

Oevermorfologie van het IJsselmeer

Ane Wiersma
Henk Verheij

1204495-003

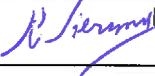


Titel
Oevermorfologie van het IJsselmeer

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1204495-003	1204495-003-VEB-0001	23

Trefwoorden
Peilstrategieën IJsselmeer, morfologie, geologie, opzet, afzakken

Samenvatting

In deze rapportage worden de effecten van voorgenomen peilstrategieën op de oevermorfologie langs het IJsselmeer bekeken. In eerste instantie worden de oevers van het IJsselmeer ingedeeld in gebieden op basis van gebruik, oeverprofiel en geologie. Vervolgens wordt de geologische opbouw van de oevers per deelgebied schematisch weergegeven. Tot slot wordt een inschatting gegeven van de verwachte morfologische effecten van de verschillende peilstrategieën.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	November 2011	Ane Wiersma		Bob Hoogendoorn		Bob Hoogendoorn	
	November 2011	Henk Verheij					

Status
definitief

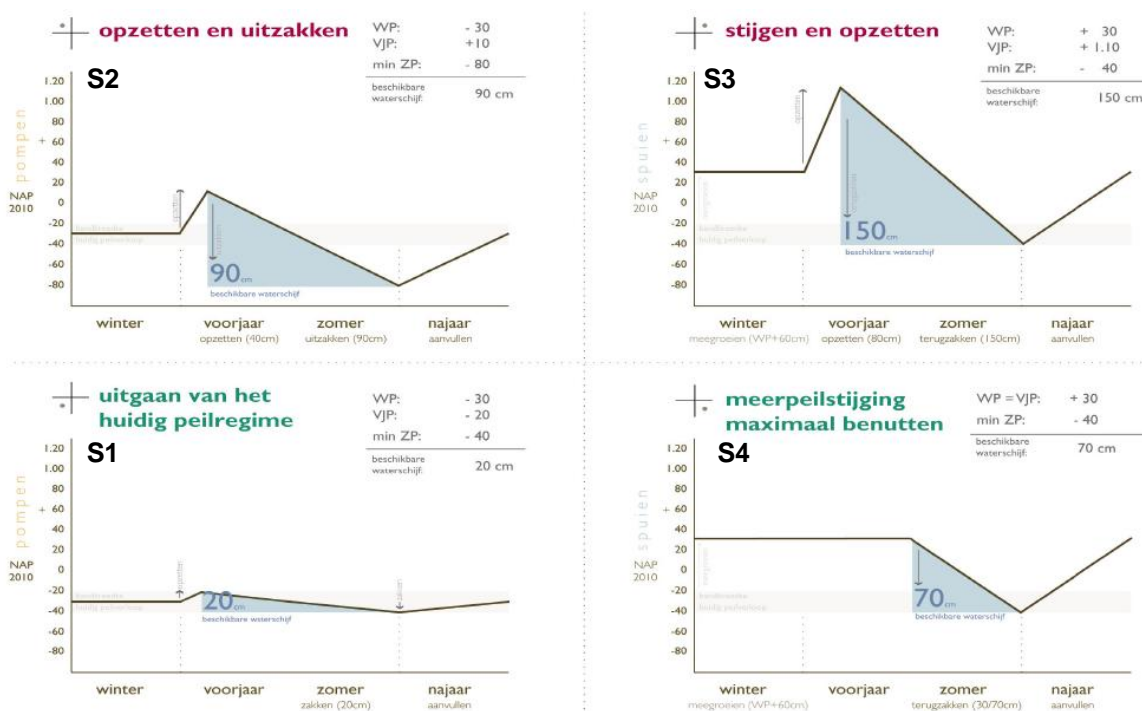
Inhoud

1 Inleiding	1
2 Geologische geschiedenis	3
3 Indeling in deelgebieden	5
3.1 Deelgebied 1	6
3.2 Deelgebied 2	7
3.3 Deelgebied 3	8
3.4 Deelgebied 4	9
3.5 Deelgebied 5	9
3.6 Deelgebied 6	10
3.7 Deelgebied 7	11
3.8 Deelgebied 8	12
3.9 Deelgebied 9	12
3.10 Deelgebied 10	13
3.11 Deelgebied 11	14
3.12 Deelgebied 12	14
3.13 Deelgebied 13	15
3.14 Deelgebied 14	16
4 Morfologische effecten bij peilstrategieën	18
4.1 Effecten peilstrategieën	18
4.2 Gevolgen per deeldeelgebied	20
4.2.1 Deelgebied 1	21
4.2.2 Deelgebied 2	21
4.2.3 Deelgebied 3	22
4.2.4 Deelgebied 4	22
4.2.5 Deelgebied 5 - 8	22
4.2.6 Deelgebied 9	22
4.2.7 Deelgebied 10	23
4.2.8 Deelgebied 11	23
4.2.9 Deelgebied 12 – 14	23
5 Conclusies	24
6 Aanbevelingen	25

1 Inleiding

In het voorjaar van 2011 zijn door het Programmabureau Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) in samenwerking met partijen in de regio, kennisinstellingen en adviesbureaus vier strategieën ontwikkeld, gericht op de lange termijn peilontwikkeling van het IJsselmeer, het Markermeer en de Randmeren. Deze strategieën zijn zogenaamde “hoekpunten”, en zijn opgesteld om de mogelijkheden op het gebied van peilbeheer te verkennen.

Aan de vier gepresenteerde strategieën is een kennisagenda gekoppeld met vragen die van belang zijn om inzicht te krijgen in de uitvoerbaarheid en consequenties daarvan. De voorliggende rapportage gaat in op de kennisvragen met betrekking tot het thema Oevermorfologie van het IJsselmeer.



Figuur 1: Hoekpunten van mogelijke peilstrategieën om het IJsselmeer toekomstbestendig te maken.

Deze rapportage bevat een Quick Scan waarin de oevermorfologie van het IJsselmeer in kaart wordt gebracht en beschreven. Hiermee worden effecten die kunnen optreden bij opzet of uitzakking van het peil geïdentificeerd. In de Quick Scan worden de oevers ingedeeld in klassen op basis van ondergrondopbouw, landgebruik en het dwarsprofiel van de oevers. Vervolgens wordt voor de verschillende klassen oevers een algemeen risicoprofiel opgesteld met mogelijke effecten waar rekening mee moet worden gehouden bij opzetten of uitzakken van het peil.

De oevers van het IJsselmeer hebben zich sinds de aanleg van de afsluitdijk gevormd naar de randvoorwaarden die de peildynamiek oplegde. Door toekomstige aanpassingen in het peilbeheer treden er functieveranderingen, ecologische en morfologische veranderingen op langs de oevers. Bij afzakken van het peil kunnen uitgestrekte natuurlijke ondiepe vooroevers

droog komen te liggen gedurende een seizoen. Aan de andere kant kunnen bij peilopzet uitgestrekte natuurlijke buitendijkse gebieden onder water komen te staan gedurende een gedeelte van het jaar. Bovendien is het IJsselmeer een vrij ondiep, gemiddeld rond de 4 meter, waardoor aanpassingen in peilbeheer ook gevolgen kunnen hebben voor de bodem van het IJsselmeer.

De variatie in oevermorfologie van het IJsselmeer is, onder andere, bepaald door de geografische ontwikkeling die het IJsselmeer gebied heeft gekend. Door deze ontwikkeling is er grote variatie in bodemopbouw van de oevers die het IJsselmeer omringen, die bestaan uit veen, kleiige wadafzettingen met daarin zandige geulen, kliffen van keileem en dekzand en de deltaïsche afzettingen van de IJssel. De potentiële morfologische effecten van peilvariëaties op deze oevers zijn dan ook afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond van deze oevers.

2 Geologische geschiedenis

Dit rapport concentreert zich op de ondiepe (minder dan 10 m onder maaiveld) bodemopbouw langs de randen van het IJsselmeer. Verreweg de meeste sedimenten hiervan zijn van Holocene ouderdom. De bodemopbouw verschilt van plek tot plek, en is bepaald door de geografische geschiedenis van het gebied.

De geologische basis die wordt gebruikt in dit rapport is de Pleistocene ondergrond. Dit is het oppervlak zoals dat was tijdens de laatste ijstijd waarin periglaciale omstandigheden heersten in Nederland en het zeespiegelniveau zo laag stond dat de kust ver in de huidige Noordzee lag. Het oppervlak bestond uit fijne (dek)zanden, zandige beek- en rivierafzettingen (Formatie van Boxtel) en keileem (Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten). Het reliëf werd gevormd door oudere glaciale structuren en de locatie van rivierdalen. Dit aanwezige reliëf aan het einde van het Pleistoceen is bepalend geweest voor de verdere geologische geschiedenis van dit gebied in het Holoceen. Het gebied verdronk langzaam door de gevolgen van zeespiegelstijging. Sedimenten werden afgezet, eerst in de lagere delen, maar later ook op de hogere delen van het gebied.

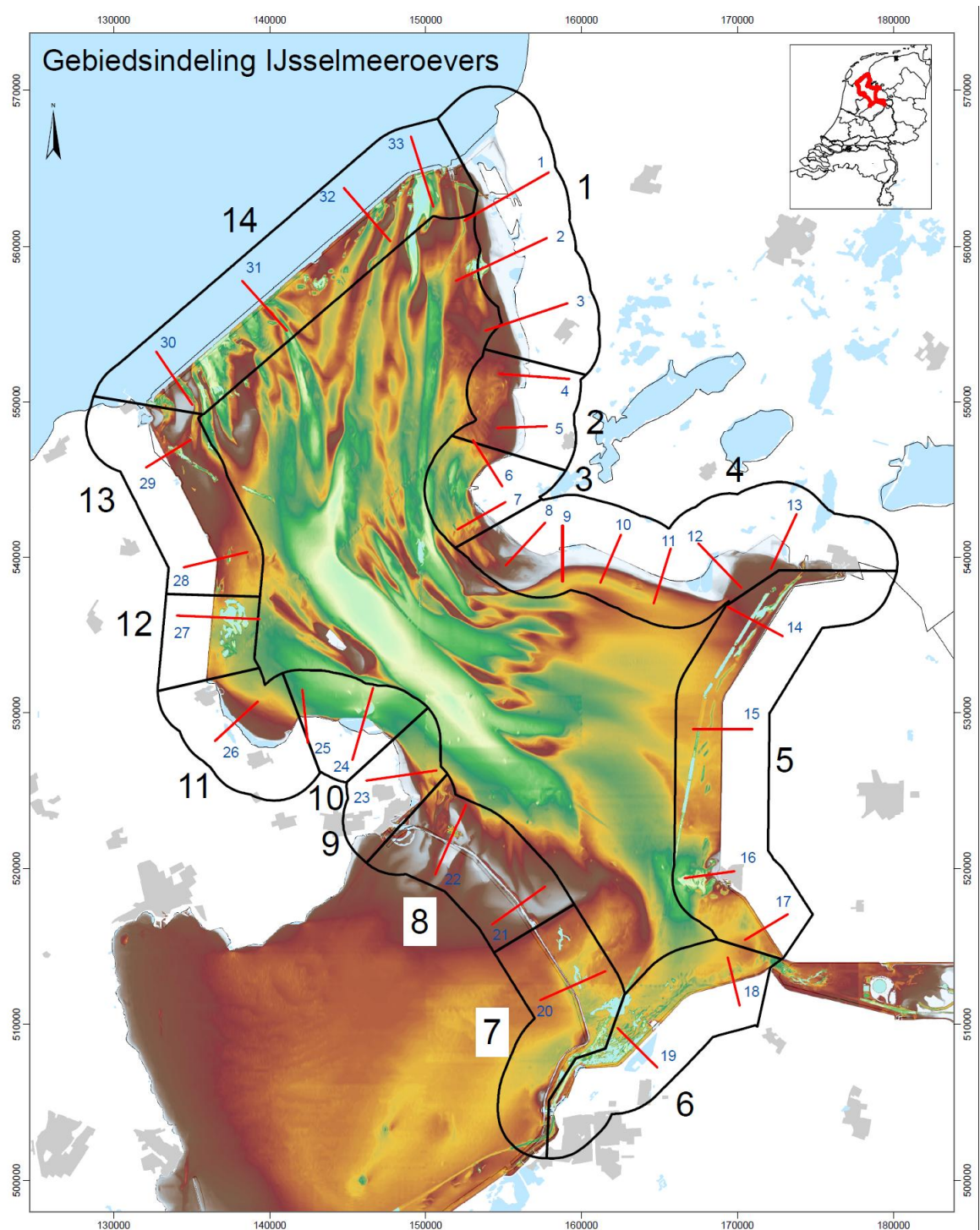
Tijdens het Holoceen veranderde het open toendra landschap in een landschap met gesloten vegetatiedek. Vanuit het westen waterden voorlopers van de Overijsselse Vecht en de IJssel af door een breed dal in het zuiden van het IJsselmeergebied. Door de stijging van de grondwaterspiegel die samenhangt met de stijging van de zeespiegel raakt het Pleistocene oppervlak langzaam overgroeid door veen (Formatie van Nieuwkoop, basisveen). In het relatief lage zuiden van het IJsselmeergebied gebeurde dit eerder dan in het noordelijke deel, waar het Pleistocene oppervlak relatief hoog ligt. Als het gebied verder verdrinkt krijgt de zee invloed in het IJsselmeergebied en worden in het zuiden op het basisveen getijdenafzettingen afgezet (Formatie van Naaldwijk). Ook het uiterst noordelijk gebied langs de Afsluitdijk en rond Makkum verdrinkt en vindt depositie van getijdenafzettingen plaats. De rest van het gebied raakt geleidelijk overveend (Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen). Door verslechterde afwatering ontstaat er een meer in het veen, het Meer Flevo, met mogelijk een smalle verbinding met de Waddenzee. In dit meer sedimenteert een mengsel van verslagen veen, fijn zand en klei. De verbinding met de Waddenzee wordt beter vanaf zo'n 2000 jaar geleden waardoor het meer brak wordt. Door de invloed van de getijden en de grip van de wind erodeert het veengebied tussen Gaasterland en Wieringen/Westfriesland geleidelijk. Vanaf ongeveer het jaar 800 AD krijgt het brakke meer de naam Almere. Op de meerbodem worden klei, fijne zanden en verslagen veen afgezet (Formatie van Naaldwijk, laagpakket van Almere).

Voortgaande erosie van het veen en de Pleistocene zanden resulteert in het ontstaan van een binnensee, de Zuiderzee rond 1200 AD. Rond 1600 AD heeft de Zuiderzee haar grootste omvang, en beslaat een gebied van het huidige IJsselmeer, het Markermeer, de Wieringermeer, de Flevopolders en de Noordoostpolder. Door getijdeninvloed ontstaan er diepe geulen in de Zuiderzee, die de onderliggende Holocene en top Pleistocene afzettingen eroderen. Langs de randen van de geulen ontstaan zandplaten die voornamelijk bestaan uit opnieuw gesedimenteerd Pleistoceen zand. Richting het zuiden worden de afzettingen van de Zuiderzee fijner en kleiiger. Deze afzettingen worden in deze studie aangeduid als de IJsselmeerafzettingen van de Formatie van Naaldwijk. Het onderscheid tussen de oudere getijafzettingen is niet altijd duidelijk en deels arbitrair.

Na de aanleg van de Afsluitdijk in 1932 verzoet het gebied, en door de afwezigheid van dynamiek, wordt vooral slib in de diepere delen van het IJsselmeer afgezet. Deze worden aangeduid als IJsselmeer afzettingen.

3 Indeling in deelgebieden

Op basis van landgebruik, hoogte van de (onderwater-)oever, en opbouw van de ondergrond zijn 14 deelgebieden onderscheiden (Figuur 2; Bijlage A). Voor ieder deelgebieden zijn één of enkele hoogteprofielen afgeleid die worden gebruikt voor de beschrijving en indeling van de genoemde gebieden. Per deelgebied is voor een representatief hoogteprofiel vervolgens een schematisch geologisch profiel gemaakt (Bijlage B). Voor deze geologische profielen zijn de boringen uit de DINO-database van TNO gebruikt, in combinatie met de kaarten van de Rijksdienst IJsselmeerpolders (RIJP). Op deze profielen is duidelijk de grote variatie te zien in ontstaan en samenstelling van de oevers en waterbodem. In de profielen zijn de waterstanden behorende bij de peilstrategieën (S1, S2, S3 en S4) ook aangegeven voor de winter (w), het voorjaar (v) en de zomer (z).



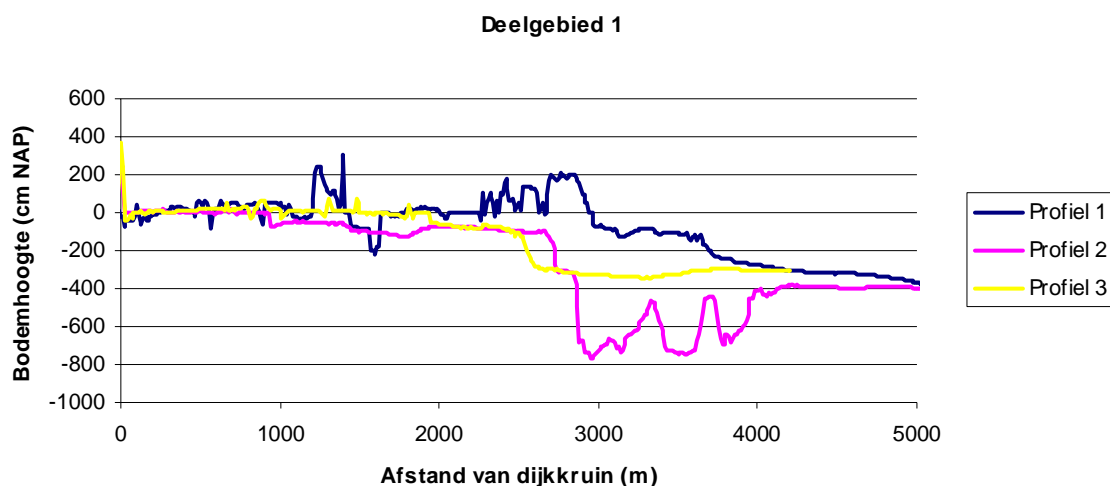
Figuur 2: Indeling in deelgebieden op basis van landgebruik, hoogte van de (onderwater)oever en bodemopbouw.

3.1 Deelgebied 1

Deelgebied 1 omvat de Friese IJsselmeerkust van Makkum tot en met Workum. Deze kust wordt gekenmerkt door uitgestrekte buitendijkse gebieden en een uitgestrekte ondiepe vooroever. De buitendijkse gebieden en vooroevers betreffen zandige getijdeplaten waarvan de hoge gedeelten na de aanleg van de afsluitdijk zijn begroeid en de lagere gebieden permanent onder water staan en weinig dynamiek vertonen door het ontbreken van

getijdebeweging. De buitendijkse gebieden zijn met name ingericht als natuurgebied, maar bij Makkum is er een groot recreatiepark en nabij Workum wordt een deel voor landbouw gebruikt. Ter hoogte van Gaast (vlak ten zuiden van profiel 2) ontbreekt een buitendijks land, maar de ondiepe vooroever is wel aanwezig. De hoogteprofielen van de oever laten de grote variatie in hoogten zien van de buitendijkse gebieden, en ook het verschil in diepte (Figuur 3). De grote diepte bij profiel 2 (3000 – 3500 meter van de kruin) is een winput voor zand of keileem.

Het Pleistoceen in deze kuststrook ligt op een diepte van circa 3 tot 5 meter -NAP. In het noorden rond Makkum wordt de Pleistocene ondergrond bedekt door vroeg-Holocene getijdeafzettingen, ten zuiden van Makkum voornamelijk door Hollandveen. De top van de opeenvolging bestaat uit fijnzandige Zuiderzee afzettingen, die rond Workum lokaal het Hollandveen hebben geërodeerd. De hoogste keileemafzettingen langs Deelgebied 1 liggen op een diepte van rond de 10 meter -NAP.

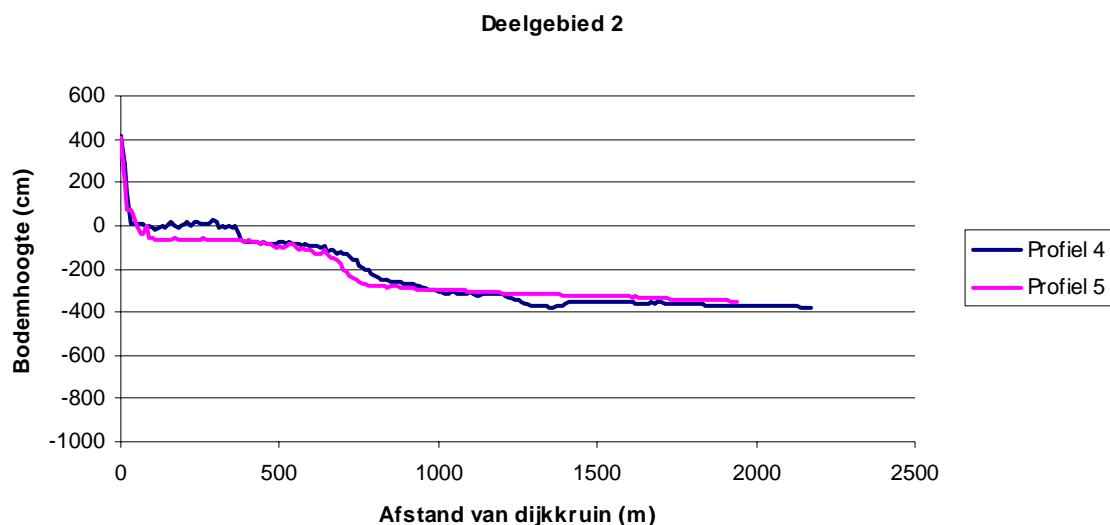


Figuur 3: Hoogteprofielen vanaf de dijkkrui van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 1 (lengteschaal afwijkend van andere profielen).

3.2 Deelgebied 2

Deelgebied 2 strekt zich uit van Workum tot Molkwerdum. In dit gebied wordt de oever gekenmerkt door een ondiepe vooroever van 0,5 tot 1 meter diep en gemiddeld circa 400 meter breed die in tegenstelling tot gebied 1 direct grenst aan de dijk. In de landpunt ter hoogte van Hindelopen ontbreekt de vooroever. Het diepteverloop voor de dijk is vrij constant (Figuur 4).

Het Pleistoceen in deze kuststrook ligt op een diepte van rond de 3 tot 4 meter -NAP. De Pleistocene ondergrond wordt bedekt door Hollandveen met daarop organische kleien. De top bestaat uit een pakket zandige Zuiderzee afzettingen. De hoogste keileemafzettingen in Deelgebied 2 liggen op een diepte van rond de 10 meter -NAP.

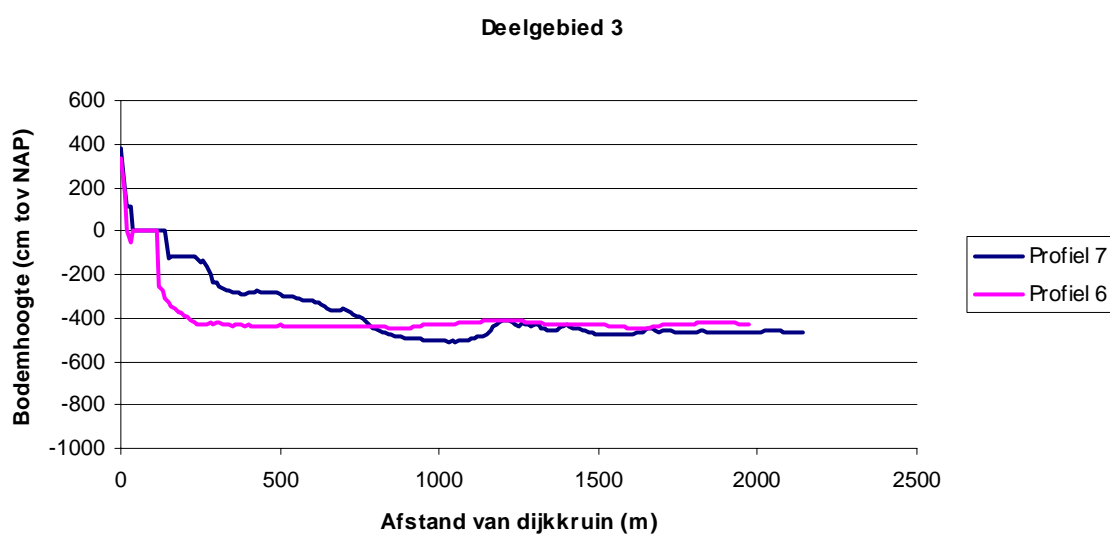


Figuur 4: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 2.

3.3 Deelgebied 3

Deelgebied 3 bestaat uit de uitstulping rond Stavoren ten westen van Gaasterland. In dit gebied is er nauwelijks een ondiepe vooroever en grenst het diepere IJsselmeer direct aan de dijk zonder uitgestrekte ondieptes (Figuur 5). Het IJsselmeer bereikt op enkele honderden meters uit de kust haar typische een diepte van zo'n 4 meter.

Het Pleistocene oppervlak ligt in dit gebied op een diepte van 3 tot 4 meter -NAP, met een top van keileem of dekzand. Keileem bevindt zich in dit gebied altijd binnen 3 meter van de meerbodem. Op deze Pleistocene afzettingen ligt een dun (tot 3 meter) pakket Zuiderzee afzettingen die bestaan uit kleiarm grof tot middel fijn zand.

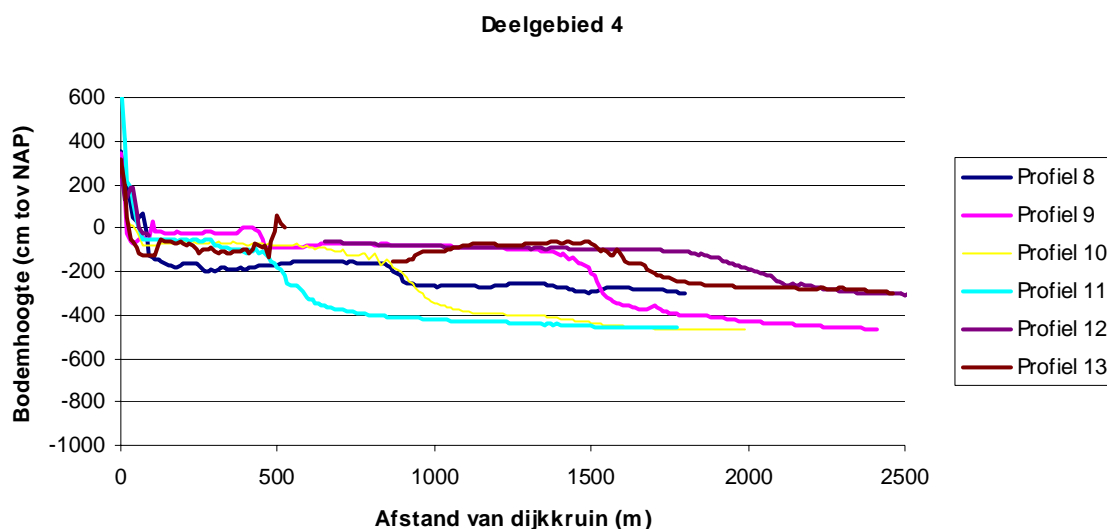


Figuur 5: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 3.

3.4 Deelgebied 4

Deelgebied 4 is het deel van Gaasterland waar de scheiding met het IJsselmeer bepaald wordt door de aanwezigheid van kliffen. Voor de kliffen bevindt zich een ondiepe vooroever van enkele honderden meters tot wel twee kilometer breed (Figuur 6).

De kliffen van Gaasterland bestaan uit keileem, aan de top verspoeld en vermengd met dekzand. Deze afzettingen zetten zich door onder de ondiepe vooroevers van de IJsselmeerkust. De top van het Pleistoceen ligt hier ondieper dan elders, op zo'n 2 tot 4 meter –NAP. Bij de kliffen ligt het keileem binnen 1 meter van de waterbodem, maar richting het IJsselmeer wordt het keileem bedekt door een steeds dikker pakket dekzand. Hier worden deze pleistocene afzettingen bedekt door veenafzettingen, en een top van zandige Zuiderzee afzettingen. In de laagte ten zuidwesten van bakhuizen bereiken de Holocene afzettingen een dikte van meer dan 4 meter, waarvan de onderste 3 meter uit klei en veen bestaat. Het overige gedeelte van deelgebied 4 bevat nauwelijks klei en veen. De Zuiderzeezanden aan het oppervlak in dit gebied zijn middelfijn en kleiarm.



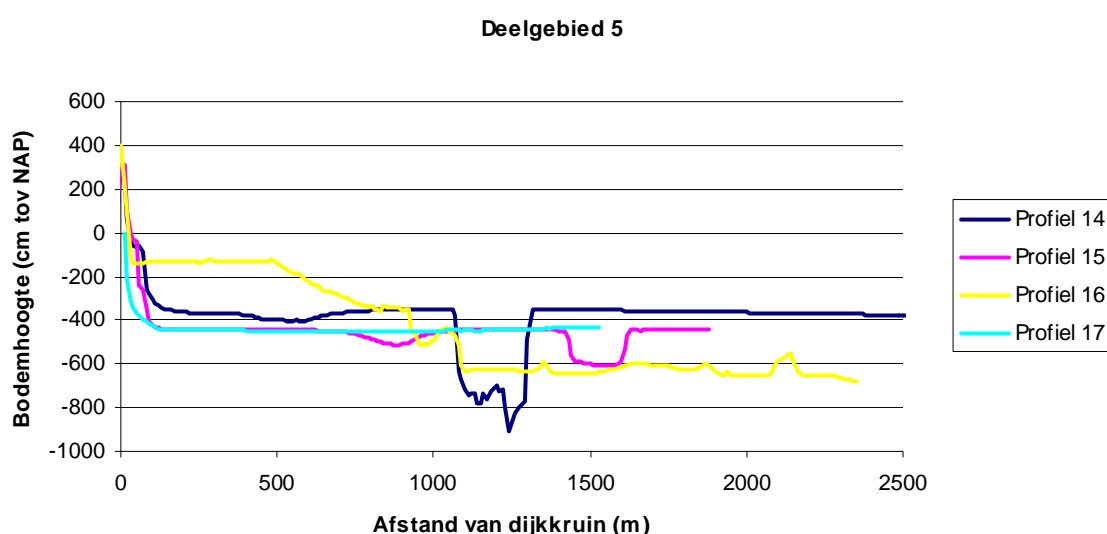
Figuur 6: Hoogteprofielen vanaf de dijk kruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 4.

3.5 Deelgebied 5

Deelgebied 5 omvat de dijk van de Noordoostpolder die op een cunet in de IJsselmeerbodem is aangelegd. Urk valt ook in dit deelgebied, ondanks dat het gekenmerkt wordt door een andere ondergrond opbouw. Daarom is voor Urk wel een eigen geologisch profiel opgesteld. De waterdiepte langs de dijk is rond de 4 meter (Figuur 7), met uitzondering van Urk (Figuur 6, profiel 16) waar een ondiepte van zo'n 1,30 m –NAP aanwezig is tot 500 meter uit de kust.

De dijk is gebouwd op een opeenvolging van Zuiderzeeafzettingen op oudere Almere afzettingen en Hollandveen, die op hun beurt de zandige Pleistocene ondergrond bedekken. De dikte van het Holocene pakket neemt toe van 1 meter in het Noorden tot meer dan 4 meter net ten noorden van Urk. Ten noorden en zuiden van Urk is de dikte van klei- en

veenlagen in dit Holocene pakket ook het dikst: meer dan 3 meter. Bij Urk is een Pleistocene opduiking met keileem aanwezig tot op minder dan 1 meter onder de waterbodem. De Holocene Zuiderzeeafzettingen die dit keileem bedekken bestaan uit zand. Richting Ketelmeer worden de Holocene afzettingen weer dikker, tot 6 meter. In dit diepste deel bestaat de basis van het Holoceen uit oude getijdeafzettingen. In dit hele gebied is de opeenvolging verder vergelijkbaar met de dijk ten noorden van Urk: Zuiderzeeafzettingen op Almere afzettingen op Hollandveen.

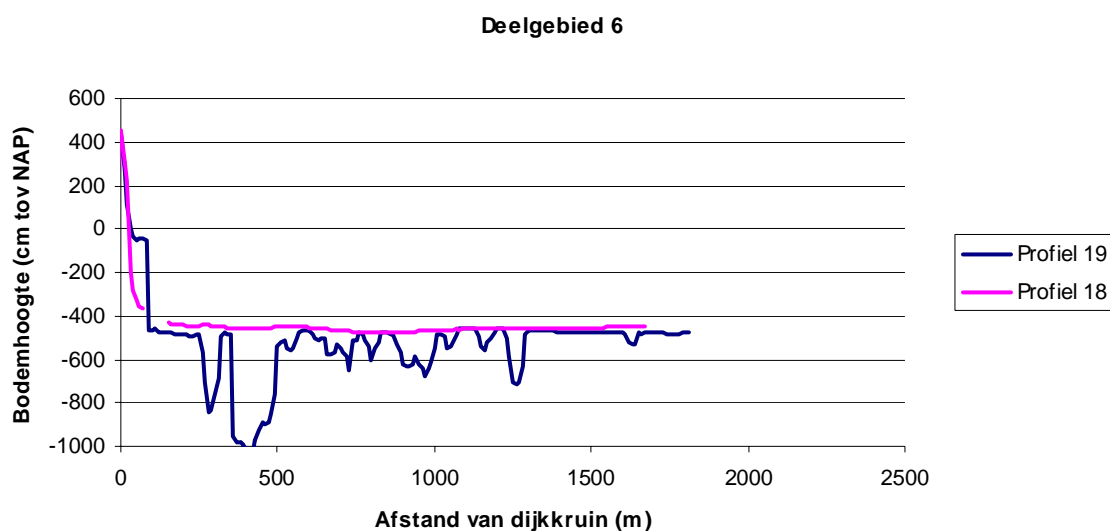


Figuur 7: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 5.

3.6 Deelgebied 6

Deelgebied 6 bestaat uit de dijk van het Ketelmeer tot Lelystad (Flevopolder). Dit deelgebied is vergelijkbaar met de dijk van de Noordoostpolder. De dijk is aangelegd in het IJsselmeer en grenst dus direct aan dieper water, typisch 4 a 5 meter diep (Figuur 8). Voor de kust, binnen een afstand van 1 km, bevinden zich zandwinputten.

Het pleistocene oppervlak in dit gedeelte komt dieper te liggen, van 9 meter –NAP in het noorden van het deelgebied tot 12 meter –NAP in het zuiden. De Holocene opvulling wordt ook steeds dikker en fijner, in het Noorden bij het Ketelmeer is de dikte zo'n 5 meter, in het zuiden zo'n 7 meter. Verreweg het grootste gedeelte bestaat uit klei en veen. In dit gebied wordt het Pleistoceen bedekt met achtereenvolgens Basisveen, Getijdeafzettingen van de Formatie van Naaldwijk, Hollandveen, Almere afzettingen, Zuiderzeeafzettingen en een kleiige top van minder dan een halve meter IJsselmeer afzettingen.

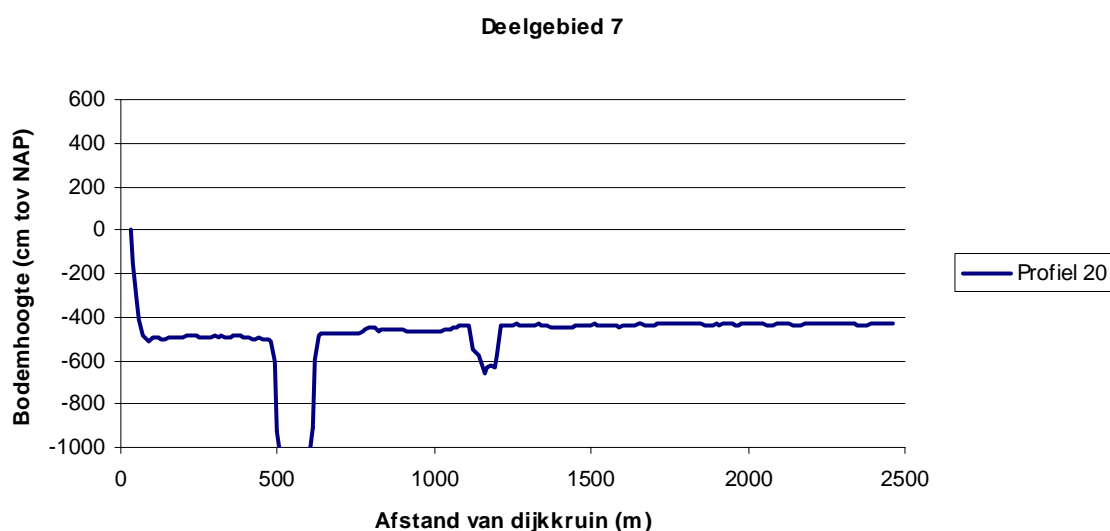


Figuur 8: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 6.

3.7 Deelgebied 7

Deelgebied 7 bestaat uit het zuidoostelijke deel van de houtribdijk. De waterdiepte langs de dijk is meer dan 4 meter (Figuur 9).

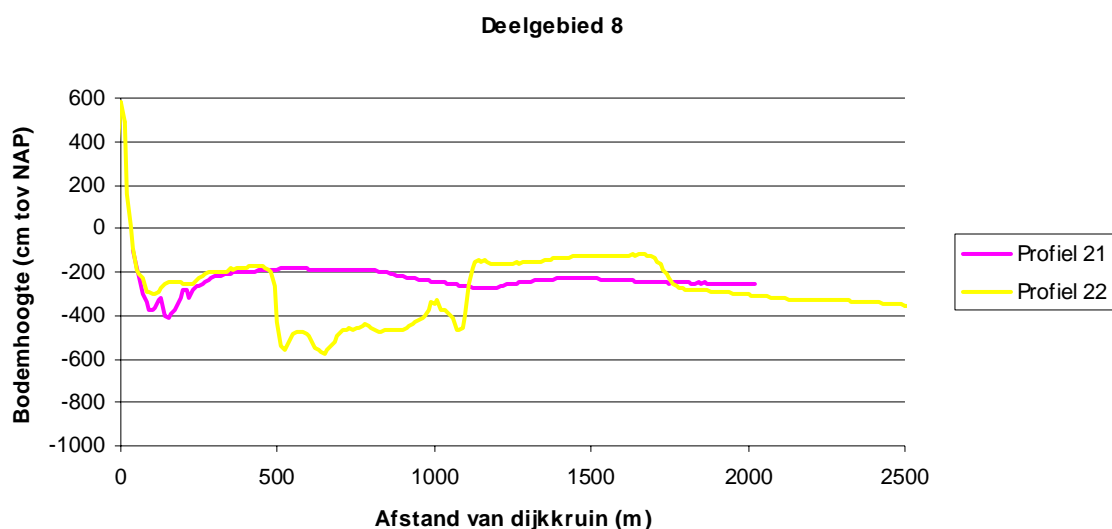
De diepte van het Pleistoceen is grofweg 12 meter -NAP. Op dit pleistoceen zijn oude getijdeafzettingen en Hollandveen afgezet, bedekt met Almere afzettingen en Zuiderzee afzettingen. Het gehele Holocene pakket bedraagt zo'n 8 meter, waarvan zo'n 6 meter klei en veen. De toplaag in dit deelgebied bestaat uit lichte zavel in het zuiden tot kleiarm middelfijn zand in het noorden.



Figuur 9: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 7.

3.8 Deelgebied 8

Deelgebied 8 bestaat uit het noordwestelijke deel van de Houtribdijk. Dit gebied wordt aan de noordkant geflankeerd door de ondiepte Enkhuizerzand noord. De waterdiepte voor de dijk is hierdoor langs grote gedeelten van de dijk minder dan 2 meter (Figuur 10). De geologische opbouw van het gebied is vergelijkbaar als Deelgebied 7, maar de toplaag van Zuiderzee afzettingen is dikker en bestaat voornamelijk uit schone grove zanden.

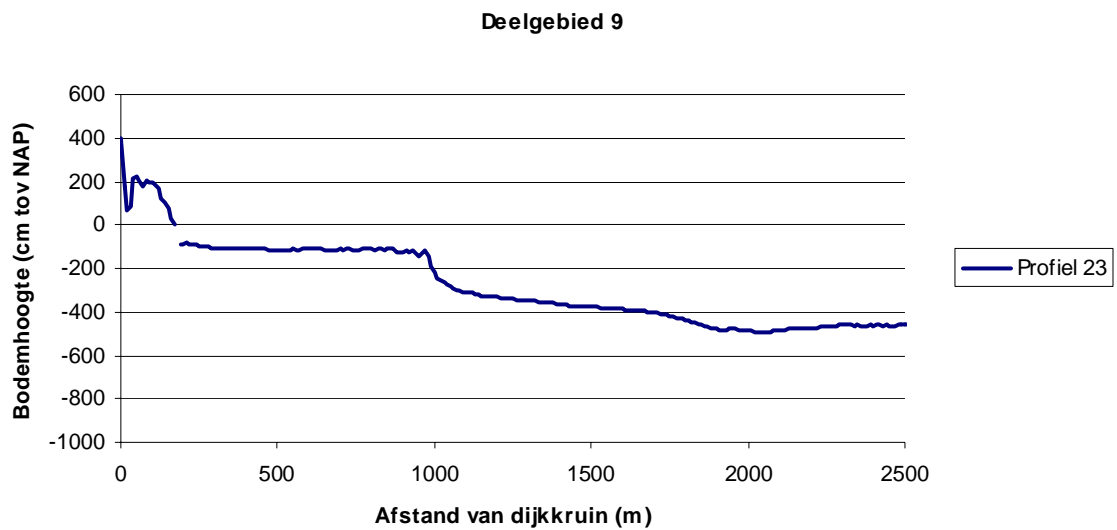


Figuur 10: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 8.

3.9 Deelgebied 9

Deelgebied 9 beslaat de zuid-noord strekkende kust van Westfriesland ten noorden van Enkhuizen. In dit traject komen buitendijkse gebieden voor met een breedte tot 200 meter (Figuur 11). Verder wordt het gebied gekenmerkt door ondiepe voorlanden voor van enkele honderden meters breed en 1 meter diep. De bovenste meter in de buitendijkse gebieden kan zandig zijn maar ook uit zandige klei bestaan.

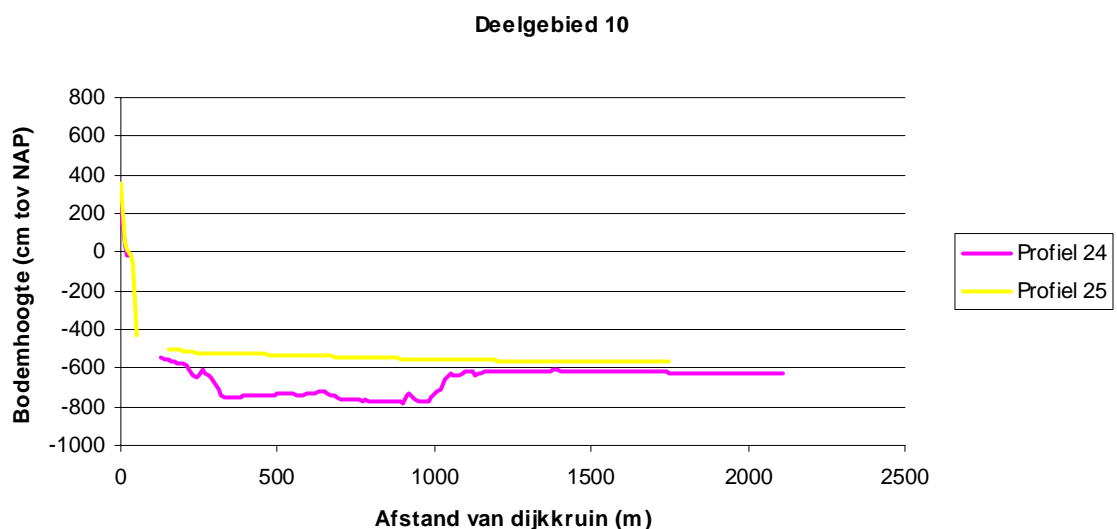
De geologische opbouw van de Noord-Zuid verlopende kust langs Enkhuizen wordt gekenmerkt door een dik pakket getijdeafzettingen van de Formatie van Naaldwijk die vertand zijn met Hollandveen behorende tot de Formatie van Nieuwkoop. Dit veen kan tot aan het oppervlak of vlak onder het oppervlak voorkomen. De dunne bedekking met Zuiderzeeafzettingen van kleiig zand is zo'n halve meter dik.



Figuur 11: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 9.

3.10 Deelgebied 10

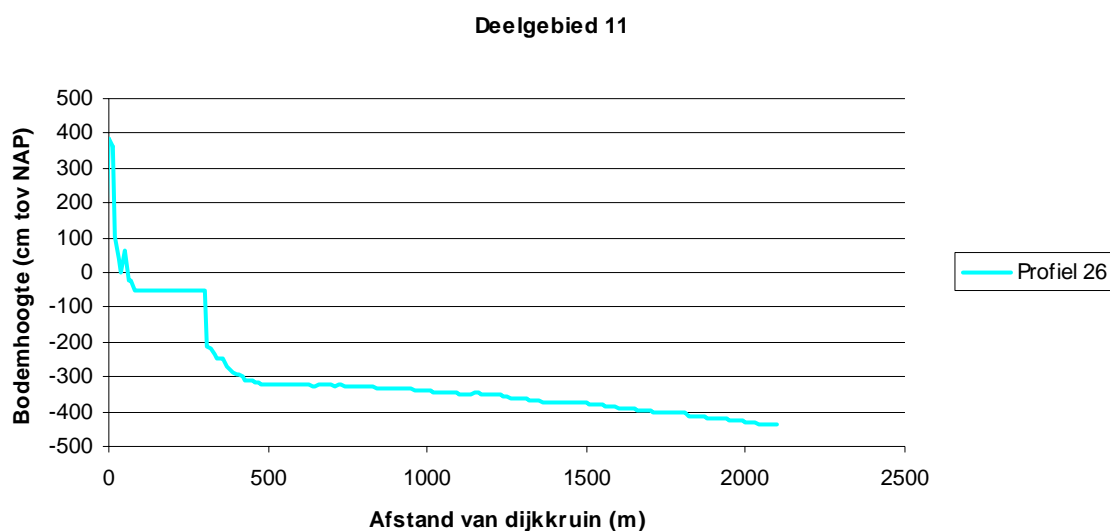
Deelgebied 10 strekt zich uit langs de oost-west lopende kust van Westfriesland. Langs deze kust loopt een diepe geul in het IJsselmeer, het Wagenpad (Figuur 12). Deze geul is een relict van een oude geul die al in het Vroege Holoceen bestond. De Holocene sedimenten in de geul bestaan uit Oude getijde afzettingen met daarop Zuiderzee afzettingen en IJsselmeerafzettingen. De IJsselmeerafzettingen aan de top bestaat uit klei. De kust rond Andijk bestaat uit spaarbekkens en de Proefpolder Andijk, waar de dijk direct aan het IJsselmeer grenst.



Figuur 12: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 10.

3.11 Deelgebied 11

Deelgebied 11 is de bocht tussen Westfriesland en de Wieringermeerdijk. Langs de dijk strekken zich buitendijkse akkers uit van enkele honderden meters breed en de vooroever wordt verder gekenmerkt door uitgestrekte rietlanden (Figuur 13). De top van de afzettingen bestaat uit Zuiderzeeafzettingen die een pakket van getijdeafzettingen vertand met Hollandveen bedekt. Deze serie bedekt basisveen en de pleistocene ondergrond die op een diepte van ongeveer 11 m –NAP ligt.

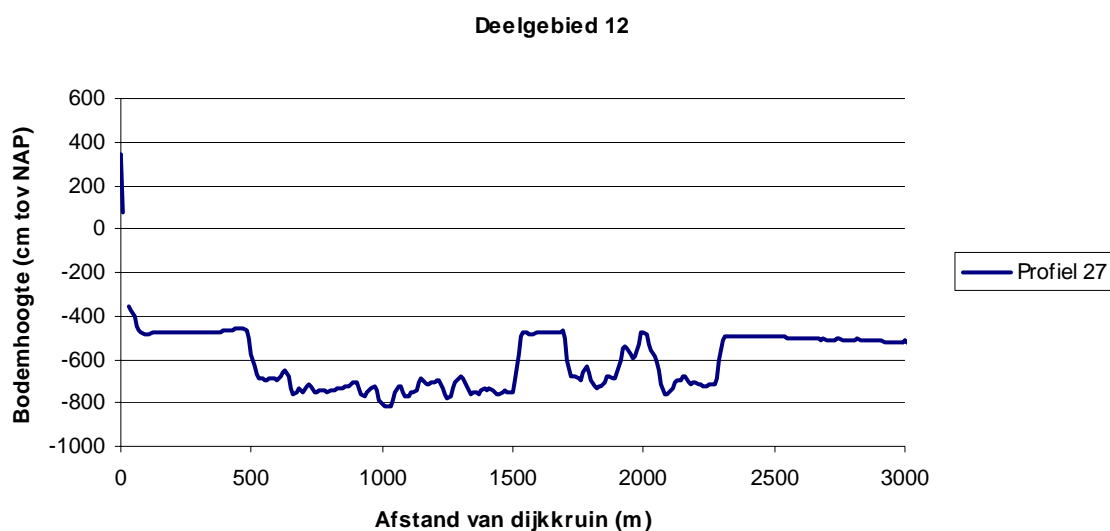


Figuur 13: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruid van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 11.

3.12 Deelgebied 12

Deelgebied 12 bestaat uit het noord-zuid verlopende deel van de Wieringermeerdijk. Deze dijk is op een cunet in de IJsselmeerbodembodem gebouwd. De waterdiepte voor de dijk is zo'n 4 meter (Figuur 14). Het Pleistocene oppervlak bevindt zich in dit gebied op zo'n 10 meter -NAP.

Op deze locatie is in de ondergrond een oude getijdegeul aanwezig waardoor de getijdeafzettingen erg zandig ontwikkeld zijn. Als relict van de geul is de ijsselmeerbodembodem vrij diep, waarin later kleiige ijsselmeerafzettingen zijn afgezet.

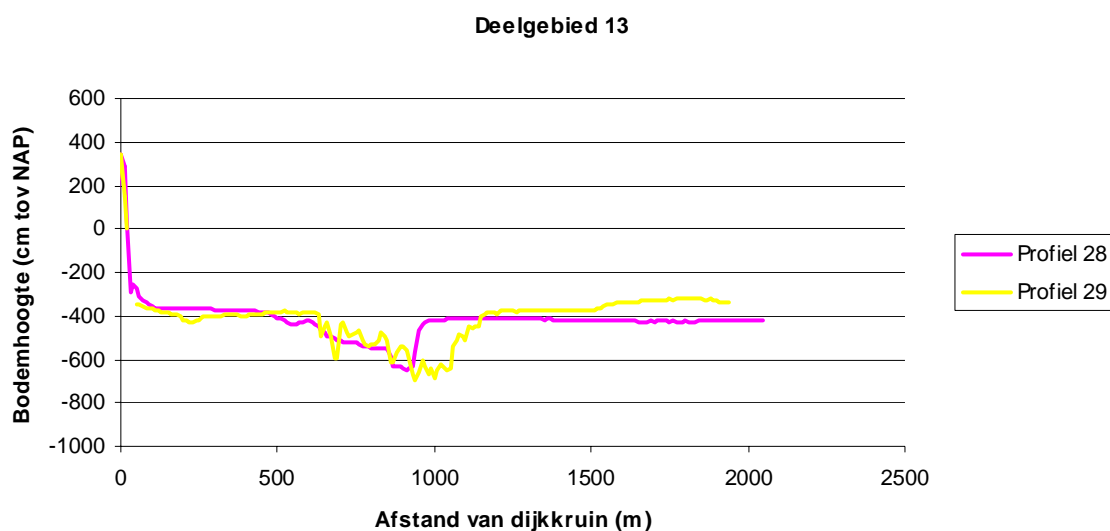


Figuur 14: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 12.

3.13 Deelgebied 13

Deelgebied 13 bestaat uit het deel van de Wieringmeerdijk ten noorden van de knik bij Kreileroord. Op zo'n twee kilometer uit de dijk zijn in het noorden van dit gebied twee relatieve ondiepten aanwezig van zo'n 1,5 m NAP, de Oude Zeug en de Nieuwe Zeug, en loopt op richting Den Oever tot 4 meter onder NAP (Figuur 15).

In dit gebied ligt de Pleistocene ondergrond op zo'n 5 meter –NAP. Bij de hoek in de Wieringmeerdijk komt het pleistocene zand relatief dicht aan de oppervlakte, en wordt alleen door een laag zandige Zuiderzeeafzettingen van minder dan één meter dik bedekt. Keileem bevindt zich hier binnen drie meter van de waterbodem. In het uiterste noorden rond Den Oever wordt de Pleistocene ondergrond bedekt door een zandige Zuiderzee afzettingen van 2 meter dik.

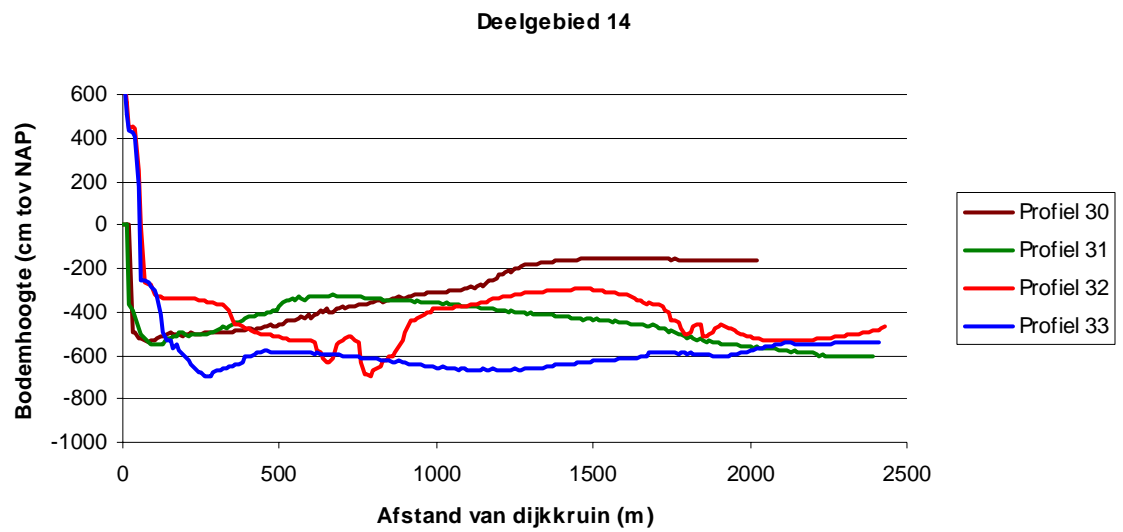


Figuur 15: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 13.

3.14 Deelgebied 14

Deelgebied 14 bestaat uit de afsluitdijk. De afsluitdijk is aangelegd over de zandige ingang van de Zuiderzee over enkele getijdegeulen. Het dijktafsluitdijk duikt direct naar een diepte van 3 tot 5 meter (Figuur 16).

De geologie bestaat uit een pakket van enkele meters Pleistoceen fijn dekzand, waarvan de top rond de 4 a 5 meter –NAP ligt. Bij het ontstaan van de Zuiderzee zijn deze Pleistocene zanden deels ingesneden door getijdegeulen. Deze voormalige geulen in de Zuiderzee die de Afsluitdijk kruisen zijn opgevuld met kleiige afzettingen behorende tot de IJsselmeer afzettingen. In de overige gebieden bestaat de bovenste 1 a 2 meter uit een fijnzandige top behorende tot de Zuiderzee afzettingen. Bij Breezanddijk is keileem aanwezig op minder dan drie meter van de zeebodem.



Figuur 16: Hoogteprofielen vanaf de dijkkruin van profielen (Zie bijlage A) voor deelgebied 14.

4 Morfologische effecten bij peilstrategieën

In dit hoofdstuk komen de morfologische effecten van verschillende peilstrategieën aan de orde. Eerst wordt in paragraaf 4.1 nader ingegaan op de effecten van de verschillende strategieën, om vervolgens in paragraaf 4.2 de gevolgen per deelgebied te behandelen. In paragraaf 4.3 worden de conclusies gepresenteerd.

4.1 Effecten peilstrategieën

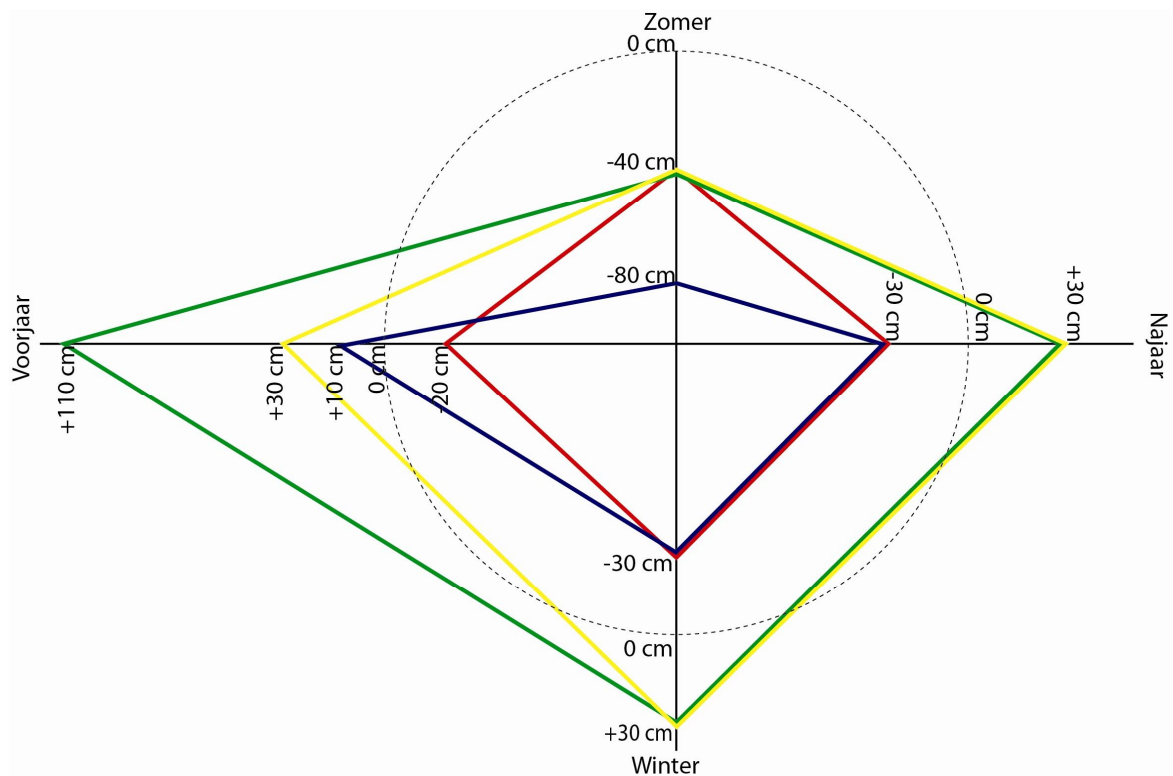
Er zijn vier peilstrategieën gedefinieerd (zie ook Figuur 1 in Hoofdstuk 1):

- S1: handhaven huidig peilregime
- S2: opzetten en uitzakken
- S3: stijgen en opzetten
- S4: meerpeilstijging maximaal benutten

Om meer inzicht te krijgen in het waterstandverloop bij de verschillende strategieën zijn in Tabel 4.1 en Figuur 17 de waterstanden in de seizoenen op andere wijze weergegeven dan in Figuur 1 van Hoofdstuk 1.

Tabel 4.1 Verloop waterstanden bij de verschillende strategieën

Strategie	Winter (cm NAP)	Voorjaar (cm NAP)	Zomer (cm NAP)	Najaar (cm NAP)	Max waterstand verschil (cm)
S1	- 30	- 20	- 40	- 30	20
S2	- 30	+ 10	- 80	- 30	90
S3	+ 30	+ 110	- 40	+ 30	150
S4	+ 30	+ 30	- 40	+ 30	70



Figuur 17 Schematische weergave verloop waterstanden per strategie

Uit de tabel en de figuur blijkt dat strategie S3 duidelijk het meest extreem is. Er is sprake van een aanzienlijke opzet van de waterstand in het voorjaar, terwijl ook in de winter en het najaar de waterstand hoger is dan het huidige peil. Ook bij S4 is sprake van een hogere waterstand, maar dat is veel geringer.

S2 is laat een substantiële verlaging van de waterstand in de zomer zien als ander uiterste.

De effecten van de waterstandverhogingen en verlagingen kunnen de volgende zijn:

- Waterstandverhoging:
 - zwaardere golfbelasting
 - golfoverslag
 - inundatie laaggelegen buitendijkse gebieden
 - verdwijnen/veranderen vegetatie
- Waterstandverlaging:
 - Zetting in kleiige en venige drooggevallen oevers
 - droogvallen buitendijkse gebieden
 - golfbelasting op oevers van geulen

Waterstandverhoging

Toename van de waterdiepte betekent dat hogere golven de kust kunnen bereiken. Hogere golven betekent een zwaardere golfbelasting op de oever met als mogelijk gevolg erosie van die oever. Maar ook erosie van het voorland kan optreden door de grotere orbitale stroomsnelheden horende bij de hogere golven.

Een ander effect van een hogere waterstand is dat de afstand tussen waterpeil en dijkhooftoeter geringer wordt, en er in principe meer golfoverslag zal plaats vinden. Dit kan invloed hebben op de veiligheid van het achterliggende land. Dit speelt vooral in het stormseizoen dat loopt

van 1 oktober tot 1 april, terwijl het meteorologische voorjaar begint op 1 maart. Er is dus een overlap waar zeker bij strategie S3 een effect merkbaar kan zijn.

Een waterstandverhoging betekent ook dat buitendijkse gebieden dieper onder water komen te staan. De aanwezige vegetatie zal daardoor verdwijnen en veranderen, afhankelijk van de mate van inundatie. De zwaardere golfbelasting zal daarbij zeker aan bijdragen.

Waterstandverlaging

Een waterstandverlaging die feitelijk alleen in de zomer bij strategie S2 op treedt betekent dat buitendijkse gebieden kunnen droogvallen. Dit heeft tot gevolg dat de golfaanval op de oever zelf minder zal worden. Deze zal zich verplaatsen naar de rand van het buitendijkse gebied.

Een ander effect van waterstandverlaging is dat bij droogvallen de vegetatie mogelijk zal veranderen, hoewel de duur van het droogvallen beperkt is tot enkele maanden.

Verder is niet uit te sluiten dat door het droogvallen er sprake kan zijn van klink of zetting van de buitendijkse gebieden en oxidatie van organische afzettingen. De verwachting is dat dit effect zeer gering zal zijn, en het zal daarom niet verder worden meegenomen in de beschouwingen.

4.2 Gevolgen per deelgebied

In tabel 4.2 zijn de gevolgen voor de onderscheiden deelgebieden inzichtelijk gemaakt voor verschillende effecten van de diverse peilstrategieën. Daarbij worden de volgende 4 effecten beschouwd:

- oevererosie
- inundatie
- vegetatieverandering
- golfoverslag

Na de tabel zal per deelgebied op details worden ingegaan. Voor een beschrijving van de deelgebieden wordt verwezen naar de paragrafen 3.1 t/m 3.14, terwijl in Bijlage B de schematische opbouw per deelgebied is gepresenteerd inclusief waterstanden voor de verschillende strategieën.

Vooraf wordt opgemerkt dat er voor S1 geen veranderingen worden verwacht omdat dit het huidige peilbeheer behelst. In de tabel betekent dit dat in de kolommen overal steeds een 0 staat.

Verder is een + gegeven als er een positief effect wordt verwacht en een – bij een negatief effect.

Tabel 4.2 Gevolgen van de peilstrategieën per deelgebied

Gebied	Buiten dijkse gebie den	Ondiepe vooroever	Natuurlijke oever	Oever- erosie				Inun- datie				Vegetatie				golfoverslag			
				S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
1	Ja	Ja	Ja	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0	-	0	0	0	-	0
2	Ja	Ja	Ja	0	-	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	-	0
3	Nee	Nee	Ja	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0	+	+	0	0	-	0
4	Ja	Ja	Ja	0	-	-	-	0	+	-	-	0	+	+	+	0	0	-	0
5	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
5 (Urk)	Nee	Ja	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
6	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
7	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
8	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
9	Ja	Ja	Ja	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0	+	+	0	0	-	0
10	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
11	Ja	Ja	Ja	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0	+	+	0	0	-	0
12	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
13	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
14	Nee	Nee	Nee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0

4.2.1 Deelgebied 1

Oevererosie zal voor alle strategieën optreden. Het meest bij S2 en S3, en in geringe mate bij S4. Wel is het zo dat de oevererosie op een verschillend niveau optreedt. Bij S2 zal dit de oever zijn op een afstand van 2,5 km, bij S4 op 2,0 km en S3 zal de oever bij km 0 aanvallen. Inundatie zal alleen optreden bij S3, en heel misschien bij S4 maar dan alleen het buitenste deel van het buitendijkse gebied.

De vegetatie zal bij S4 gedurende een groot deel van het jaar onder water komen te staan. Dat zal inhouden dat de huidige vegetatie zal verdwijnen en daarvoor in de plaats zal een ander type komen dat langere tijd natte voeten kan hebben, zoals riet.

Golfoverslag over de kruin van de dijk kan bij S3 plaatsvinden. Bij de andere strategieën kan dit niet of nauwelijks.

De huidige effecten van peilfluctuaties en golfbelasting uit zich in de vorm van een strandwal voor de begroeide buitenwaard. Aangezien een deel van deze buitenwaard bestaat uit veen en organische klei kan hier ook zetting en oxidatie van de bodem plaatsvinden.

4.2.2 Deelgebied 2

Bij alle strategieën, uitgezonderd S1, neemt de waterstand toe en dus is er meer kans op oevererosie van het voorland door zwaardere golfaanval. De dijk zelf is waarschijnlijk voorzien van een harde bekleding en zal weinig hinder ondervinden van de zwaardere golfaanval. Overigens wijzigt er ten aanzien van de inundatie niets want bij alle strategieën staat de vooroever onderwater.

De vegetatie, voor zover nu aanwezig op het voorland onder de condities van S1, zal bij alle strategieën veranderen omdat de inundatiediepte toeneemt.

Golfoverslag bij de dijk zal bij S3 kunnen gaan optreden.

4.2.3 Deelgebied 3

Voor S2, S3 en S4 neemt de peilfluctuatie toe, waarbij de zomerwaterstand juist of ruim boven het niveau van de vooroever uit komt. Dit betekent dat er meer erosie van de vooroever kan optreden. Vooral bij S3 kan dit aanzienlijk zijn door de vrij grote waterdiepte juist voor de dijk.

Bij S3 en S4 zal er in de zomermaanden sprake zijn van inundatie hetgeen nu bij S1 niet zo is. Bij S2 zal er net wel of net niet inundatie optreden. Bij S3 zal er sprake zijn van een aanzienlijke inundatie.

De (mate van) inundatie heeft uiteraard gevolgen voor de vegetatie. Voor S2 zal het verschil met S1 beperkt zijn, maar voor S3 en S4 kan de inundatie leiden tot de ontwikkeling van een nieuwe vegetatie ten opzichte van de huidige die bij S1 nooit wordt geïnundeerd.

Golfoverslag bij de dijk zal bij S3 kunnen gaan optreden.

4.2.4 Deelgebied 4

Voor de oevererosie geldt min of meer hetzelfde als voor deelgebied 3 dus meer erosie door een toenemende peilfluctuatie bij S2, S3 en S4, waarbij de zomerwaterstand juist of ruim boven het niveau van de vooroever uit komt. Bij S3 kan dit aanzienlijk zijn door de vrij grote waterdiepte juist voor de dijk.

Bij S2, S3 en S4 zal er in de zomermaanden sprake zijn van meer inundatie dan nu bij S1 het geval is. Bij S3 zal er sprake zijn van een aanzienlijk inundatie.

De (mate van) inundatie heeft gevolgen voor de vegetatie. Voor S2, S3 en S4 kan de inundatie leiden tot de ontwikkeling van een nieuwe vegetatie ten opzichte van de huidige die bij S1 nooit wordt geïnundeerd. Bij S3 is het overigens nog meer de vraag of de relatief grote mate van inundatie de ontwikkeling van vegetatie toestaat.

Golfoverslag bij de bedijkte gedeelten zal bij S3 kunnen gaan optreden. Bij S3 is er ook kans op versterkte erosie van de keileem kliffen.

4.2.5 Deelgebied 5 - 8

Bij alle strategieën is hier sprake van waterpeilen die ruim liggen boven de bodem van de vooroever. Ten opzichte van de huidige situatie is er wat dat betreft nauwelijks enige verandering en er worden dan ook geen effecten verwacht.

Wel is er meer kans op het optreden van golfoverslag bij de dijk bij S3 door het hogere waterpeil.

4.2.6 Deelgebied 9

Voor de oevererosie geldt min of meer hetzelfde als voor deelgebied 3 en 4 dus meer erosie door een toenemende peilfluctuatie bij S2, S3 en S4, waarbij de zomerwaterstand juist of ruim boven het niveau van de vooroever uit komt. Echter, door de ondiepe vooroever in dit deelgebied zal de golfbelasting worden geremd. Het gebied bestaat wel uit wat fijnere en kleiiger afzettingen die mogelijk gevoeliger zijn voor erosie.

De rietvegetatie op de vooroevers zal de peilveranderingen waarschijnlijk kunnen verdragen. Golfoverslag bij de dijk zal bij S3 kunnen gaan optreden.

4.2.7 Deelgebied 10

Bij alle strategieën is hier sprake van waterpeilen die ruim liggen boven de bodem van de vooroever. Ten opzichte van de huidige situatie is er wat dat betreft nauwelijks enige verandering en er worden dan ook geen effecten verwacht.

Wel is er meer kans op het optreden van golfoverslag bij de dijk bij S3 door het hogere waterpeil.

4.2.8 Deelgebied 11

Deelgebied 11 zal meer oevererosie ondervinden door toenemende peilfluctuatie bij S2, S3 en S4. Aangezien de afzettingen aan de top deels bestaan uit zandige klei zal dit anders zijn dat in deelgebieden 1 t/m 4. De erosie die hier plaatsvindt, is ingrijpender aangezien het niet de actieve toplaag betreft maar oudere afzettingen die aan het oppervlak dagzomen.

De rietvegetatie op de vooroevers zal de peilveranderingen waarschijnlijk kunnen verdragen.

4.2.9 Deelgebied 12 – 14

Bij alle strategieën is hier sprake van waterpeilen die ruim liggen boven de bodem van de vooroever. Ten opzichte van de huidige situatie is er wat dat betreft nauwelijks enige verandering en er worden dan ook geen effecten verwacht.

Wel is er meer kans op het optreden van golfoverslag bij de dijk bij S3 door het hogere waterpeil.

5 Conclusies

Uit de analyse van de bodemopbouw komt naar voren dat de oevers aan de oostzijde van het IJsselmeer over het algemeen wat zandiger zijn ontwikkeld en dat hier zich ook de breedste ondiepe vooroevers bevinden. De morfologische effecten van de verschillende peilstrategieën zijn hier dan ook het grootst, maar vinden vooral plaats in de al actieve top zandlaag. De vooroevers van Deelgebied 1 kunnen te maken krijgen met zetting en oxidatie van het organische materiaal bij uitzakken van het peil. Peilopzet bij S3 heeft in gebied 4 waar keileem aan het oppervlak komt mogelijk tot gevolg dat de huidige klifkust incidenteel actief kan worden met erosie als gevolg.

Langs de randen van Westfriesland in gebieden 9 en 11 kunnen de peilfluctuaties ook resulteren in morfologische effecten. De toplaag lijkt hier wat fijner en kleiiger, wat de ondergrond mogelijk gevoeliger maakt voor erosie (afhankelijk van het kleigehalte). Een groot deel van de oevers van het IJsselmeer bestaan uit dijken die op cunetten in de IJsselmeerbodem zijn gebouwd, en worden weinig veranderingen als gevolg van de peilstrategieën verwacht.

De bodem van het IJsselmeer is erg variabel in samenstelling en varieert van vrij grof zand tot klei. De diepte van 4 meter is echter dermate diep dat er ten opzichte van de huidige situatie wat dat betreft nauwelijks enige effecten worden verwacht.

Een beknopte analyse van de morfologische effecten op basis van ervaring en expertise is uitgevoerd. De analyse heeft geresulteerd in de volgende conclusies:

- Gegeven de mogelijke peil strategieën S2 t/m S4 zijn ten opzichte van de huidige strategie S1 de volgende effecten mogelijk: erosie van oevers of voorland, inundatie van vooroevergebieden, verdwijnen of veranderen van de huidige vegetatie, en golfoverslag door een hogere waterstand.
- De effecten van de mogelijke peil strategieën zijn per deelgebied zichtbaar gemaakt in Tabel 4.2. Alleen voor de deelgebieden 1 t/m 4, 9 en 11 zijn er effecten te verwachten; voor de deelgebieden 5 t/m 8, 10 en 12 t/m 14 niet, uitgezonderd de mogelijkheid van golfoverslag door een hogere waterstand.
- Een waterpeilverhoging met 80 cm zoals in strategie S3 betekent dat er meer oevererosie zal optreden door hogere golven. Bovendien zal de vegetatie veranderen of zelfs verdwijnen, en de veiligheid tegen overstroming van gebieden achter dijken neemt af. In sommige gevallen kan er een positief effect op de vegetatie in de vorm van toenemende diversiteit.
- Waterpeilverlaging zoals bij strategie S2 lijkt weinig gevolgen te hebben.
- De effecten van Strategie S4 zijn het minst ingrijpend.

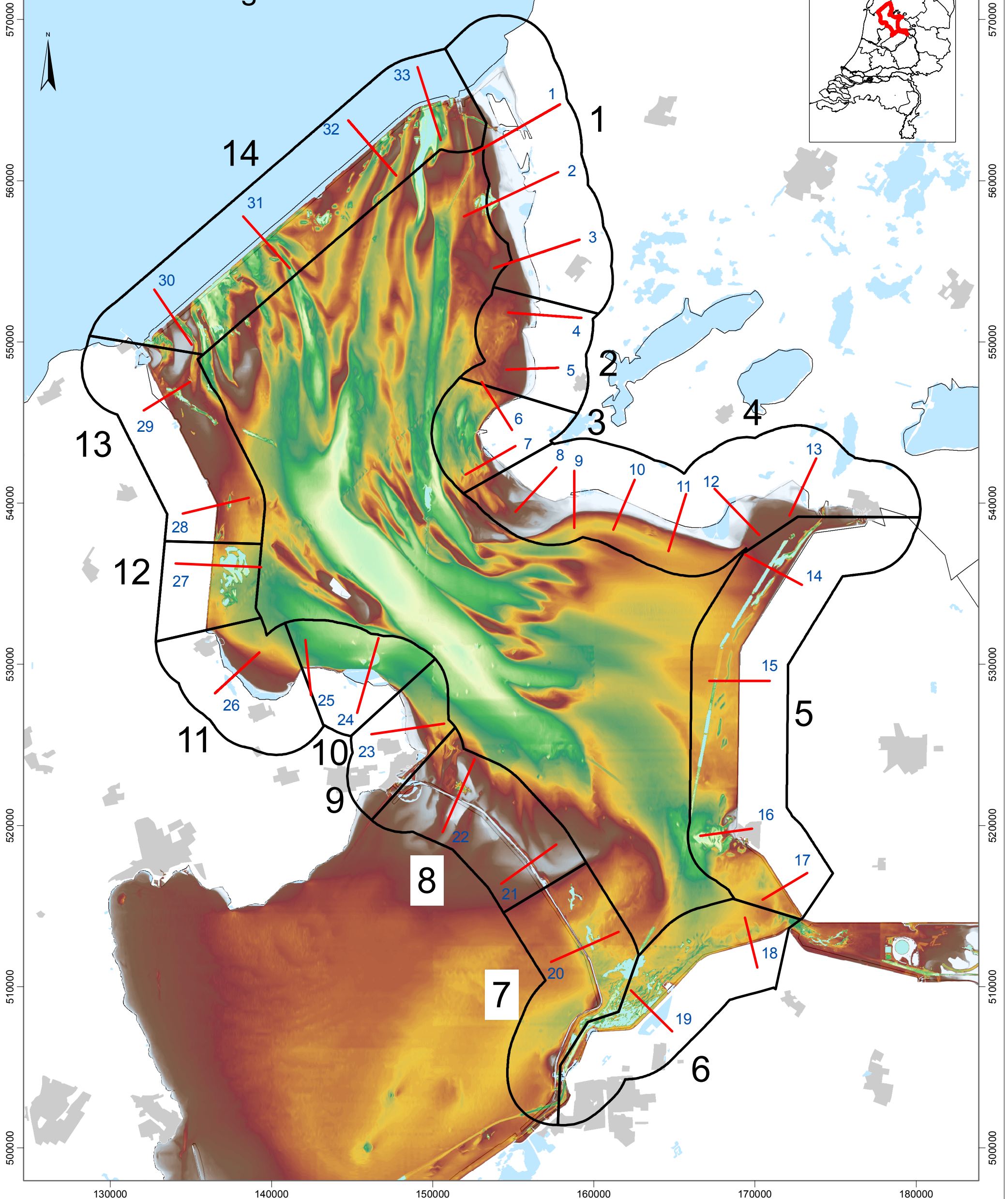
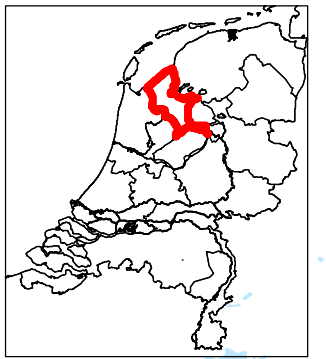
6 Aanbevelingen

Deze Quick Scan geeft een algemeen beeld van de verwachte morfologische effecten op de oevers van het IJsselmeer met de vier peilstrategieën. Voordat een meer gedetailleerd beeld met bijvoorbeeld morfologische modellen kan worden gegeven is meer informatie over de frequentie en duur van de peilschommelingen noodzakelijk.

Wij bevelen aan om vervolgstappen te bepalen aan de hand van een bijeenkomst met specialisten van de verschillende disciplines waarbij effecten worden verwacht als gevolg van de peilstrategieën. Deze disciplines omvatten onder andere hydrodynamica, morfologie, geologie, hydrologie en ecologie. De kennisleemten die op deze bijeenkomsten worden geïdentificeerd bepalen welke kennisvragen beantwoord zouden moeten worden in vervolgstudies.

A Bijlage A Gebiedsindeling

Gebiedsindeling IJsselmeeroevers



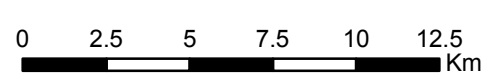
gebieden

profiellijnen

hoogteligging

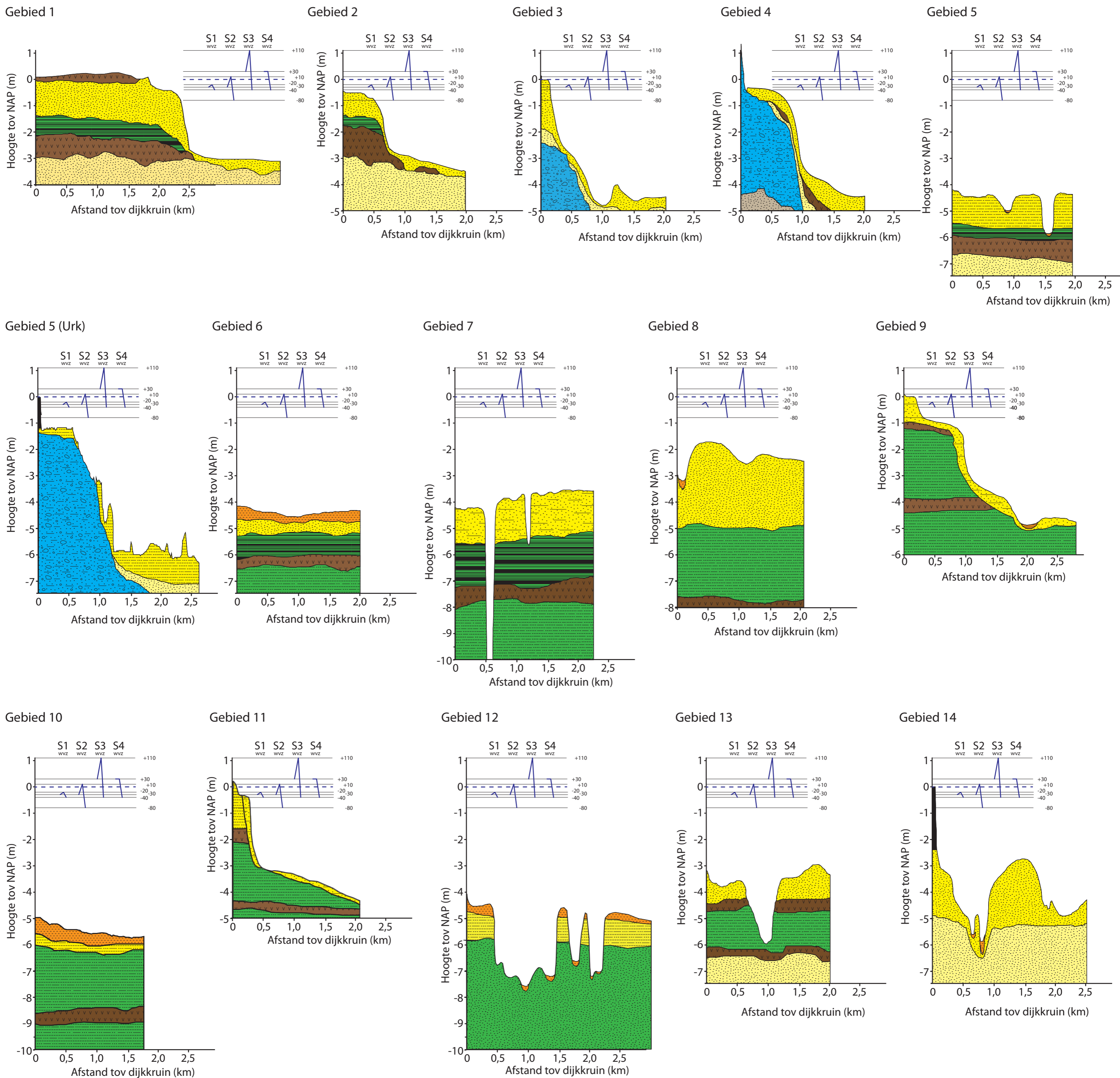
High : 1055 mm

Low : -3256 mm


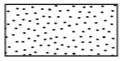



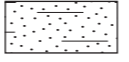







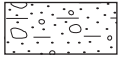


B Bijlage B: Schematische geologische profielen van de deelgebieden

Bijlage B: Schematische geologische profielen van de deelgebieden



Legenda

- | | | | |
|--|--|---|--------------------------|
|  | Formatie van Naaldwijk, IJsselmeer afzettingen |  | Zand |
|  | Formatie van Naaldwijk, Zuiderzee afzettingen |  | Klei |
|  | Formatie van Naaldwijk, getijdeafzettingen en afzettingen van Almere |  | Kleilig zand |
|  | Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen |  | Zandige klei |
|  | Formatie van Bostel |  | Veen |
|  | Formatie van Drente, laagpakket van Gieter |  | Gyttja / organische klei |
|  | Formatie van Drachten |  | Keileem |