sinds halverwege de jaren tachtig een kleine afname plaatsgevonden van het totale plaatoppervlak. Het mesoreliëf en de bodemdynamiek zijn niet veranderd.

Door de optelsom van veranderingen zullen de foerageermogelijkheden op de Platen van Valkenisse voor steltlopers zijn toegenomen.

De plaatcomplexen op rij

Voor de periode van 1959 tot 2004 geldt per plaatcomplex:
- De Hooge Platen bieden iets minder foerageermogelijkheden voor steltlopers;.
- Op de Middelplaten zijn de foerageermogelijkheden afgenomen;
- Op de Plaat van Baarland zijn de foerageermogelijkheden toegenomen;
- Over de effecten van de veranderingen op de Platen van Ossenisse-West zijn geen uitspraken mogelijk
- De Platen van Ossenisse-oost bieden waarschijnlijk iets minder foerageermogelijkheden;
- Op de Plaat van Valkenisse zijn de foerageermogelijkheden waarschijnlijk toegenomen.

6.3 Het vervolg

Het hier gepresenteerde onderzoek kan geen uitsluitsel geven over de hypothese dat het beschikbare plaatareaal van de Westerschelde de draagkracht voor steltlopers bepaald. Daarvoor is meer doelgericht onderzoek nodig.

In dit rapport is geprobeerd om alle feitelijke informatie boven water te halen die van invloed kan zijn op de abiotische variabelen die van invloed zijn op de steltlopers in de Westerschelde. Daarbij hebben de bodemkaarten en de berekende droogvalduurkaarten als uitgangspunt gediend. Deze kaarten dekken de periode van 1959 tot 2004 met tussenpozen van omstreeks vijf jaar (variabel). Er is niet of nauwelijks gezocht naar fysische verklaringen van de waargenomen morfologische ontwikkelingen.

Uit het onderzoek komt naar voren dat er wel degelijk veel is veranderd in het steltlopershabitat van de Westerschelde. En dat per saldo dit vermoedelijk niet gunstig heeft uitgepakt voor de foerageermogelijkheden van steltlopers.

De waarde van de arealen droogvalpercentage

In dit rapport is onder andere het droogvalpercentage bestudeerd. In dit percentage worden de veranderingen in de morfologie en in de waterstanden gecombineerd. Het criterium dat hierbij is gehanteerd is dat droogvalpercentages van 30% tot 70% de meeste foerageermogelijkheden opleveren voor steltlopers. Het is daarbij wel belangrijk om te realiseren dat een vergelijkbaar areaal niet hoeft te betekenen dat het gebied er ook daadwerkelijk hetzelfde uitziet. In figuur 6.3 is een voorbeeld gegeven van twee platen met hetzelfde areaal in de droogvalklasse van 30-70%. Op grond van dat criterium zijn beide situaties even aantrekkelijk voor steltlopers. Toch verschillen de situaties duidelijk: De plaat in situatie B is veel steiler dan de plaat in situatie A. Omdat de getijdeslag bij B veel groter is dan bij A wordt het verschil in steilheid gecompenseerd in het droogvalareaal.
De verschillen in steilheid en waterstand zullen ongetwijfeld gevolgen hebben voor de bodemdieren die in en op de plaat leven. Bijvoorbeeld omdat in situatie B de waterkolom boven de plaat bij hoog water veel groter is dan bij situatie A, wat gevolgen kan hebben voor de aanvoer van voedsel.
In de praktij verandert overigens niet alleen de getijamplitude , maar ook de (a)symmetrie in het verloop van de waterstand, wat ook in een verandering van de droogvalduur resulteert.
Belangrijk is om te onthouden dat niet a priori verondersteld mag worden dat gelijkblijvende arealen van de droogvalklasse 30-70% (of een andere droogvalklasse) betekenen dat de omstandigheden voor steltlopers niet veranderen.

Foerageermogelijkheden en steltloperaantallen

Door Poot e.a. (2003) is een analyse verricht van de effecten van de vaargeulverruiming in de Westerschelde op vogels, waarbij gegevens zijn gebruikt uit de periode 1987 – 2002. Bij veel soorten konden de aantalsontwikkelingen vooral verklaard worden door grootschalige populatieontwikkelingen, effecten van strenge winters. Daarnaast spelen onbekende lokaal variërende factoren een rol. Bij de analyses bleek dat de schalen waarop de gegevens van vogels en andere (fysische en biologische) parameters worden verzameld teveel verschillen om verbanden te kunnen leggen tussen ontwikkelingen. Daarbij zijn de relaties tussen foerageergebieden en aantallen vogels niet eenduidig, omdat de vogels worden geteld op de hoogwatervluchtplaatsen en niet op de betreffende platen. Het gebruik van bepaalde platen door vogels kan daarom moeilijk worden gerelateerd aan fysische en ecologische factoren.

Gelet op de veranderingen in de voor steltlopers relevante abiotische parameters, lijkt het zinvol om het verband tussen de foerageergebieden en de steltloperaantallen verder te onderzoeken. In het onderzoek van Ens e.a., (2005) is geprobeerd modellen op te stellen waarmee op basis van abiotische parameters de laagwaterverspreiding van watervogels in de Westerschelde kan worden voorspeld. De voorspellende waarde bleek over het algemeen laag te zijn. Alleen de aanwezigheid va scholeksters bleek een duidelijke relatie te hebben met het aanbod van kokkels. Mogelijk kan een jaarlijks herhaalde laagwatertelling, zoals beschreven in van Kleunen (1990) op termijn inzicht geven in de effecten van veranderingen in het areaal foerageergebied op de aantalen steltlopers.

Verklaren van de morfologische veranderingen

Nadat is aangetoond dat er in de beschouwde tijdsperiode een meetbare verandering in het steltlopersmilieu heeft voorgedaan, kan een duidelijker koppeling worden gezocht met de in dit rapport beschreven veranderingen in habitatfactoren. Parallel daaraan zou een onderzoek kunnen starten waarin het *verklaren* van de waargenomen morfologische veranderingen meer centraal staat. Alleen met begrip van de dominante fysische processen kunnen voorspellingen worden gedaan en kan er beleid voor de toekomst worden ontwikkeld.

In dergelijk verklarend onderzoek is het van belang om een goed onderscheid te maken tussen de grote lijn (het hele estuarium of een heel plaatcomplex) en de kleine lijn (een specifieke plaat of schaar). Het is belangrijk om daarbij gebruik te maken van wiskundige rekenmodellen en niet alleen terug te vallen op *expert judgement* en vergelijkend onderzoek. Dergelijke rekenmodellen dienen dan niet om te voorspellen, maar om de verschillende fysische processen te kunnen onderscheiden. Alleen dan kunnen primaire en secundaire processen van elkaar worden onderscheiden.

Een model hoeft niet alle processen overal op iedere tijd- en ruimteschaal te kunnen simuleren. Als het maar het relatieve belang van het ene proces ten opzichte van het andere proces kan aangeven en kan kwantificeren hoe gevoelig de uitkomsten zijn voor (kleine) variaties in modelinstelling of externe aansturing. Het lijkt ons bijvoorbeeld belangrijk om meer grip te krijgen op de vraag waarom er in 2004 minder scharen waren dan in 1959. Waarom heeft er zich ogenschijnlijk een samenklontering voorgedaan van platen tot grotere aaneengesloten plaatcomplexen? Van belang hierbij is volgens ons de notie dat getijgeulen alleen kunnen bestaan als er voldoende water doorheen stroomt. Of anders gezegd: als de sedimenttransportcapaciteit in de asrichting van de geul maar groter is dan de lokale sedimentaanvoer (longitudinaal en lateraal). De longitudinale transportcapaciteit van een geul hangt primair af van de hoeveelheid water die door de geul stroomt. En die hangt weer af van het grootschalig getijsysteem. De laterale sedimenttoevoer hangt af van de ontwikkelingen op de naastgelegen platen (die onder andere weer afhangen van de grootschalige zandbalans). Menselijke ingrepen, zoals baggeren en (vooral) storten kunnen ook een grote invloed hebben op de sedimenttoevoer.

Een andere vraag waar verklarend onderzoek naar gewenst is, zijn de waargenomen verschillen tussen de meer oostelijke plaatcomplexen en de meer westelijke plaatcomplexen. De zandinhoud van het meest oostelijke plaatcomplex (Platen van Valkenisse) is fors toegenomen in vooral de periode 1977 – 1982. Dat geldt ook voor het op één na meest oostelijke plaatcomplex (Plaat van Ossenisse – oost), zij het iets later: tussen 1988 en 1996. De meer naar het westen toe gelegen Middelplaten laten duidelijk een afname zien van het zandvolume (vooral in de periode na 1977). Ook het op twee

na meest westelijk gelegen plaatcomplex (Baarland) laat een afname van het sedimentvolume zien. De abrupte grote toename na 2001 is daarop weer een uitzondering. De Hooge Platen en de Plaat van Ossenisse –west zijn eveneens een uitzondering op de constatering dat de platen in het oosten in volume toenemen en in het westen juist in volume afnemen. Wel bleek uit de analyse dat er op laatstgenoemd plaatcomplex een aanzienlijke interne herverdeling van het sedimentvolume had plaatsgevonden vooral na 1982.

De meest voor de hand liggende eerste stap om deze verschillen tussen “oost” en “west” te verklaren, is het koppelen van de hier beschreven observaties aan het uitgevoerde zandwinnings-, stort en baggerbeleid. Ook de veldgegevens van de recente pilot naar het storten van baggerspecie bij de Plaat van Walsoorden kan daarvoor interessante informatie aanleveren.

Referenties

Arcadis Technum Consortium, 2006, Startnotitie / Kennisgeving Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde, RWS Zeeland & AWZ Maritieme Toegang, Antwerpen | Middelburg

Bartholdy, J., Bartholomä, A. & Flemming, B.W., 2002, Grain-size control of large compound flow-transverse bedforms in a tidal inlet of the Danish Wadden Sea, Marine Geology 188, 391-413.

van de Berg, J.H., M.C.J.L. Jeuken and A.J.F van der Spek, 1996, Hydraulic processes affecting the morphology and evolution of the Westerschelde Estuary, in K.F. Nordstrum & C.T. Roman (red.), Estuarine shores: Evolution, Environment and Human Alterations, London.

Blomert, A.M., 2002. De samenhang tussen bodemgesteldheid, droogligtijd en foerageerdichtheid van vogels binnen de intergetijdenzone. A&W-rapport 330. Altenburg & Wymenga Ecologisch onderzoek, Veenwouden.Ens, 2004

Bouma, H., D.J. de Jong, F. Twisk & K. Wolfstein, 2005, Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren, Rijkswaterstaat RIKZ Rapport RIKZ/2005.024.

Chang, T.S., A. Bartholomä & B.W. Flemming, 2006, Seasonal dynamics of fine-grained sediments in a back-barrier tidal basin of the German Wadden Sea (southern North Sea), Journal of Coastal Research 22, 328-338.

Ens, B. J., Brinkman, A. G., Dijkman, E. M., Meesters, H. W. G., Kersten, M.,Brenninkmeijer, A., Twisk, F., 2005. Modelling the distribution of waders in the Westerschelde: What is the predictive power of abiotic variables? Technical report, Alterra, Wageningen, the Netherlands. Alterra–rapport 1193.

Geurts van Kessel, A.J.M., 2004. Verlopend tij. Oosterschelde, een veranderend natuurmonument, Rapport RIKZ/2004.028, ISBN 90-369-3458-3.

Habraken, M. E. Paree, 2006, Dynamiekstudie Intergetijdegebied Westerschelde', Rijkswaterstaat Zeeland, Meetadviesdienst, notitie ZLMD-06N.004.

Habets, L.C.G.J.M., 2006, Inundatiekaarten Westerschelde, TU Eindehoven, Fac. Wiskunde en Informatica.

Huijs, S., 1995, Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde 1935-1989, Universiteit Utrecht, fac. Ruimtelijke Wetenschappen, vakgroep Fysische Geografie, rapport.

Janssen, G.M. & S. Mulder, 2004, De ecologie van de zandige kust van Nederland : inventarisatie van het macrobenthos van strand en brandingszone, Rijkswaterstaat RIKZ rapport RIKZ/2004.033.

Lambeek,2006. Ontwerp Pilot Zandsuppletie Oosterschelde, Alkyon rapport A1647R2

van de Kam J., , B. Ens, T. Piersma en L. Zwarts, 1999. Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels. Schuyt & Co, Haarlem.

Kater, B.J., 2005, Ontwikkelingen in dekennnis van de morfodynamica en ecologie van de Westerschelde, Rijkswaterstaat RIKZ rapport RIKZ/2005.034.

Kirchner, J.,1963, Der Bruchwasserläufer, Neue Brehm Bücherei 309.

Kornman, B., P. Kamermans & P. Tydeman, 2001. De handel en wandel van Kokkel en Nonnetje in hun eerste levensjaar. Kennis en inzicht voor herstel, inrichting en beheer op basis van literatuur en veldonderzoek. Rapport RIKZ/2001.036.

Kleunen, A., van, 1990. Verspreiding en habitatvoorkeur van eenden en steltlopers in Ooster- en Westerschelde. Werkdocument RIKZ/OS/2000.806x.

de Kraker, A., 2002, De Westerschelde, een water zonder weerga, Ontstgescheidenis en kaartbeeld, havens, handel en scheepvaart, verkeer, verdronken dorpen, oorlog en verdedigingswerken, natuur en mileiu en andere aspecten van de Westerschelde, Drukkerij Duerinck, Kloosterzande.

Nederbragt, G. en G.J. Liek, 2004, Beschrijving zandbalans Westerschelde en monding Rijkswaterstaat RIKZ Rapport RIKZ/2004.020.

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

Poot, M.J .M, K .L. Krijgsveld, S.L.G .E . Burgers, P.W. van Horssen, & T.J . Boudewijn, 2003,

Ontwikkelingen bij watervogels in de Westerschelde in relatie tot mogelijke effecten van de vaargeulverruiming 48'-43' : trendanályse van aantallen watervogels en groei van visdiefkuikens, Bureau Waardenburg rapport 02-133.

Stikvoort E. (red.), Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43', MOVE hypothesendocument 2003, MOVE-rapport 7, Rijkswaterstaat RIKZ rapport RIKZ/2003.009.

Sistermans, P., 1997, Verandering van de morfologische dynamiek van de Westerschelde sinds 1955, een kwantitatieve analyse, Rijkswaterstaat Zeeland, Notitie NWL-96.51

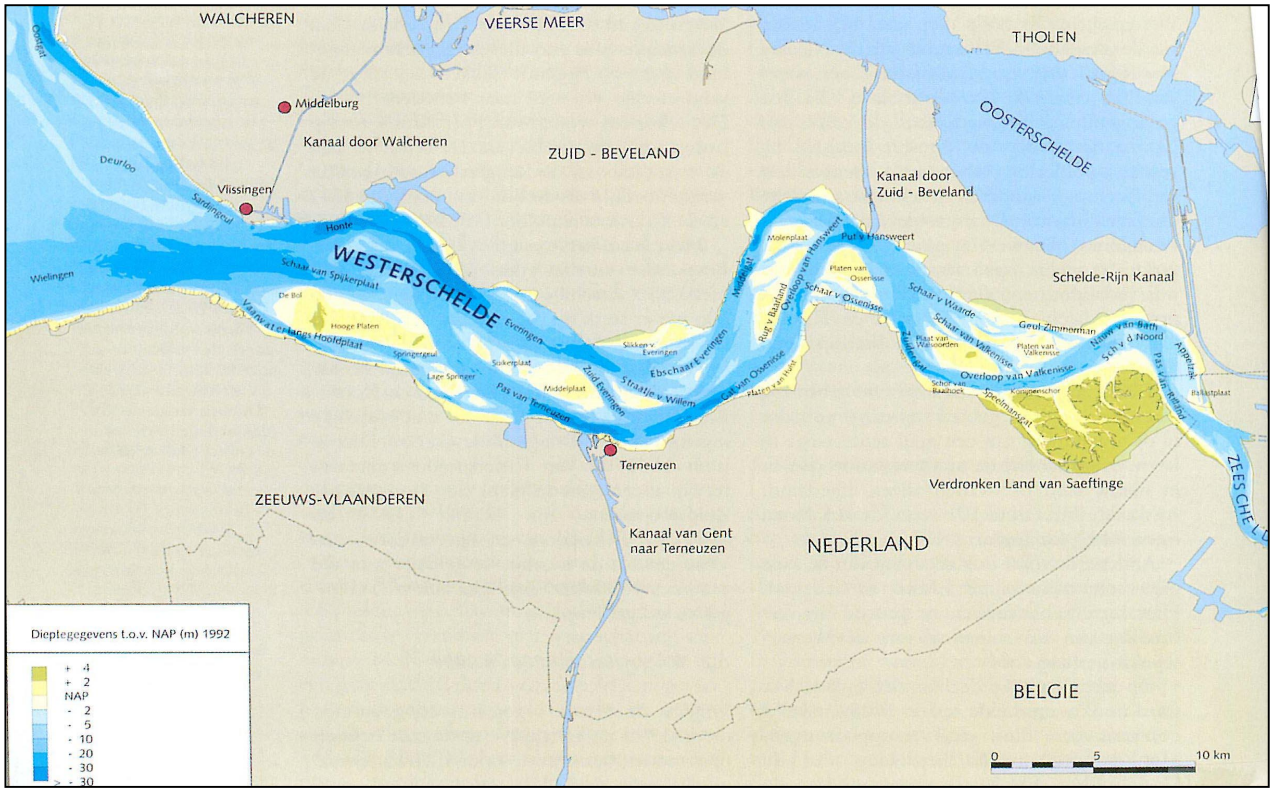
Steijn, R.C. & J. Adema, 2000, Stroomvoerend vermogen, getijdominatie en resttransporten; een verkennend onderzoek toegespitst op de Westerschelde, Alkyon rapport A569.

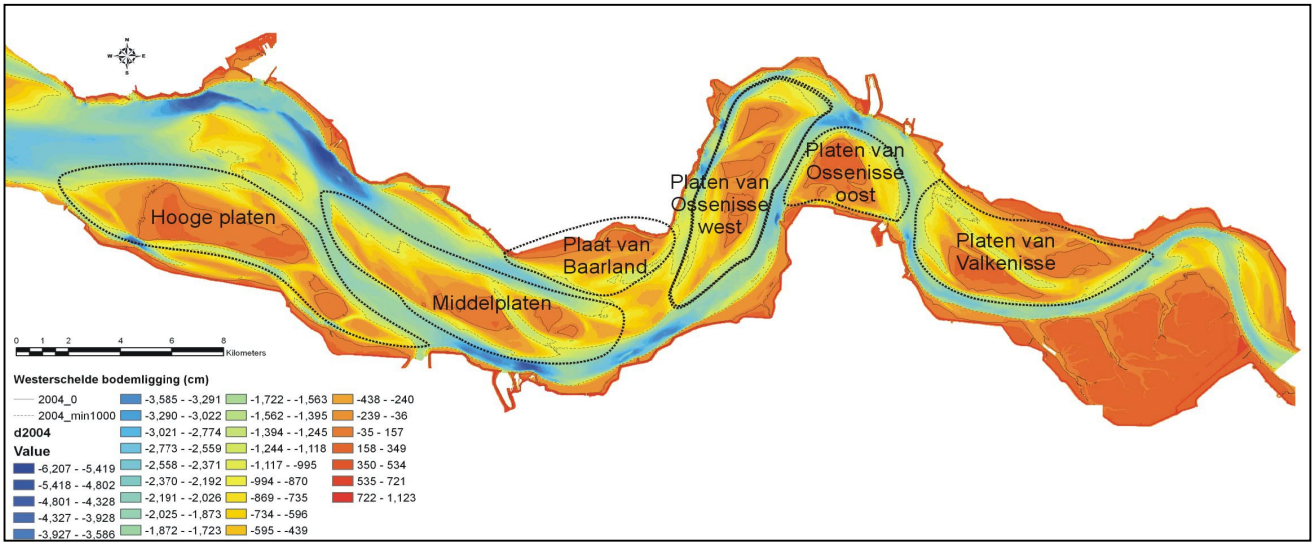
Swinkels, C., 2006, Presence of connecting channels in the Western Scheldt Estuary, MSc-thesis, WL Delft Hydraulics report 4057.

Zwarts, L., 1988. De bodemfauna van de Fries-Groningse waddenkust. Flevobericht 294. Rijksdienst voor IJsselmeerpolders, Lelystad.

van Veen, J., Eb- en Vloedschaar Systemen in de Nederlandse Getijwateren,1950 , Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, Vol. 67 , ook als speciale uitgave ter gelegenheid van het Waddensymposium 1949.

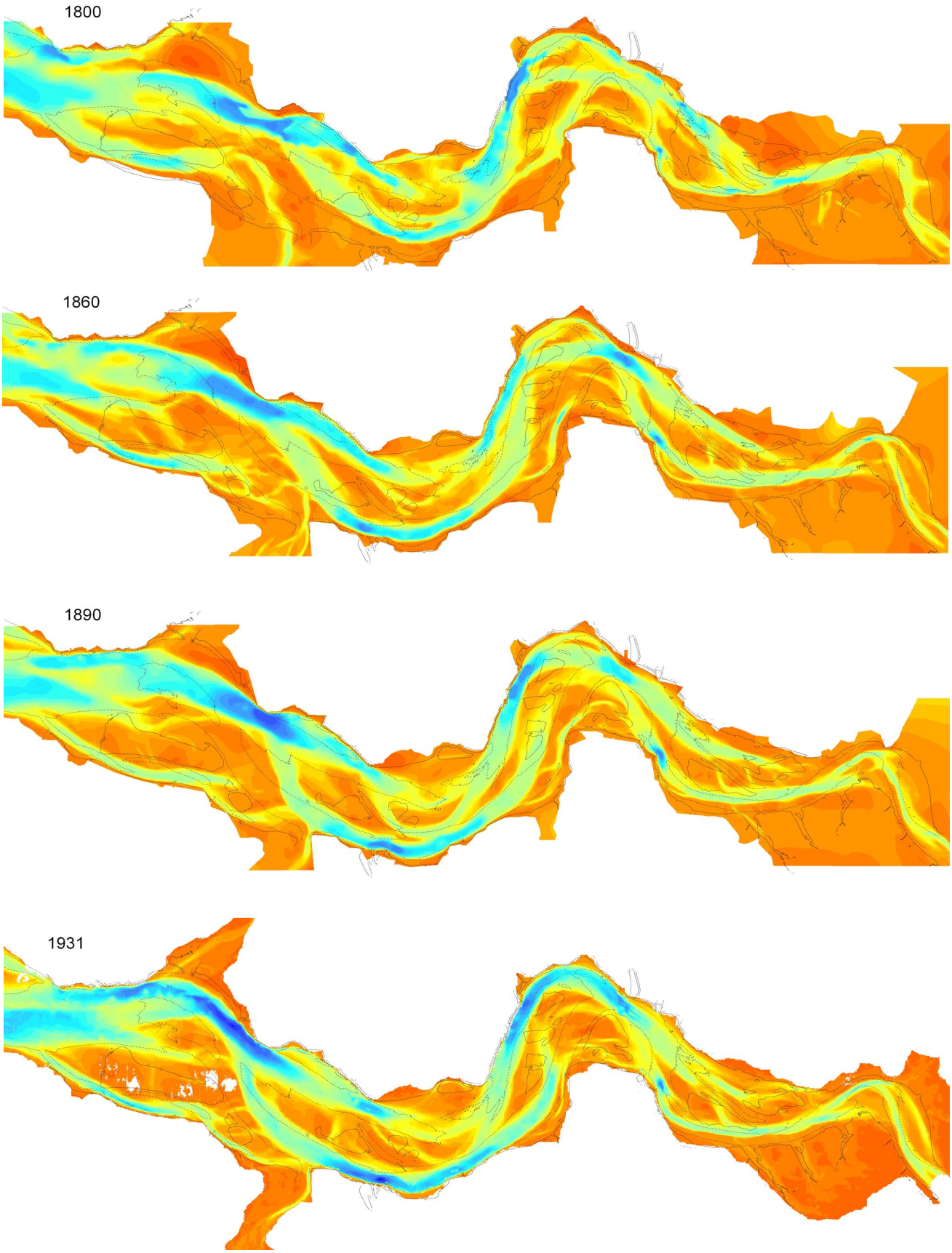
Wang, Z.B., P. Thoolen & I. Tanczos, 2002, Onderbouwing van het cellenconcept Westerschelde als instrument voor beleid en beheer : toetsing aannames met SOBEK berekeningen, rapport WL|Delft Hydraulics Z3325.





De Westerschelde met de zes onderscheiden plaatcomplexen in de Westerschelde

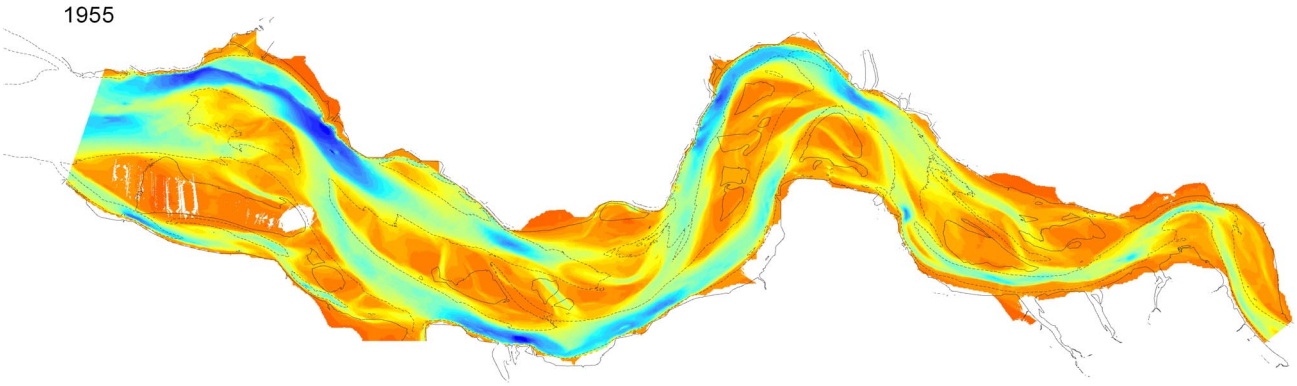
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 1.1

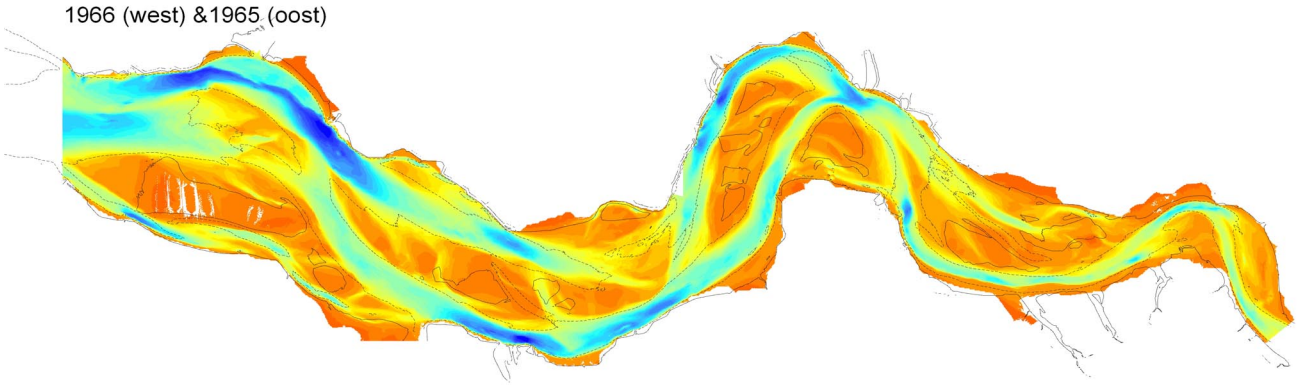


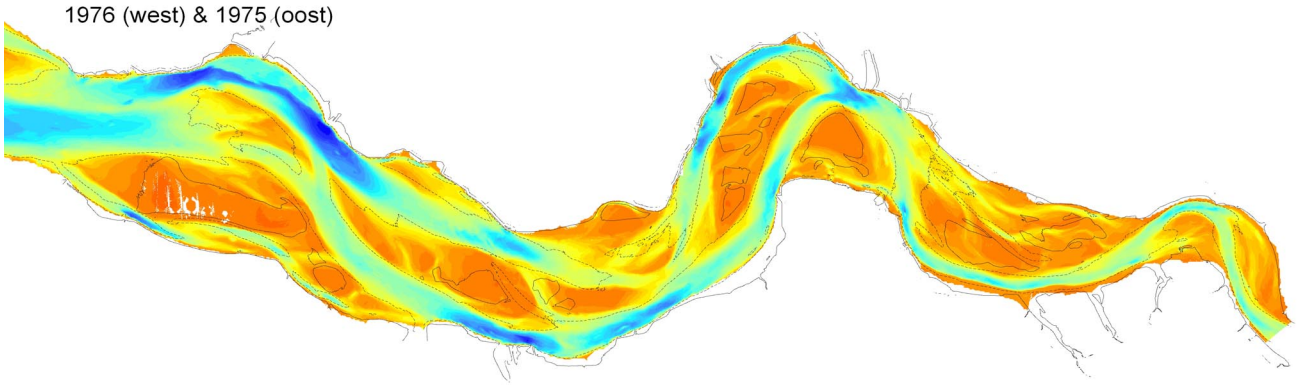
Lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde

Bodemligging 1880 tot 1931

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 2.1a





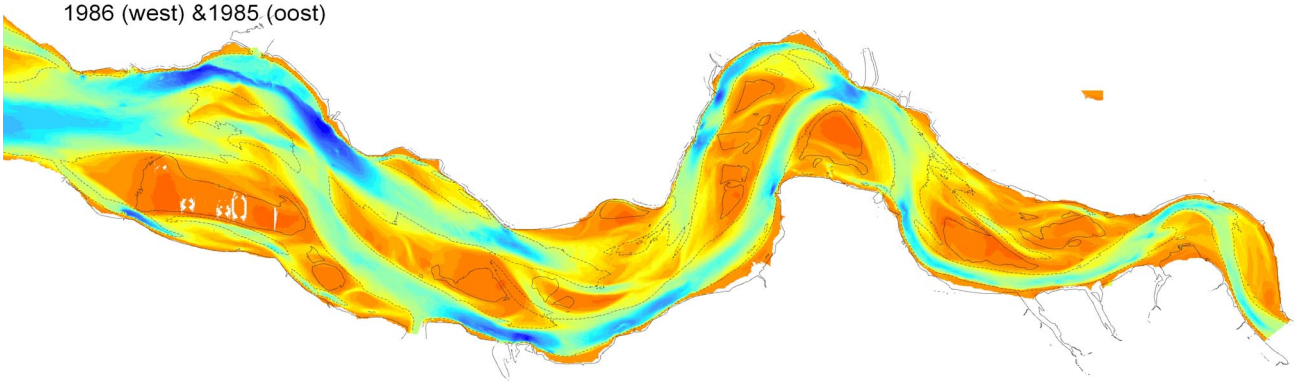


Lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde

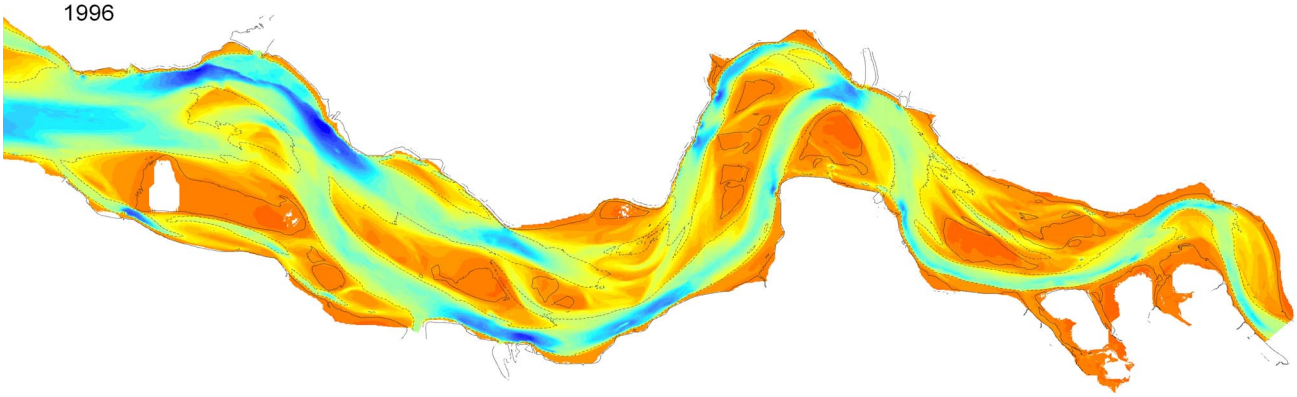
Bodemligging 1955 tot 1976

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 2.1b

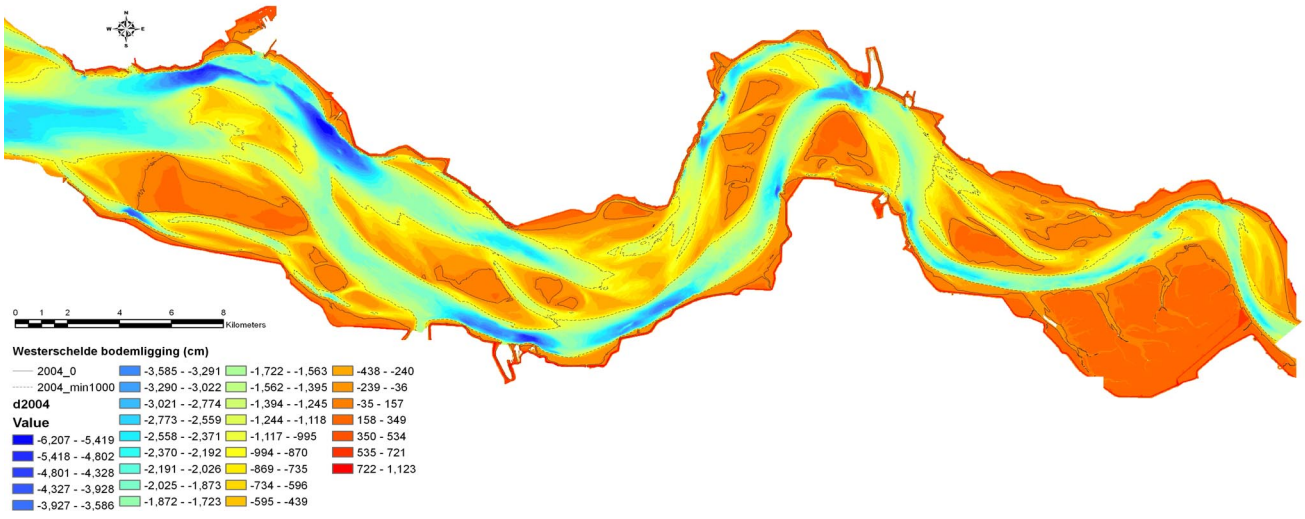
1986 (west) &1985 (oost)



1996



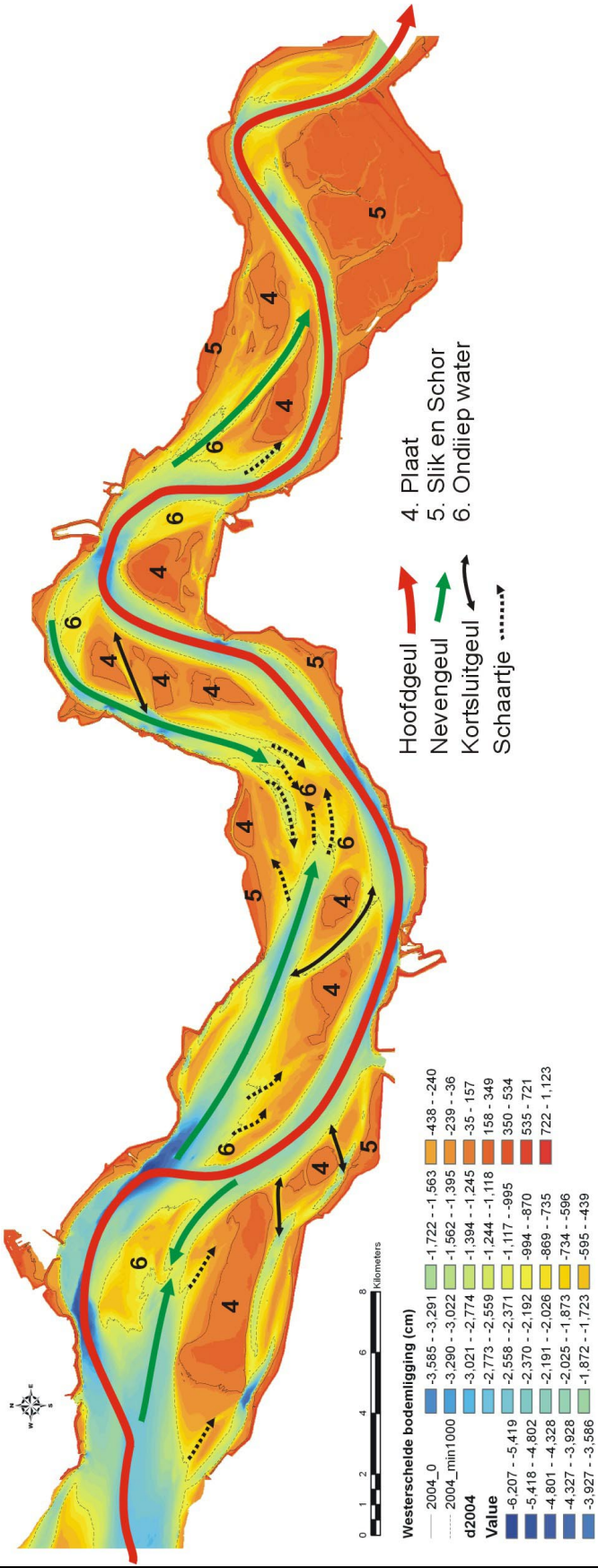
2004



Lange termijn ontwikkeling van de Westerschelde

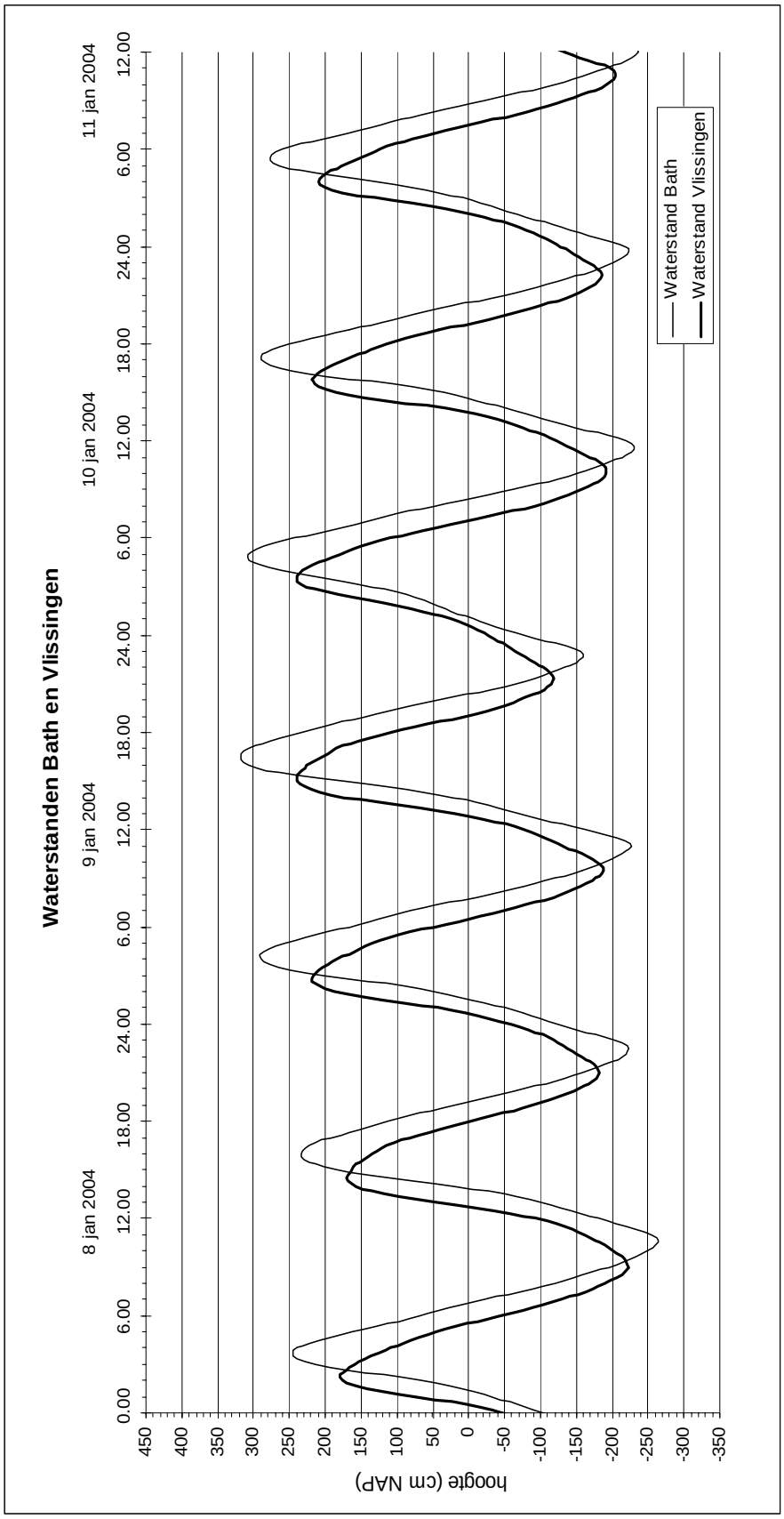
Bodemligging 1985 tot 2004

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 2.1c



Kenmerkende morfologische elementen in de Westerschelde

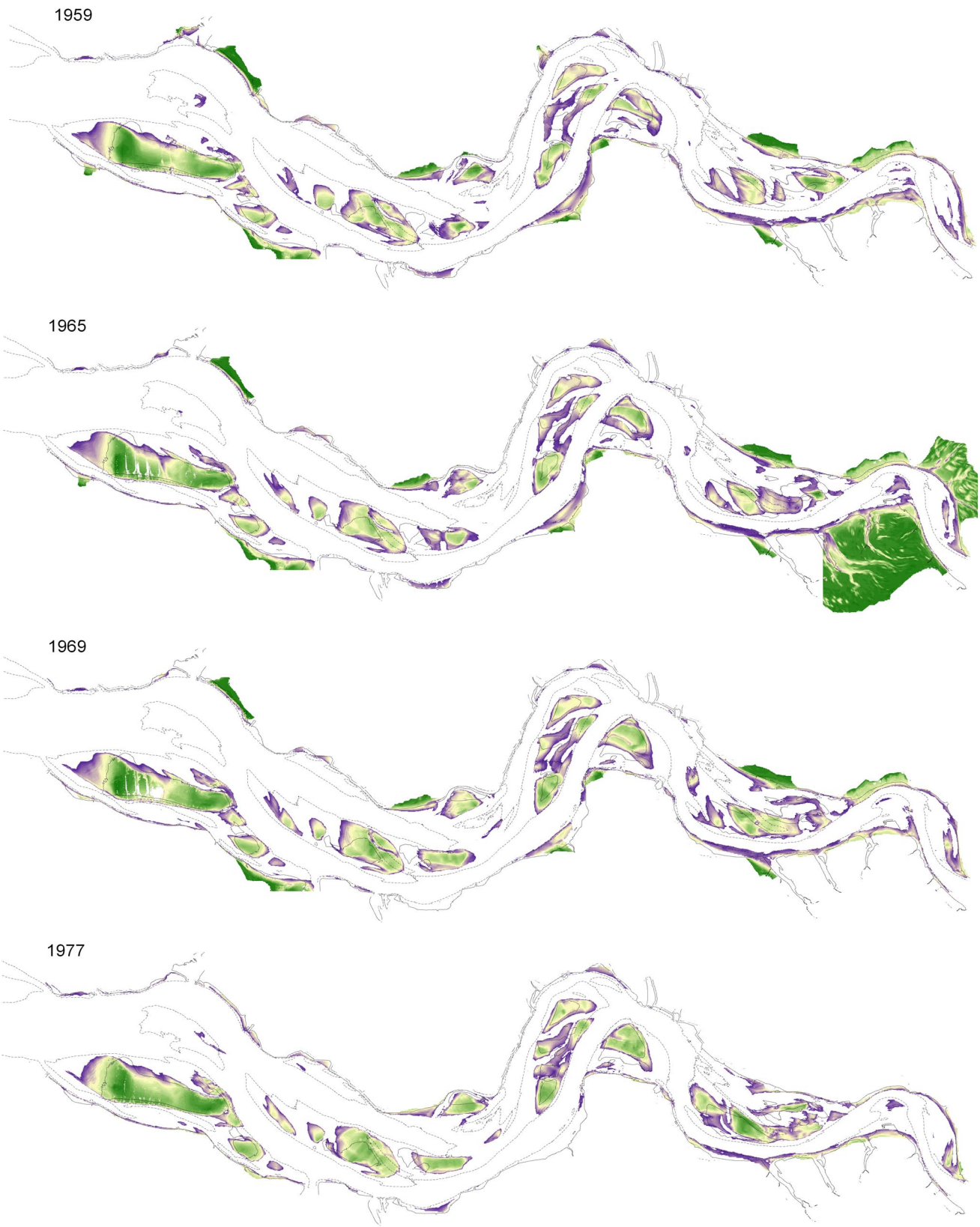
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 2.2



Gemeten waterstanden op twee locaties in de Westerschelde

Jan-04

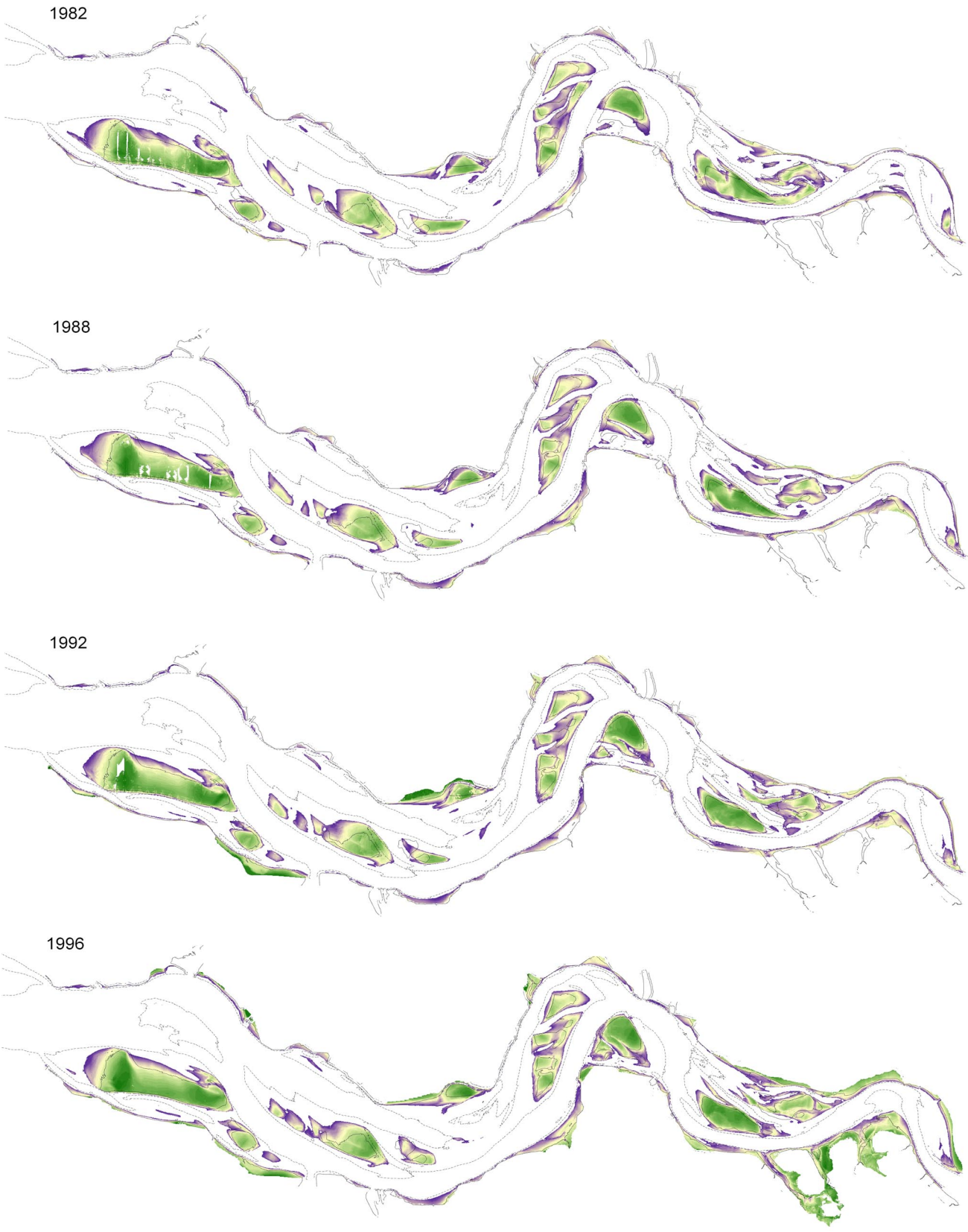
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 2.3



Kaarten van de droogvalpercentages in de Westerschelde

1959 - 1977 (diepte contouren 2004)

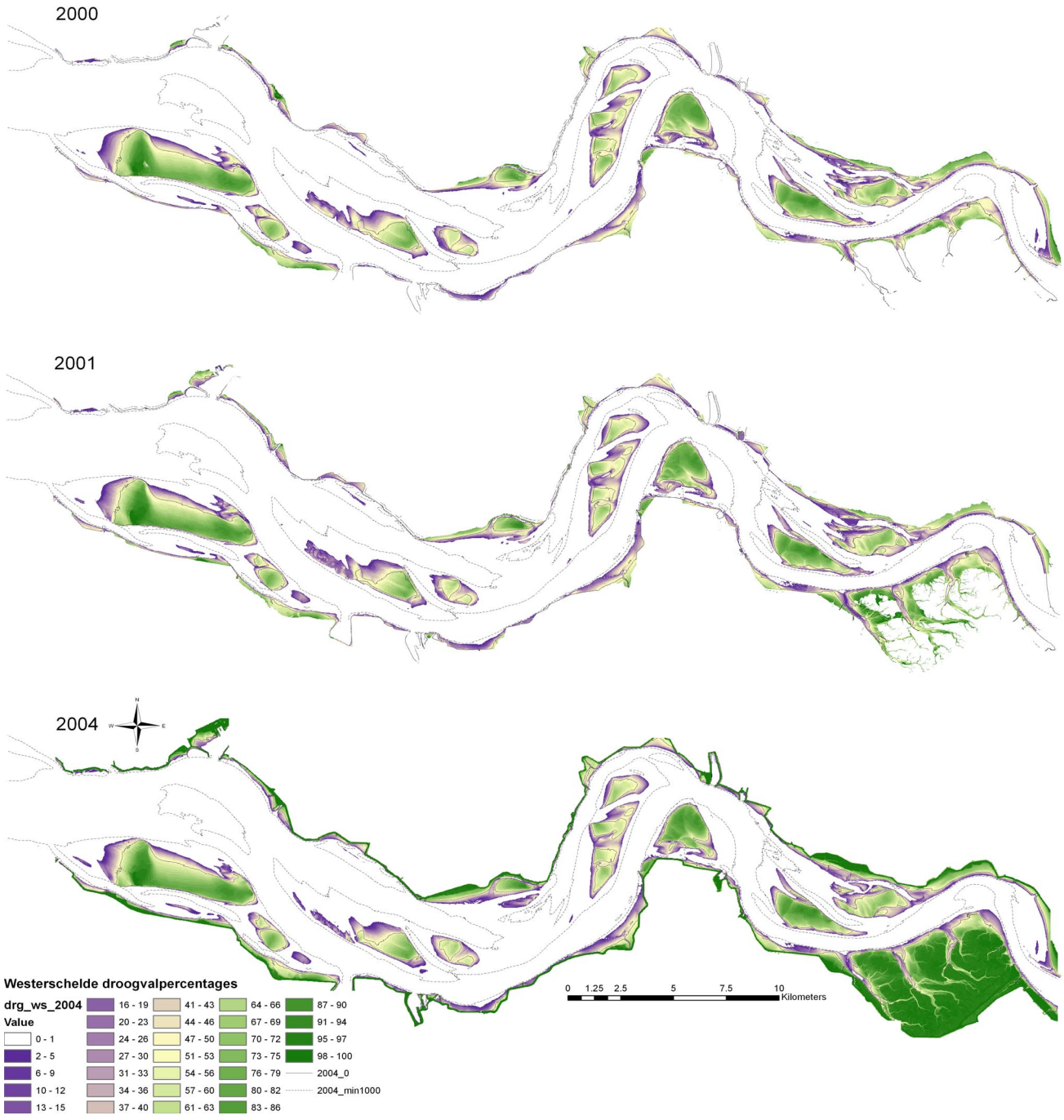
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 3.1a



Kaarten van de droogvalpercentages in de Westerschelde

1982 - 1996 (diepte contouren 2004)

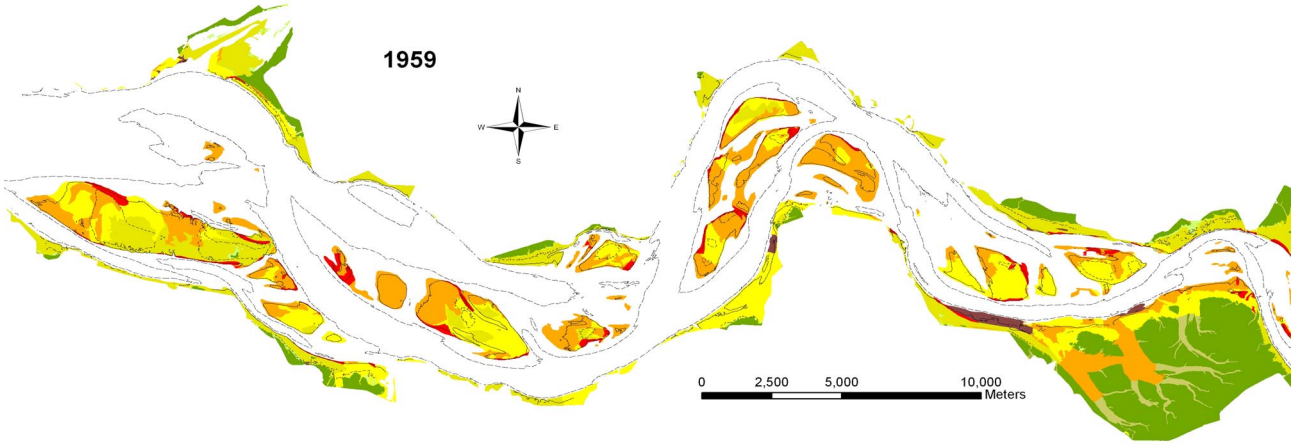
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 3.1b

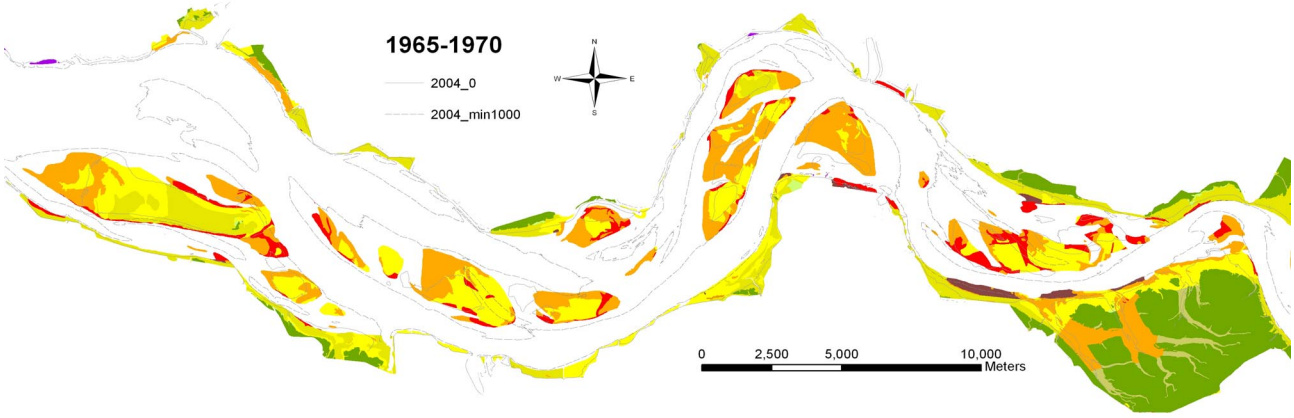


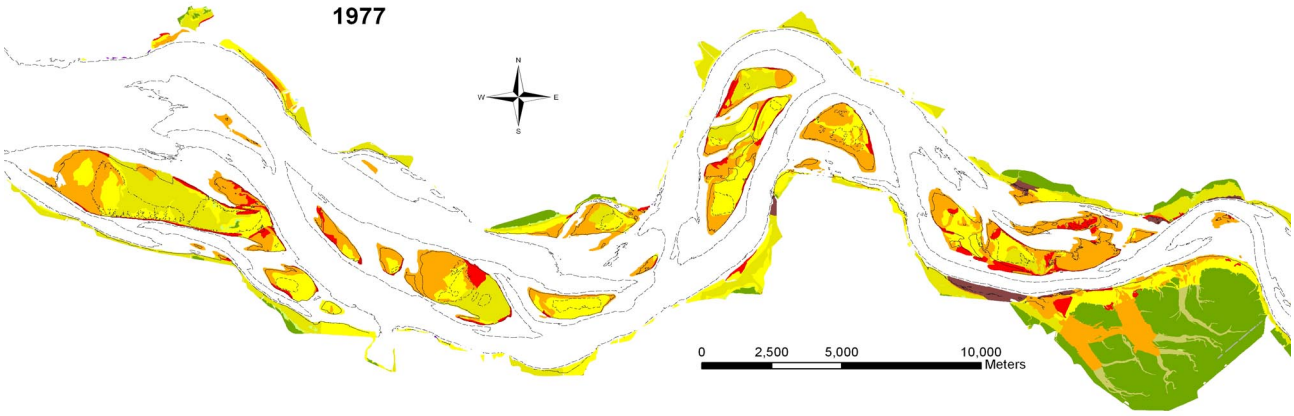
Kaarten van de droogvalpercentages in de Westerschelde

2000 - 2004 (diepte contouren 2004)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 3.1c



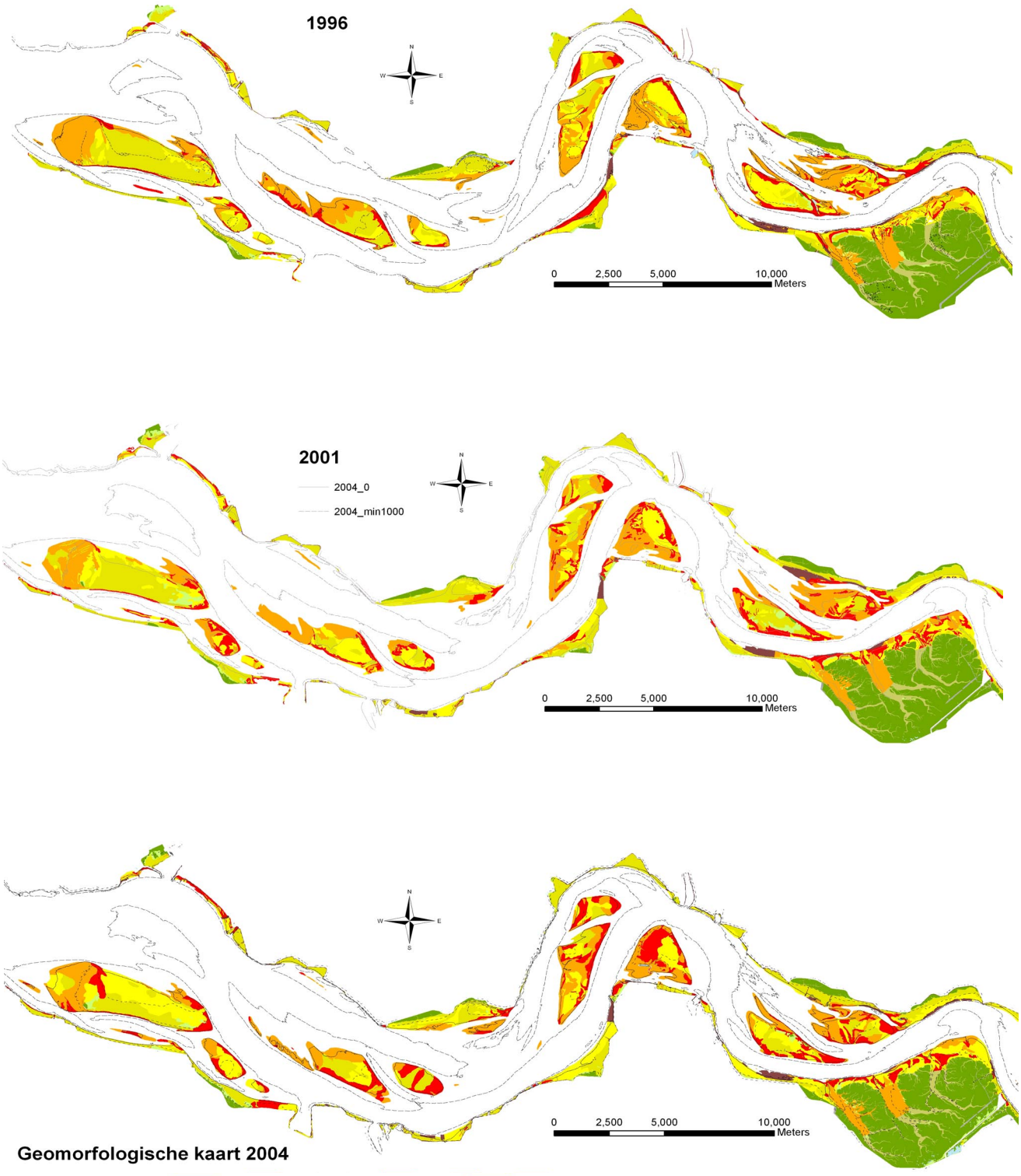




Geomorfologische kaarten van de Westerschelde

1959; 1965-1970; 1977

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 3.2a

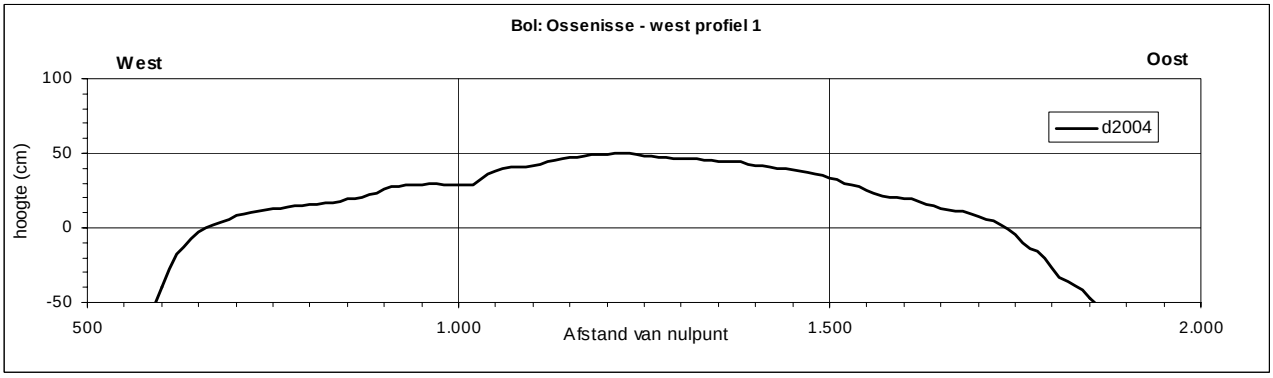


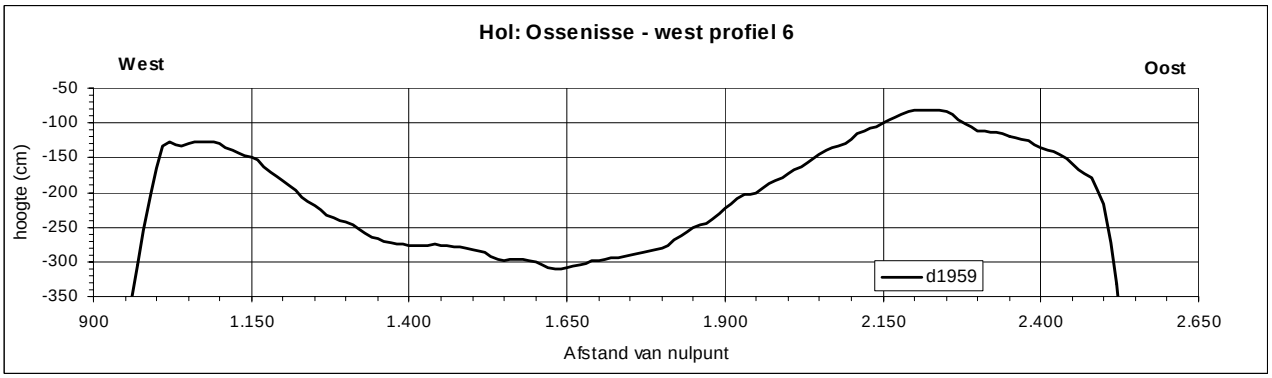
Geomorfologische kaarten van de Westerschelde

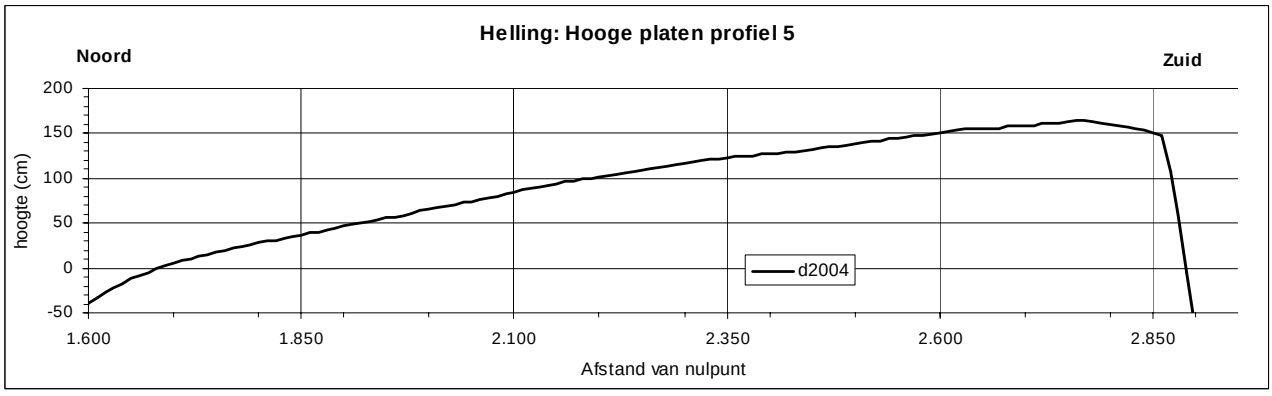
1996; 2001; 2004

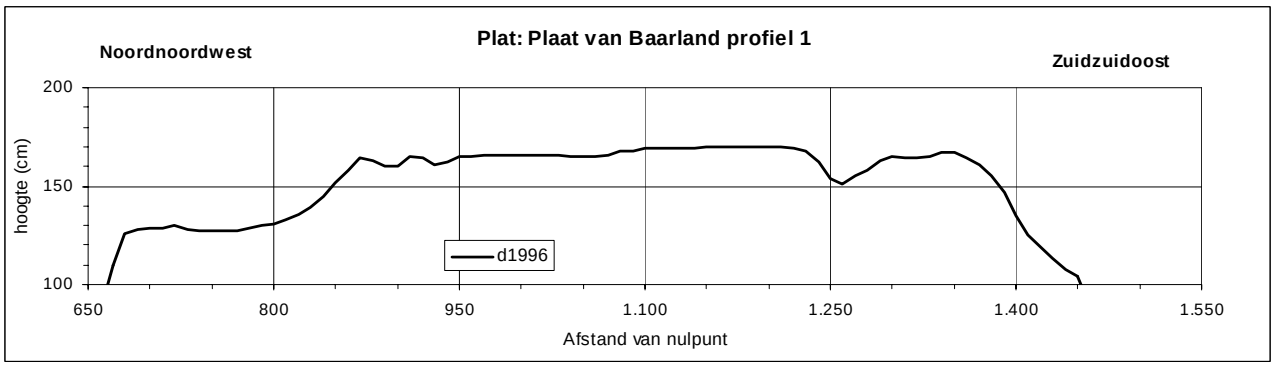
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 3.2b

Luchtfotobeelden van de platencomplexen van Valkenisse in de Westerschelde			
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 3.3



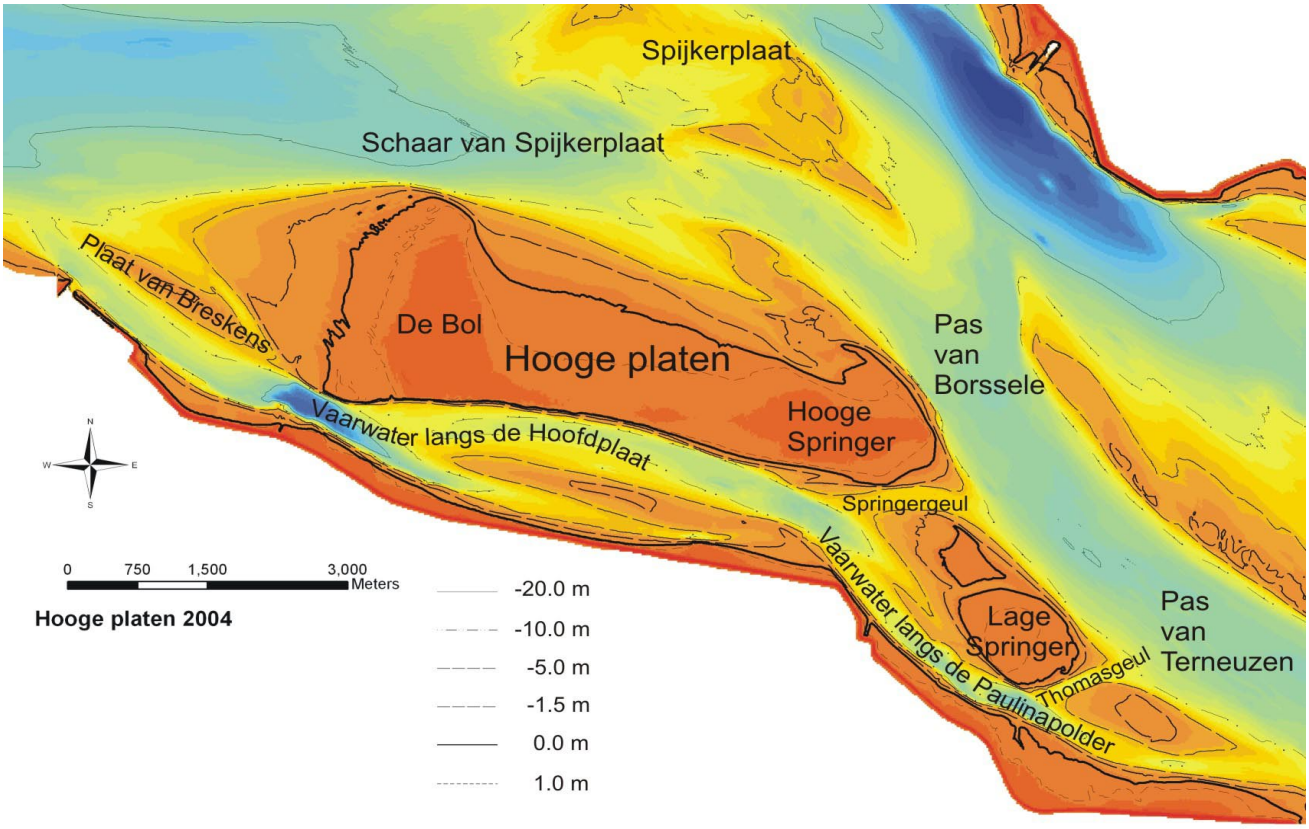






Verschillende typen plaatprofielen uit de Westerschelde

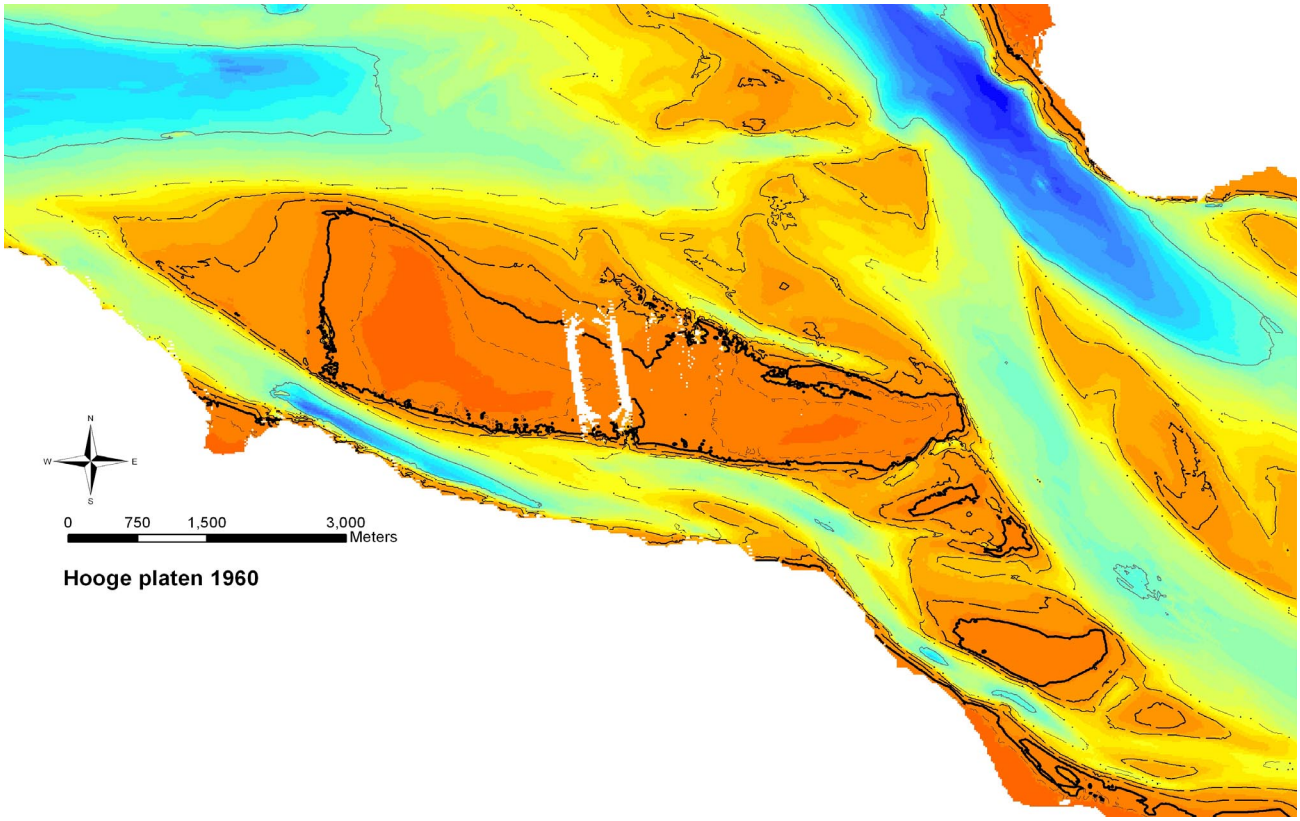
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 4.1

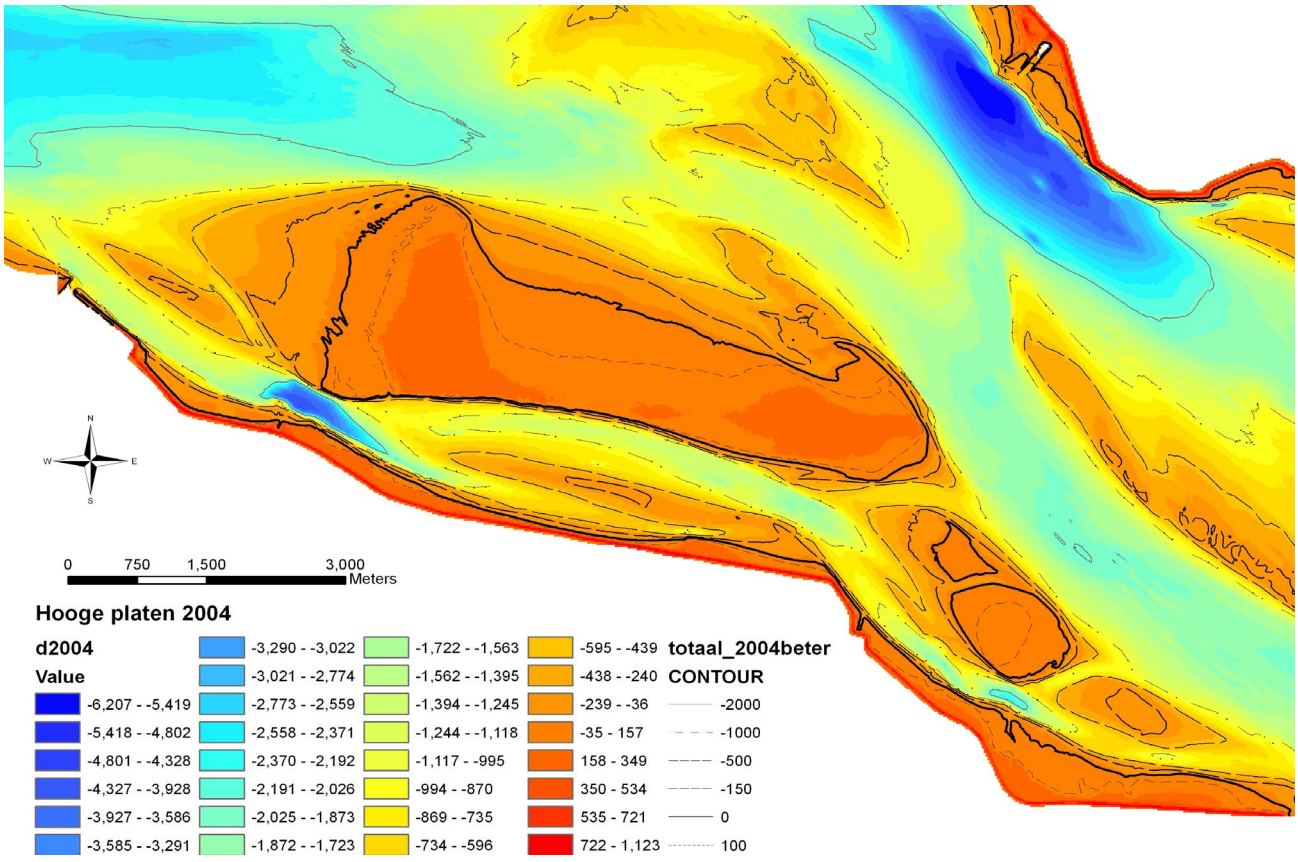


Kaart met morfologische eenheden en namen

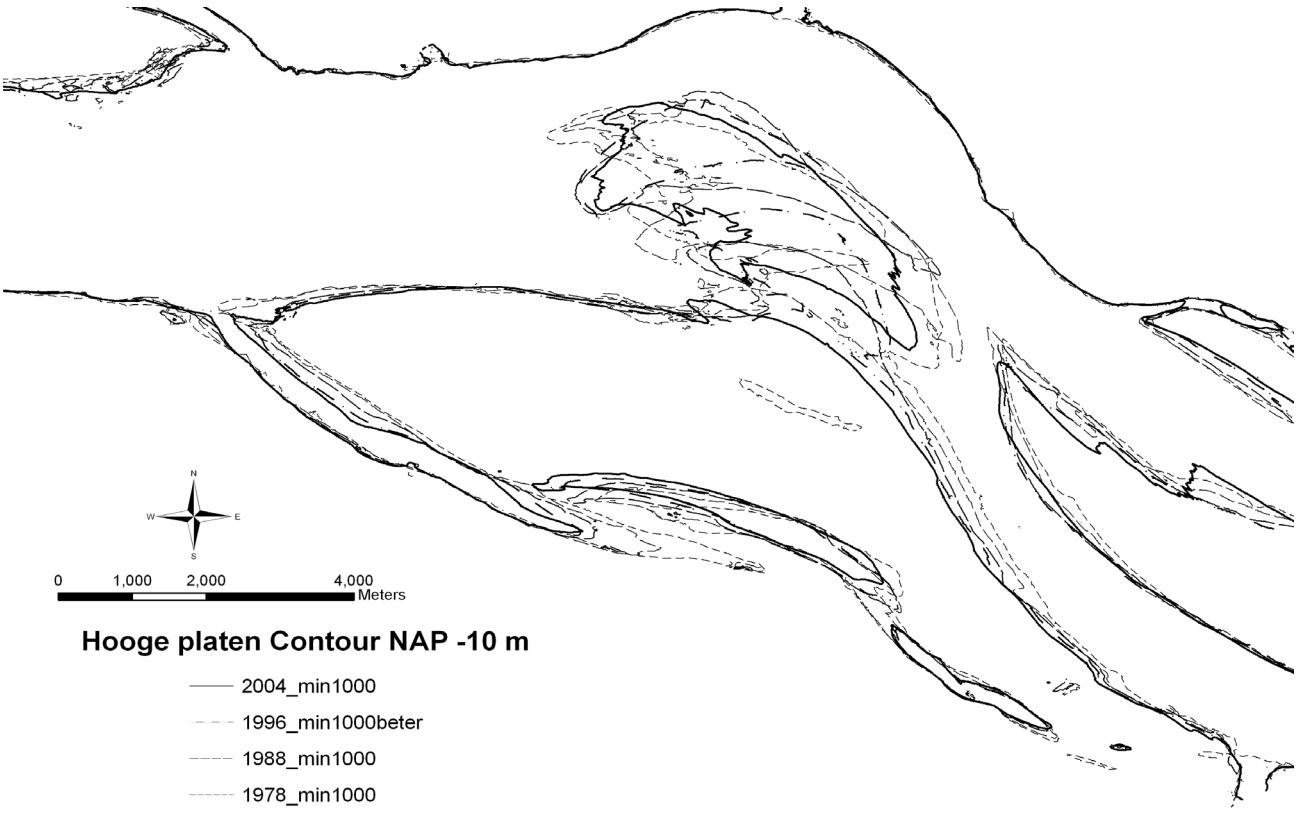
op en rond de Hooge platen

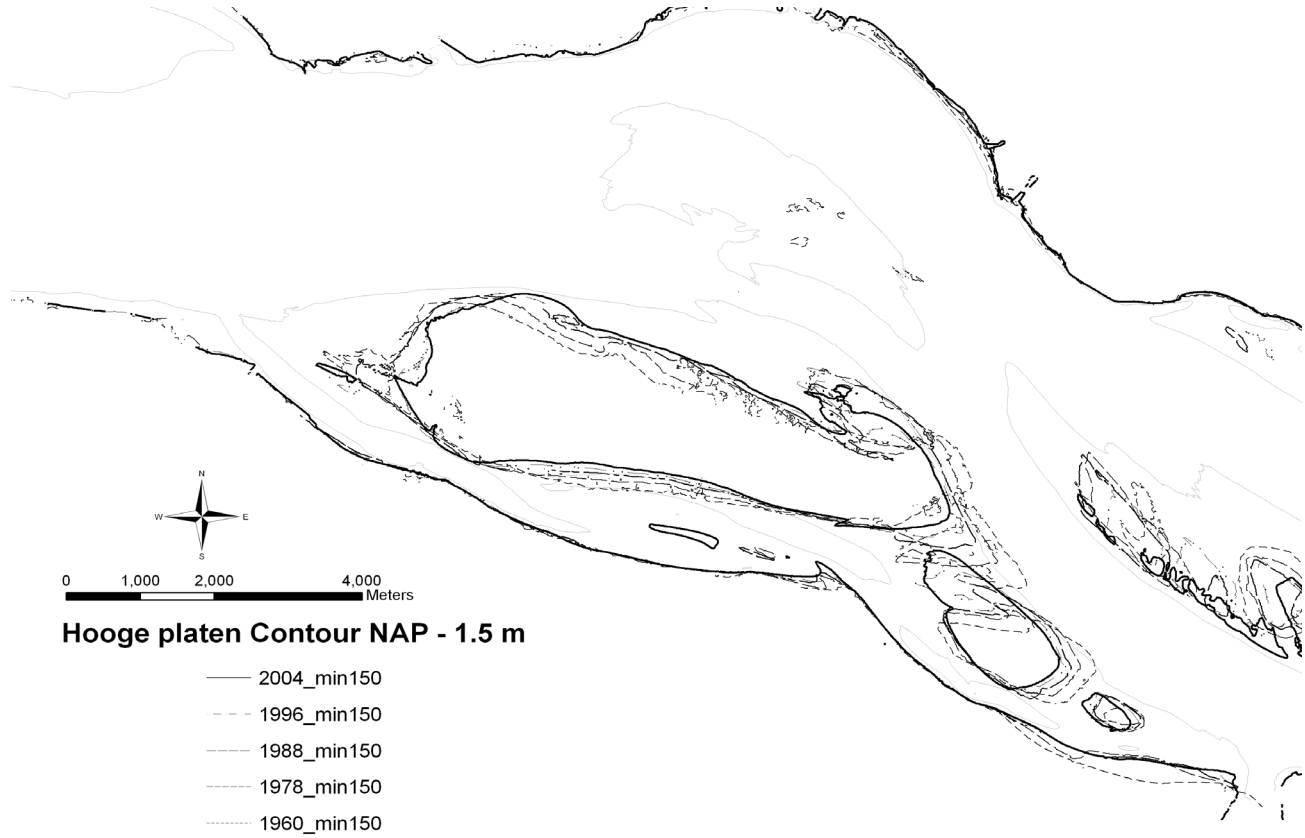
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.1.1





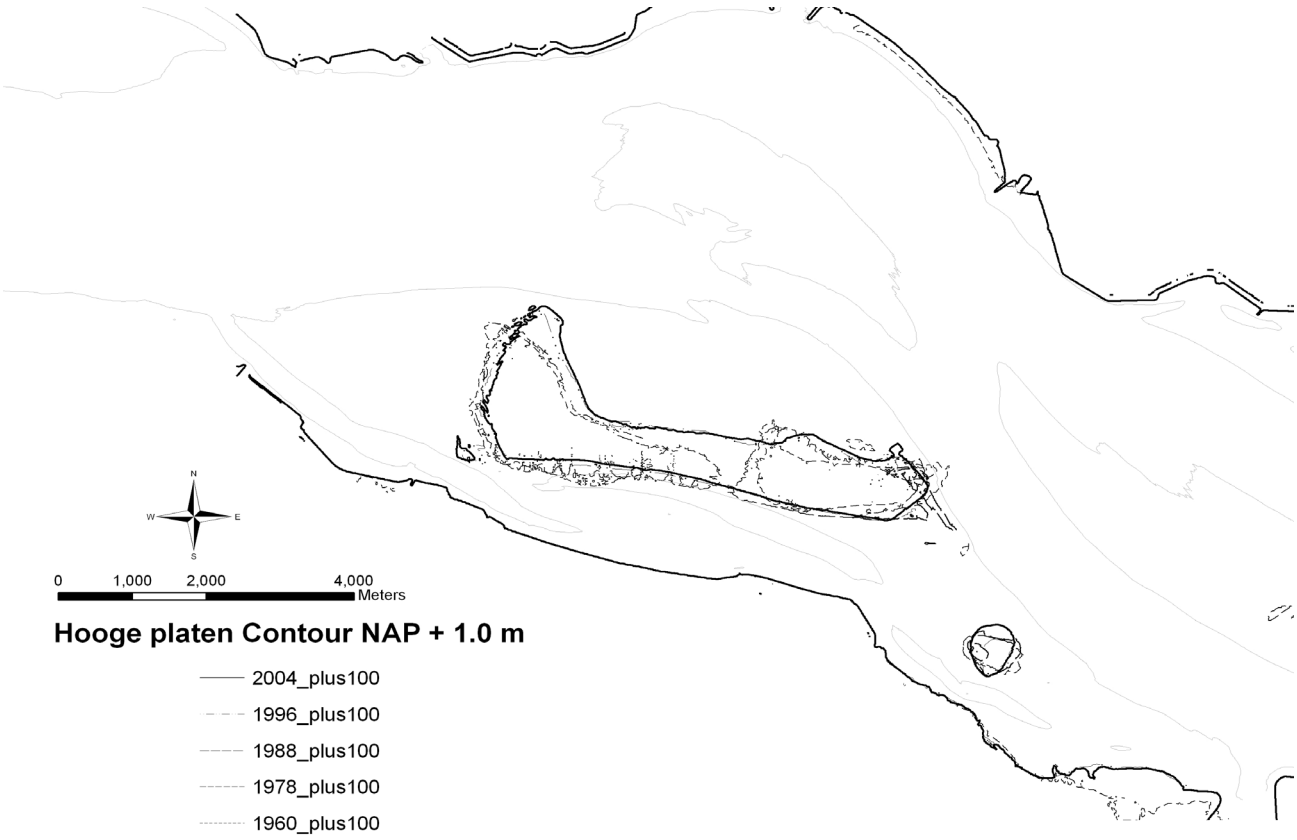
Bodemligging Hooge Platen 1959 (boven) en 2004 (onder)

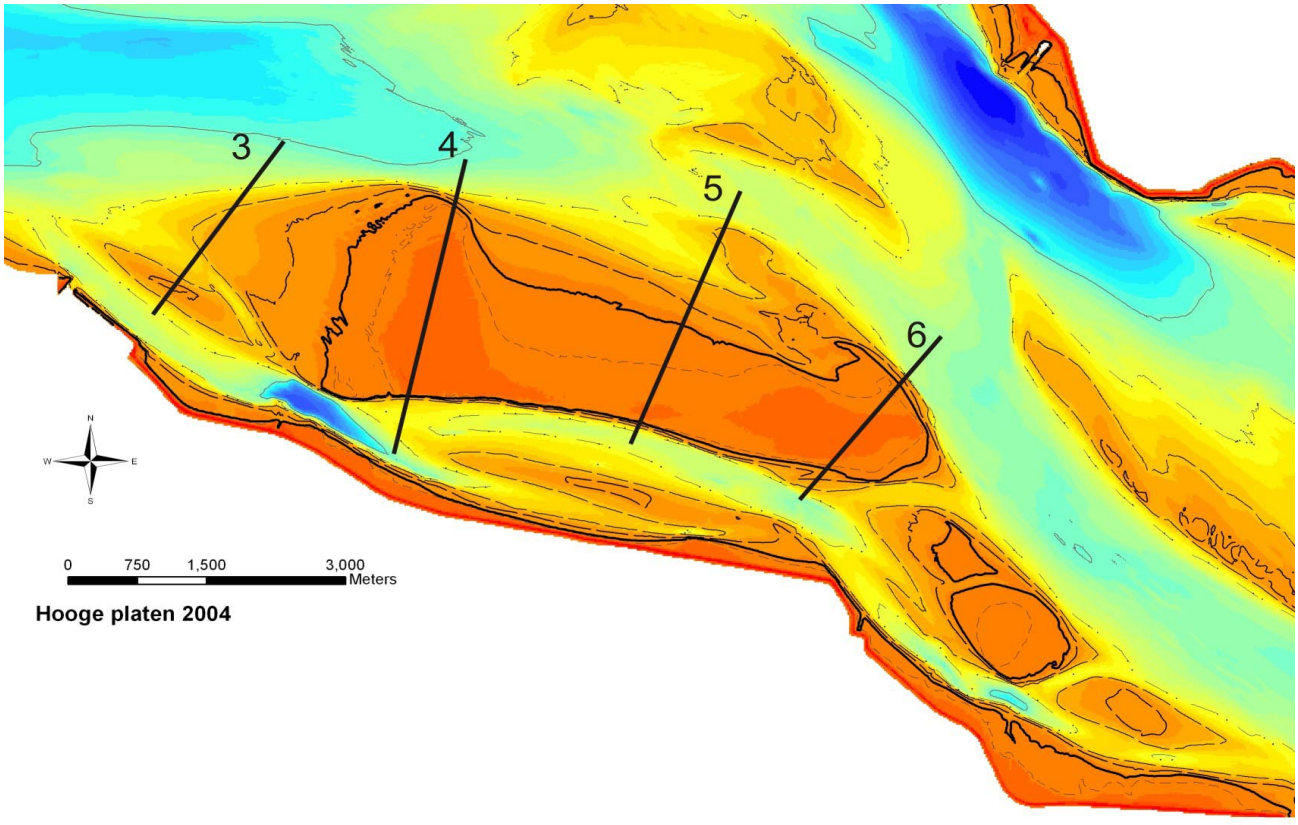




Kaart Hooge platen met contouren geulen (NAP -10 m) en contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.1.3

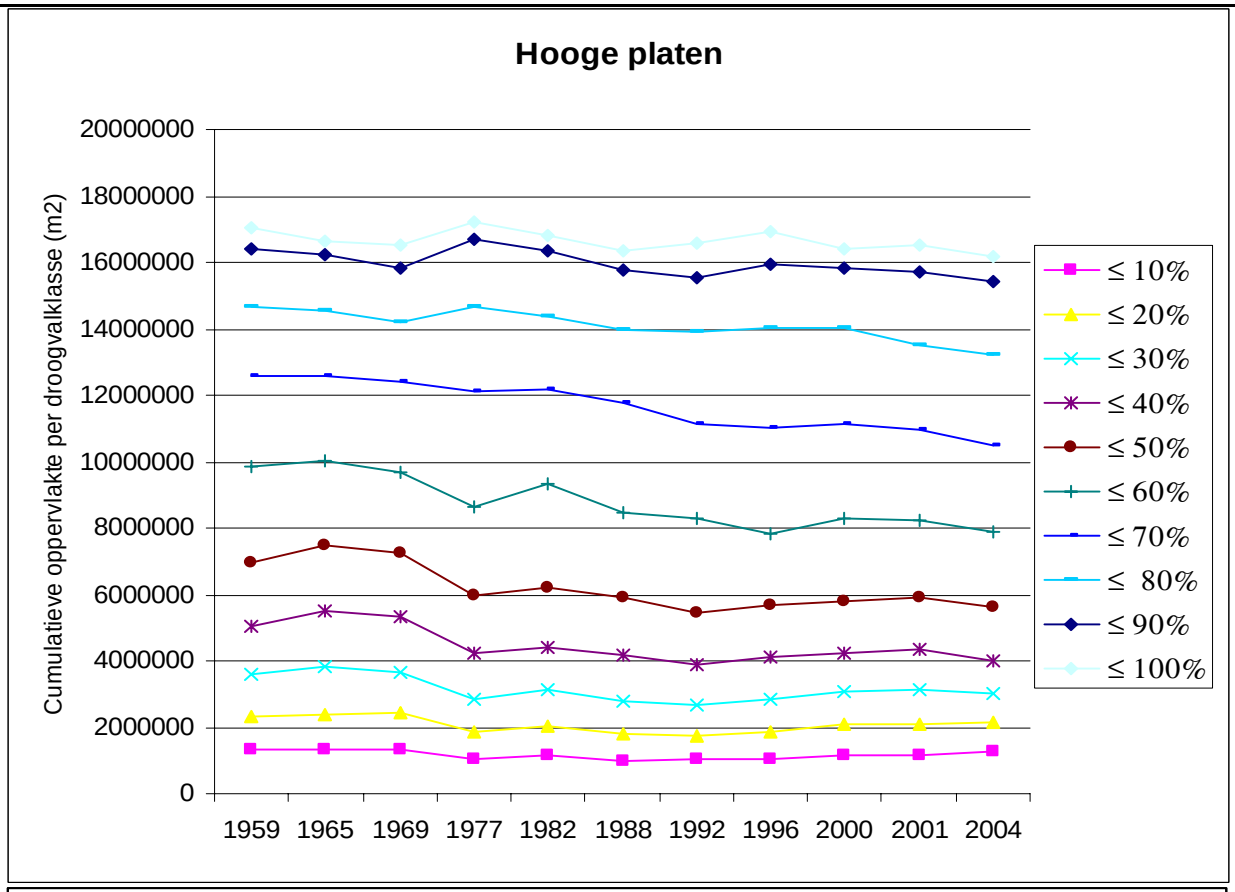


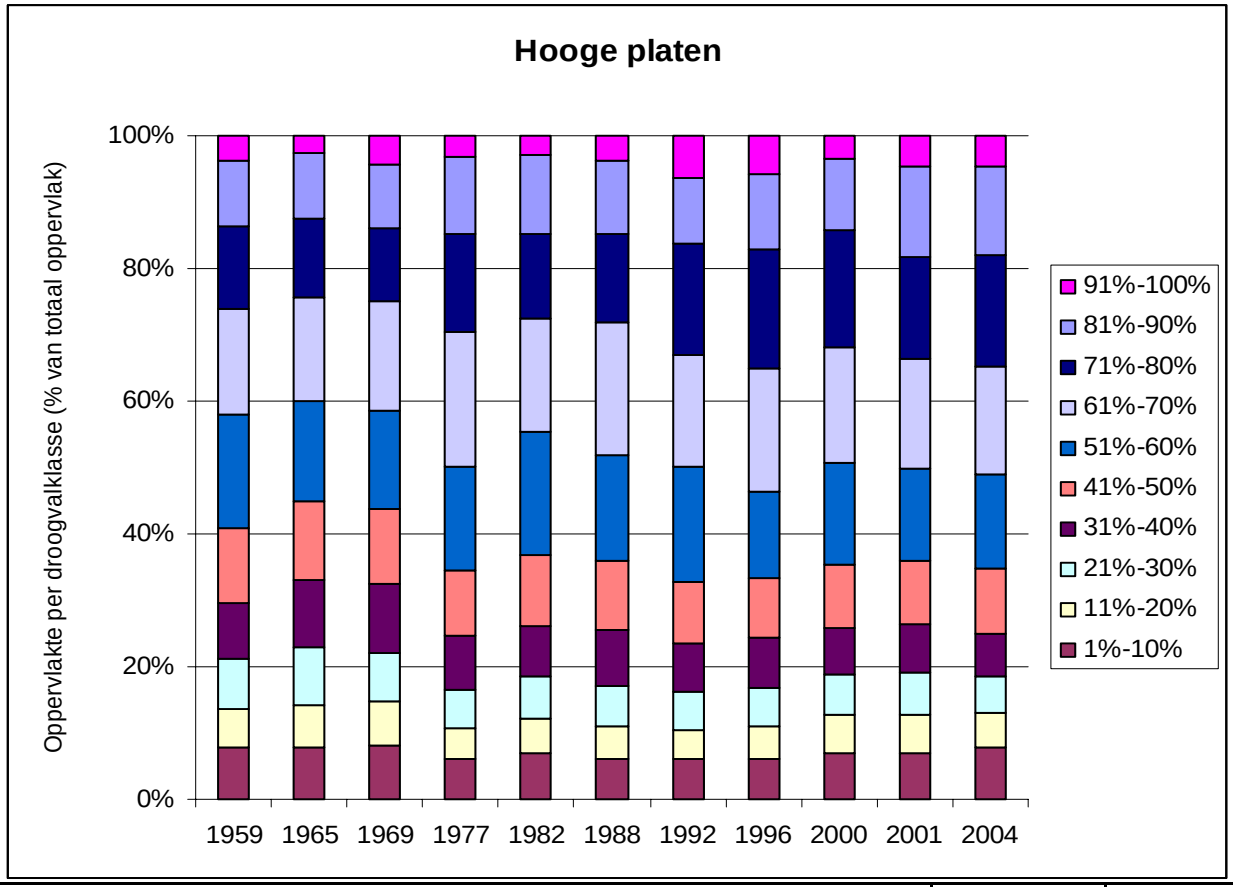


Kaart Hooge platen met contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m)

Kaart metlocatie van profielen Hoogeplaten (bodemligging 2004)

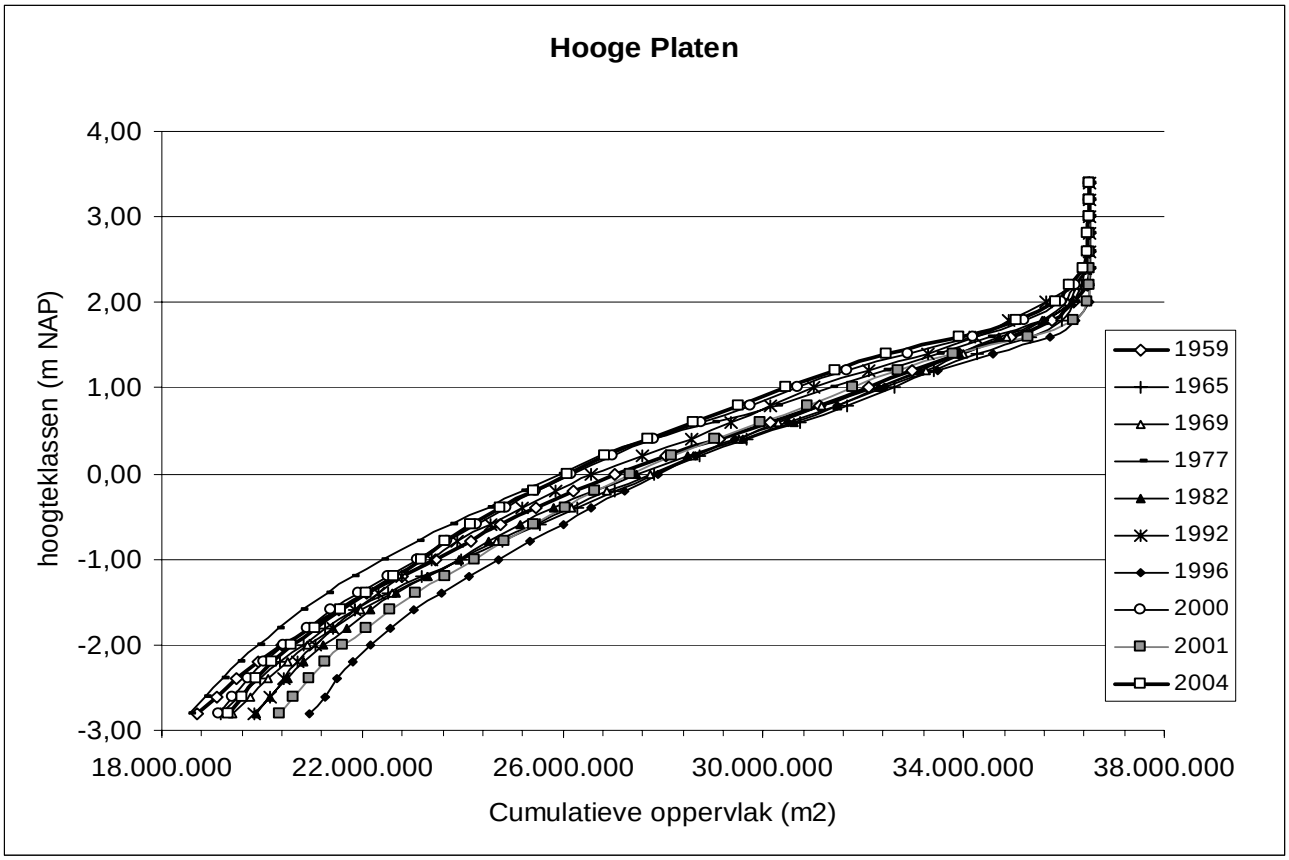
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.1.4

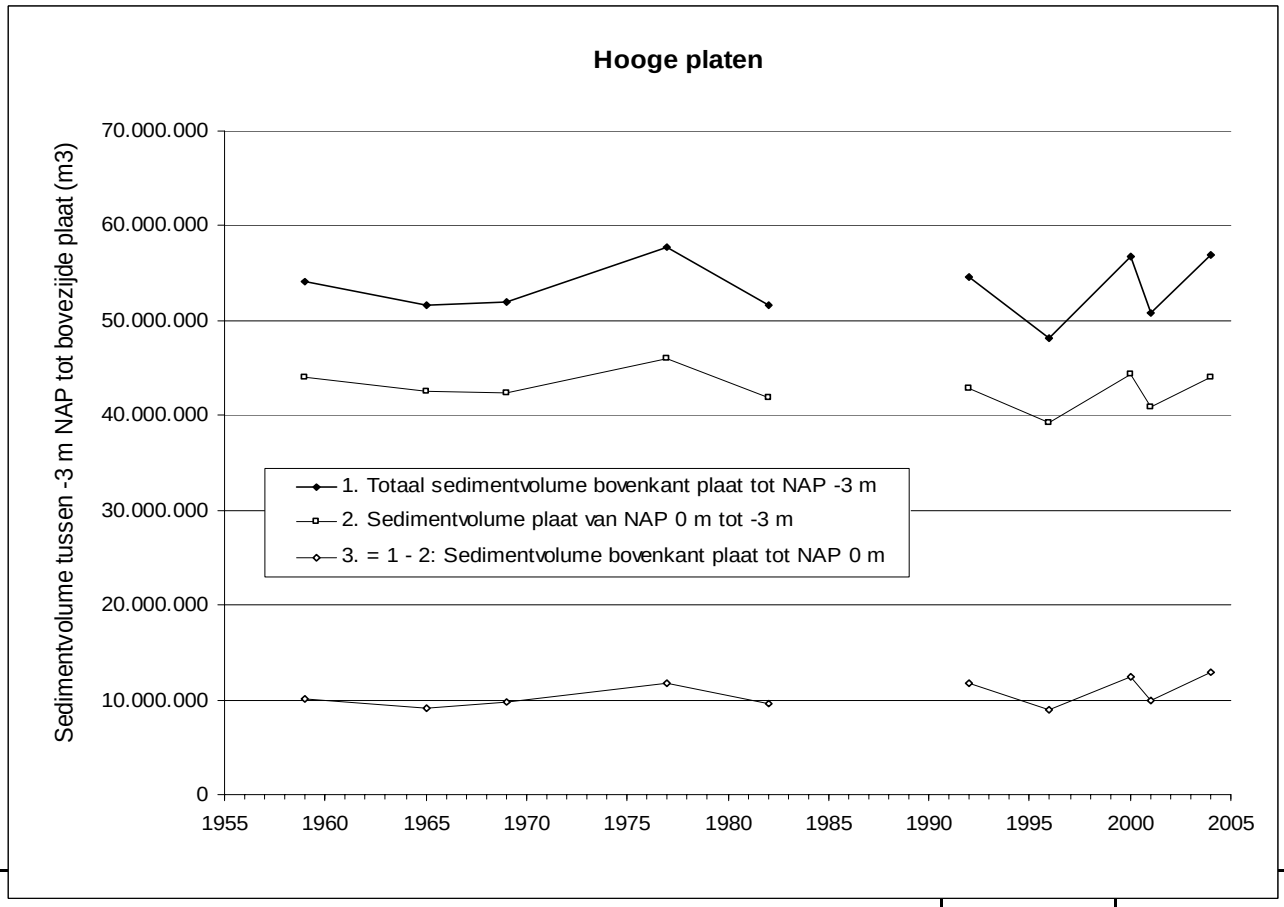




Grafiek van areaal (m2) Hooge Plaaten in verschillen droogvalpercentages

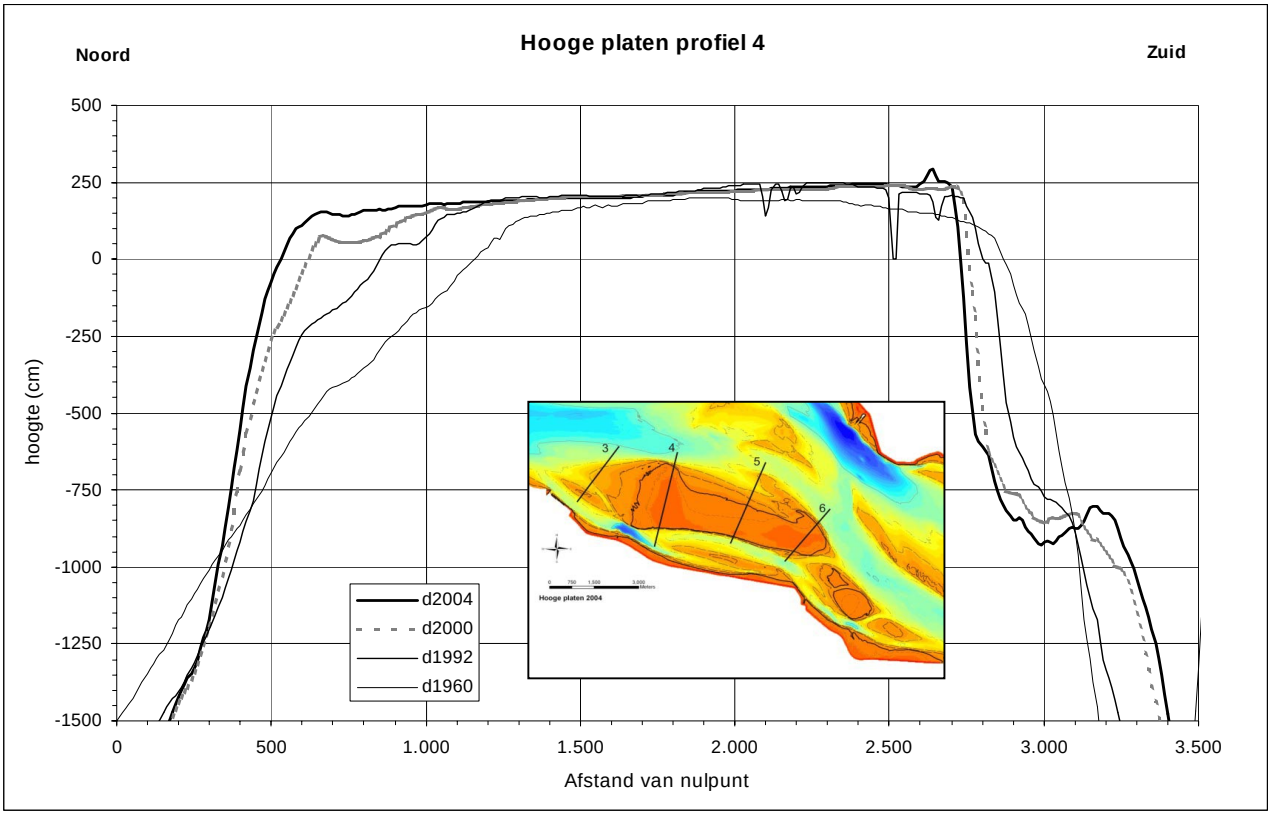
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages

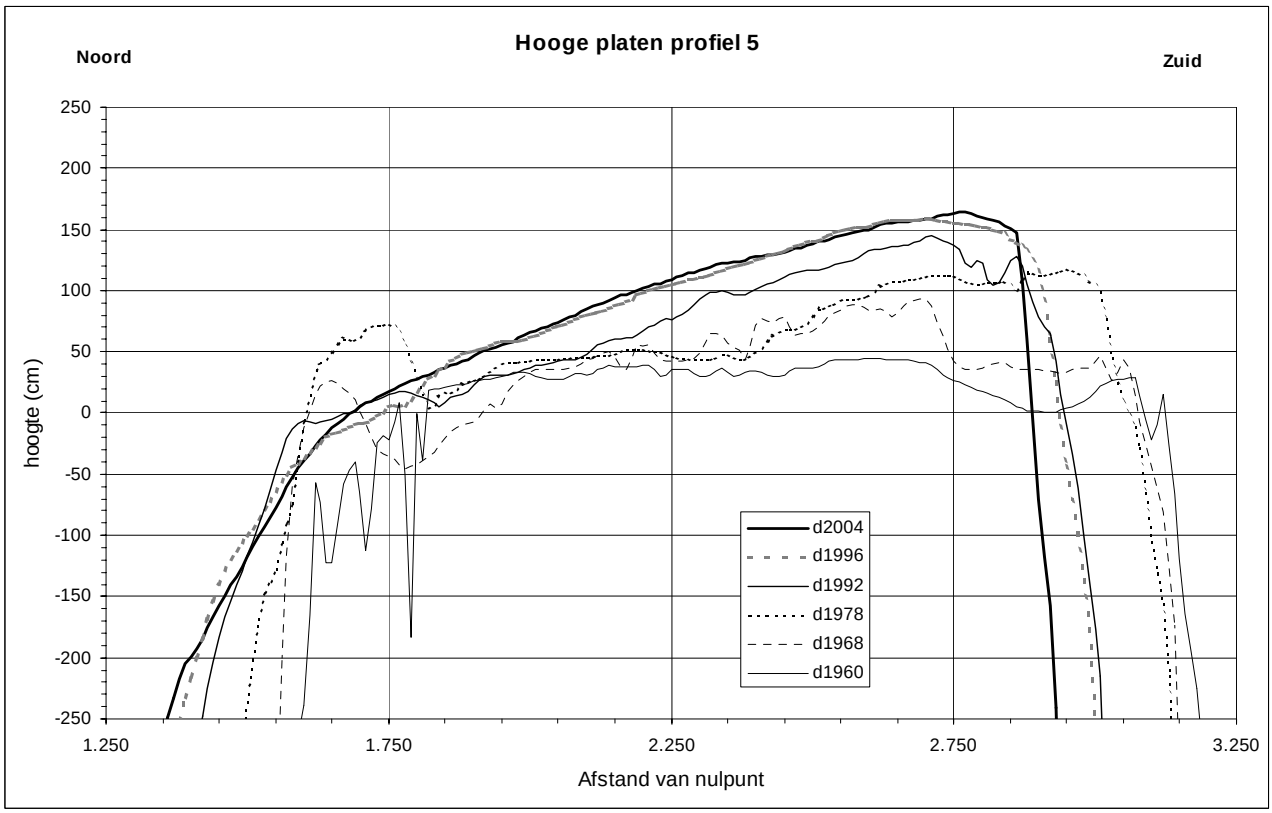




Hypsometrische curve van de Hooge platen (cumulatieve areaal per hoogte)

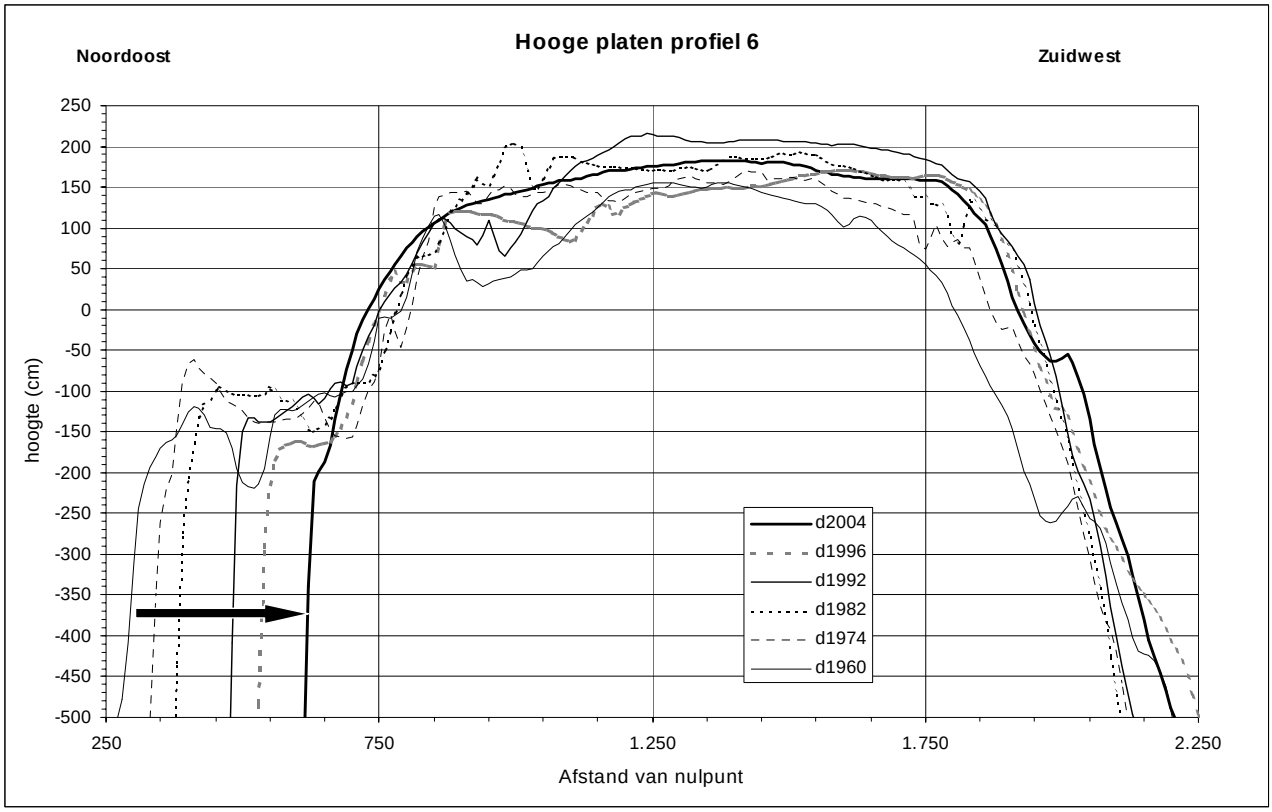
Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen

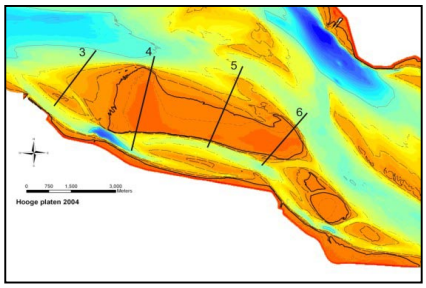




Profiel 4 over de Hoge plaat (locatie profiel in figuur 5.1.4)

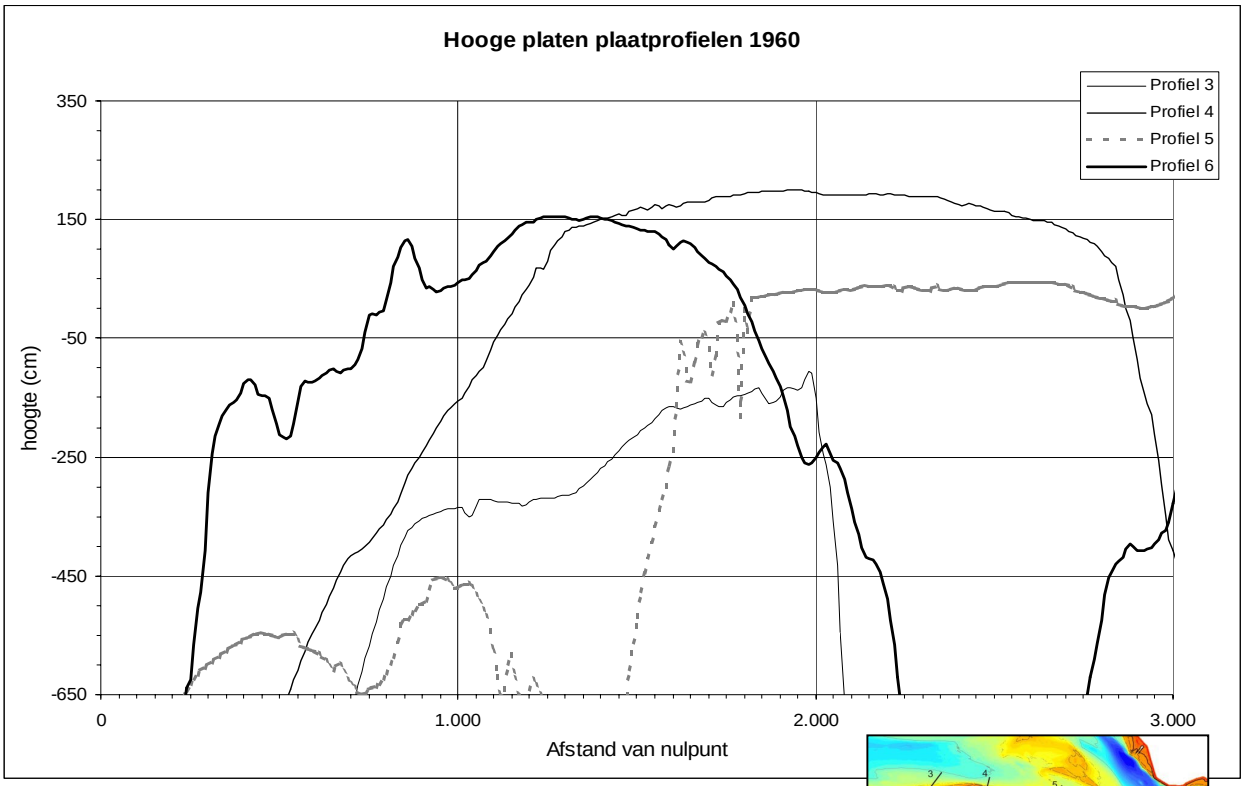
Profiel 5 over de Hoge plaat (locatie profiel in figuur 5.1.4)

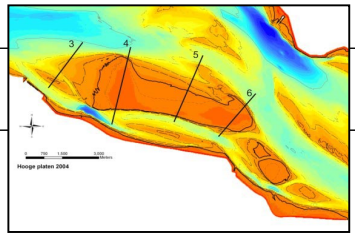


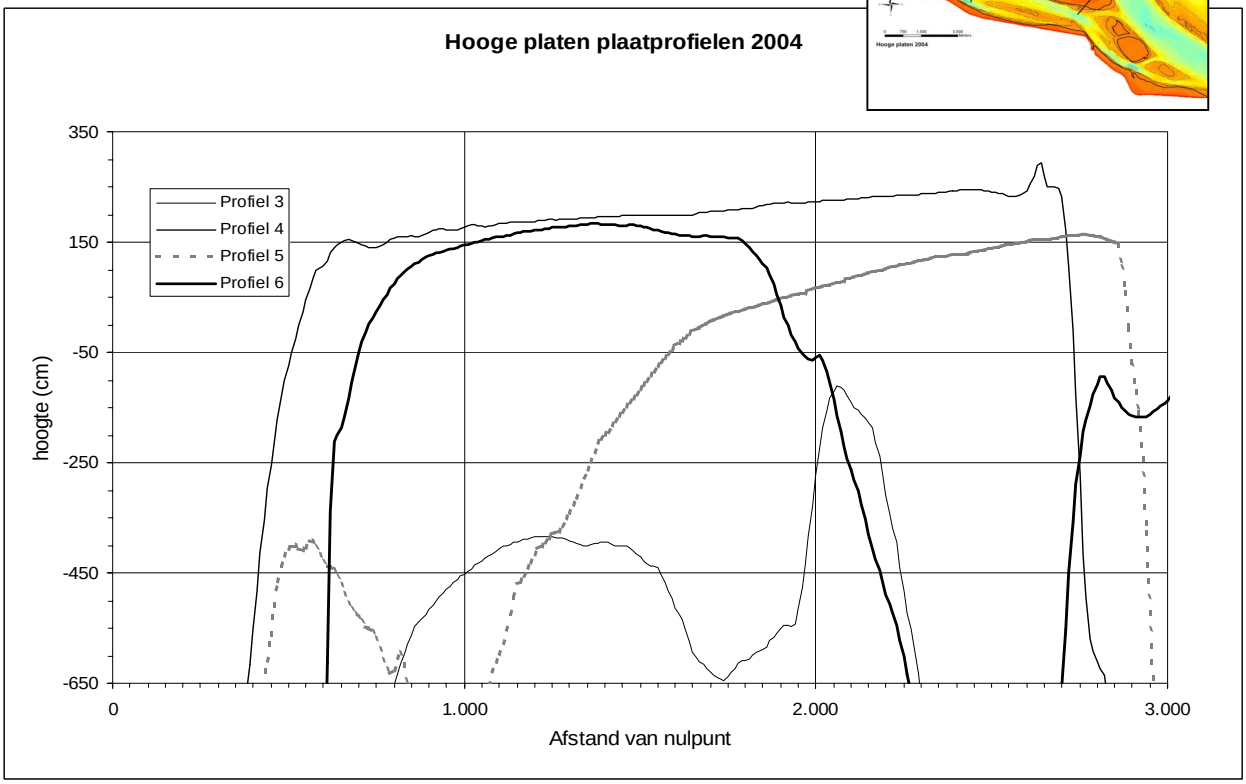


Profiel 6 over de Hoge plaat (locatie profiel in figuur 5.1.4)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.1.8



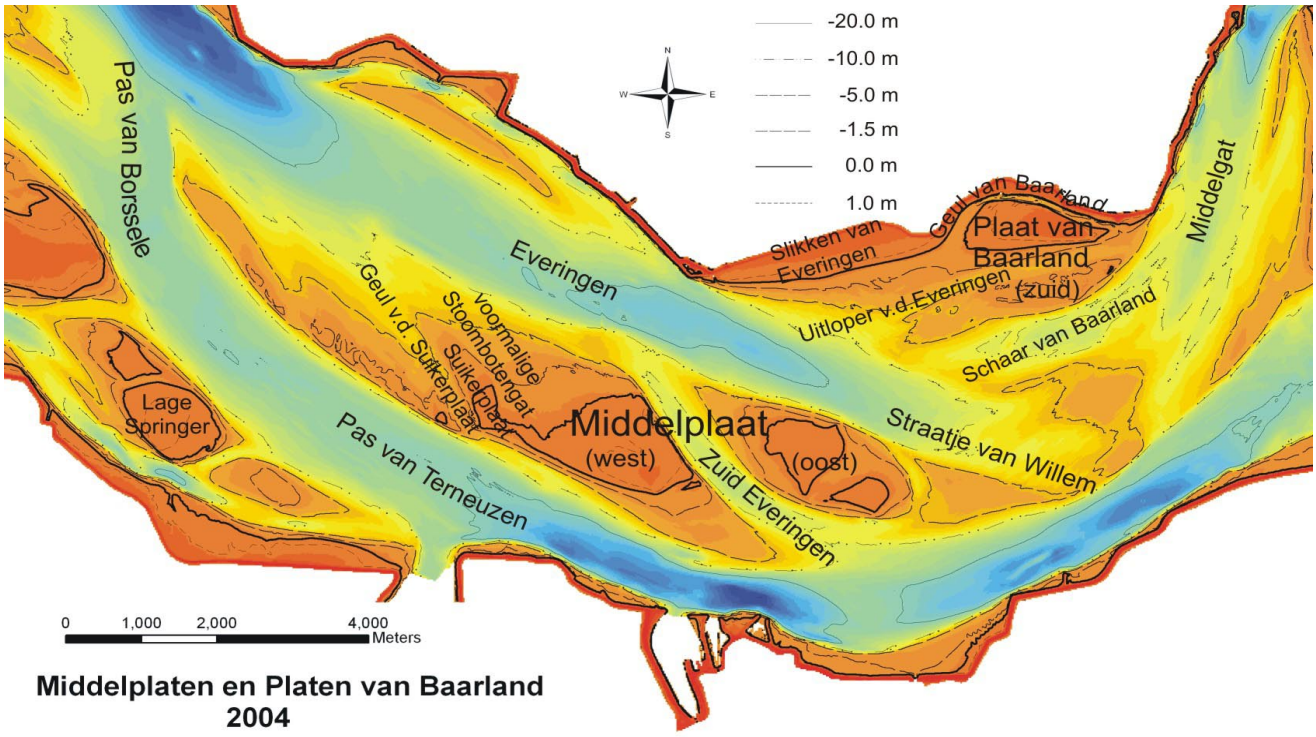




Verschillende profielen uit 1960 over de Hoge plaat

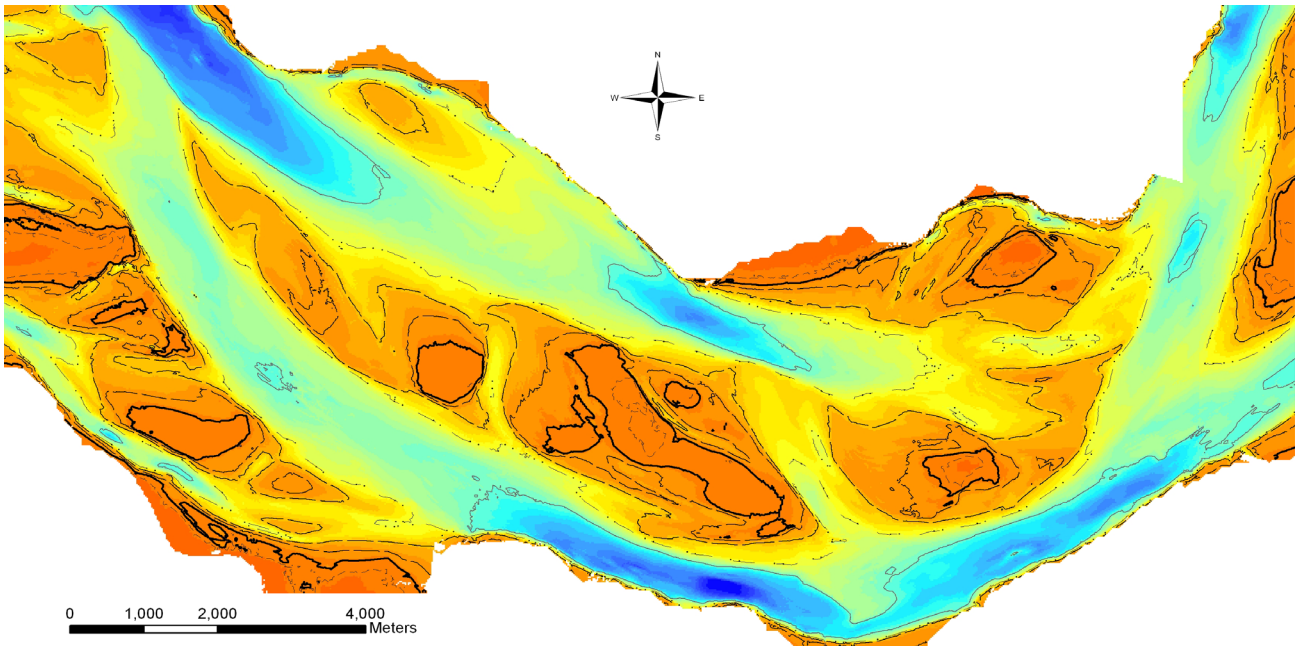
Verschillende profielen uit 2004 (locaties profielen in figuur 5.1.4)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.1.9

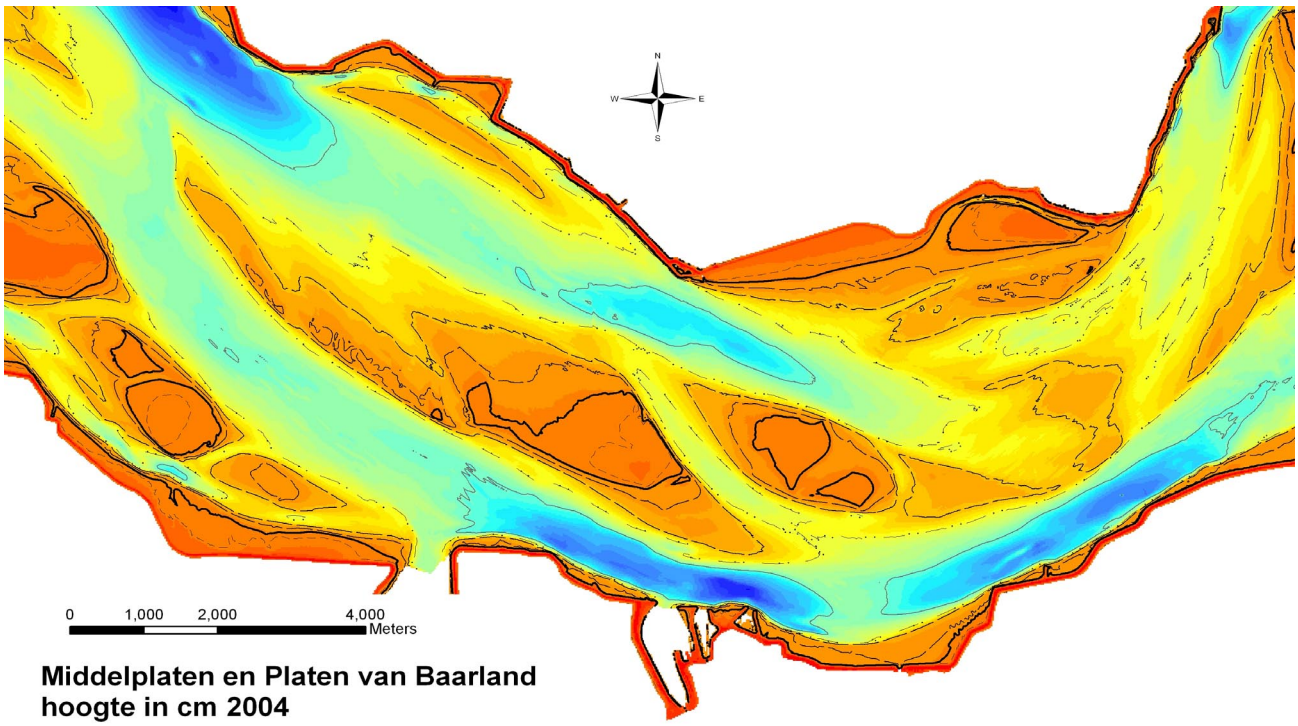


Middelplaten en Platen van Baarland 2004

Kaart met morfologische eenheden en namen op en rond de Middelplaat en de Plaat van Baarland			
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.2.1



Middelplaten en Platen van Baarland
hoogte in cm 1960 (west) & 1959 (oost)



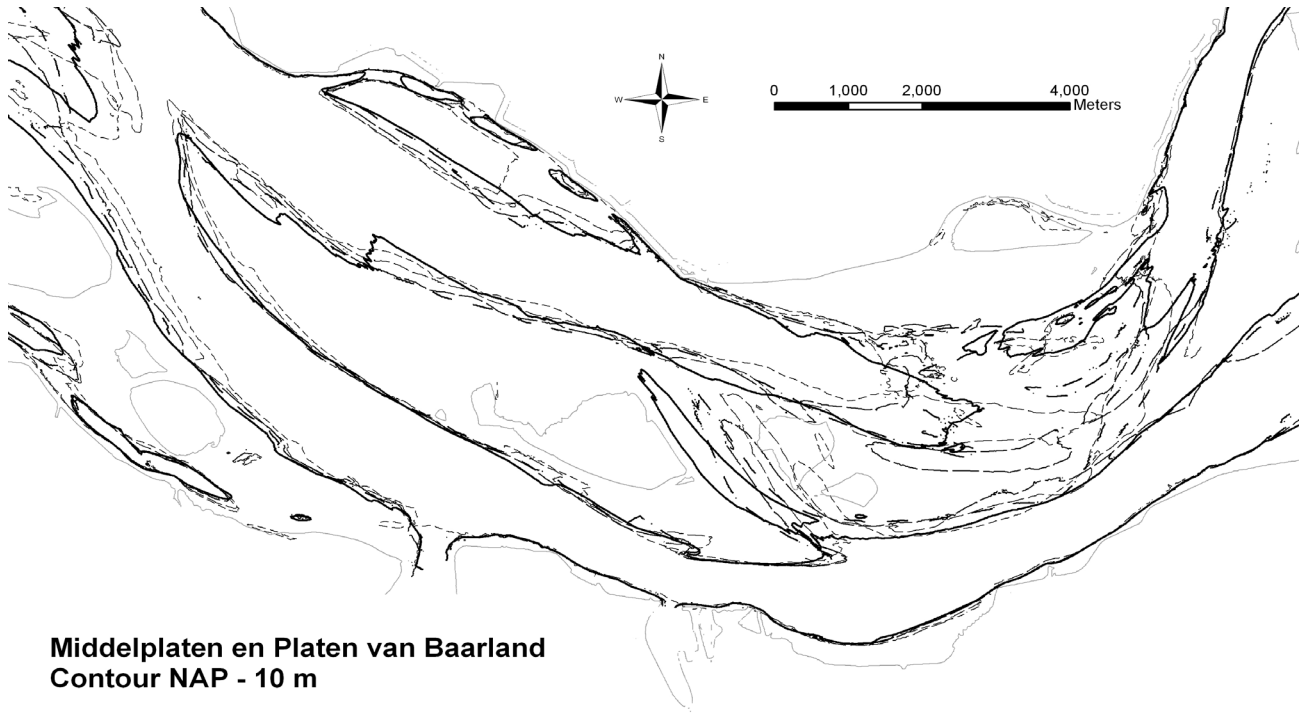
Middelplaten en Platen van Baarland
hoogte in cm 2004

totaal_2004beter
CONTOUR
-2000
-1000
-500
-150
0
100
Value
d2004
-6,207 - -5,419
-5,418 - -4,802
-4,801 - -4,328
-4,327 - -3,928
-3,927 - -3,586
-3,585 - -3,291
-3,290 - -3,022
-3,021 - -2,774
-2,773 - -2,559
-2,558 - -2,371
-2,370 - -2,192
-2,191 - -2,026
-2,025 - -1,873
-1,872 - -1,723
-1,722 - -1,563
-1,562 - -1,395
-1,394 - -1,245
-1,244 - -1,118
-1,117 - -995
-994 - -870
-869 - -735
-734 - -596
-595 - -439
-438 - -240
-239 - -36
-35 - 157
158 - 349
350 - 534
535 - 721
722 - 1,123

Bodemligging van de Middelplaat en de Plaat van Baarland

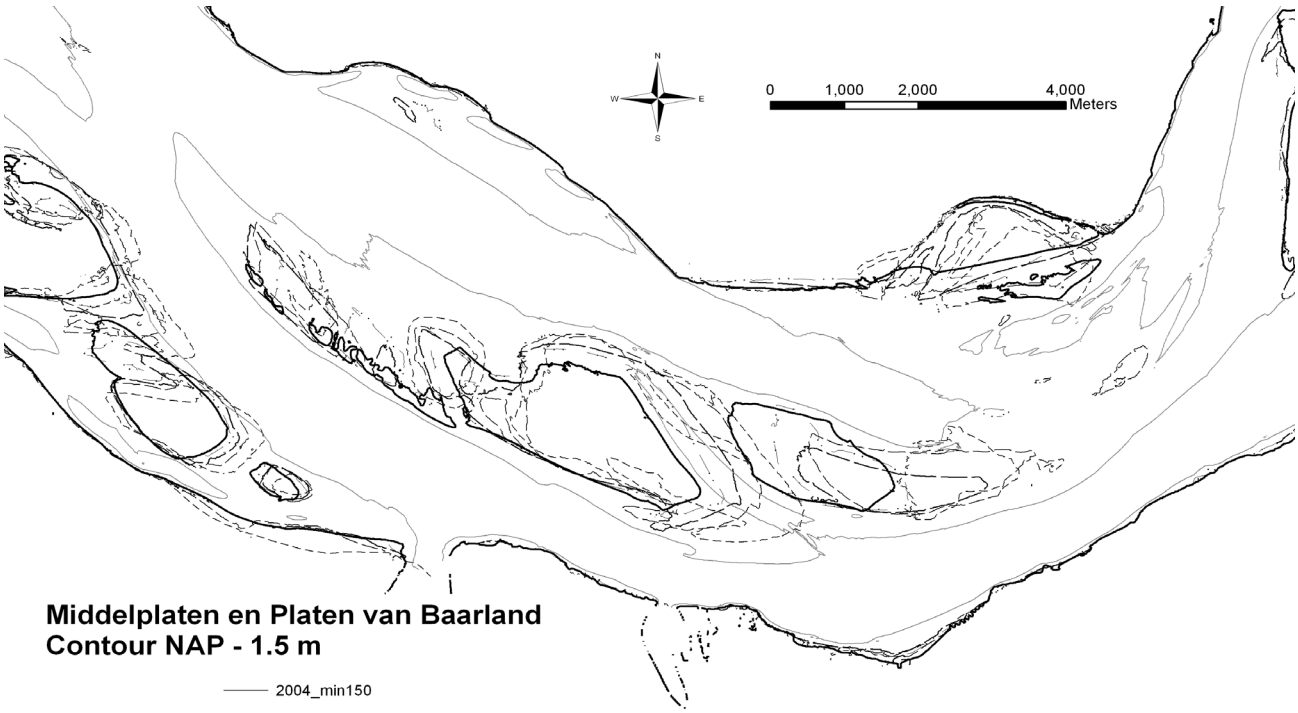
1959 (boven) en 2004 (onder)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.2.2



Middelplaten en Platen van Baarland
Contour NAP - 10 m

2004_min1000
1996_min1000beter
1988_min1000
1978_min1000
1960_min1000



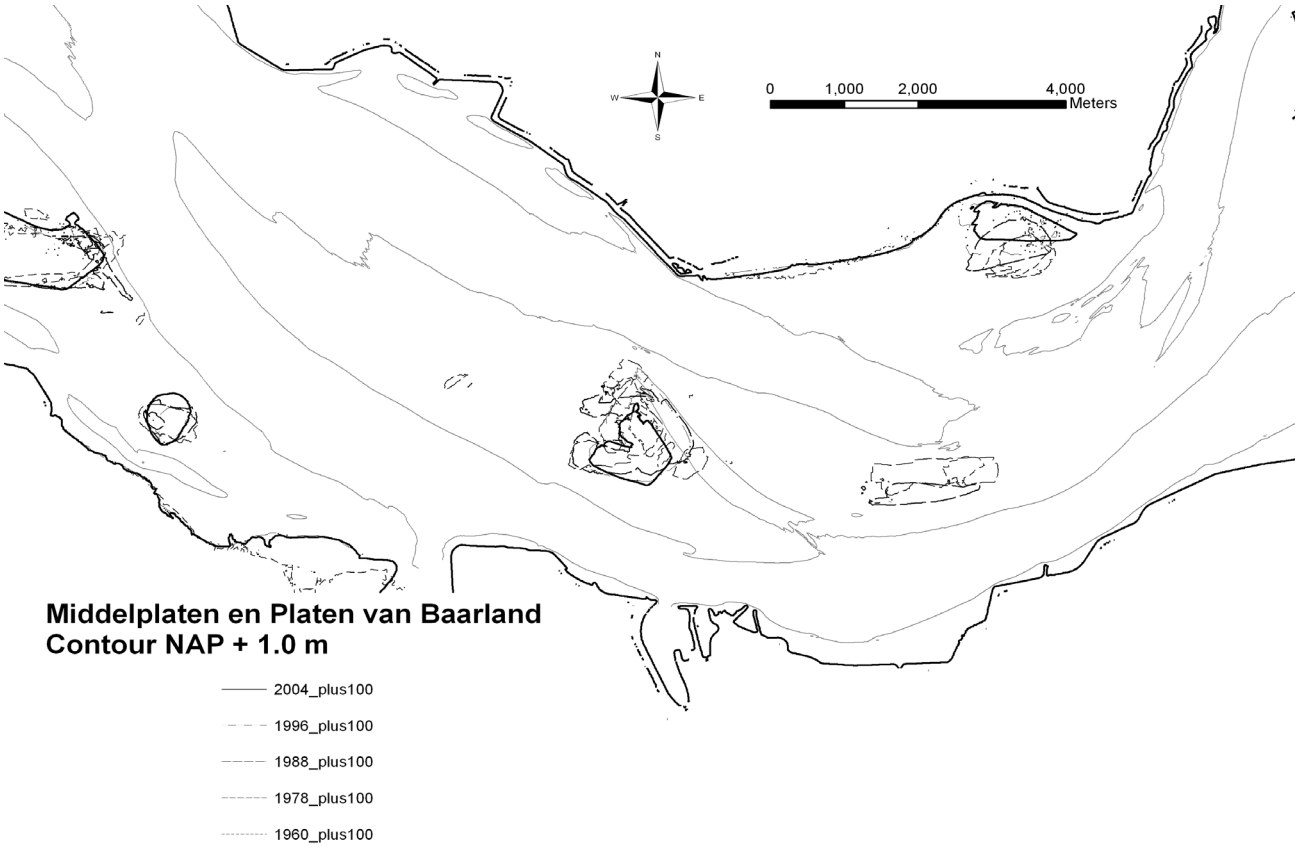
Middelplaten en Platen van Baarland
Contour NAP - 1.5 m

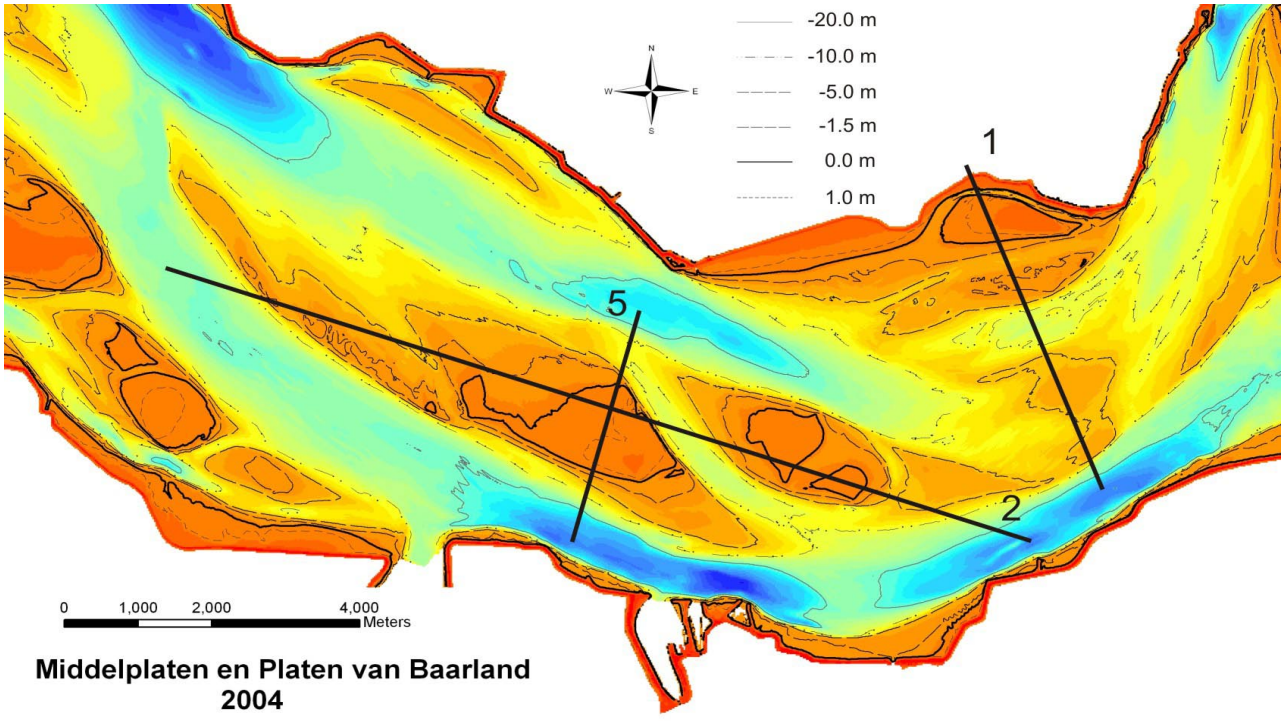
2004_min150
1996_min150
1988_min150
1978_min150
1960_min150

Kaart contouren geulen (NAP -10 m) Middelplaat en Plaat van Baarland

contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.2.3

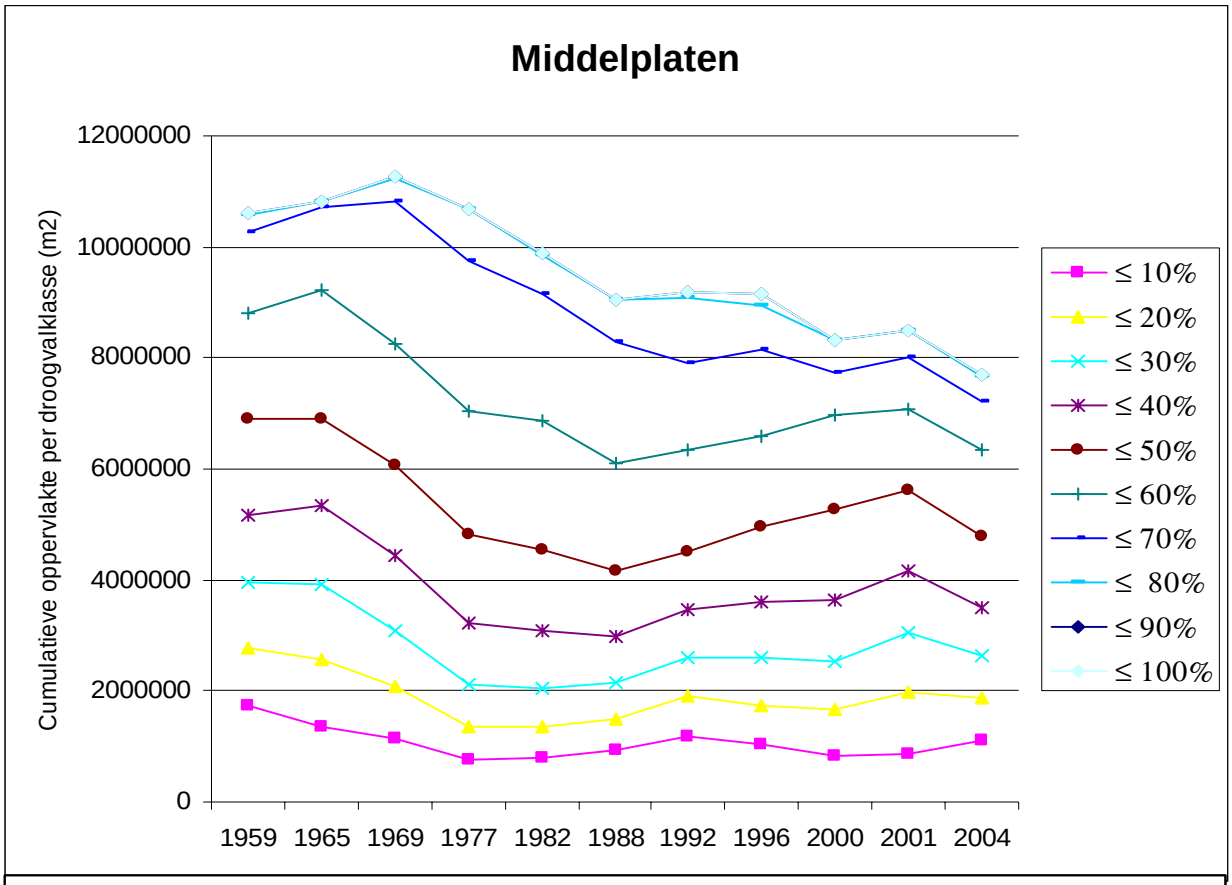


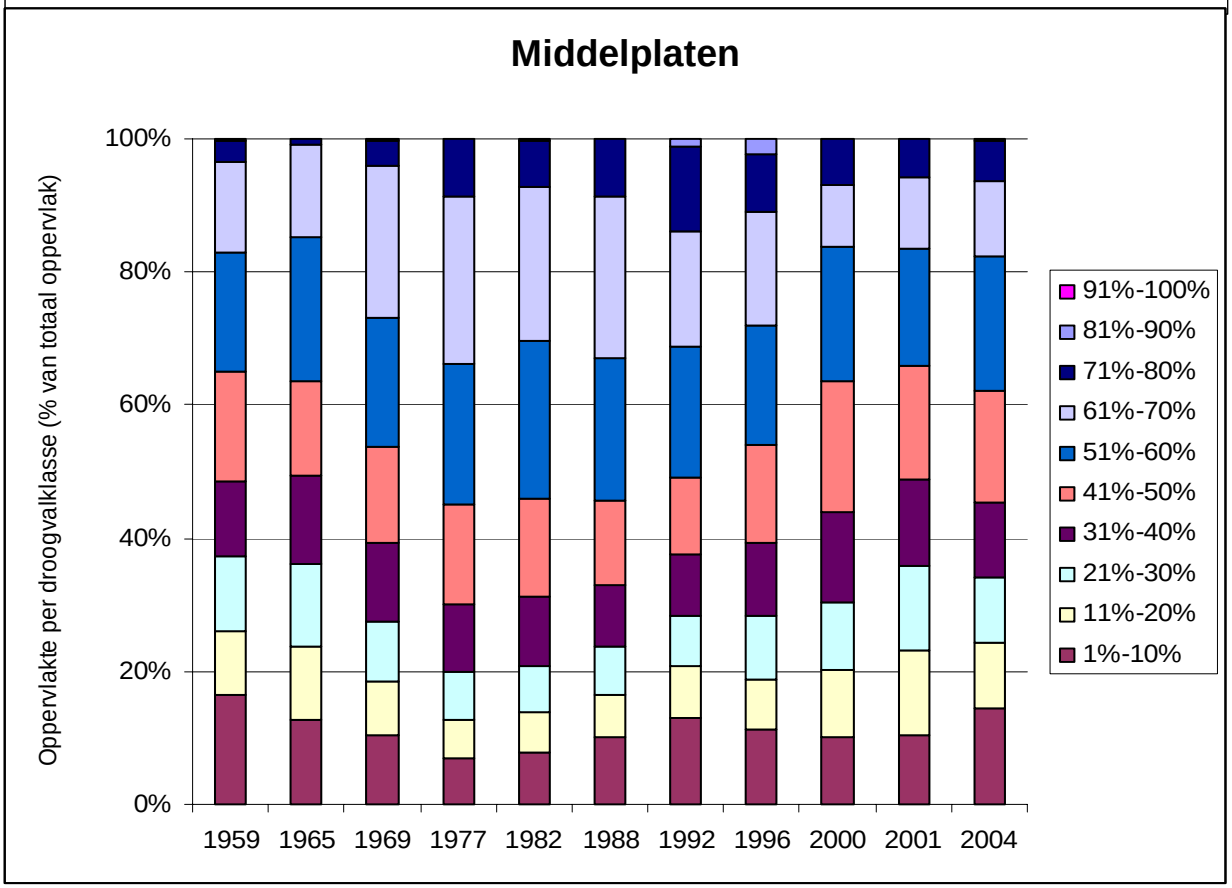


Kaart contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m)

Locatie van profielen Middelplaat en de Plaat van Baarland (bodem 2004)

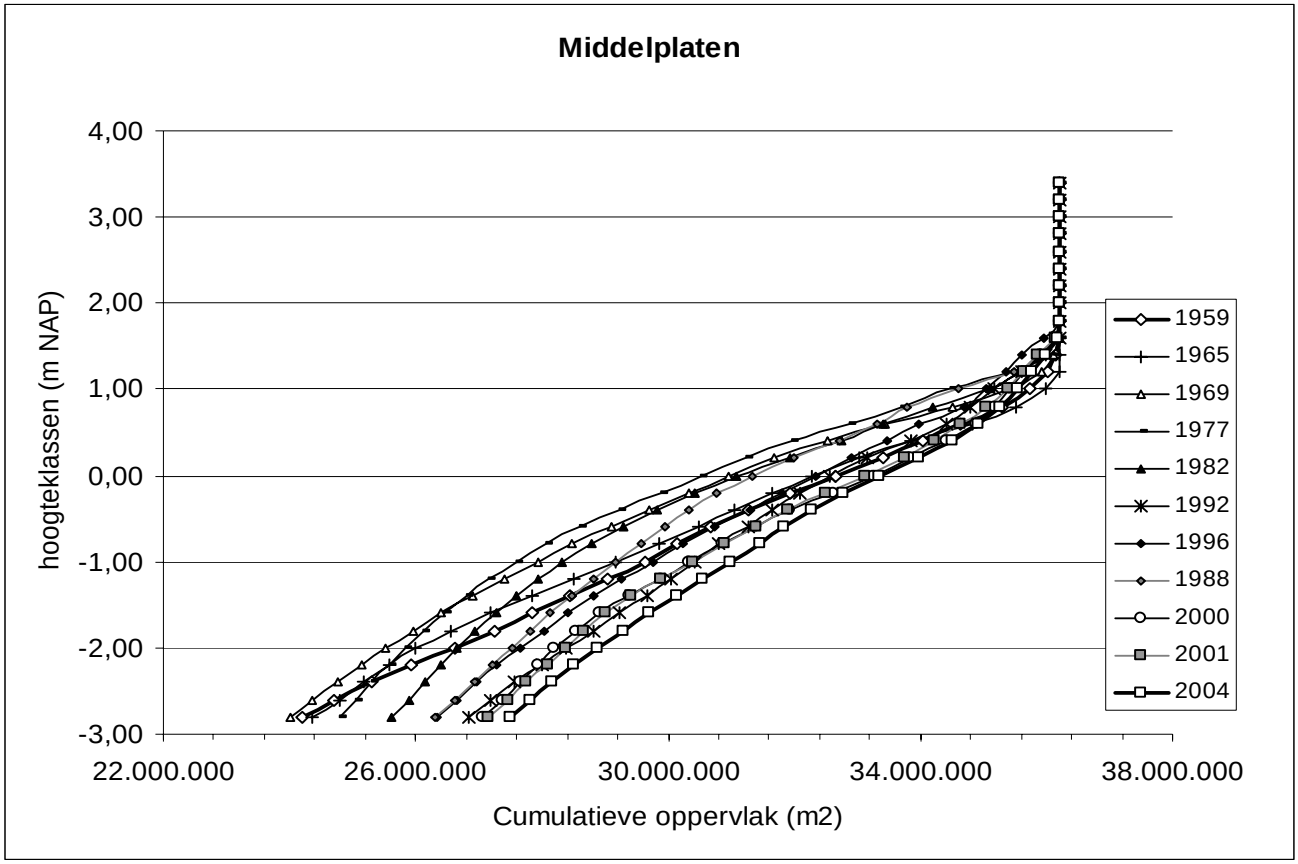
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.2.4

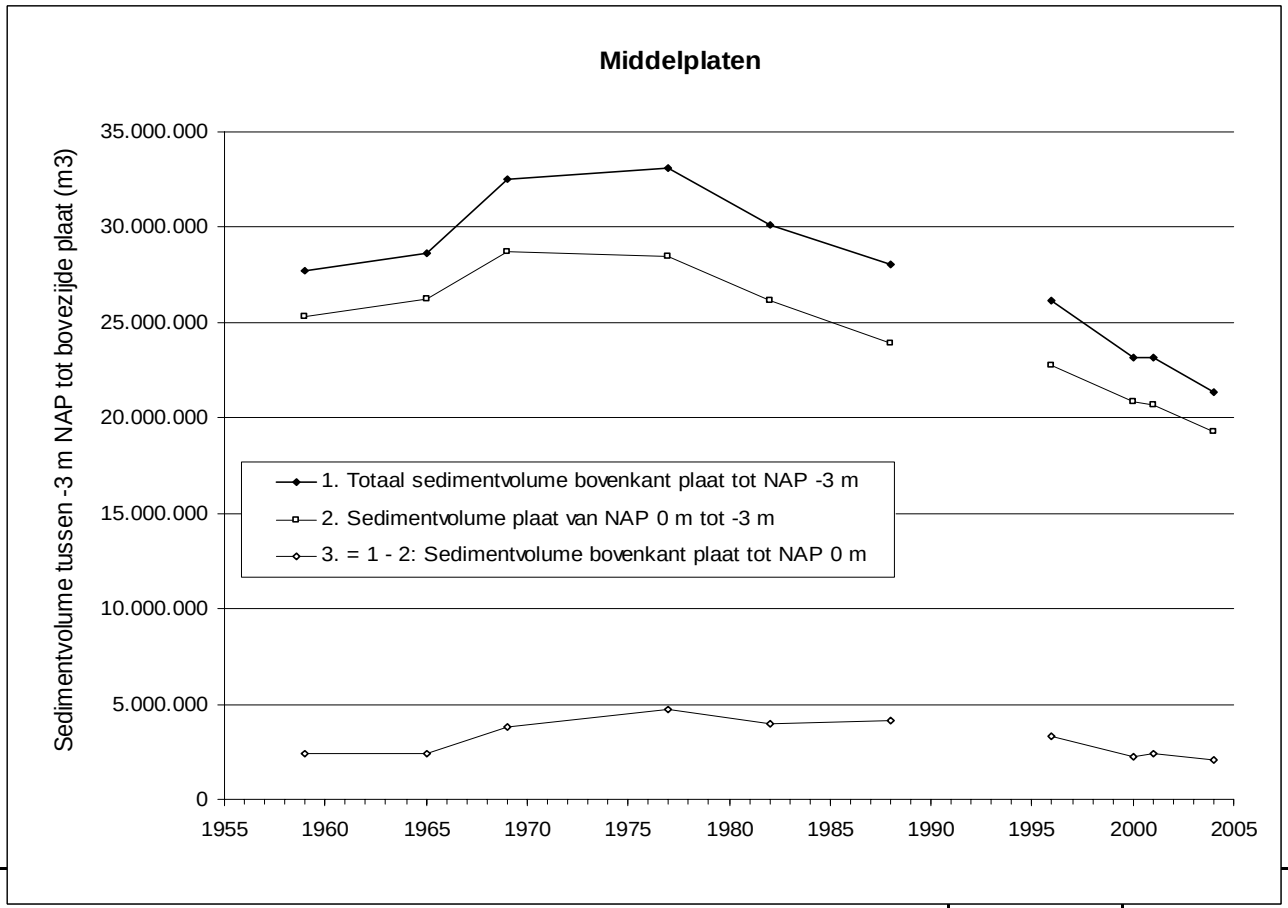




Grafiek van areaal Middelplaat(m2) in verschillen droogvalpercentages

Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages

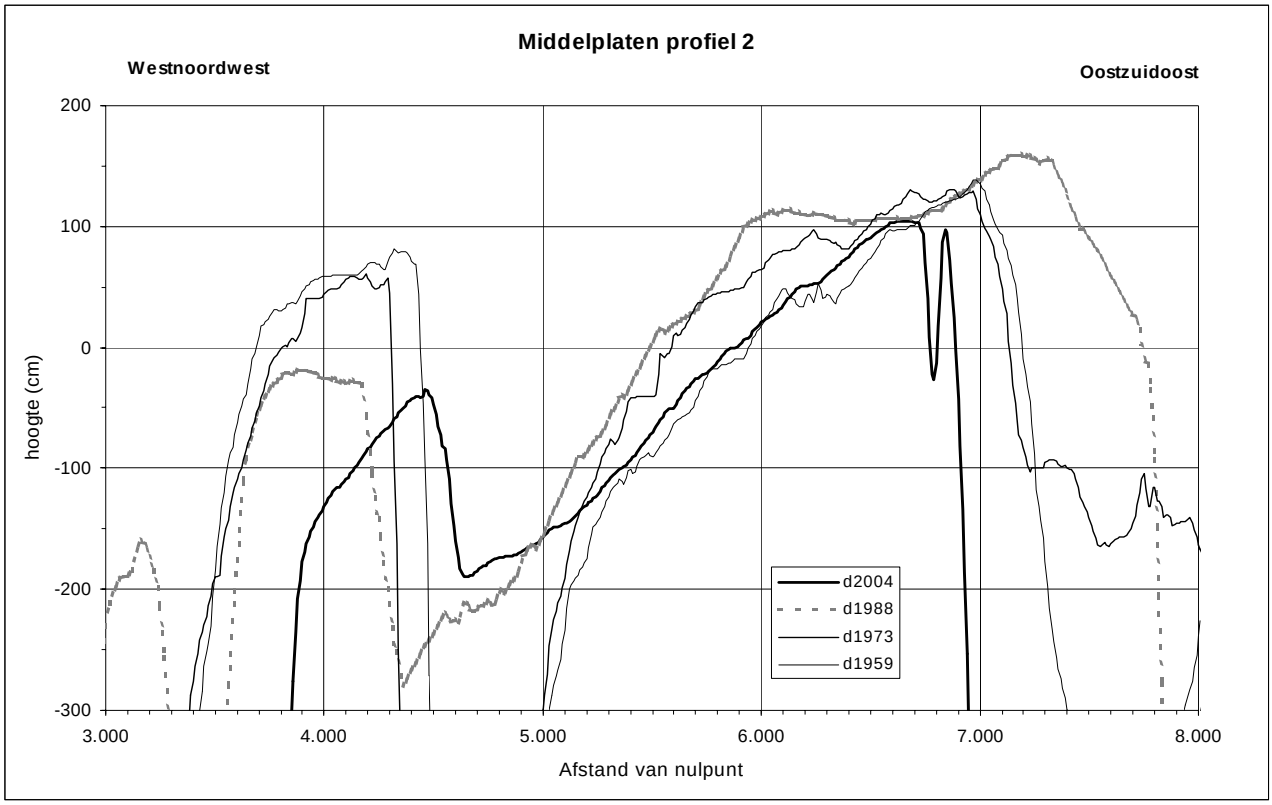


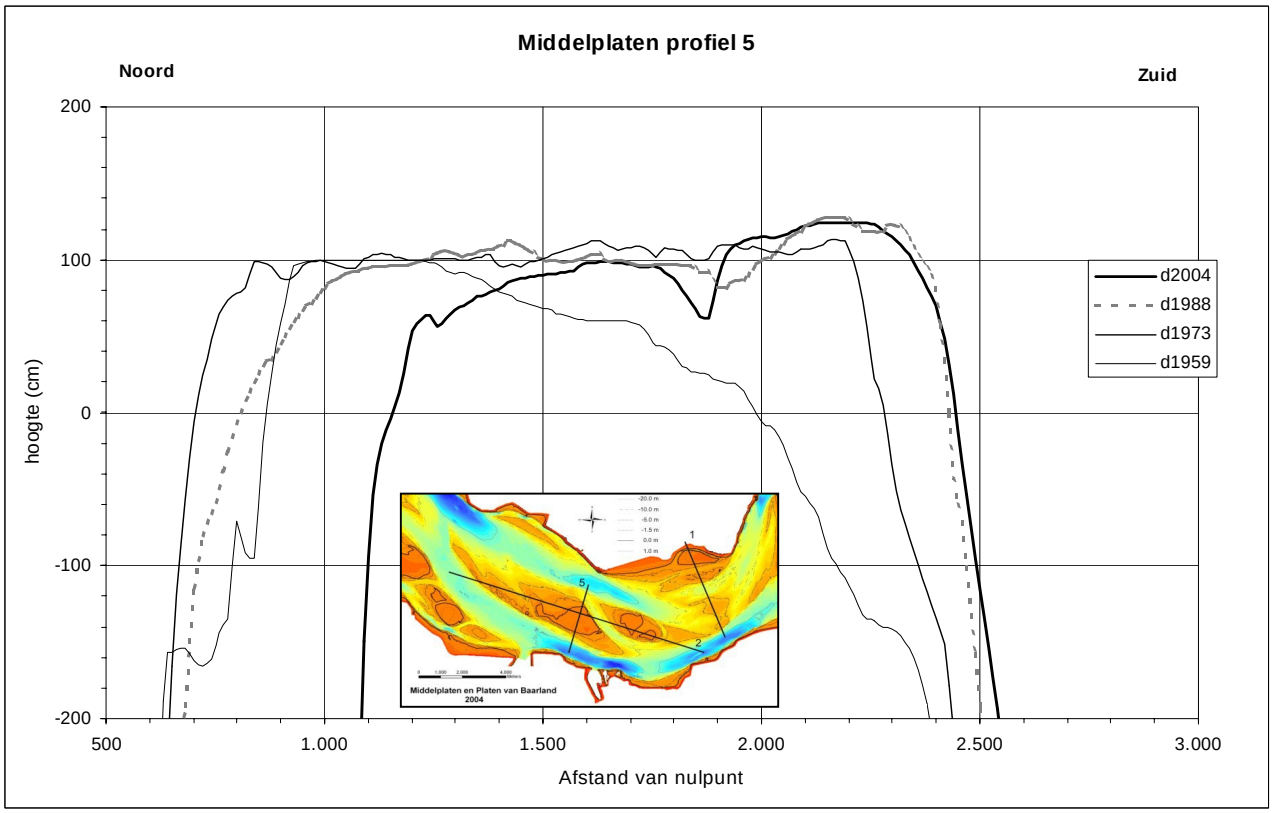


Hypsometrische curve van de Middelplaat (cumulatieve areaal per hoogte)

Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.2.6

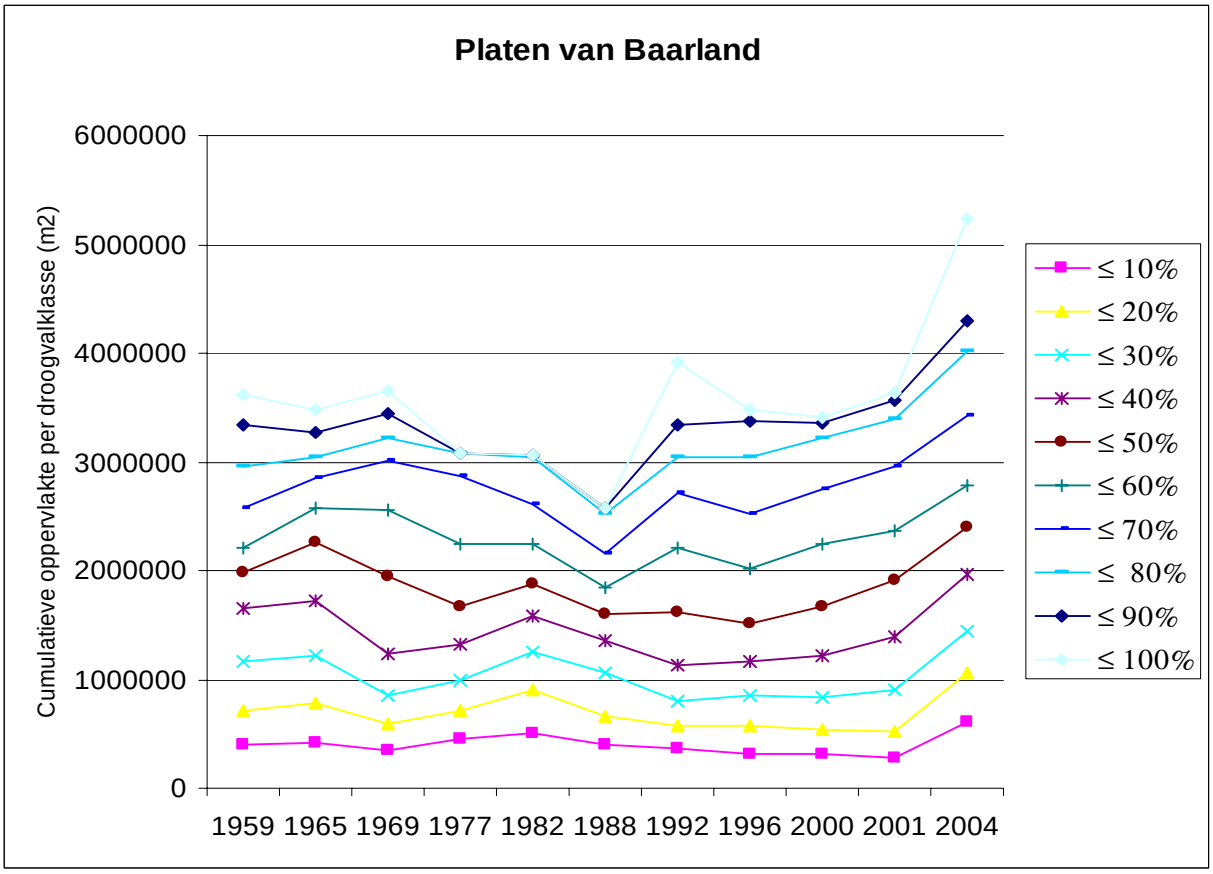


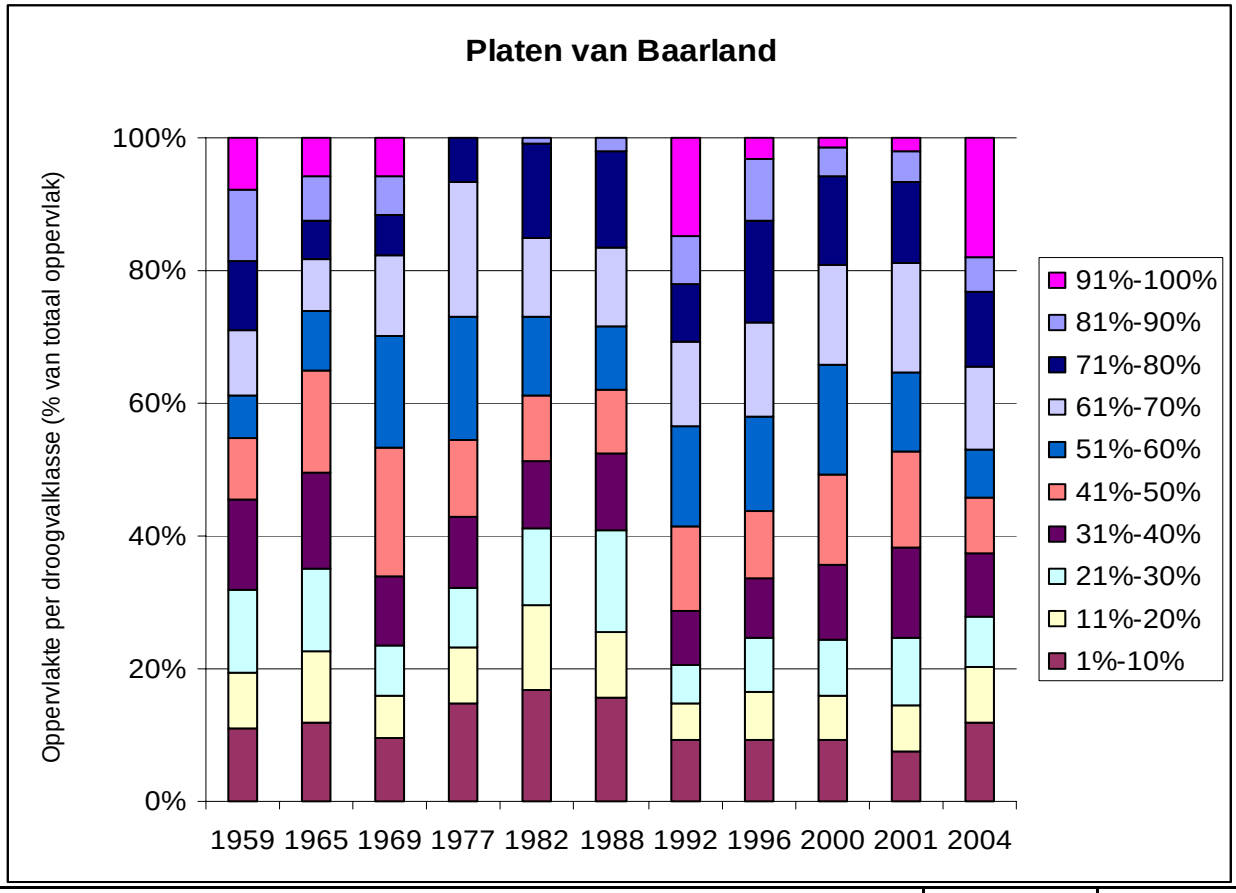


Profiel 2 over de Middelplaat

Profiel 5 over de Middelplaat (locatie profielen in figuur 5.2.4)

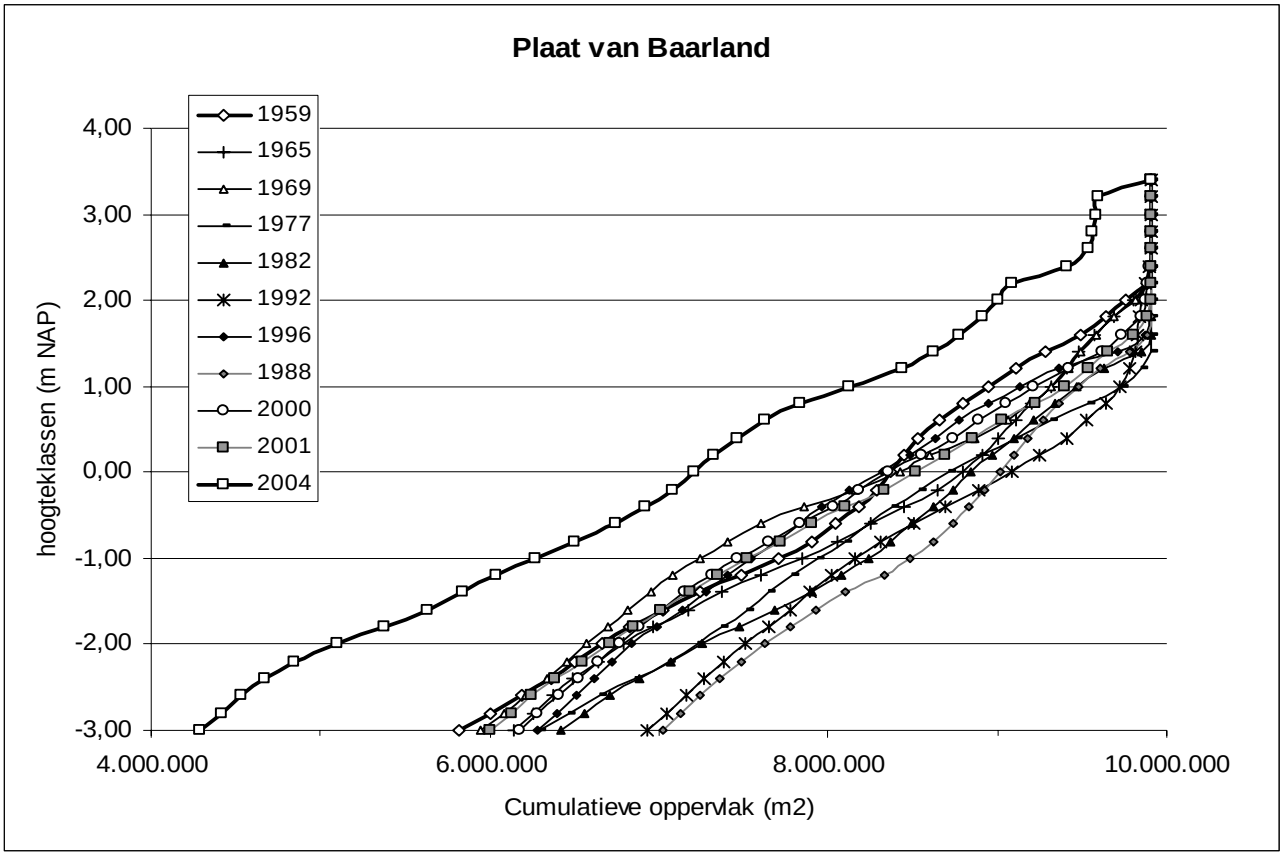
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.2.7

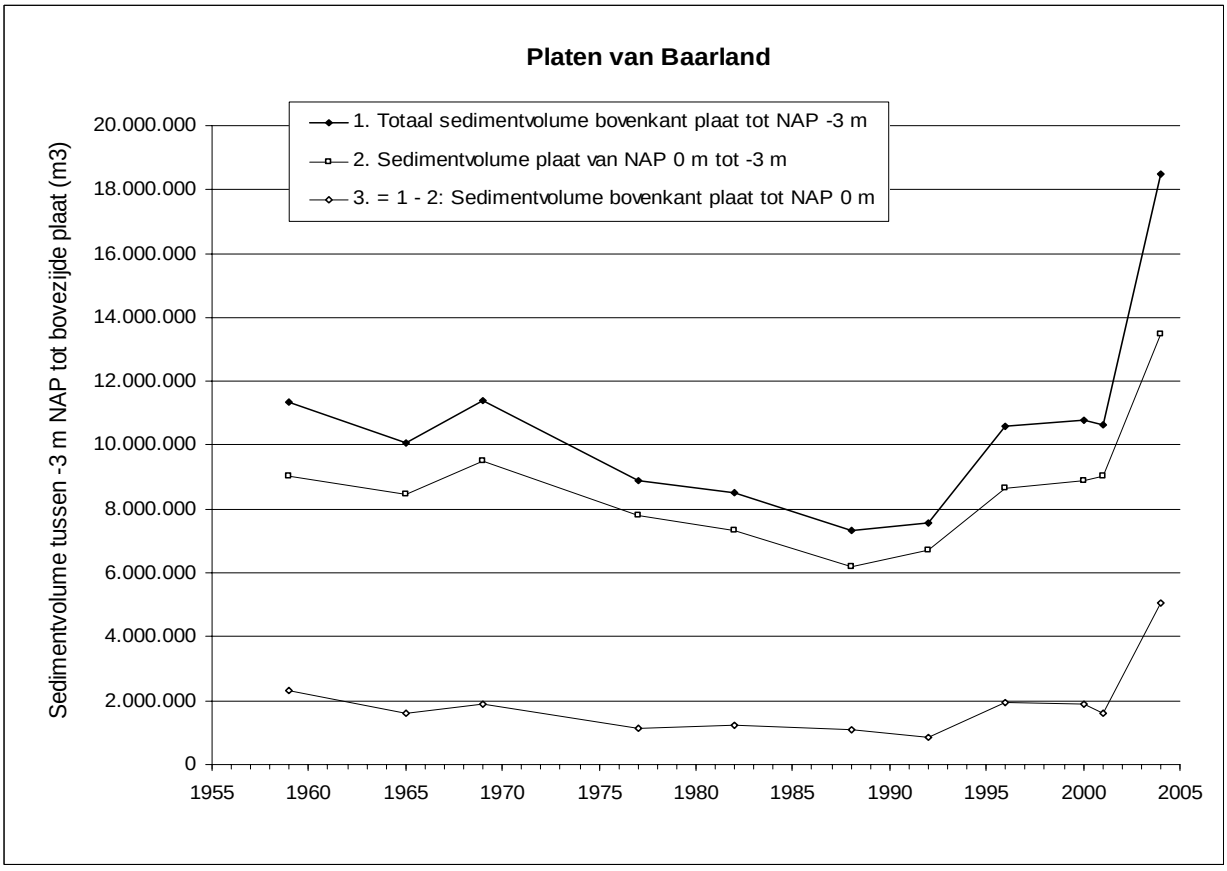




Grafiek arealen Plaat van Baarland (m2) in verschillen droogvalpercentages

Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages

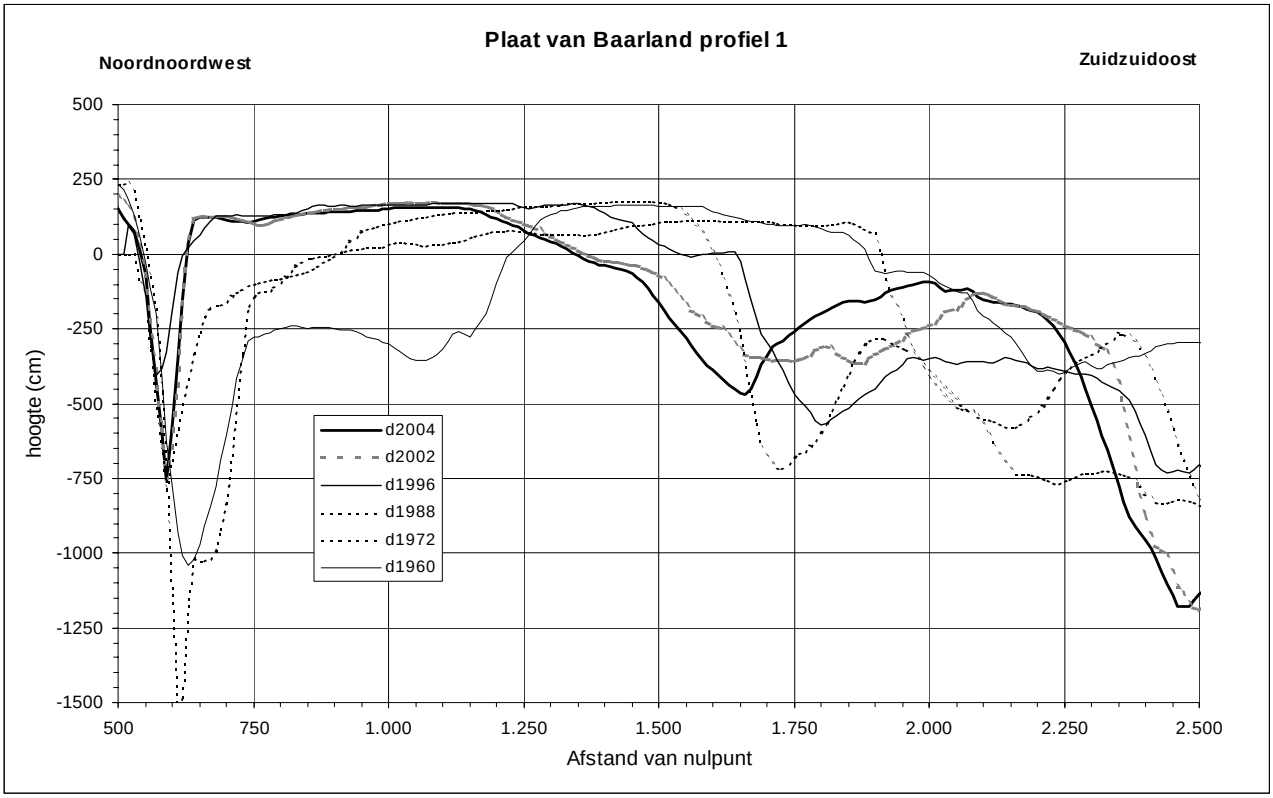


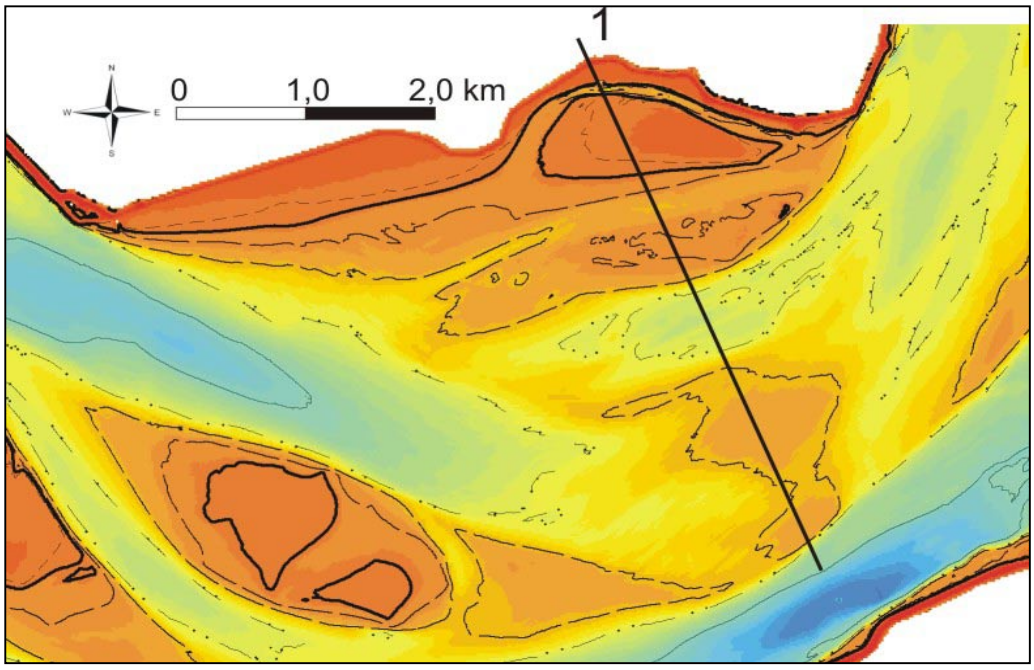


Hypsometrische curve Plaat van Baarland (cumulatieve areaal per hoogte)

Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.3.2

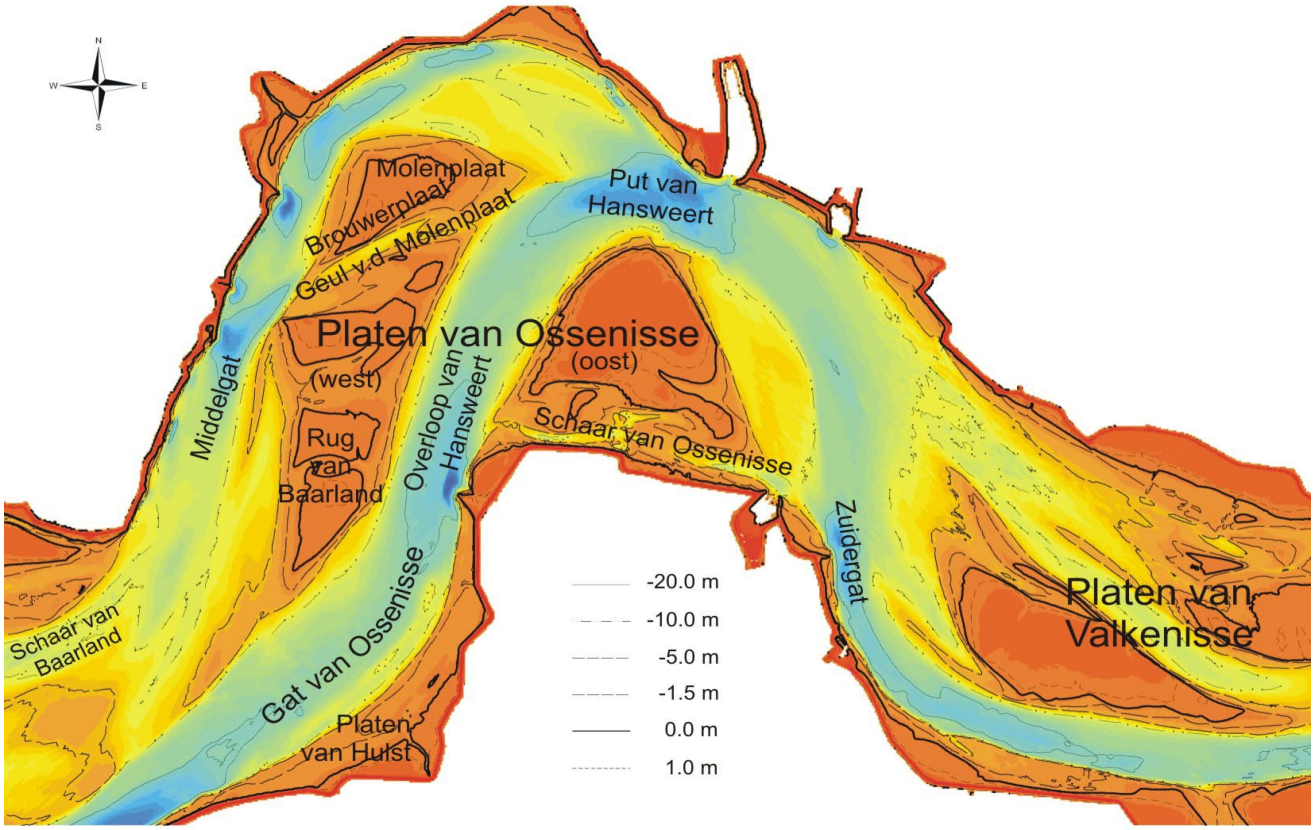




Profiel 1 over de Plaat van Baarland (locatie van het profiel in figuur 5.2.4)

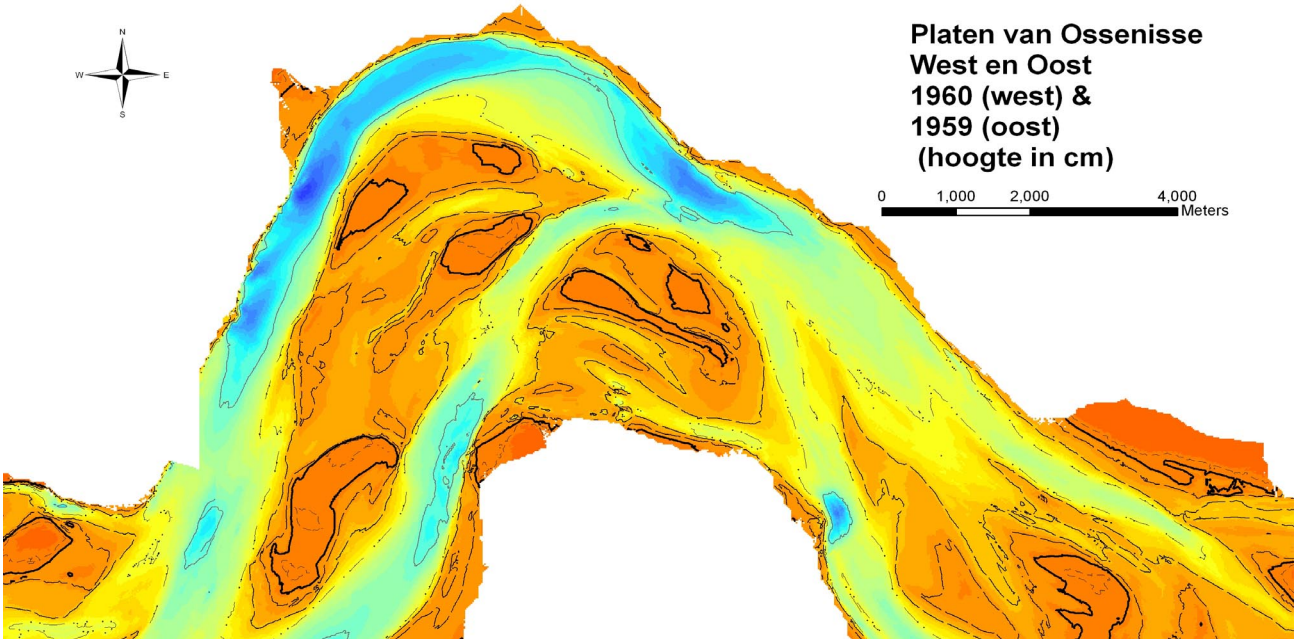
Detail morfologie Plaat van Baarland met locatie profiel1

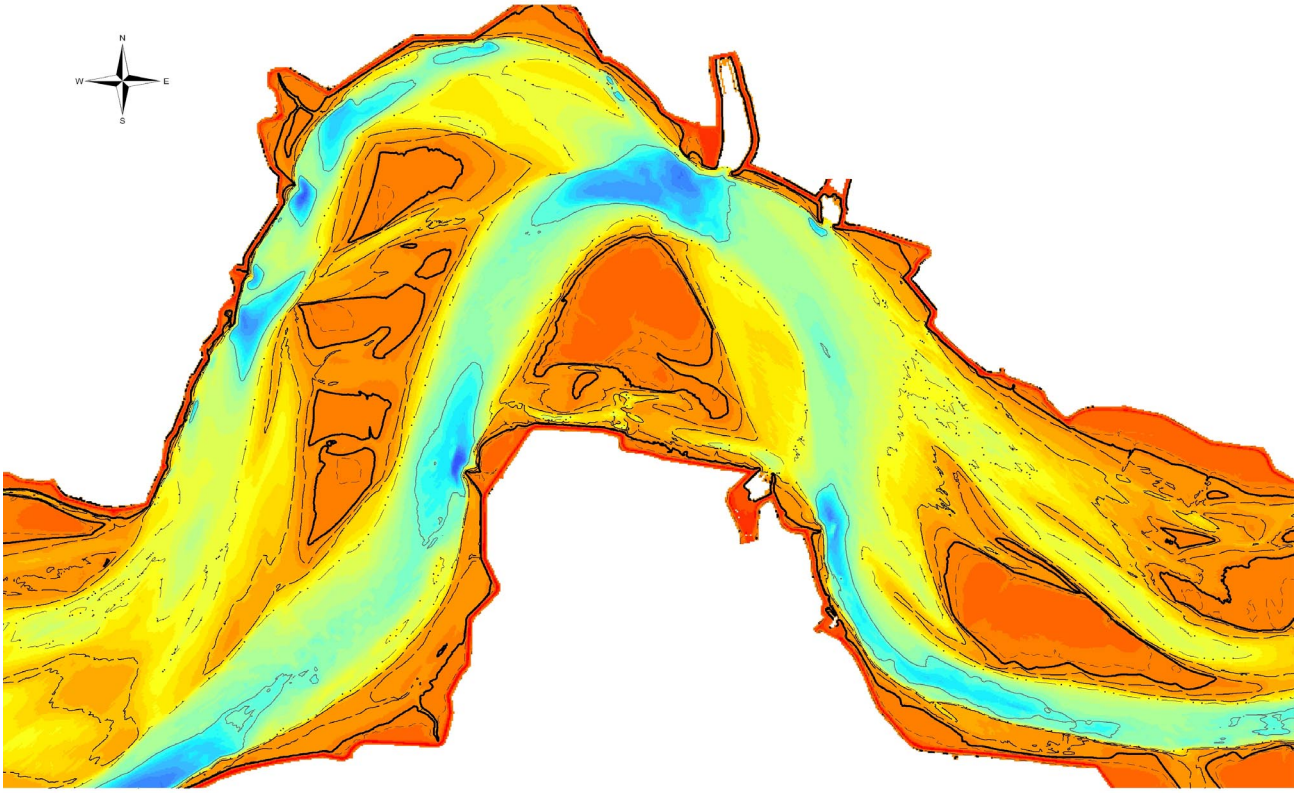
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.3.3



Platen van Ossenisse West en Oost 2004

Kaart met morfologische eenheden en namen op en rond de Platen van Ossenisse West en Oost			
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.4.1





Platen van Ossenisse West en Oost 2004 (hoogte in cm)

0 1,000 2,000 4,000 Meters

totaal_2004beter

CONTOUR

-2000

-1000

-500

-150

0

100

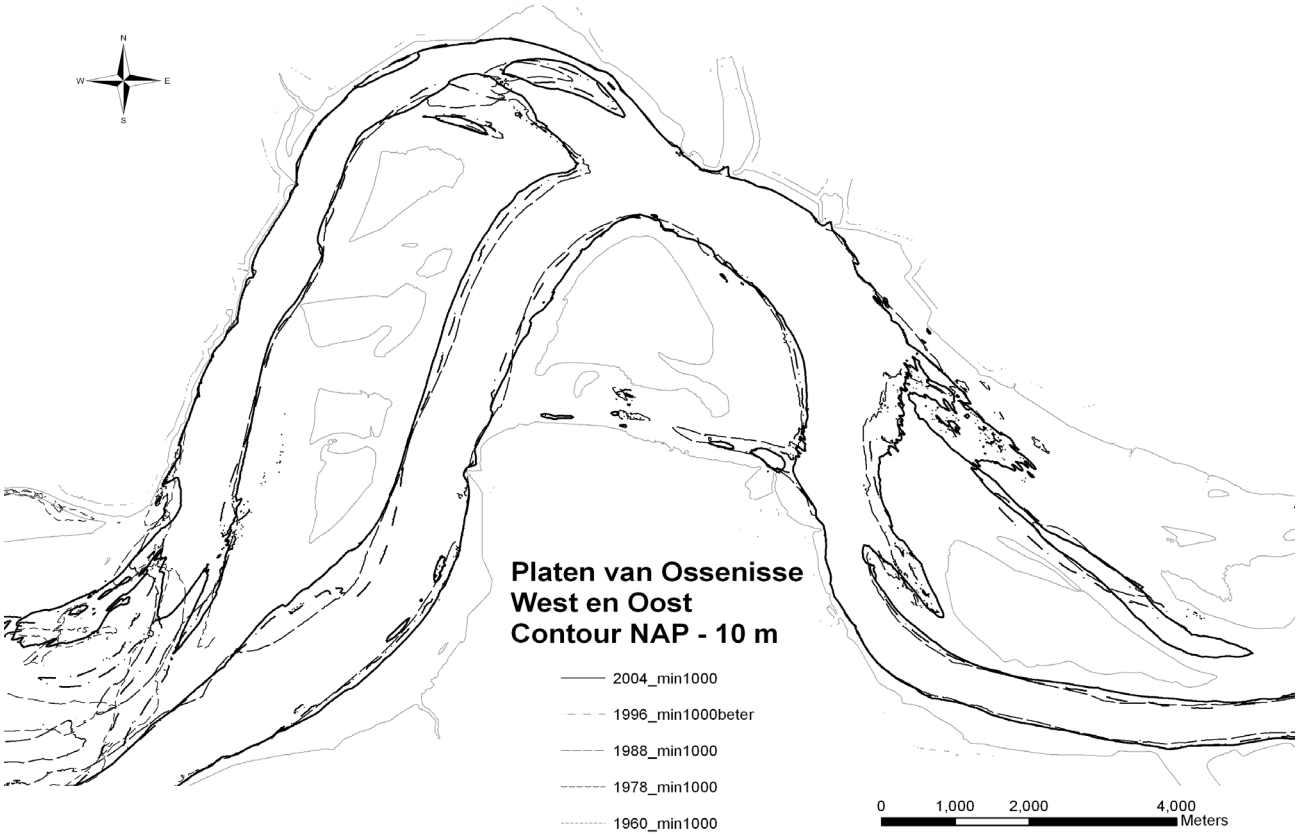
d2004

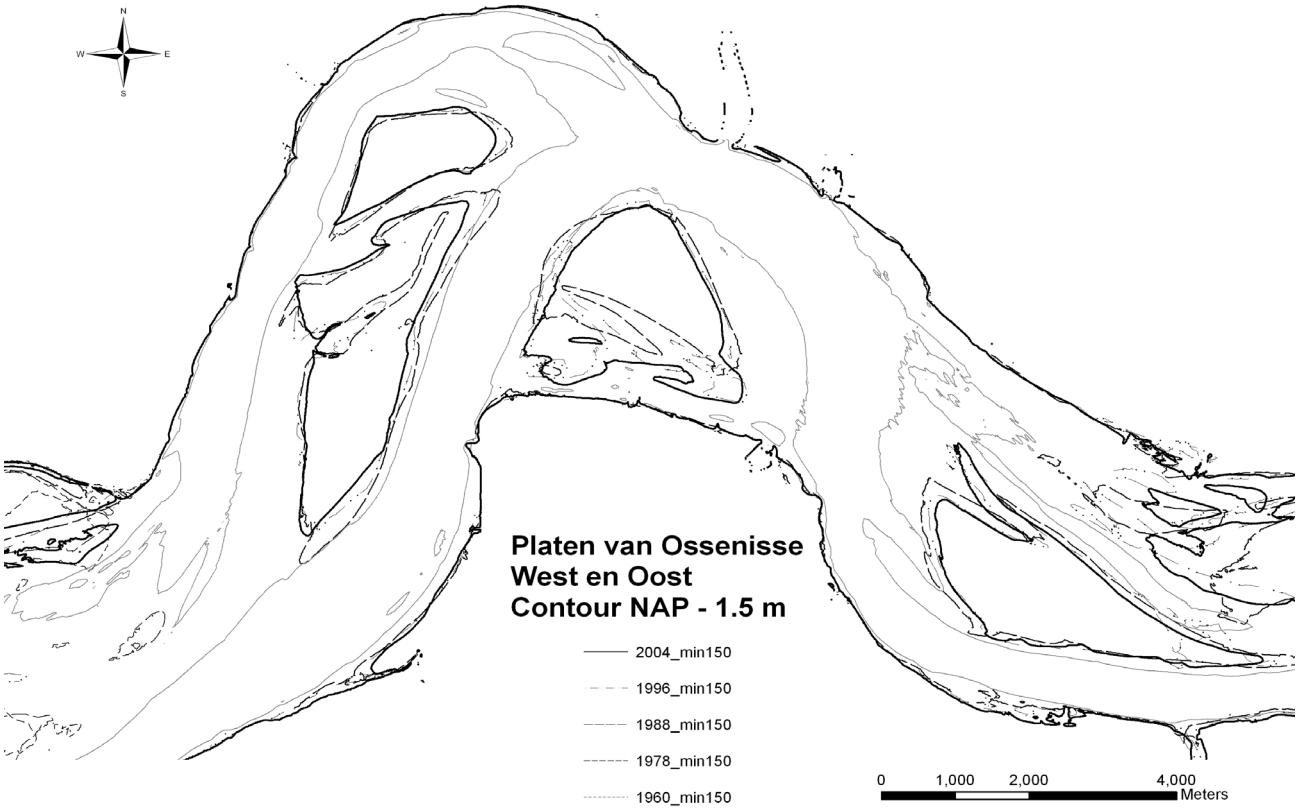
Value					
-6,207 - -5,419	-3,585 - -3,291	-2,191 - -2,026	-1,244 - -1,118	-438 - -240	722 - 1,123
-5,418 - -4,802	-3,290 - -3,022	-2,025 - -1,873	-1,117 - -995	-239 - -36	
-4,801 - -4,328	-3,021 - -2,774	-1,872 - -1,723	-994 - -870	-35 - 157	
-4,327 - -3,928	-2,773 - -2,559	-1,722 - -1,563	-869 - -735	158 - 349	
-3,927 - -3,586	-2,558 - -2,371	-1,562 - -1,395	-734 - -596	350 - 534	
	-2,370 - -2,192	-1,394 - -1,245	-595 - -439	535 - 721	

Bodemligging van de Platen van Ossenisse West en Oost

1959 (boven) en 2004 (onder)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.4.2

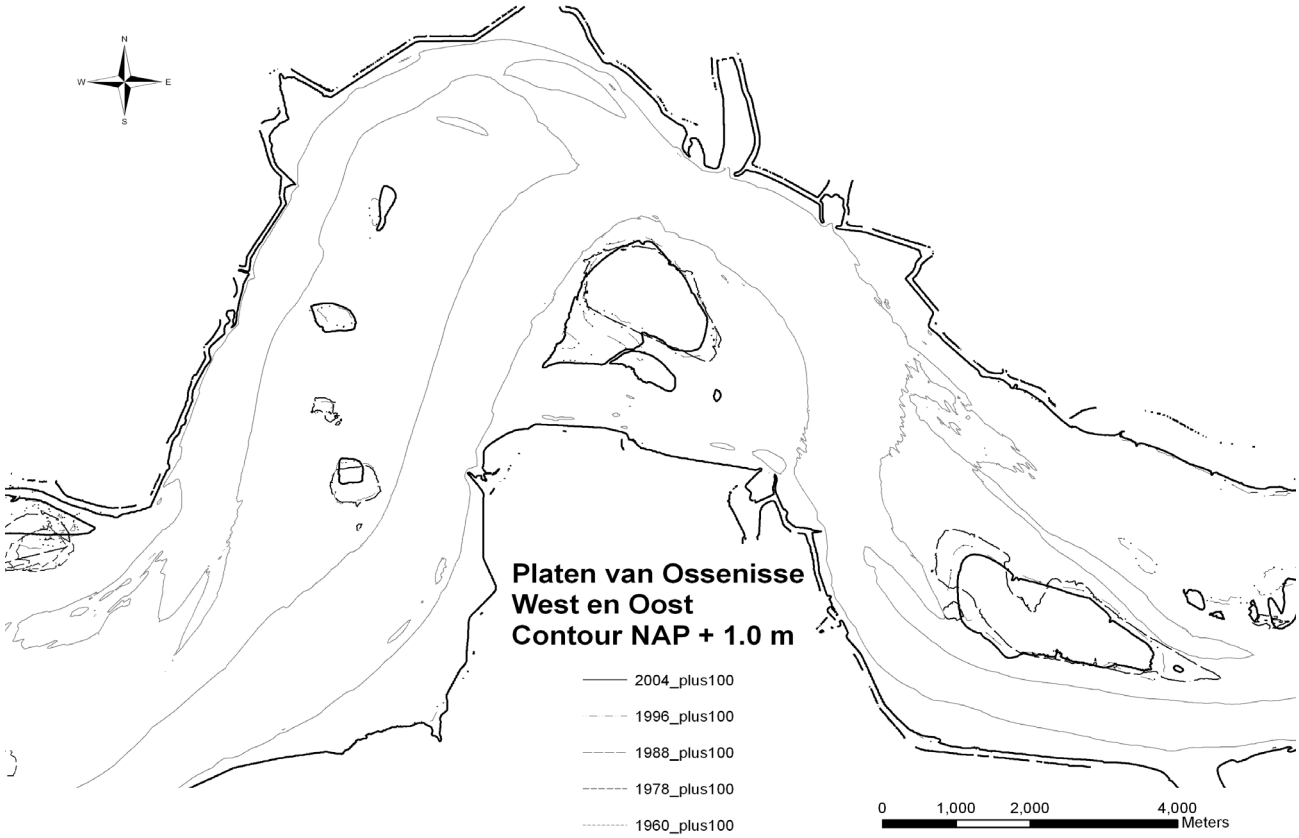


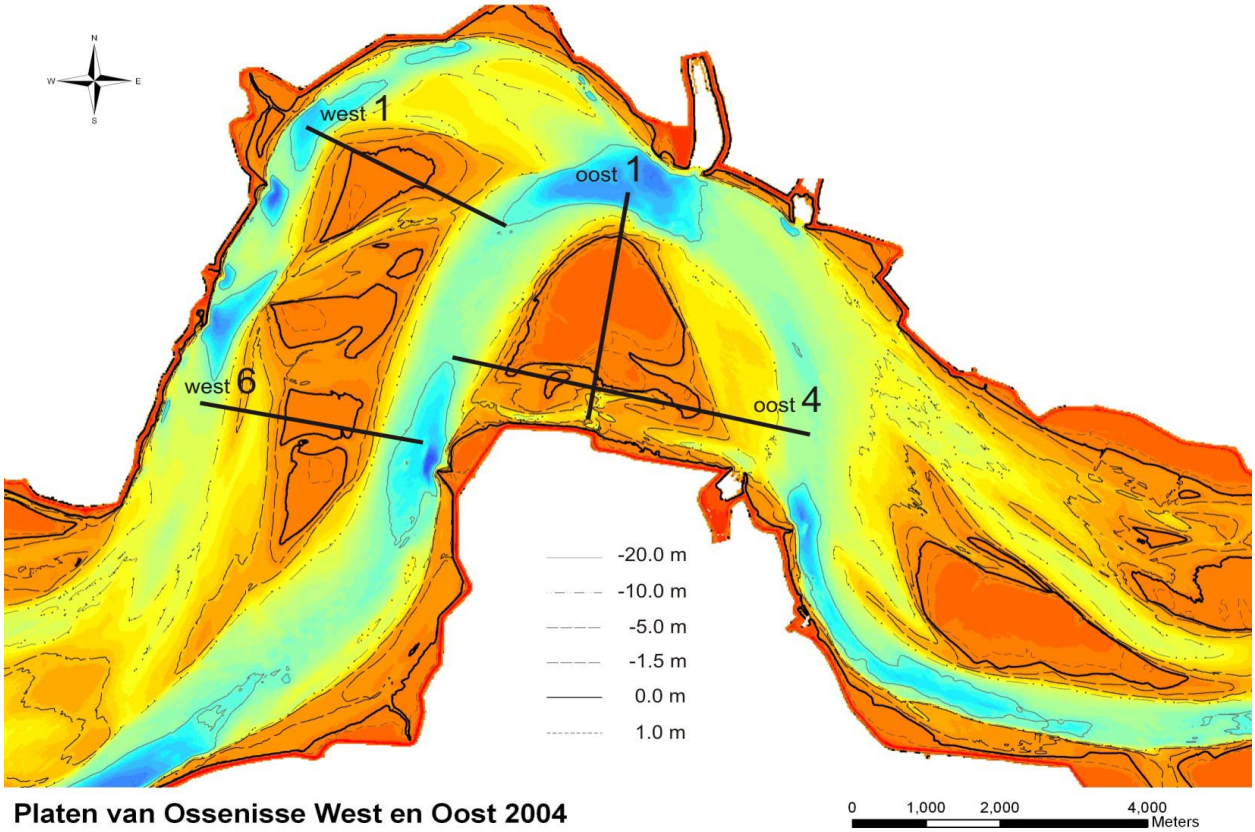


Kaart contouren geulen (NAP -10 m) Platen van Ossenisse West en Oost

contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.4.3



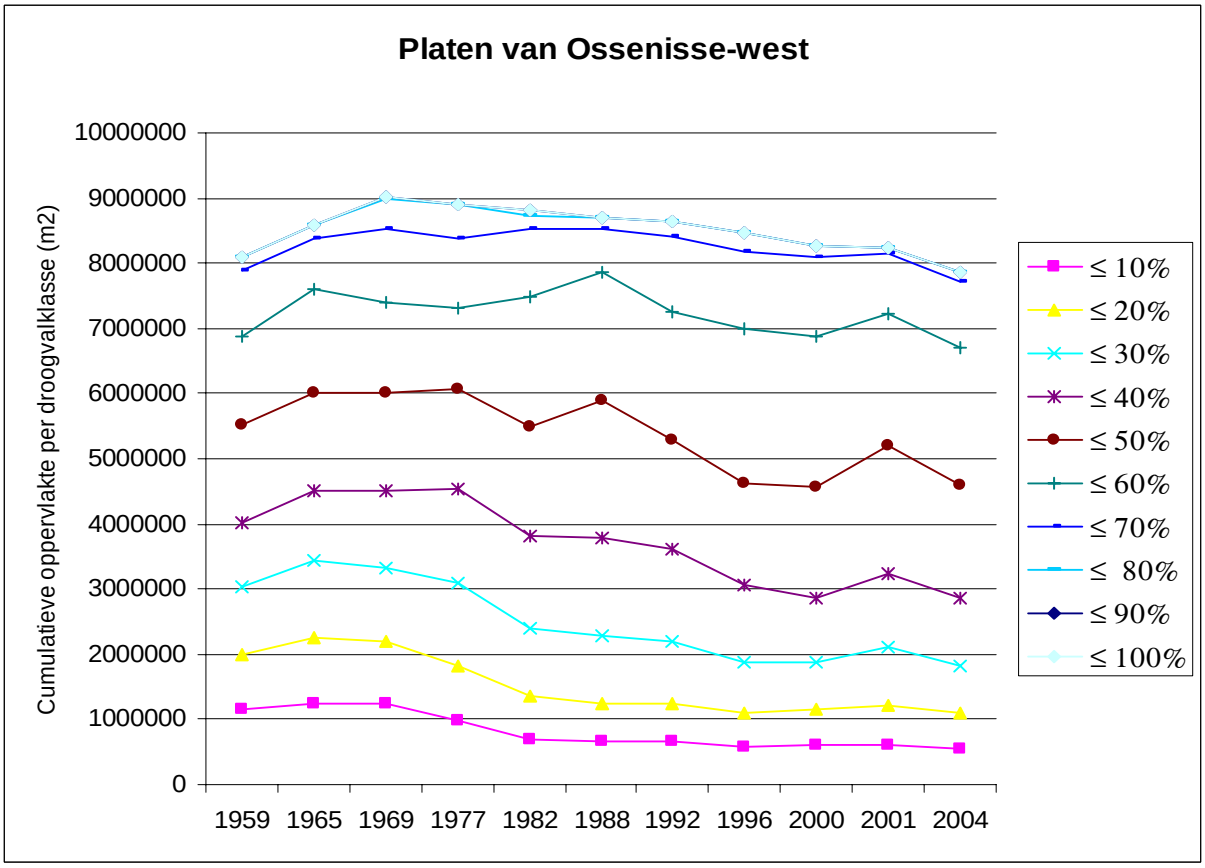


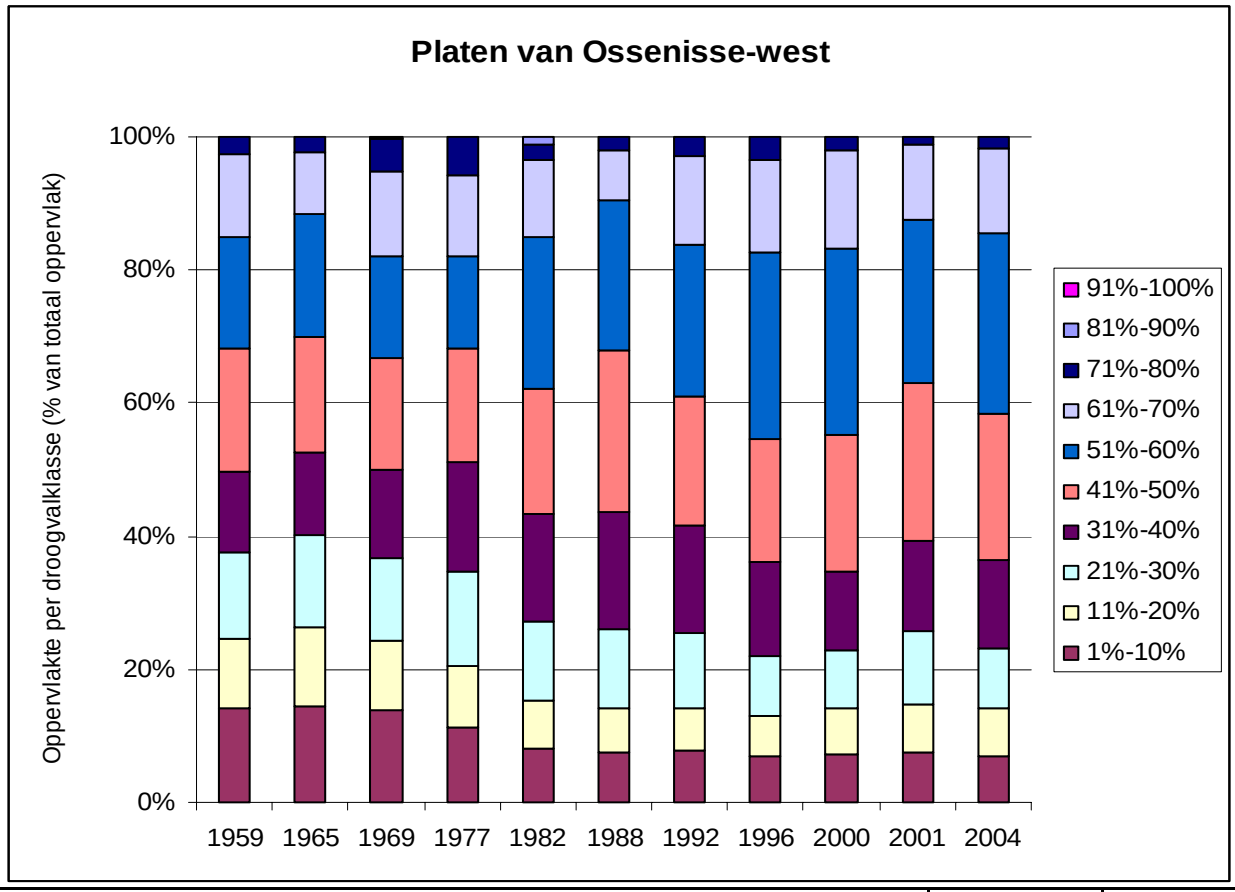
Platen van Ossenisse West en Oost 2004

Kaart contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m) Platen van Ossenisse

Locatie van profielen Platen van Ossenisse West en Oost (bodem 2004)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.4.4

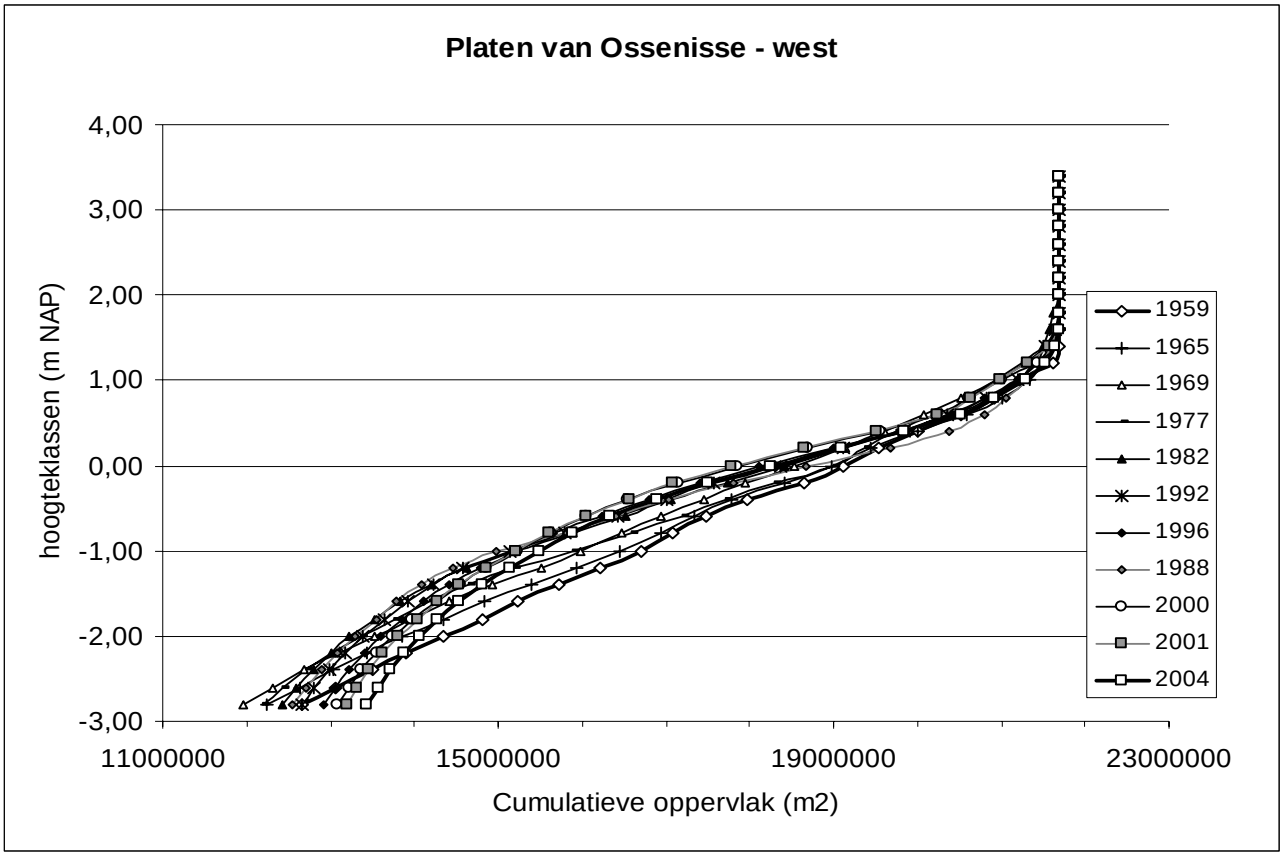


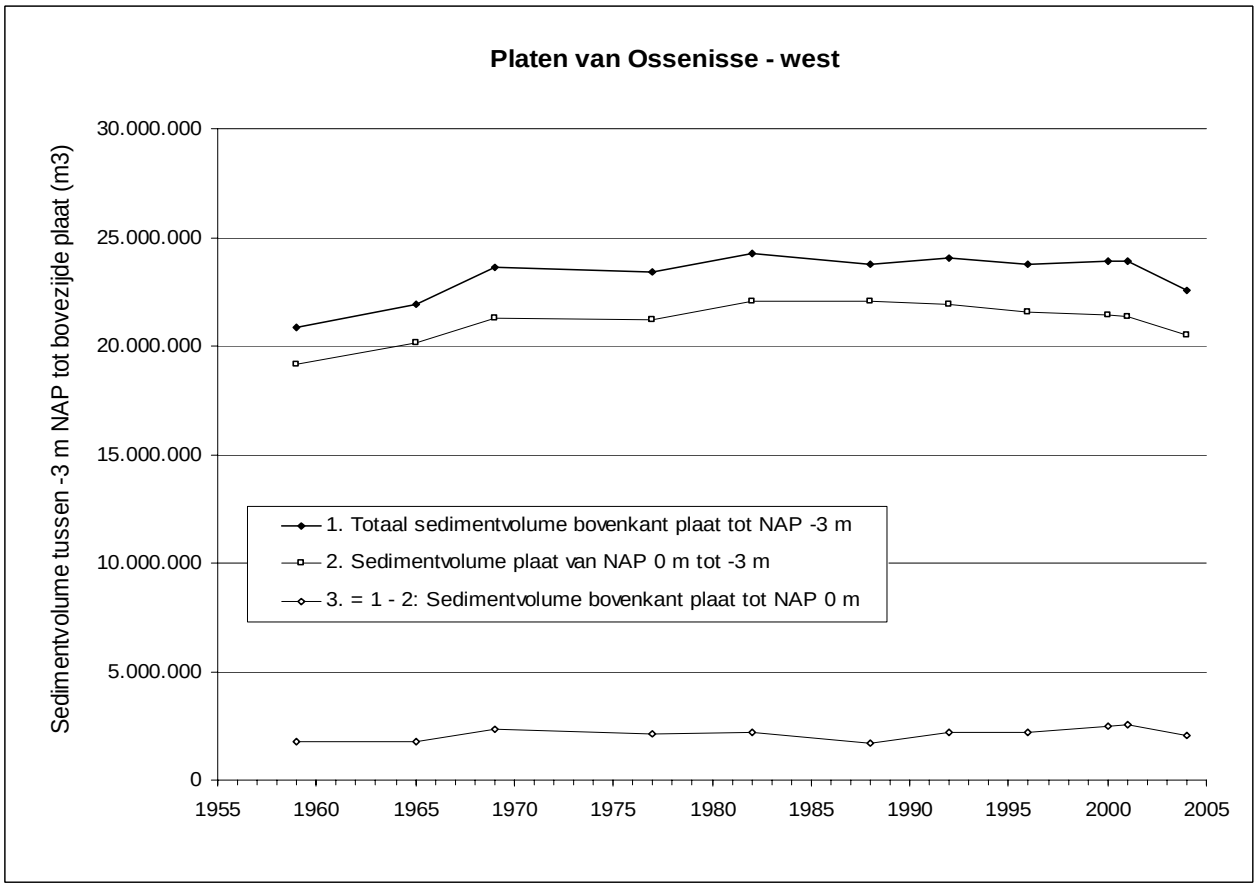


Grafiek arealen Plaat van Ossenisse West (m2) per klasse droogvalpercentage

Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.4.5

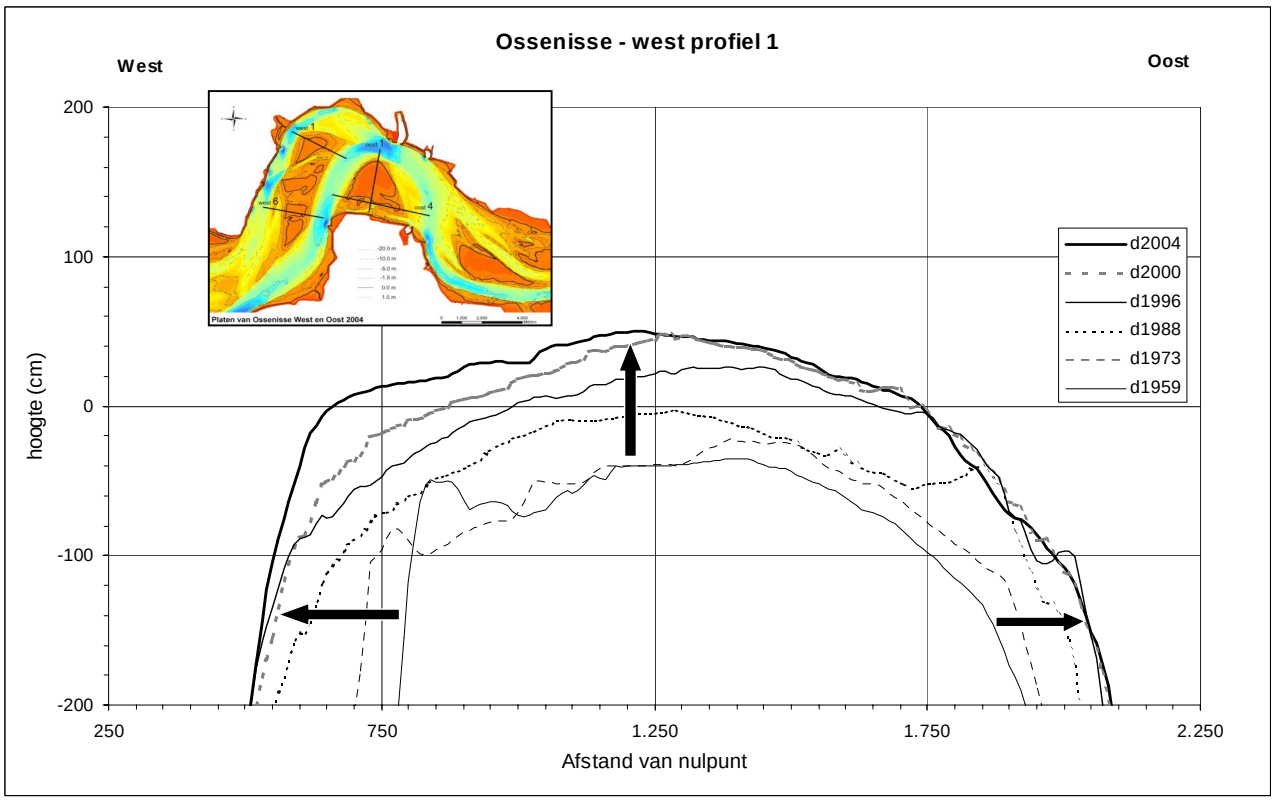


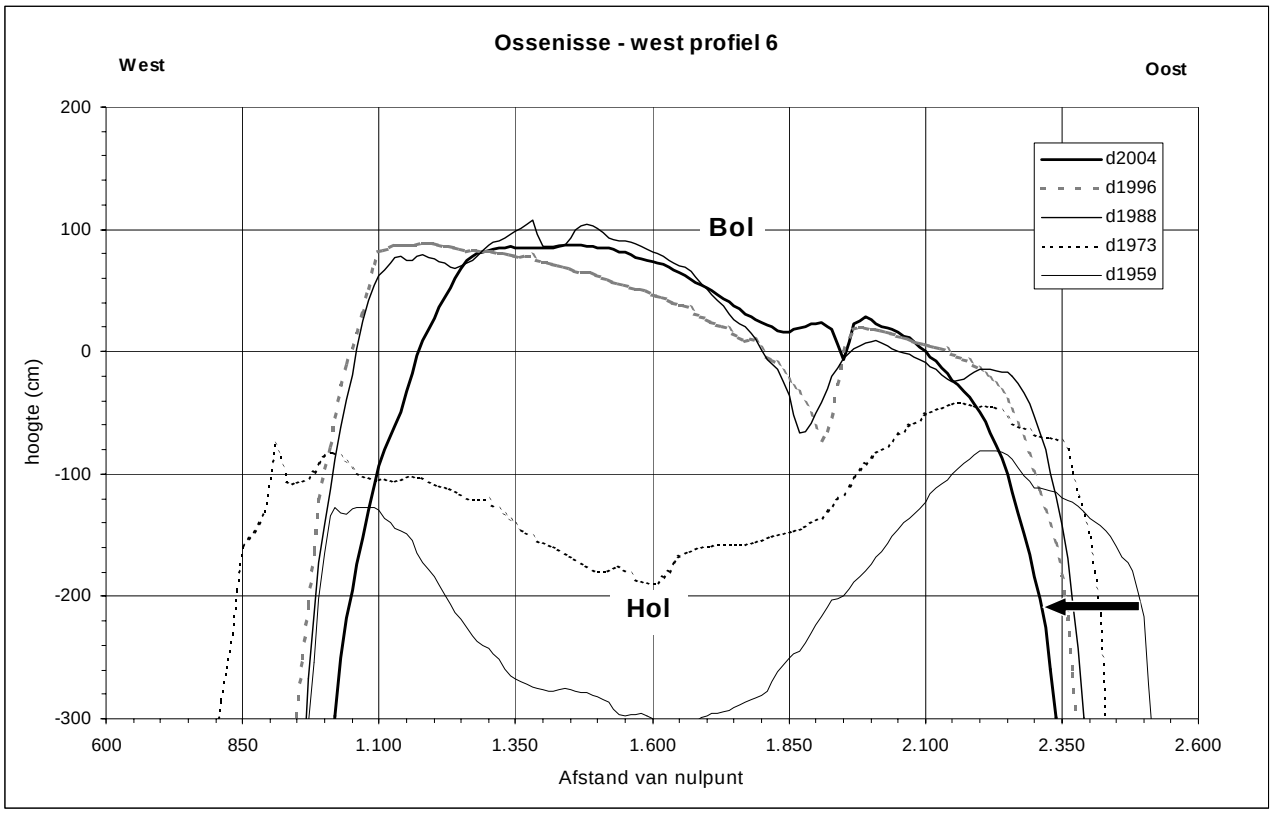


Hypsometrische curve Plaat van Ossenisse West

Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen

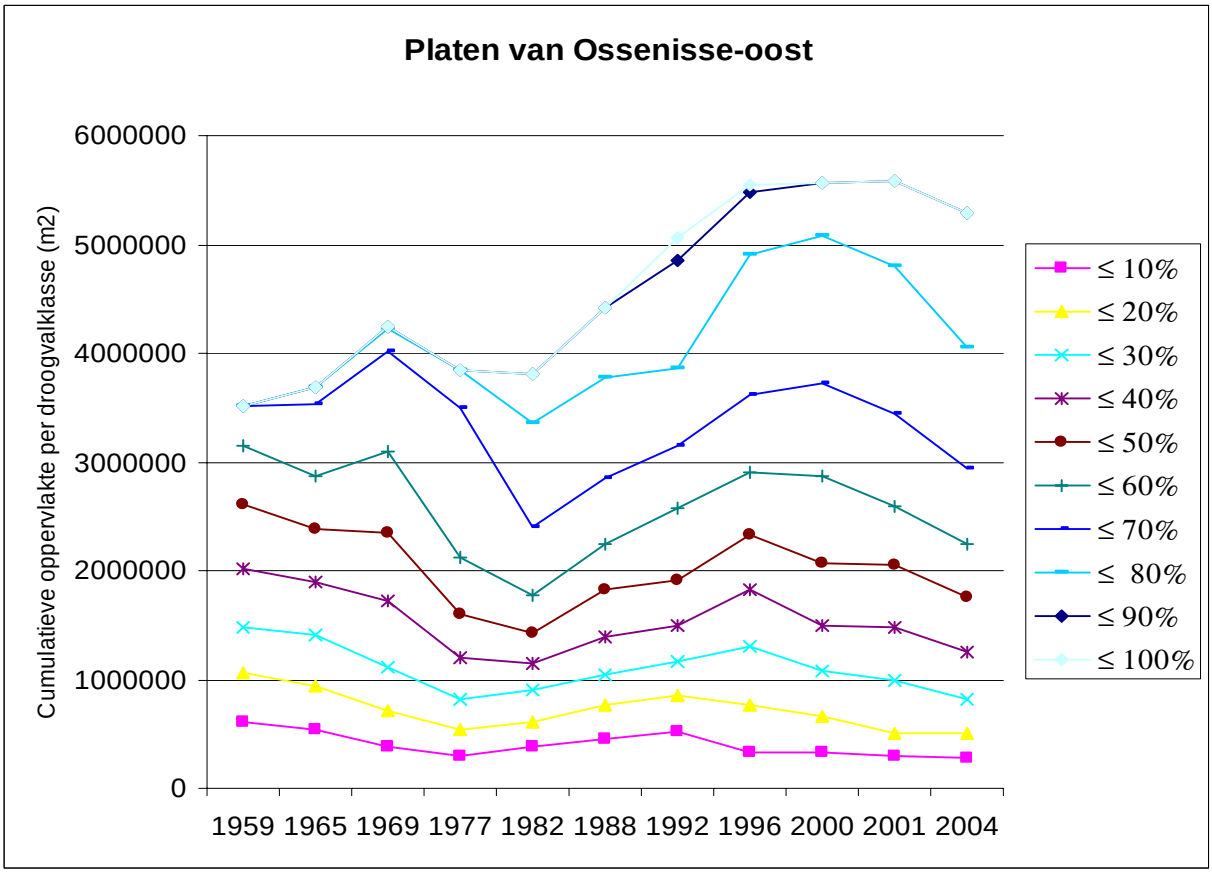
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.4.6

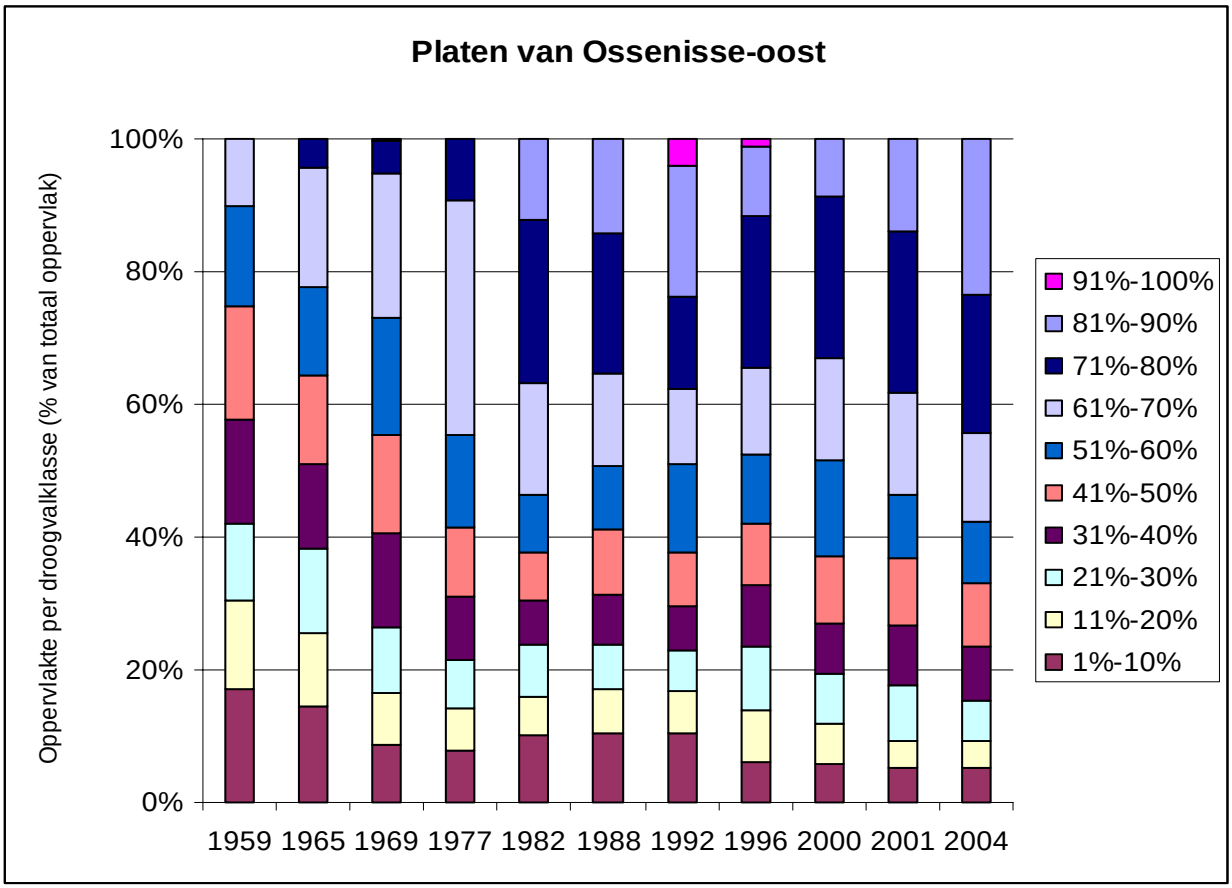




Profiel 1 over de Plaat van Ossenisse West

Profiel 6 over de Plaat van Ossenisse West (locatie profielen in figuur 5.4.4)

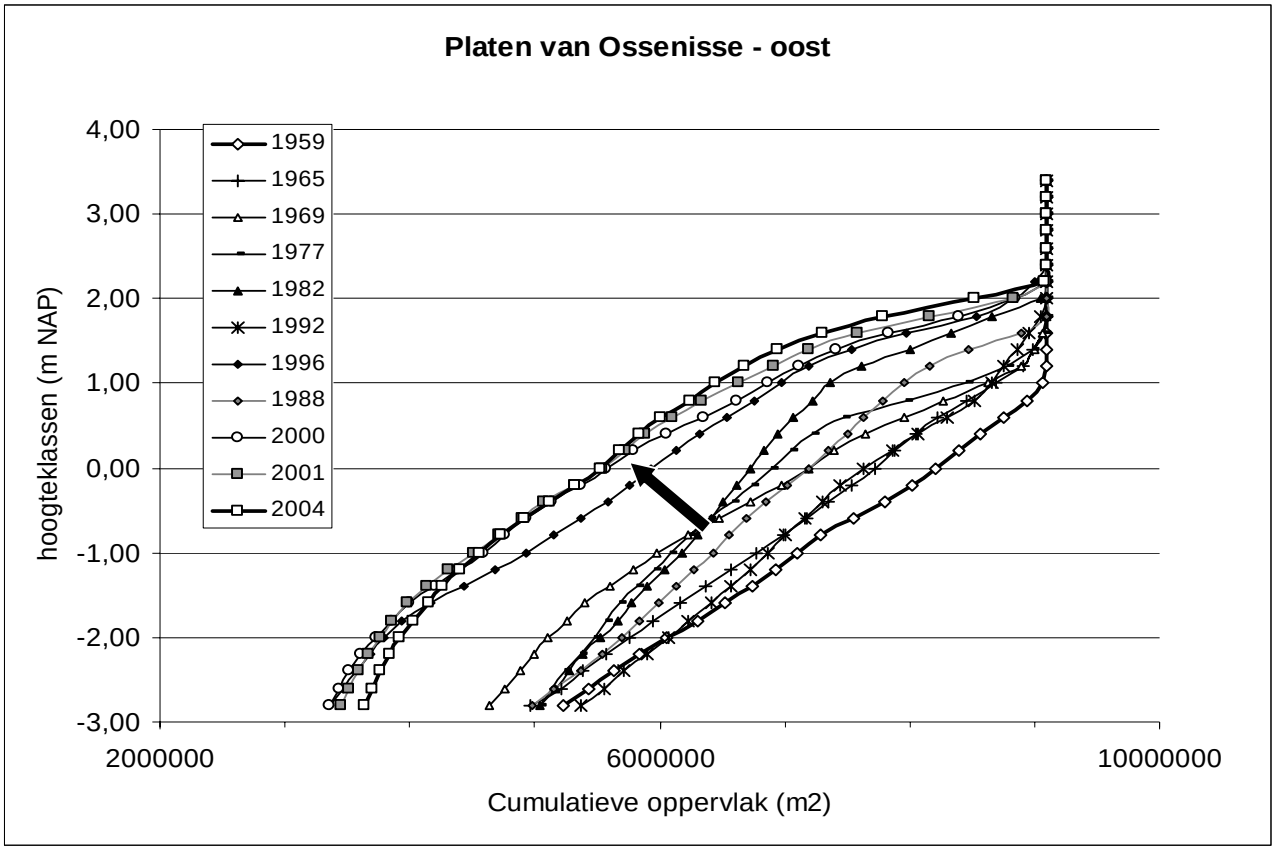


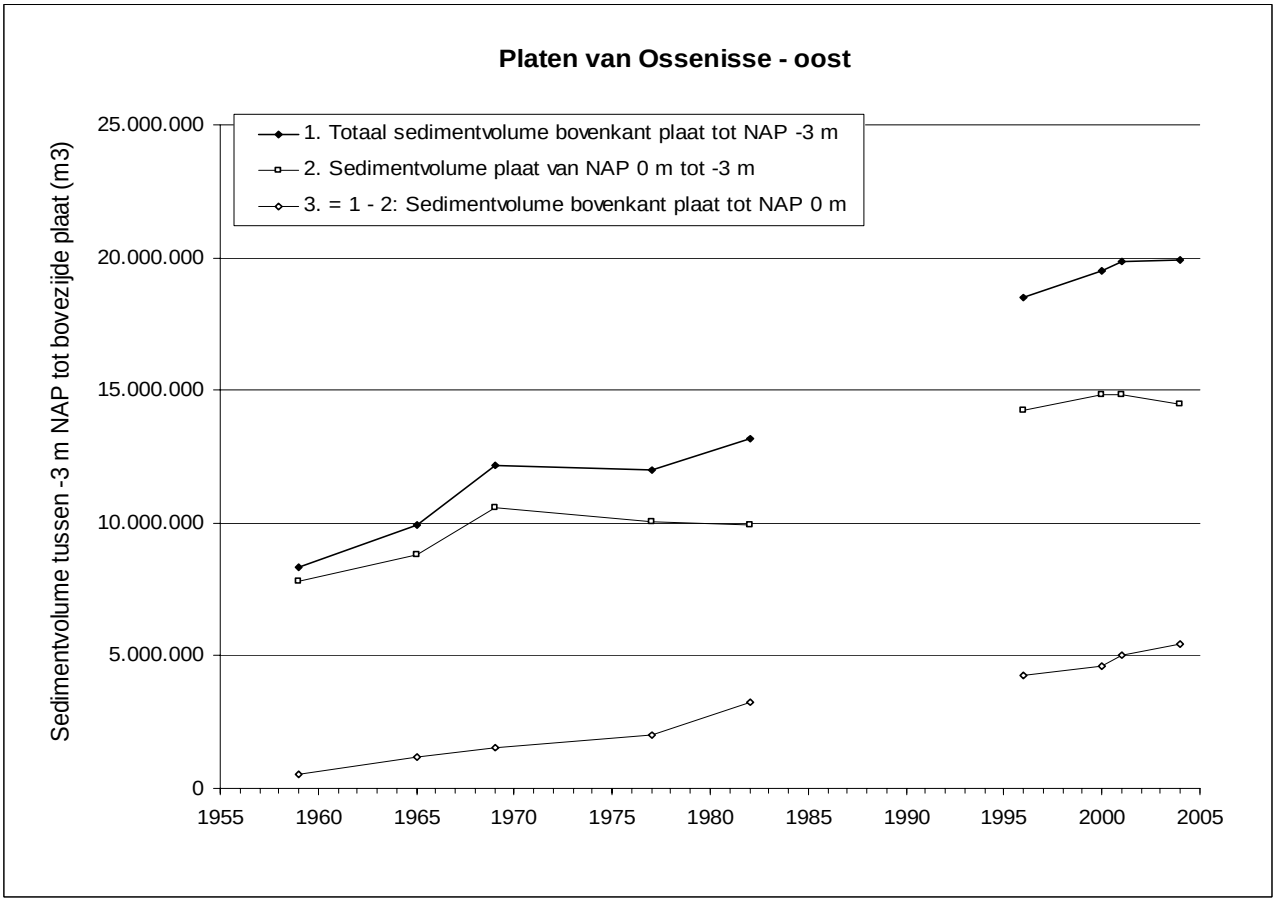


Grafiek arealen Plaat van Ossenisse Oost (m2) per klasse droogvalpercentages

Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.5.1

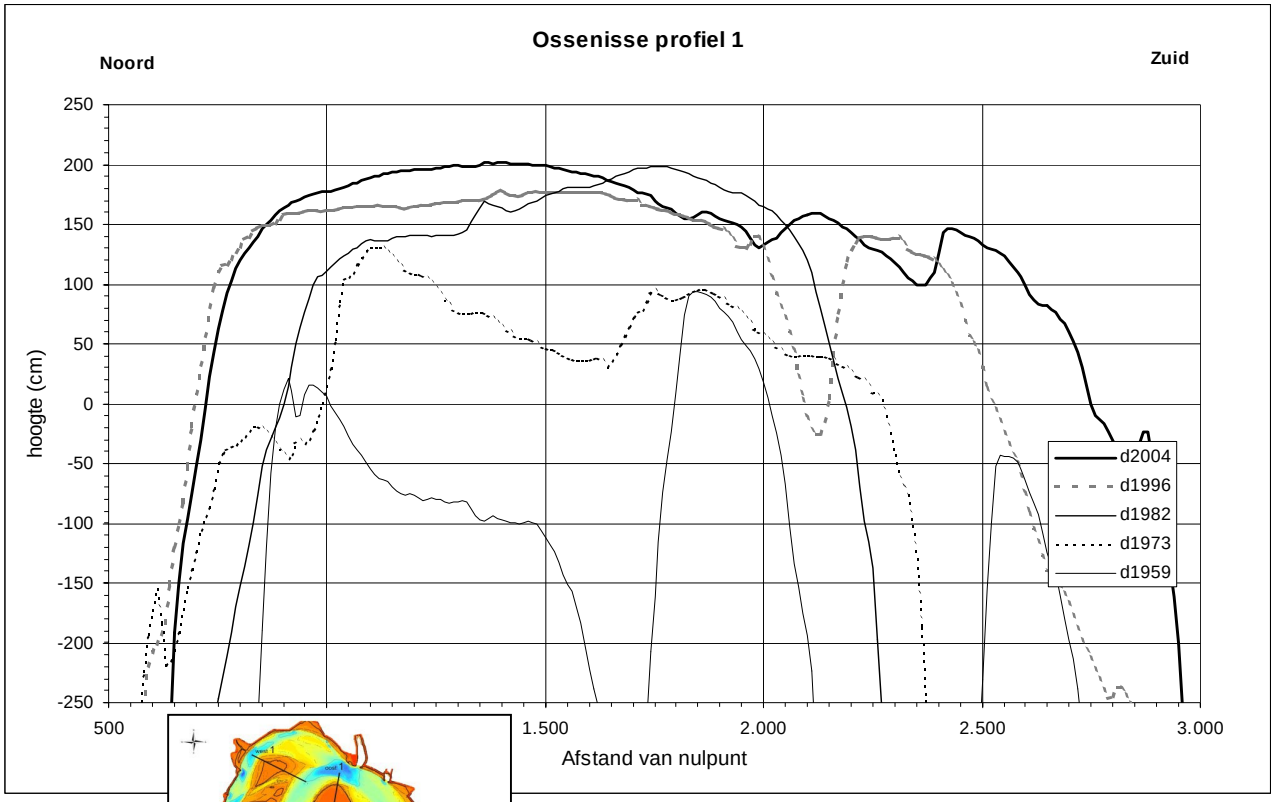


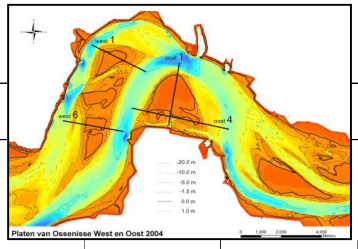


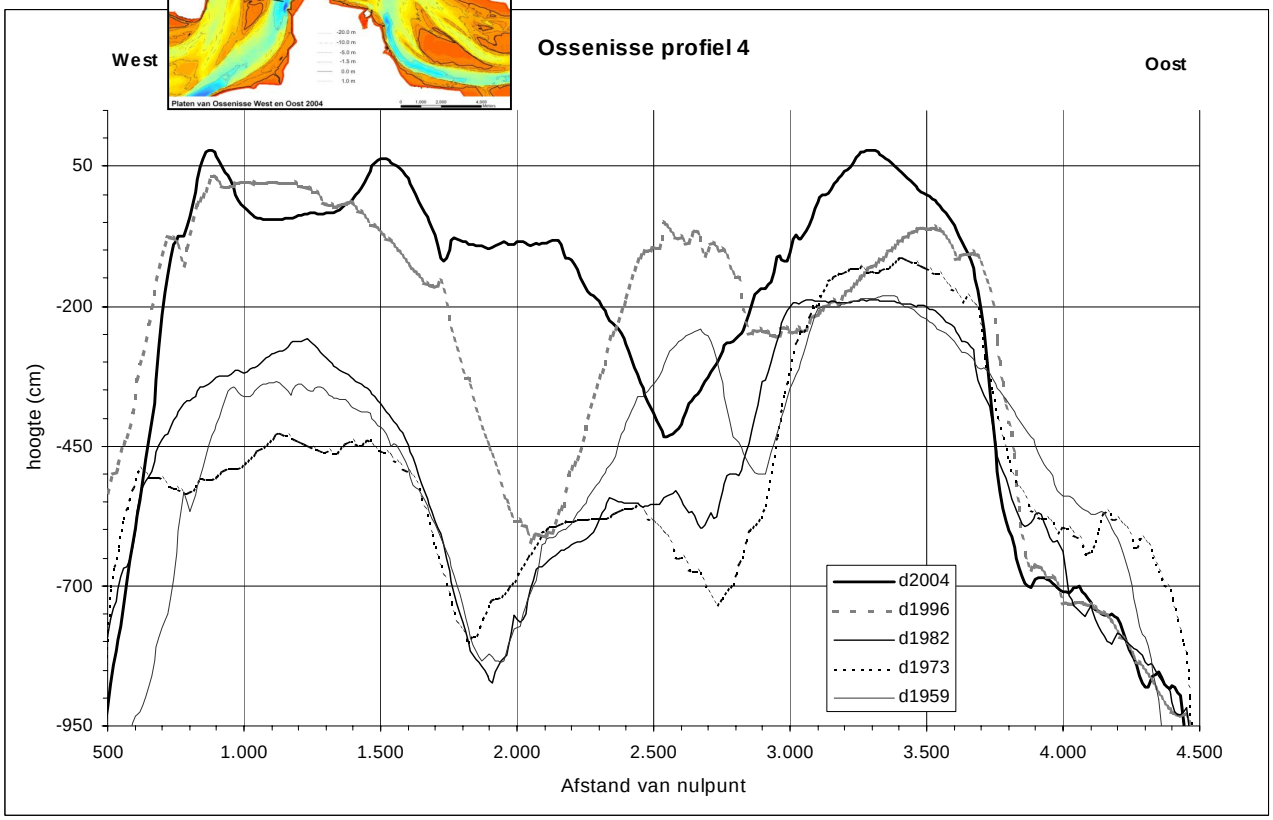
Hypsometrische curve Plaat van Ossenisse Oost (cumulatieve areaal per hoogte

Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.5.2



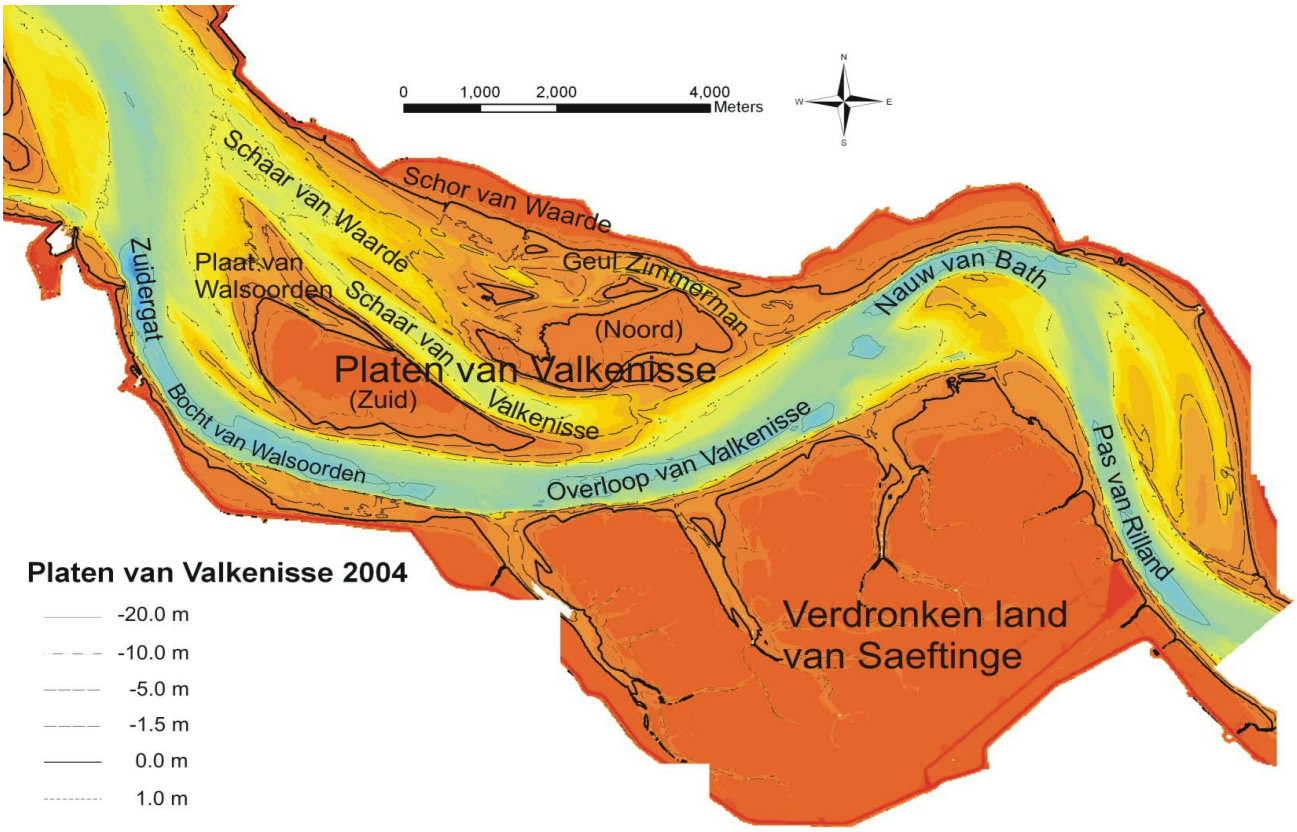




Profiel 1 over de Plaat van Ossenisse Oost

Profiel 4 over de Plaat van Ossenisse Oost (locatie profielen in figuur 5.4.4)

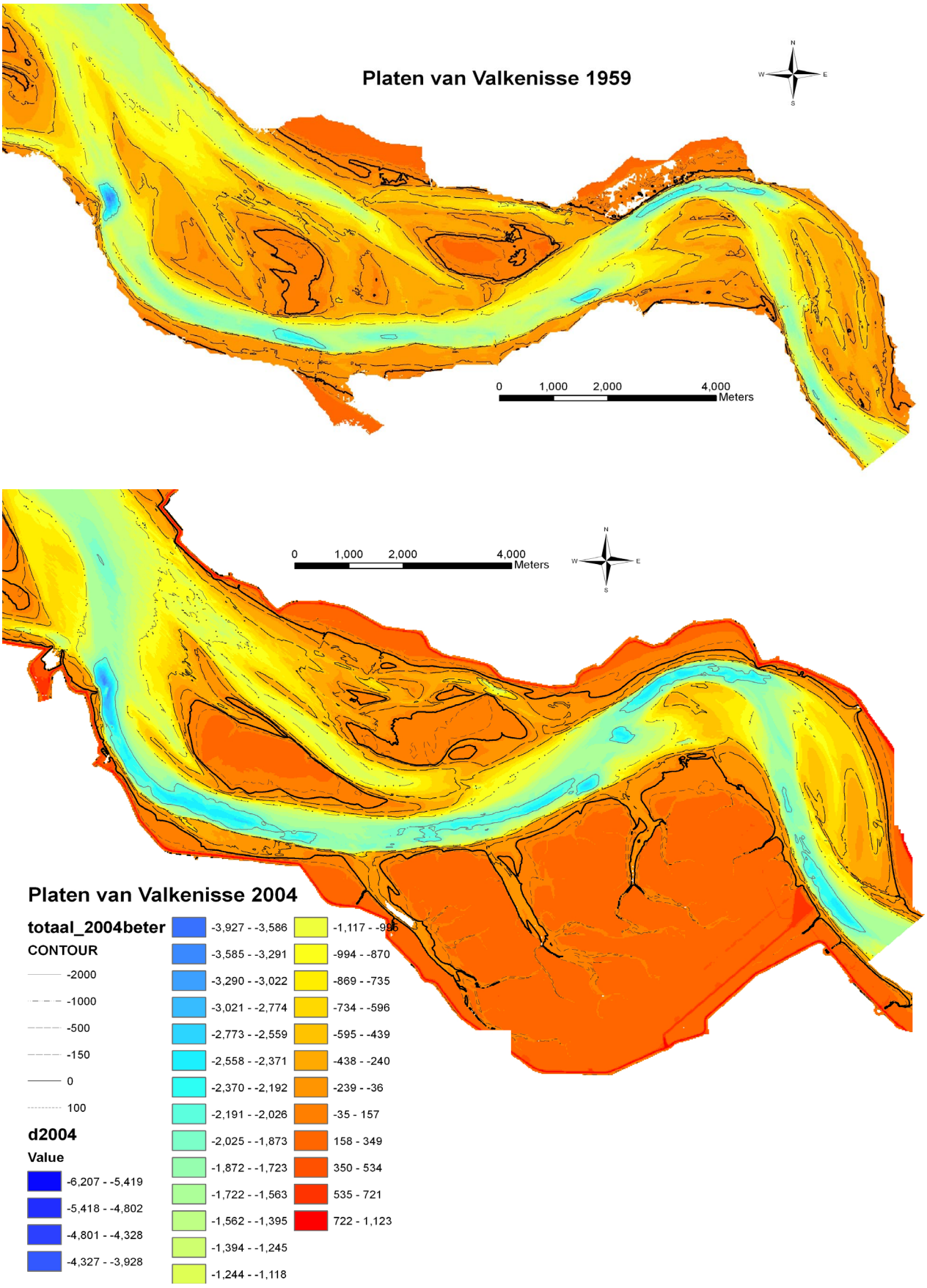
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.5.3



Kaart met morfologische eenheden en namen

op en rond de Plaat van Valkenisse

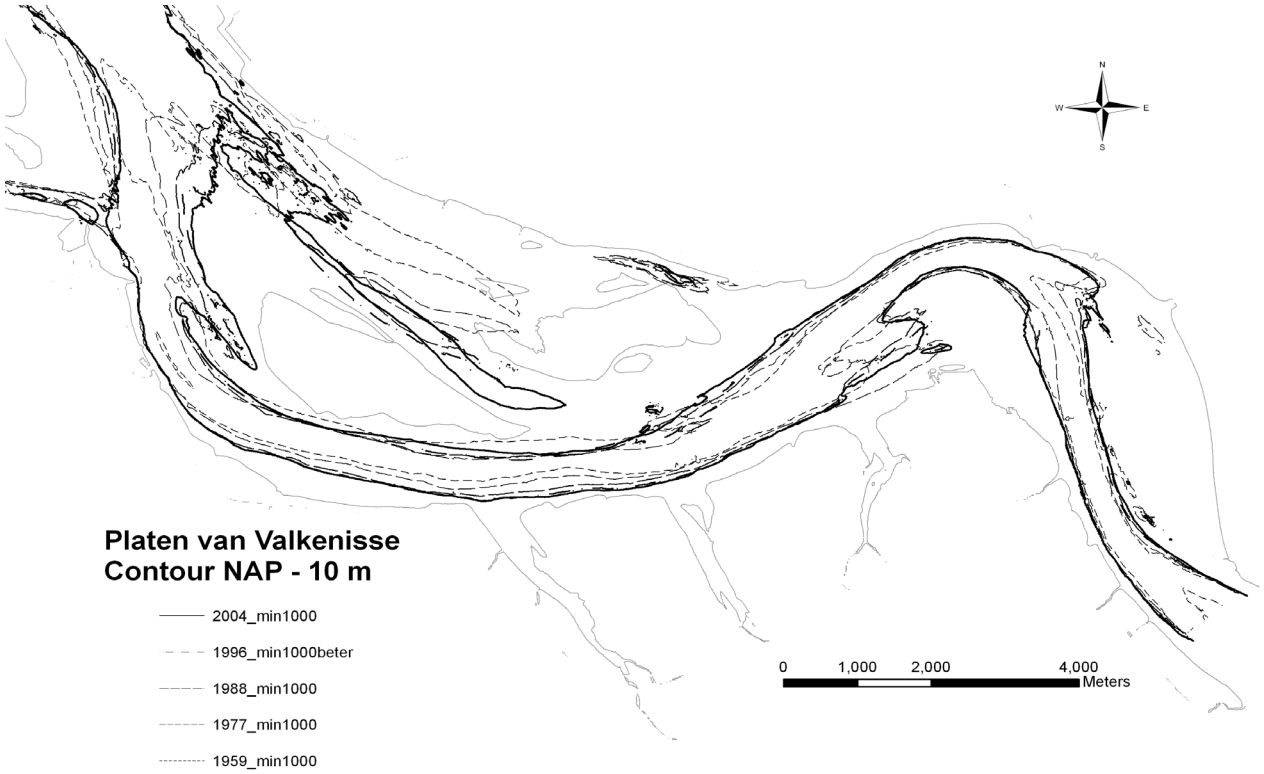
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.6.1

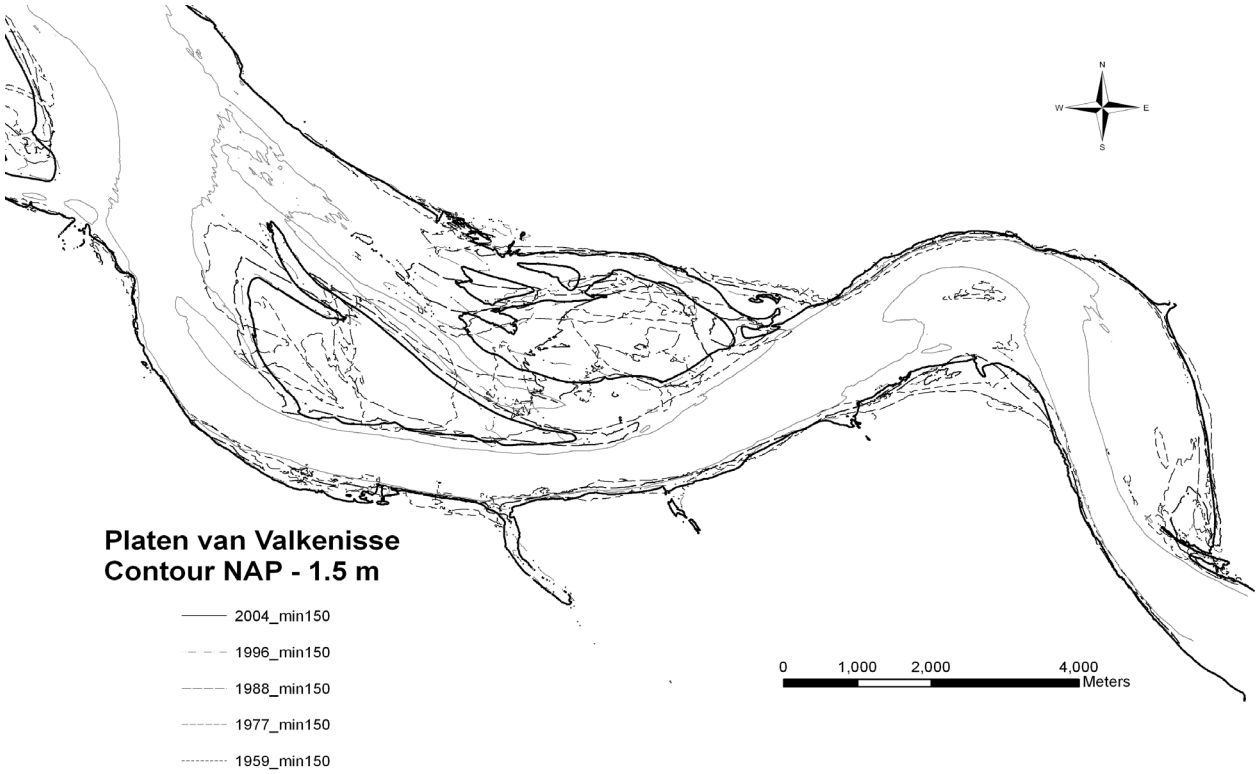


Bodemligging van de Plaat van Valkenisse

1959 (boven) en 2004 (onder)

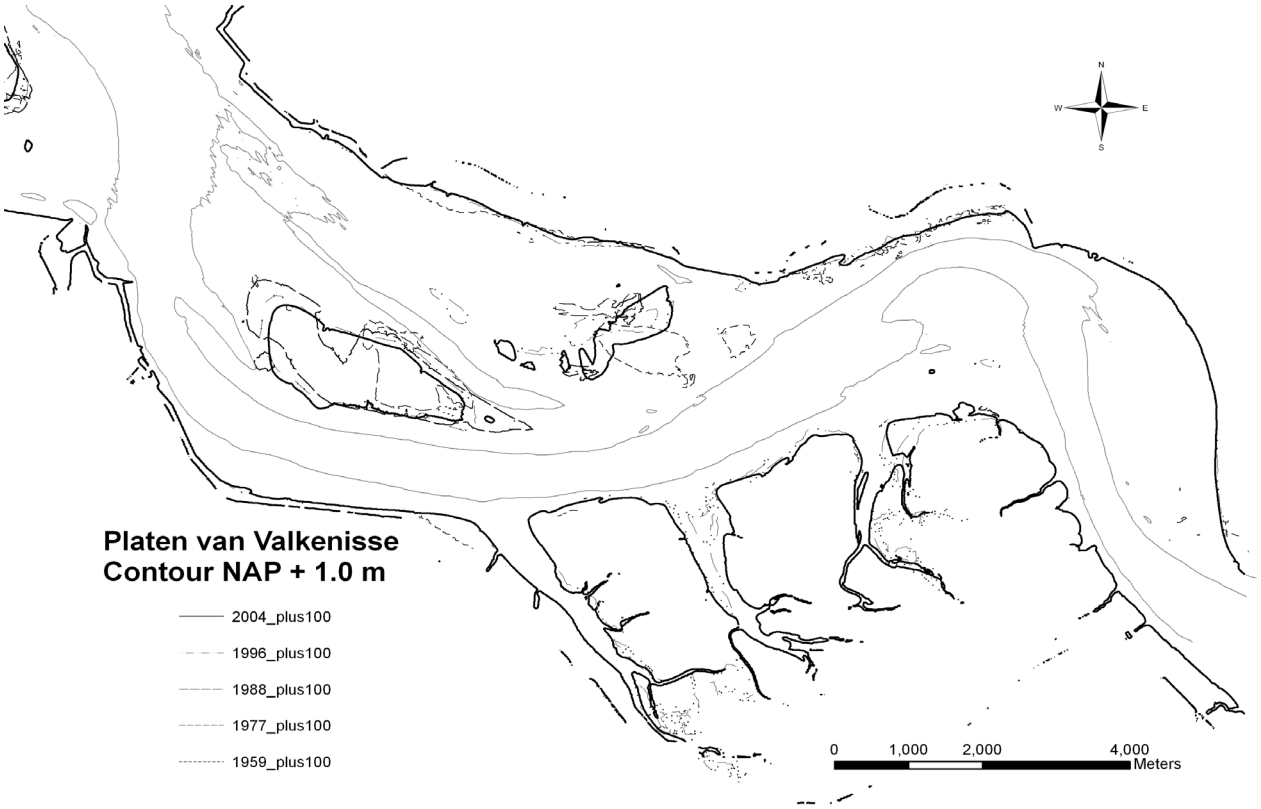
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.6.2

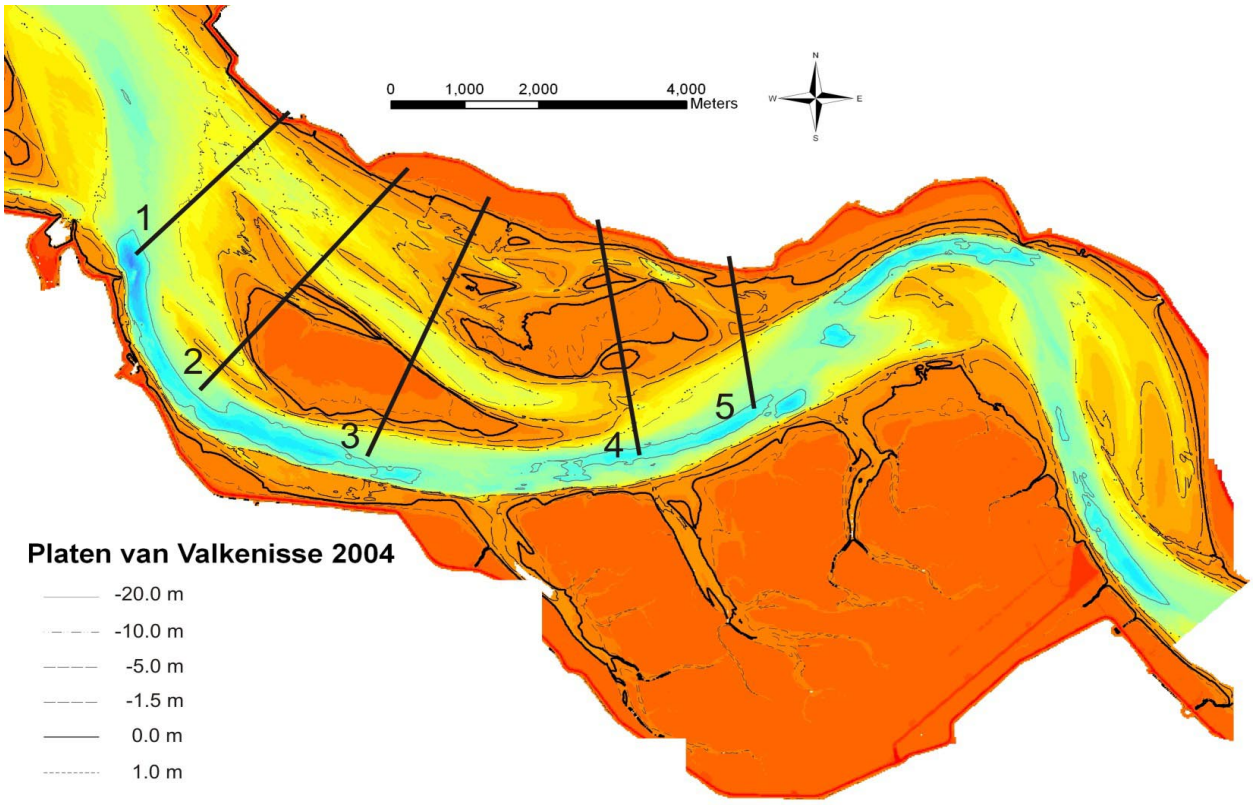




Kaart Plaat van Valkenisse met contouren geulen (NAP -10 m) en contouren platen (NAP -1.5 m) van 1960, 1978, 1988, 1996 en 2004

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.6.3

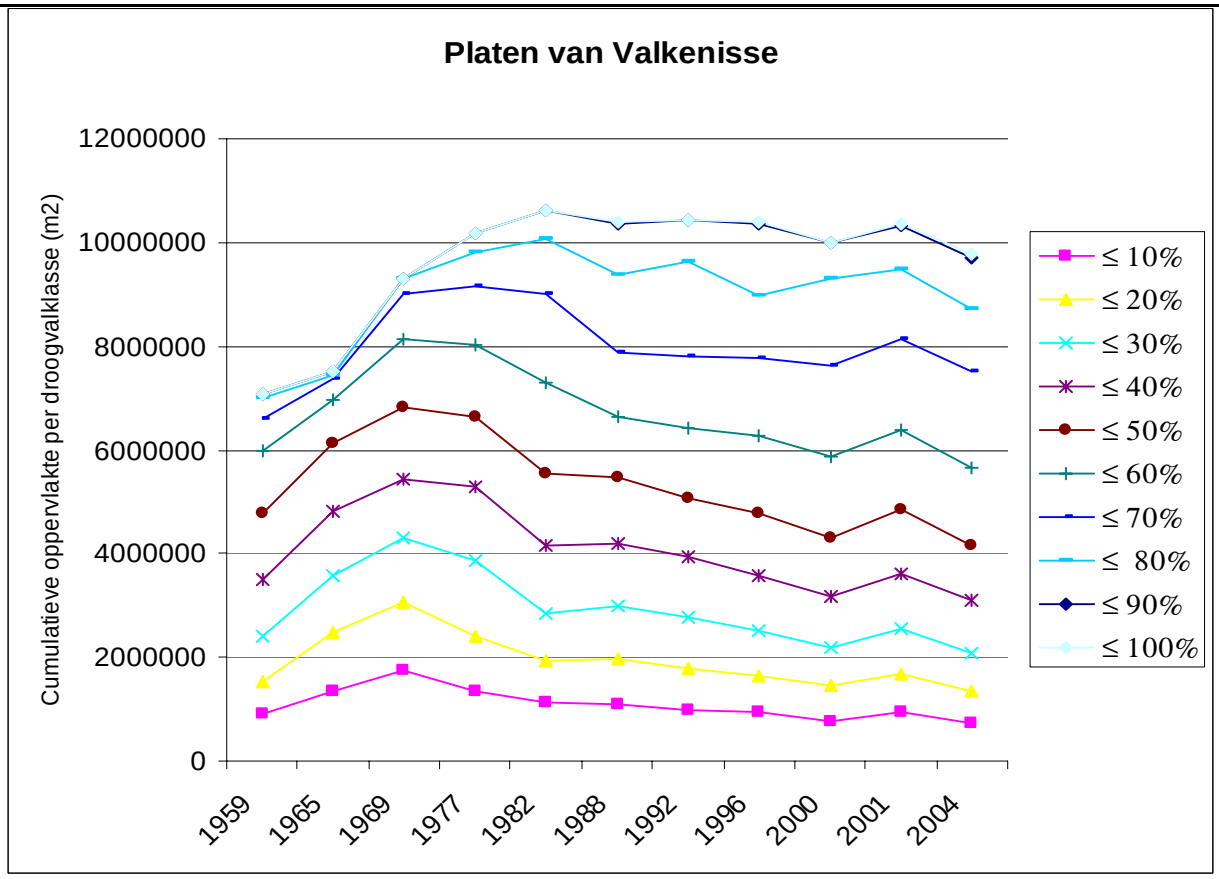


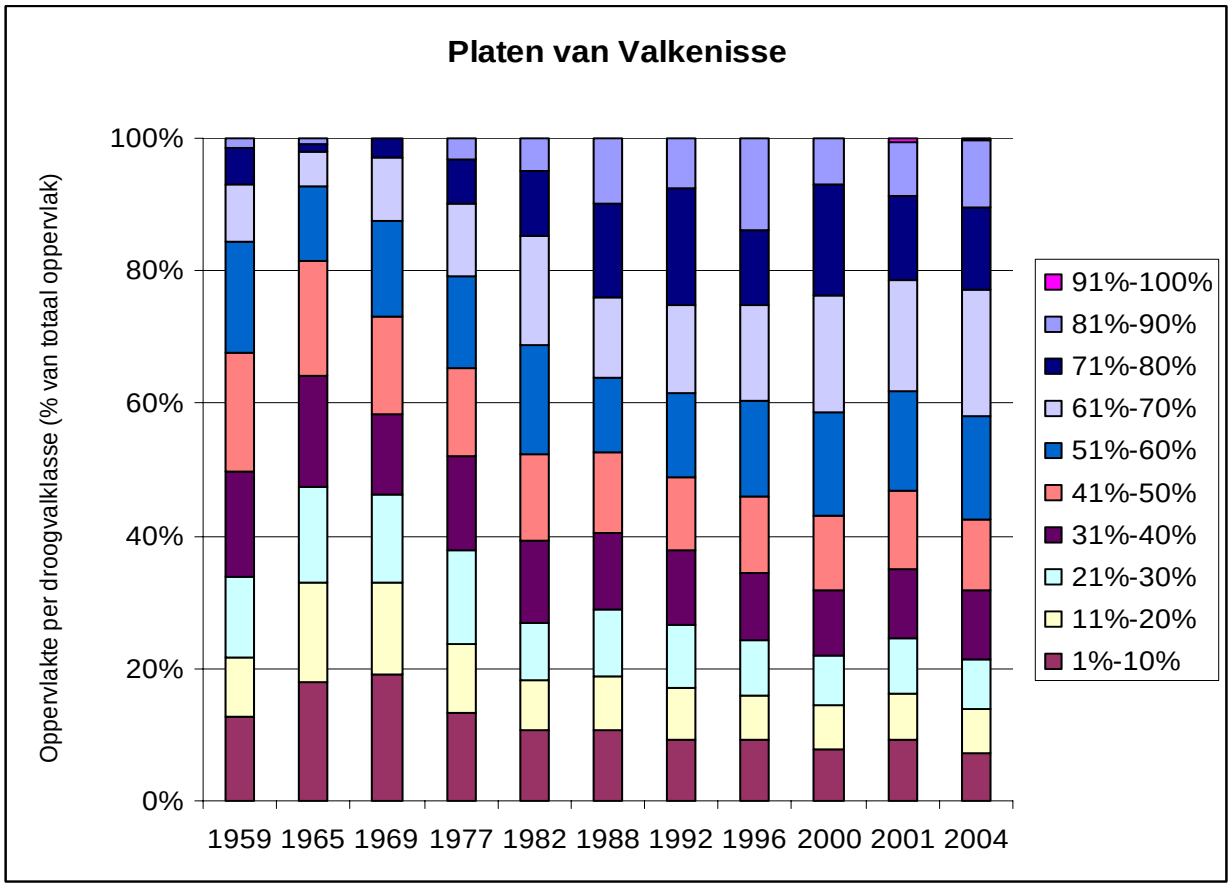


Kaart Plaat van Valkenisse met contouren hoge plaatdelen (NAP +1.0 m)

Locatie van profielen Plaat van Valkenisse (bodemligging 2004)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774	Alkyon	Fig. 5.6.4

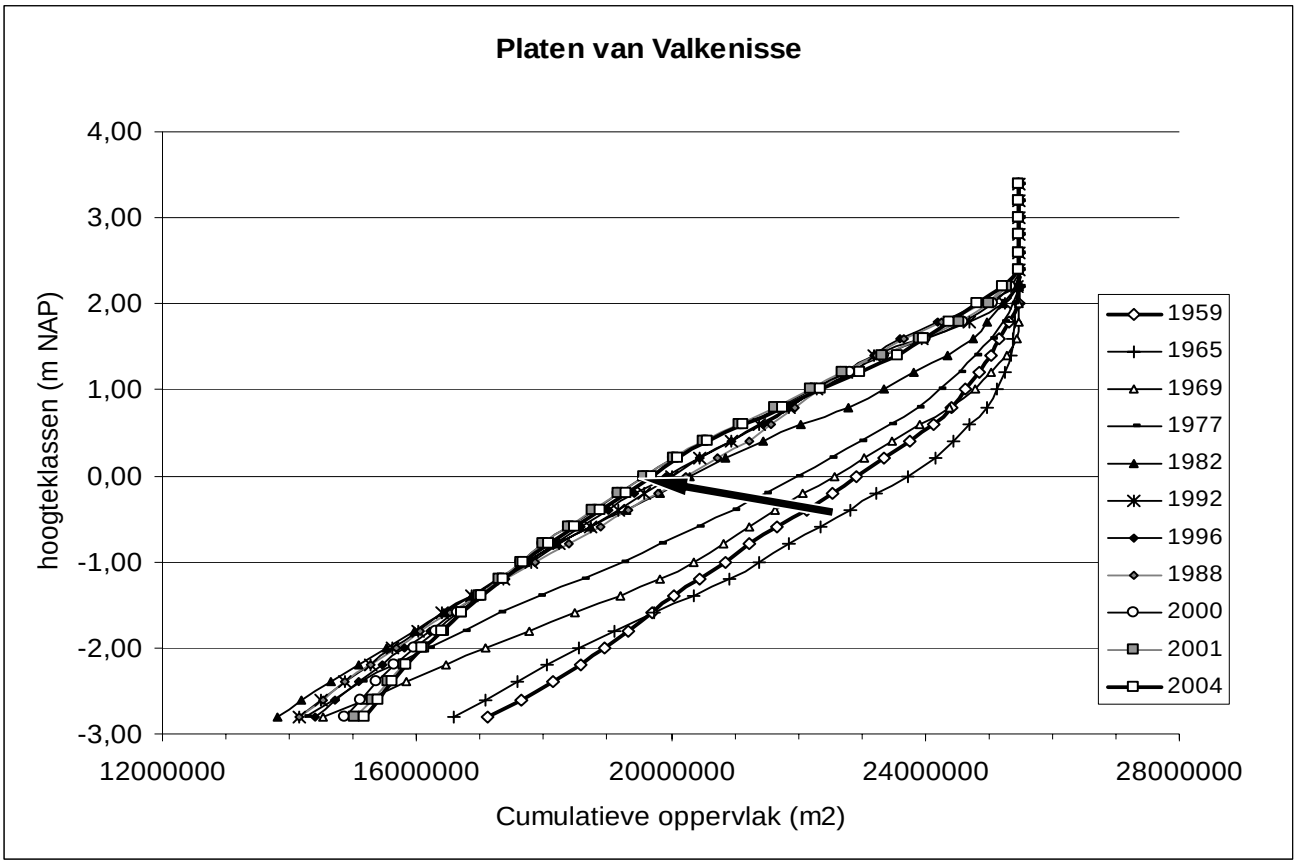


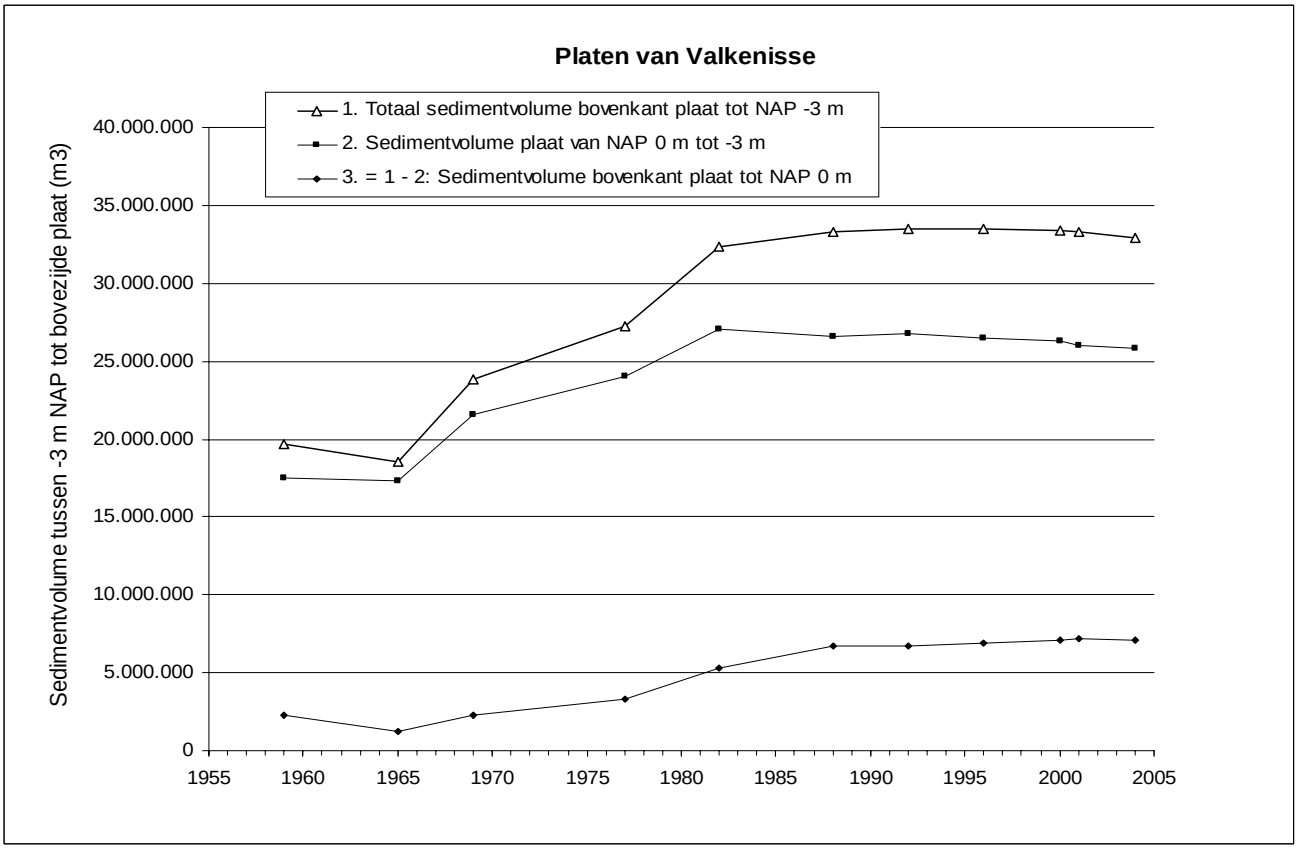


Grafiek arealen Plaat van Valkenisse (m2) per klasse droogvalpercentage

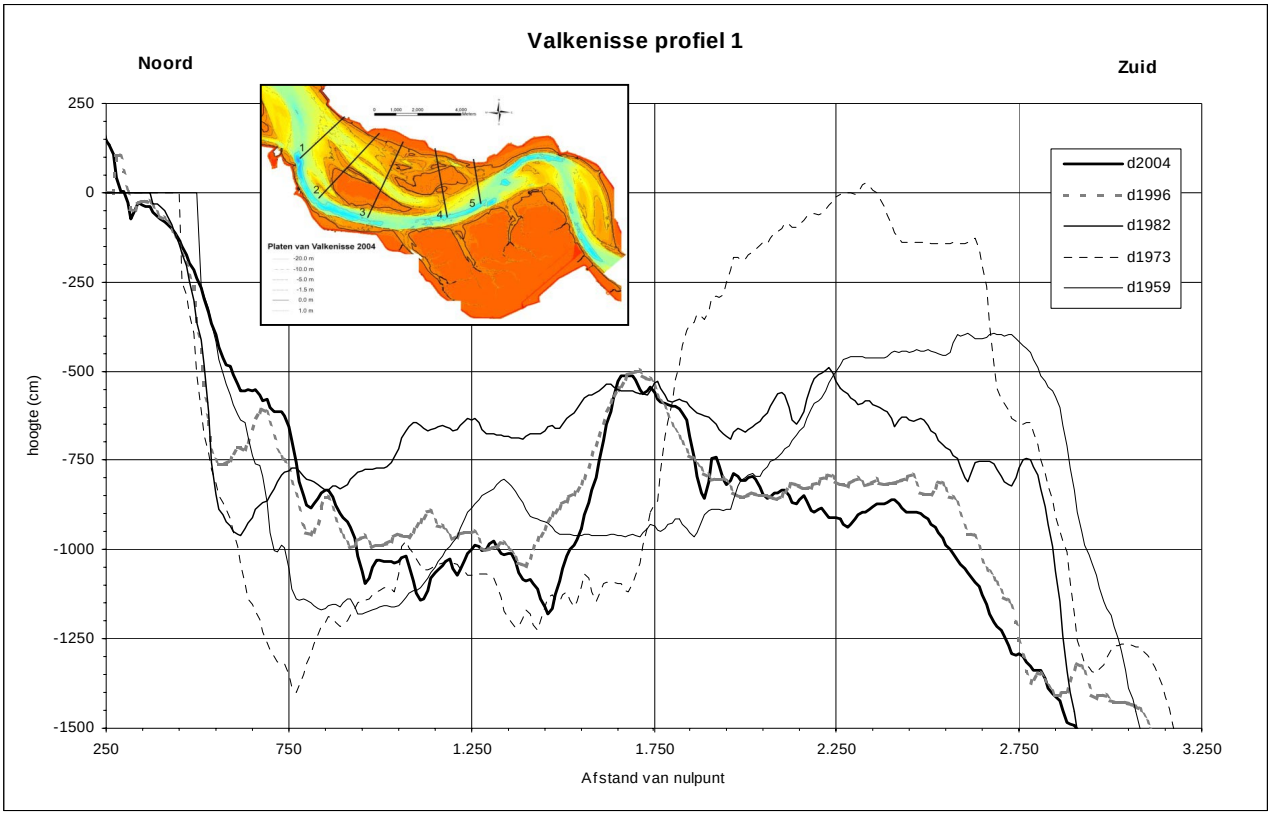
Grafiek van ratio van het areaal (%) in verschillen droogvalpercentages

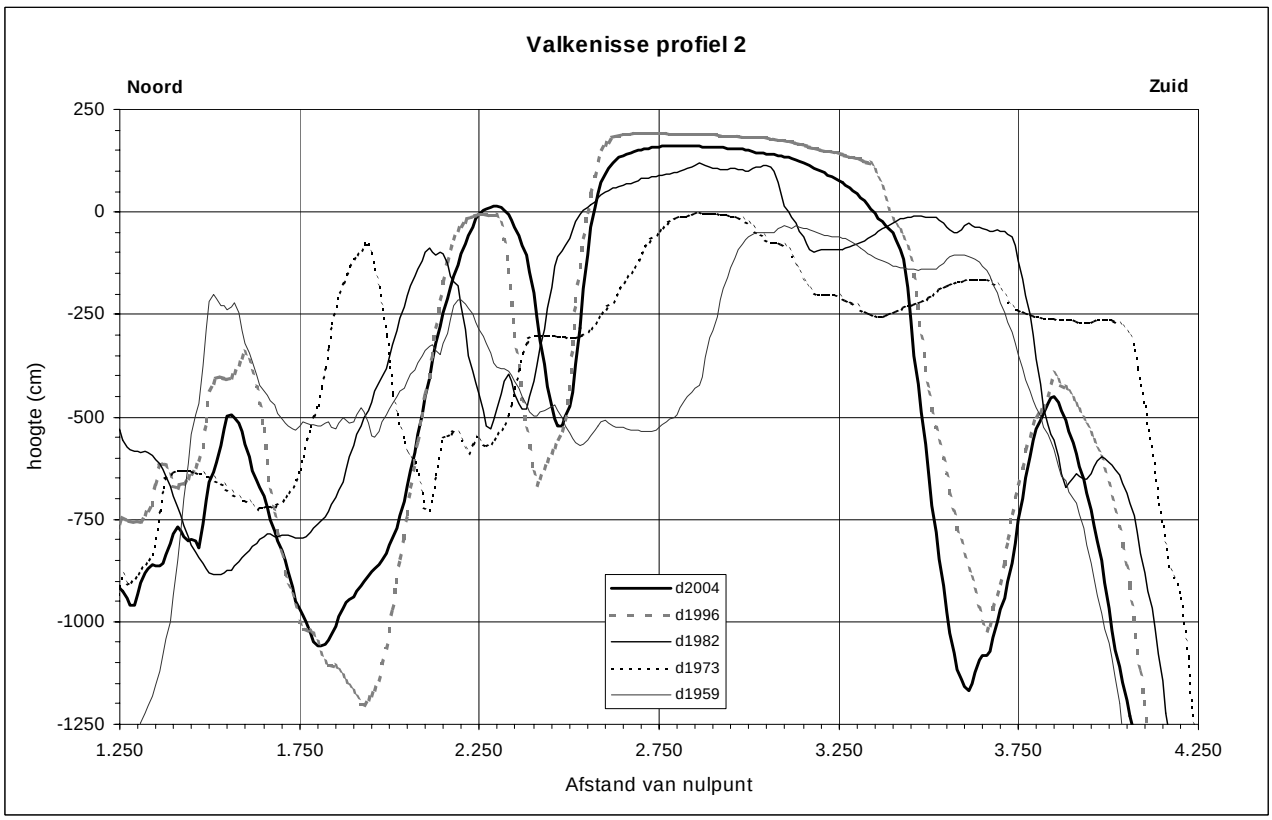
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 5.6.5





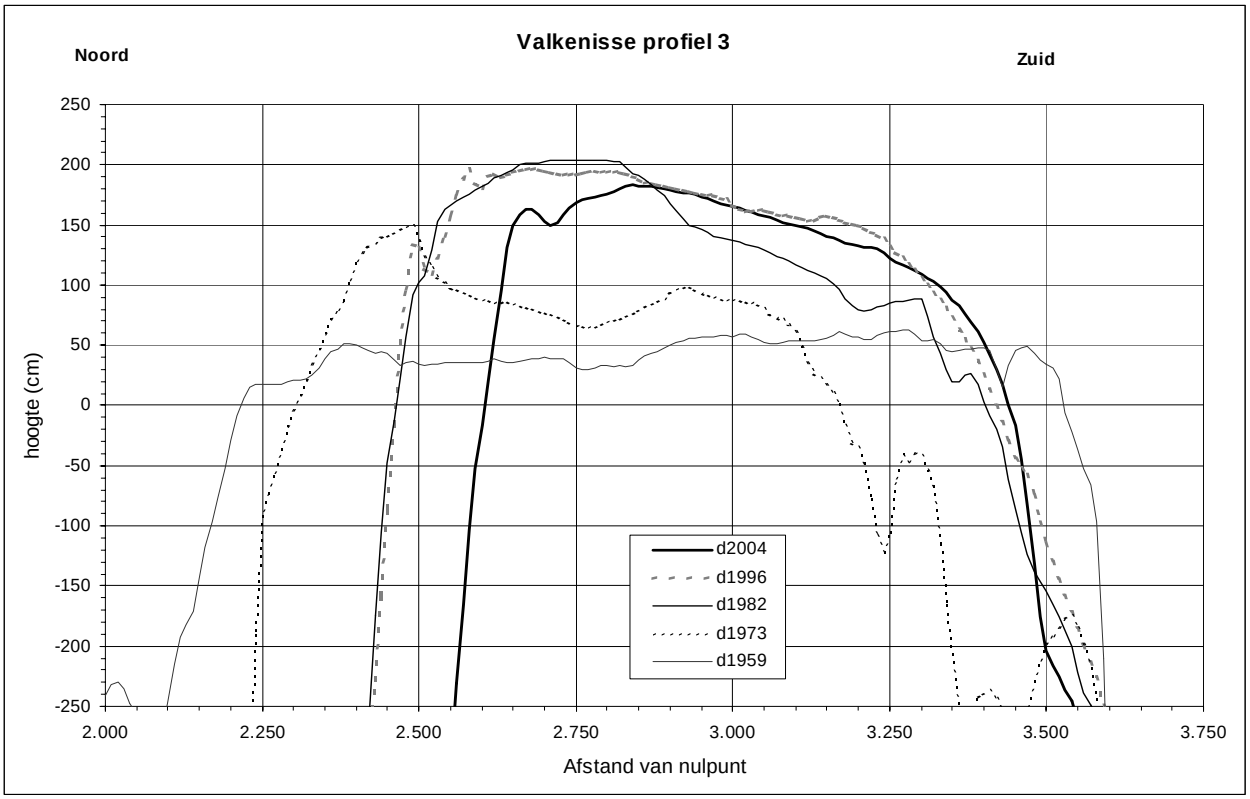
Hypsometrische curve Plaat van Valkenisse (cumulatieve areaal per hoogte) Grafiek van sedimentvolume in verschillende hoogteklassen			
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.6.6

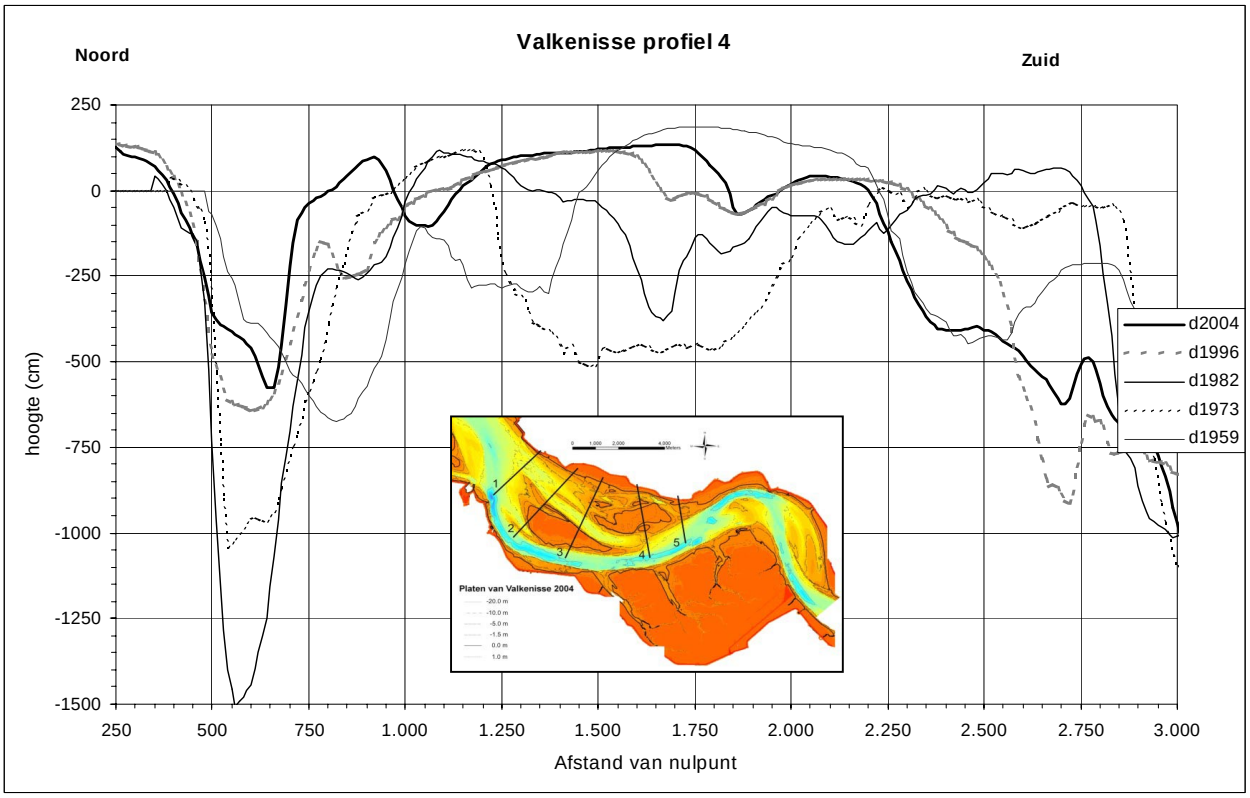




Profiel 1 over de Plaat van Valkenisse

Profiel 2 over de Plaat van Valkenisse (locatie profielen in figuur 5.4.5)

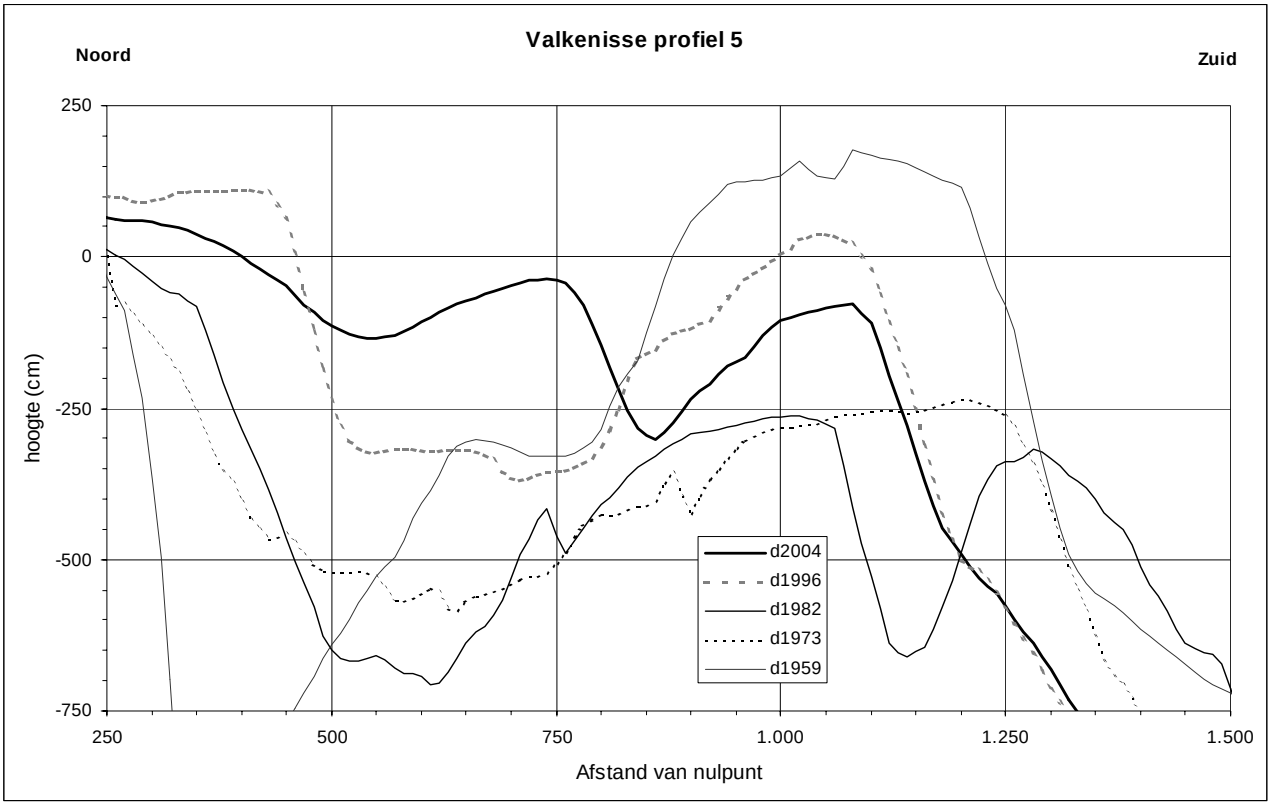


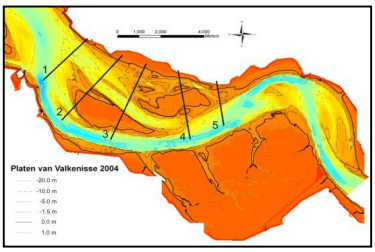


Profiel 3 over de Plaat van Valkenisse

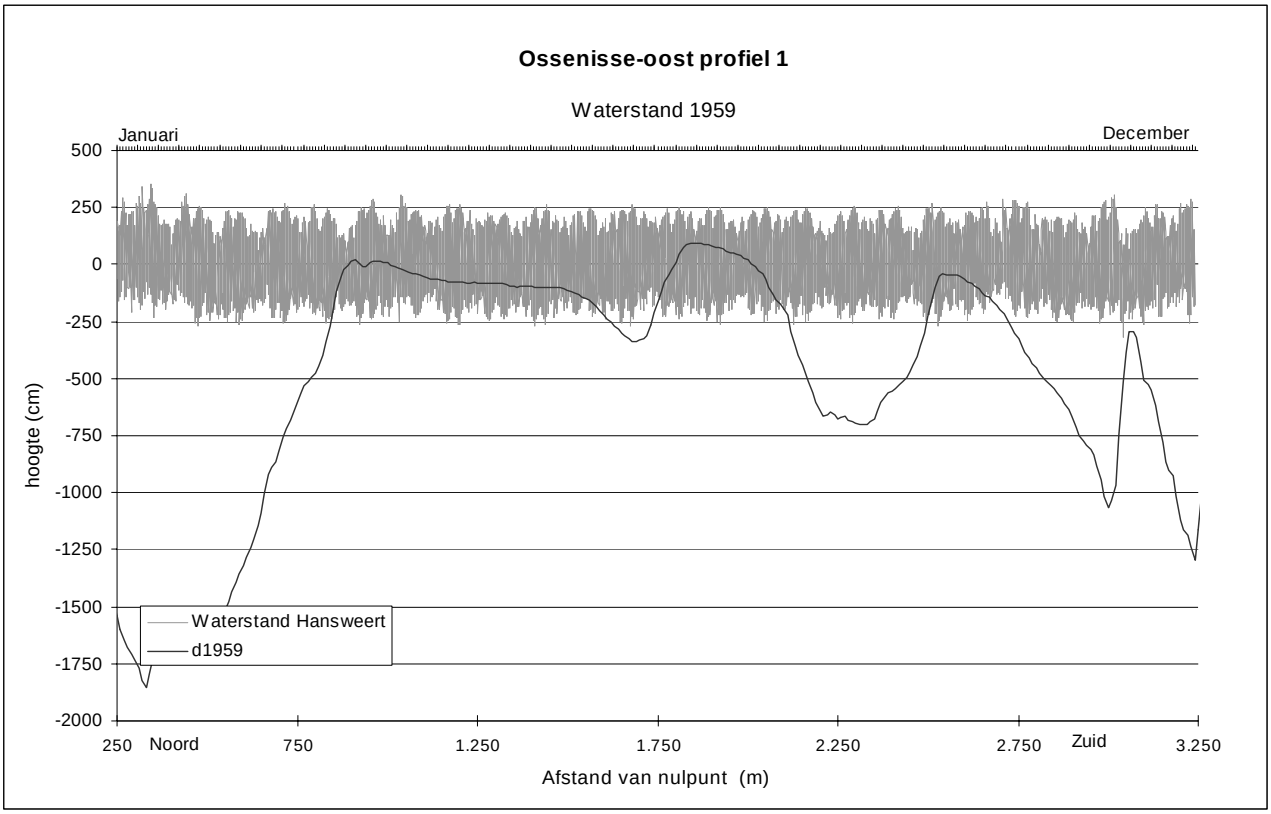
Profiel 4 over de Plaat van Valkenisse (locatie profielen in figuur 5.4.5)

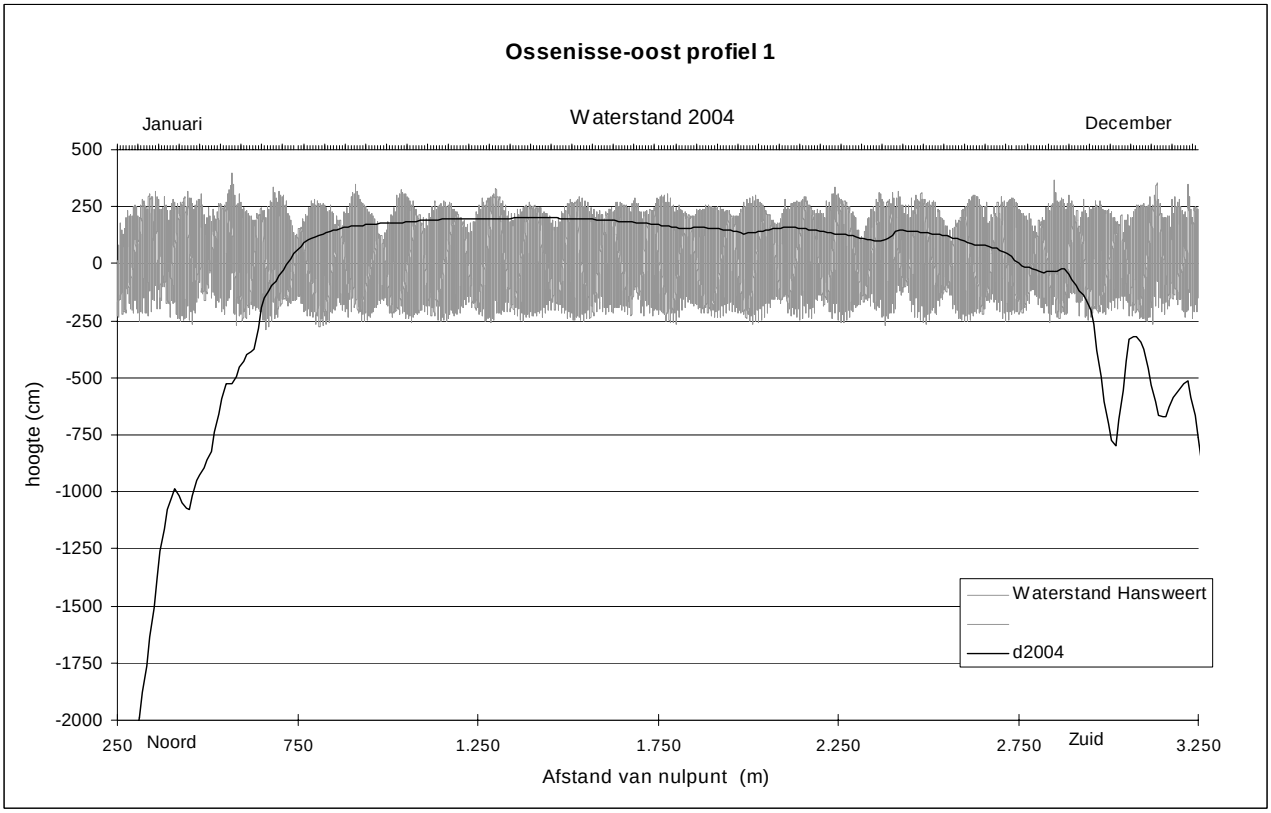
PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 5.6.8





Profiel 5 over de Plaat van Valkenisse (locatie profiel in figuur 5.4.5)

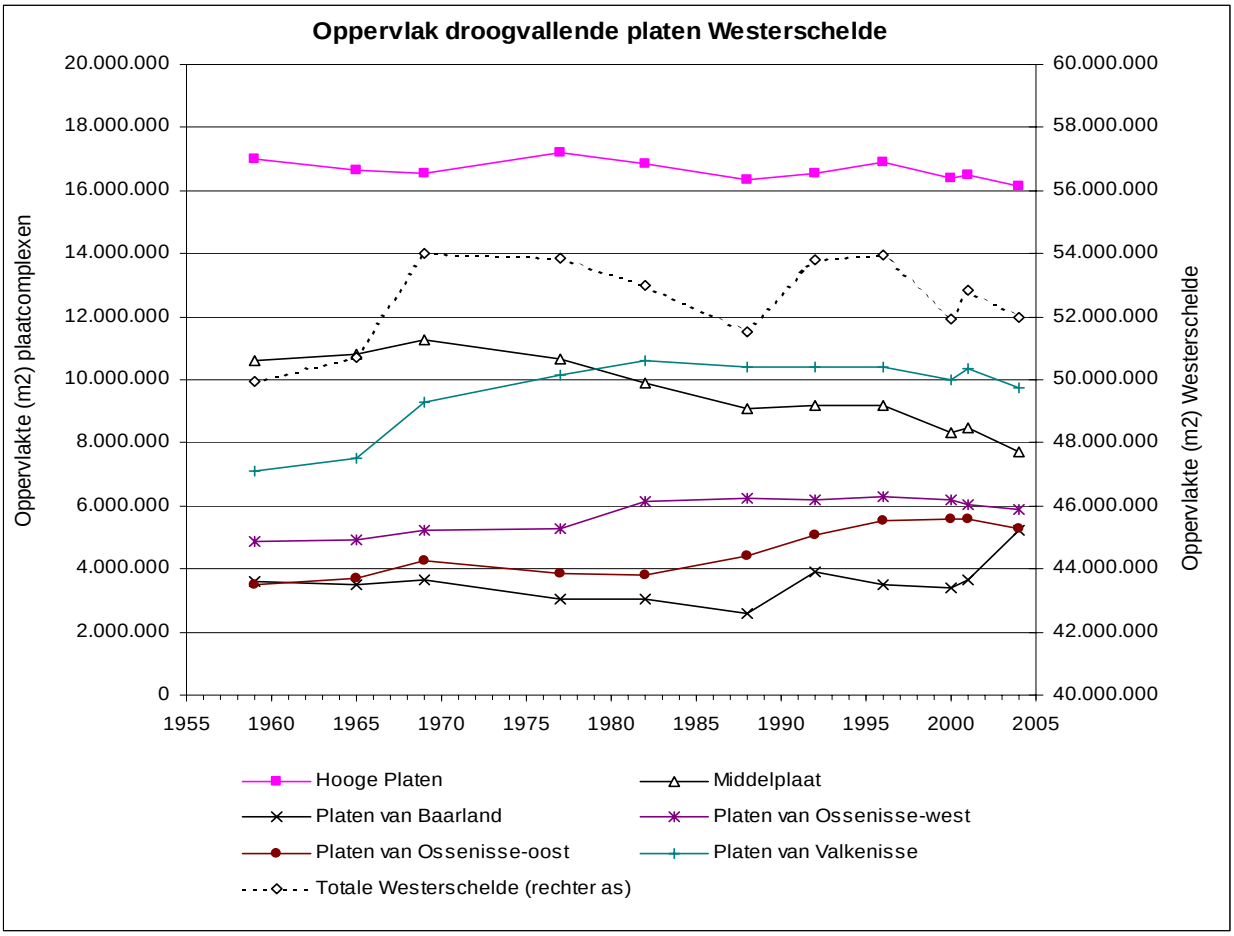


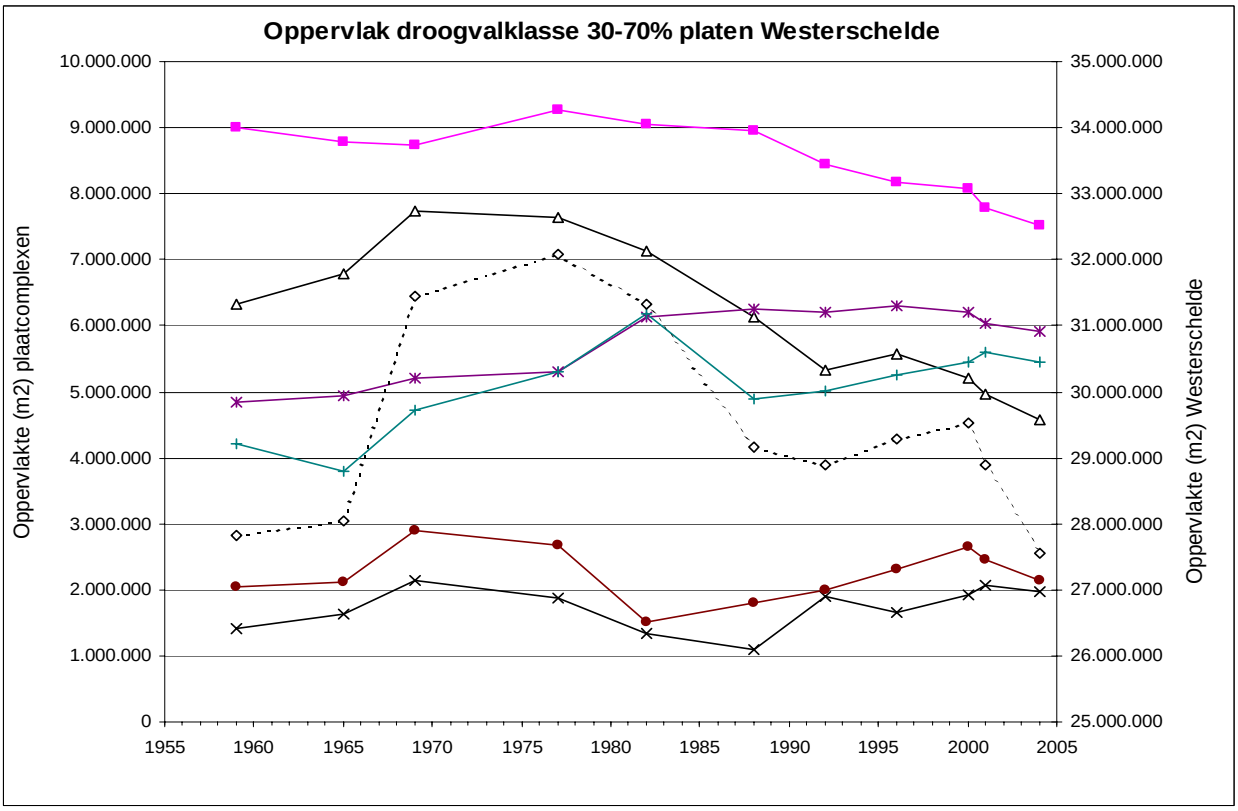


Dwarsdoorsneden profiel 1 Ossenisse-Oost 1959 en 2004

met jaarrond gemeten waterstandsverloop

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 6.1

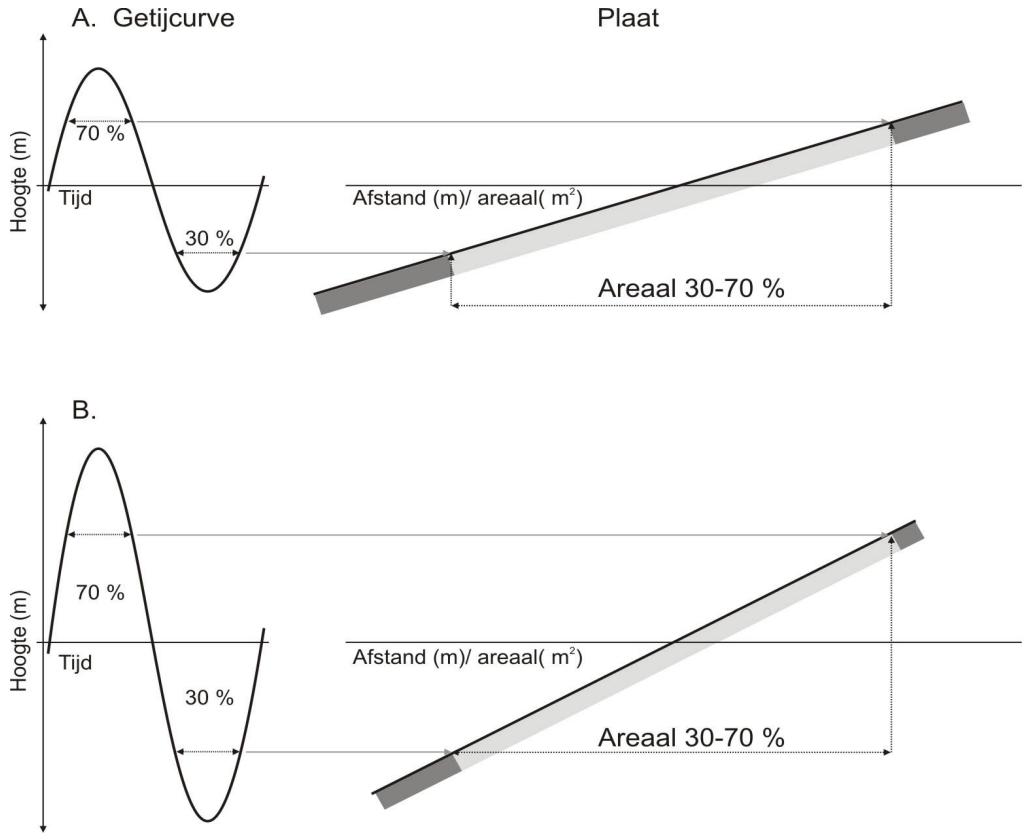




Grafiek totale droogvallende oppervlakte plaatcomplexen Westerschelde

Grafiek oppervlakte droogvalklasse 30-70% plaatcomplexen

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE A1774 Alkyon Fig. 6.2



Voorbeeld van vergelijkbaar areaal droogvallende plaat
bij kleine getijslag en flauwe plaat (A) en grote getijslag en steile plaat (B)

PLAATMORFOLOGIE WESTERSCHELDE	A1774	Alkyon	Fig. 6.3