

**Rijkswaterstaat**

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
Informatie en KennisCentrum (IKC)  
Den Haag

C-5225 712

Geo Kartering Nederland  
Princetonlaan 6  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T 030 2564850

F 030 2564855

[info@nitg.tno.nl](mailto:info@nitg.tno.nl)

**TNO-rapport**

**03-213-B1208**

**Kartering moeilijk erodeerbare lagen in het  
Schelde estuarium**

Datum	15 maart 2004
Auteur(s)	Gruijters, S.H.L.L. Schokker, J. Veldkamp, J.G.
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	20
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat RIKZ
Projectnaam	Kartering moeilijk erodeerbare lagen in het Schelde estuarium
Projectnummer	005.43039

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2004 TNO

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Geologische beschrijving Schelde estuarium</b> .....	<b>4</b>
2.1	Inleiding .....	4
2.2	Ontstaansgeschiedenis van het Westerscheldegebied .....	4
2.2.1	Tertiair (65 tot 2,6 miljoen jaar geleden).....	5
2.2.2	Kwartair: Pleistoceen (2,6 miljoen tot 11500 jaar geleden) .....	5
2.2.3	Kwartair: Holoceen (11500 jaar geleden tot heden).....	5
2.3	Beschrijving van de lithostratigrafische eenheden .....	6
2.3.1	Formatie van Dongen, Laagpakket van Asse DOAS .....	6
2.3.2	Formatie van Tongeren, Laagpakket van Zelzate TOZE .....	6
2.3.3	Formatie van Rupel, Laagpakket van Boom RUBO .....	6
2.3.4	Formatie van Breda BR.....	7
2.3.5	Formatie van Oosterhout / Brielle Ground Formatie OO.....	7
2.3.6	Formatie van Maassluis / Westkapelle Ground Fm. en Formatie van Waalre MSWA....	7
2.3.7	Eemformatie EE.....	8
2.3.8	Formatie van Kreftenheye KR.....	8
2.3.9	Formatie van Boxtel BX.....	8
2.3.10	Buitenbanken Formatie BTK .....	8
2.3.11	Formatie van Nieuwkoop NI.....	8
2.3.12	Formatie van Naaldwijk / Elbow Formatie / Banjaard Formatie NA.....	9
<b>3</b>	<b>Datavoorbereiding en opstellen projectdatabase</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Interpolatie moeilijk erodeerbare lagen</b> .....	<b>12</b>
4.1	Interpolatieproces .....	12
4.2	Betrouwbaarheid van de interpolatie.....	14
<b>5</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>17</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A CD-ROM database	
	B Diepte van de eerste moeilijk erodeerbare laag	
	C Dikte van de eerste moeilijk erodeerbare laag	

# 1 Inleiding

In de Lange Termijn Visie Schelde-Estuarium zijn drie kernfuncties aan het estuarium (Schelde, Westerschelde en de monding) toegekend:

- toegankelijkheid van de Schelde havens
- veiligheid tegen overstromen
- natuurlijkheid van het fysisch en ecologisch systeem

Het in stand houden van de fysieke kenmerken van het Schelde estuarium is hierbij een sturende randvoorwaarde. De beheerder van het Nederlandse deel van het Schelde estuarium, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, heeft daarom het project Zeekennis opgezet. Binnen dit project staan de ontwikkeling van integrale kennis en middelen op het gebied van hydrodynamica, morfologie en biologie centraal. Binnen het morfologisch cluster van Zeekennis wordt onderzoek gedaan naar de invloed van ingrepen op de autonome processen en veranderende morfologie van de Westerschelde. Hiertoe wordt een morfologisch model gemaakt van de Westerschelde. Dit model kan alleen goed functioneren bij een goede schematisatie van de geulwand verdedigingen en de moeilijk erodeerbare lagen in het Schelde estuarium.

Op 29 oktober 2003 heeft het Nederlands Instituut voor Toegepast Geowetenschappen van TNO (TNO-NITG) van het Rijksinstituut voor Kust en Zee opdracht gekregen voor het karteren van de moeilijk erodeerbare lagen in het Schelde estuarium. In overleg met de opdrachtgever is 'moeilijk erodeerbaar' gedefinieerd als klei, veen of verkitten schelpenlagen. Het projectgebied omvat de Westerschelde en de Zeeschelde (westelijke begrenzing ligt op de ca. 20 meter diepte lijn). De resultaten van deze opdracht bestaan uit:

- Deze rapportage met daarin een beschrijving van de gevolgde werkwijze.
- Digitale en analoge kaarten met de locatie, top en dikte van de moeilijk erodeerbare laag die aan de oppervlakte ligt.
- Digitale kaarten per geologische Formatie tot een diepte van NAP -65 meter met de locatie, diepte en dikte van de aaneengesloten (ten minste 1km<sup>2</sup> groot) moeilijk erodeerbare laag.
- Een digitale database in Access (resolutie 150 x 150 m) met daarin de diepte en dikte van de aaneengesloten (ten minste 1km<sup>2</sup> groot) moeilijk erodeerbare lagen tot een diepte van NAP -65 meter.

De werkzaamheden hebben bestaan uit:

- Opstellen van een geologische beschrijving van het Schelde estuarium (hoofdstuk 2)
- Datavoorbereiding en interpretatie puntgegevens (hoofdstuk 3)
- Interpolatie van de moeilijk erodeerbare lagen (hoofdstuk 4)

De werkzaamheden zijn uitgevoerd onder inhoudelijke supervisie van dhr. drs. A. Menkovic, senior-geoloog met jaren karterervaring in de provincie Zeeland.

## 2 Geologische beschrijving Schelde estuarium

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van de geologische ontwikkeling van het Westerschelde gebied, voor zover relevant voor het begrijpen van de huidige opbouw van de ondergrond. Vervolgens wordt de lithologie van de verschillende pakketten in de ondergrond beschreven. Hierbij wordt ook ingegaan op de eventuele aanwezigheid van moeilijk erodeerbare lagen.

### 2.2 Ontstaansgeschiedenis van het Westerscheldegebied

De geologische opbouw van de ondergrond van Zuidwest-Nederland wordt tot op een diepte van meer dan 100 m beneden NAP gekenmerkt door de aanwezigheid van ongeconsolideerde Tertiaire en Kwartaire afzettingen (Tabel 2.1). Belangrijk hierbij is de ligging van het studiegebied op de overgang van het omhoogkomende Massief van Brabant in het zuiden naar het dalende Noordzee bekken in het noorden van het studiegebied. Doorgaande bodembewegingen hebben in deze overgangszone geleid tot een geringe scheefstelling (<1%) van de verschillende sedimentpakketten in noordelijke richting (Fig. 2.1). Tezamen met het herhaaldelijk optreden van relatieve zeespiegelveranderingen heeft dit geresulteerd in een afwisseling van transgressieve (verdrinkende) en regressieve (verlandende) sedimentaire series. In deze stratigrafische opeenvolging komen een aantal onderbrekingen (hiaten) voor, omdat tijdens bepaalde periodes geen sediment is afgezet, of omdat dit sediment later weer is geërodeerd. De belangrijkste hiaten zijn in Tabel 2.1 weergegeven als golfde lijnen.

Tabel 2.1 Geschematiseerd lithostratigrafisch overzicht van de afzettingen in het Westerschelde gebied met een indicatie van de ouderdom. De formatienamen op zee zijn volgens Ebbing et al. (1992), de formatienamen op het land zijn volgens Weerts et al. (2000).

Tijdvak	Formatienaam op zee	Formatienaam op het land	Laagpakket / Laag	
Kwartair	Holoceen	Banjaard	Walcheren	
			Nieuwkoop	Hollandveen
		Elbow	Naaldwijk	Wormer
		Nieuwkoop	<i>Basisveen</i>	
	Pleistoceen	Buitenbanken		
Boxtel		Boxtel		
		Kreftenheye		
Tertiair	Eem	Eem		
	Westkapelle Ground	Maassluis – Waalre		
	Brielle Ground	Oosterhout		
	Breda	Breda		
	Oligoceen	Rupel	Rupel	Boom
	Eoceen – Oligoceen	Tongeren	Tongeren	Zelzate
	Eoceen	Dongen	Dongen	Asse

### 2.2.1 *Tertiair (65 tot 2,6 miljoen jaar geleden)*

Tijdens het Eoceen en het Vroeg- en Midden-Oligoceen (ca. 50 tot 30 miljoen jaar geleden) zijn verschillende kleiige en fijnzandige sedimentpakketten van mariene oorsprong gevormd (Tabel 2.1). De oudste afzetting wordt gevormd door Eocene mariene kleien (Formatie van Dongen, Laagpakket van Asse). Hier bovenop liggen Laat-Eocene en Vroeg-Oligocene afzettingen die worden gerekend tot de Formatie van Tongeren, Laagpakket van Zelzate. Het betreft achtereenvolgens de Laag van Bassevelde (fijnzandige afzettingen), de Laag van Watervliet (klei) en de Laag van Ruisbroek (zand). De sedimentserie wordt afgesloten met de Formatie van Rupel, Laagpakket van Boom. Deze stugge klei is van Midden-Oligocene ouderdom.

Na een langdurige periode, waaruit geen afzettingen bewaard zijn gebleven, vond vanaf het Midden-Mioceen (circa 15 miljoen jaar geleden) hernieuwde afzetting plaats in het gebied. Het betreft mariene glauconiethoudende zanden die gerekend worden tot de Formatie van Breda. Hierop zijn tijdens het Pliocene schelprijke, zandige mariene afzettingen afgezet die behoren tot de Formatie van Oosterhout / Bielle Ground Formatie.

### 2.2.2 *Kwartair: Pleistoceen (2,6 miljoen tot 11500 jaar geleden)*

Vanaf het eind van het Pliocene tot in het Vroeg-Kwartair vond afzetting plaats van zandige en kleiige fluviatiele, estuariene (Formatie van Waalre) en mariene afzettingen (Maassluis Formatie / Westkapelle Ground Formatie). Hierna trok de zee zich voorlopig uit het onderzoeksgebied terug. Het verdere verloop van het Kwartair wordt gekenmerkt door een afwisseling van koude en warme klimaatperiodes die tevens gepaard gaan met sterke wisselingen in de relatieve zeespiegelstand. Het Westerscheldegebied bevond zich gedurende het grootste deel van deze periode buiten de invloed van mariene processen. Door de lage zeespiegelstand trad gedurende koude periodes (glacialen) op grote schaal erosie en afvlakking van het aanwezige reliëf op. Hierdoor zijn van de Vroeg-Kwartaire afzettingen nog slechts erosierestanten aanwezig.

Pas aan het eind van het Kwartair bereikte de zeespiegel tijdens warme periodes (interglacialen) weer een zo hoog niveau dat er mariene sedimenten konden worden afgezet in het onderzoeksgebied. Schelphoudende zandige afzettingen uit de voorlaatste warme periode (Eem Interglaciaal, ca. 130000 tot 115000 jaar geleden) worden gerekend tot de Eemformatie. Uit de laatste ijstijd (Weichselien, ca. 115000 tot 11500 jaar geleden) zijn zowel zandige rivierafzettingen van de voorlopers van de Schelde (voorlopig gerekend tot de Formatie van Kreftenheye), als zandige windafzettingen en lokale leem- en veenafzettingen (Formatie van Boxtel) bekend.

### 2.2.3 *Kwartair: Holoceen (11500 jaar geleden tot heden)*

De geologische ontwikkeling tijdens het Holoceen wordt in hoge mate bepaald door een sterke relatieve zeespiegelstijging, veroorzaakt door het afsmelten van de grote landijskappen vanaf het eind van de laatste ijstijd en door daaraan gerelateerde bewegingen van de ondergrond. In het westen van het onderzoeksgebied zijn lokaal zandige rivierinsnijdingen bekend die bij een zeespiegelstand van tientallen meters beneden het huidige niveau zijn gevormd in het Vroeg-Holoceen. De afzettingen in deze insnijdingen worden gerekend tot de Buitenbanken Formatie. Door de stijgende zeespiegel en een daaraan gerelateerde stijging van de grondwaterspiegel werd landinwaarts de Basisveen Laag van de Formatie van Nieuwkoop gevormd. Vanaf ca. 9000 jaar voor heden kwam Zuidwest-Nederland binnen de directe invloedssfeer van de zee te liggen. De zandige kustnabije mariene afzettingen en de zandige en kleiige

estuariene en lagunaire afzettingen die vanaf deze periode zijn gevormd, worden gerekend tot de Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer / Elbow Formatie. Vanaf ca. 5000 jaar voor heden raakte de strandwallenrij langs de kust aaneengesloten. Hierdoor kon zich achter de strandwallen een dik veenpakket ontwikkelen (Nieuwkoop Formatie, Hollandveen Laagpakket). Vanaf ca. 2500 jaar voor heden nam de invloed van de zee echter weer toe. De eerste inbraken in de strandwallen nabij Walcheren ontstonden rond 600 v. Chr. (Vos & Van Heeringen, 1997). Het achterliggende veengebied werd vanaf dat moment versneld ontwaterd. Bovendien vond erosie plaats vanuit de getijdengeulen. In de Vroege Middeleeuwen ontstond de Westerschelde, een nieuwe zeearm van de Schelde die vanaf de 12de eeuw steeds belangrijker werd. De estuariene afzettingen en wadafzettingen die ontstonden na de inbraken in de strandwallen worden gerekend tot de Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren. De afzettingen van de buitendelta van de Westerschelde die gedurende deze periode ontstaan zijn, behoren tot de Banjaard Formatie.

## 2.3 Beschrijving van de lithostratigrafische eenheden

De belangrijkste lithologische karakteristieken van de in het Westerscheldegebied voorkomende lithostratigrafische eenheden worden in het navolgende beknopt omschreven. Tevens wordt de verbreiding, dikte en diepte van de verschillende eenheden aangegeven en wordt aangeduid of de eenheid karteerbare moeilijk erodeerbare lagen bevat. De stratigrafische code achter de naam van de eenheid wordt gebruikt in de projectdatabase.

- 2.3.1 *Formatie van Dongen, Laagpakket van Asse* DOAS
- *Lithologie:* Donkergrijze, stijve, zwak siltige kalkhoudende klei.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Formatie van Dongen komt in het gehele onderzoeksgebied voor, doch ligt veelal te diep om aangeboord te worden. De dikte neemt toe van enkele meters in het zuiden tot ca. 80 m onder Zuid-Beveland.
- 2.3.2 *Formatie van Tongeren, Laagpakket van Zelzate* TOZE
- *Lithologie:* Glauconiet- en micahoudend, uiterst fijn tot matig fijn zand met ingeschakelde kleilagen. Laag van Bassevelde (TOZEBA): Donkergrijs, glauconiet- en micahoudend matig fijn zand, soms kleilig. Laag van Watervliet (TOZEWA): Donkergrijze tot blauwgrijze, matig zandige tot siltige klei met schelpresten. Laag van Ruisbroek (TOZERU): Grijs tot lichtgrijs, matig fijn tot matig grof zand met schelpresten, soms glauconiethoudend. Aan de top van deze eenheid komen fosforietknollen voor.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Formatie van Tongeren komt in het gehele onderzoeksgebied voor, m.u.v. een deel van het Belgisch Continentaal Plat (de Zuid-West hoek van het studiegebied). De dikte van de eenheid kan oplopen tot 125 m.
- 2.3.3 *Formatie van Rupel, Laagpakket van Boom* RUBO
- *Lithologie:* Donkerbruine tot grijsbruine stugge siltige klei met fijnzandige inschakelingen. De klei is afwisselend kalkhoudend en kalkloos. Aan de basis komt een fijnzandige laag voor.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Formatie van Rupel komt in het hele onderzoeksgebied voor, m.u.v. het Belgisch Continentaal Plat en het zuidwestelijk gedeelte van het Nederlands Continentaal Plat. De diepte varieert van minder dan 20 m -NAP in het zuiden tot 120 m -NAP in het noorden. De dikte neemt naar het

noorden toe tot 60 m. Plaatselijk is de top van de Formatie van Rupel door zowel Miocene als Holocene erosie aangetast.

Zoals beschreven door Van der Spek (1997), hebben de Tertiaire en Pleistocene afzettingen in de loop van de geologische geschiedenis een geleidelijke textuurverandering ondergaan. Hierdoor vertonen ze een ander gedrag dan pas afgezet zand en klei. De klei is als gevolg van ontwatering en belasting door overliggende lagen sterk gecompacteerd, waardoor deze zeer stug is geworden. Zandkorrels zijn onder druk van de overliggende lagen beter gestapeld geraakt. Tevens kunnen zandlagen verkit zijn door neerslag van bijvoorbeeld kalk uit het grondwater. Daarom worden alle Vroeg-Tertiaire afzettingen beschouwd als moeilijk erodeerbaar. Bij het samenstellen van de database zijn de afzettingen van de drie eenheden samengenomen onder de term RUTODO (RUPel-TONGeren-DONGen; zie projectdatabase).

#### 2.3.4 *Formatie van Breda* BR

- **Lithologie:** Groengrijs tot donkergroen, glauconiethoudend matig fijn zand, soms met schelpgruis of fijn grind. In de eenheid komen op wisselende dieptes moeilijk erodeerbare klei- en leemlagen voor.
- **Verbreiding, diepte en dikte:** De Formatie van Breda komt onder bijna de hele Westerschelde voor, m.u.v. de omgeving van Terneuzen. Ook ontbreekt de afzetting in het zuidwestelijke deel van het Noordzeegebied. Plaatselijk wordt de Formatie aangesneden door de huidige Westerschelde. De moeilijk erodeerbare klei- en leemlagen bevinden zich in het noordelijk deel van het verbreidingsgebied. De dikte van de Formatie loopt op tot 60 m in het noordoosten van het gebied, waarbij de moeilijk erodeerbare lagen een maximale dikte bereiken van ca. 20 m.

#### 2.3.5 *Formatie van Oosterhout / Brielle Ground Formatie* OO

- **Lithologie:** Groengrijs, glauconiethoudend uiterst fijn tot matig grof zand met schelpen, plaatselijk met (zandige) kleilagen tot enkele m dik en aan de bevenzijde afgesloten door een moeilijk erodeerbare kalkhoudende kleilaag. In het oosten van het onderzoeksgebied komen enkele meters dikke schelpbanken in de afzettingen voor (zgn. crag deposits).
- **Verbreiding, diepte en dikte:** De Formatie van Oosterhout komt voor in het oostelijk deel van de Westerschelde en in een enkele km brede strook rond de zuid- en westkust van Walcheren. De diepte varieert van 10 m -NAP in de omgeving van het Verdrongen Land van Saeflinge tot ruim 30 m -NAP voor de westkust van Walcheren en de zuidkust van Zuid-Beveland. De dikte van de eenheid kan oplopen tot ongeveer 35 m. De moeilijk erodeerbare kalkhoudende klei aan de top van de Formatie van Oosterhout is gemiddeld ca. 3 meter dik.

#### 2.3.6 *Formatie van Maassluis / Westkapelle Ground Fm. en Formatie van Waalre* MSWA

- **Lithologie:** Formatie van Maassluis: Grijs, uiterst fijn tot matig grof zand met schelpresten en plaatselijk enkele decimeter-dikke kleilagen. Formatie van Waalre: Grijs, matig fijn tot matig grof zand met tot enkele meter-dikke ingeschakelde, dikwijls kalkloze, kleilagen. Plaatselijk komen geremanieerde mariene schelpen uit oudere formaties in de eenheid voor.
- **Verbreiding, diepte en dikte:** De Formatie van Maassluis en de Formatie van Waalre gaan verticaal en lateraal in elkaar over en worden hier beschouwd als één lithostratigrafische eenheid. De verbreiding blijft beperkt tot het oosten van de Westerschelde en een smalle strook langs de zuidkust van Walcheren. De diepte varieert van minder dan 10 m -NAP in de omgeving van het Verdrongen Land van

Saeftinge tot ruim 25 m -NAP voor de zuidkust van Zuid-Beveland. De dikte van de eenheid bedraagt maximaal 15 m. De verbreiding van de moeilijk erodeerbare kleilagen blijft beperkt tot de omgeving van Hansweert. De maximale dikte van de klei bedraagt enkele meters.

- 2.3.7 *Eemformatie* *EE*
- *Lithologie:* Grijs tot bont, grind- en schelphoudend matig fijn tot matig grof zand met zeer plaatselijk enkele decimeter-dikke kleilagen.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Eemformatie komt voornamelijk voor langs de oevers van de huidige Westerschelde en onder een groot deel van het Continentaal Plat. In het centrale deel van de Westerschelde is de Eemformatie vrijwel overal geërodeerd. De diepte van de eenheid varieert van 10 tot 20 m -NAP. De dikte bedraagt maximaal 10 m.
- 2.3.8 *Formatie van Kreftenheye* *KR*
- *Lithologie:* Grijs tot bont, matig fijn tot matig grof zand, plaatselijk met schelpresten.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Formatie van Kreftenheye vormt de opvulling van de Vlaamse Vallei, de pre-Holocene loop van de Schelde via Zeeuws-Vlaanderen en het centrale deel van de Westerschelde naar het noorden en noordwesten (De Moor & Heyse, 1978; Kiden & Verbruggen, 2001). De diepte van de eenheid varieert van 10 tot 20 m -NAP. De dikte bedraagt maximaal 10 m.
- 2.3.9 *Formatie van Boxtel* *BX*
- *Lithologie:* Grijs, matig fijn tot matig grof zand met moeilijk erodeerbare dm-dikke klei-, leem- en veenlagen. De top van de eenheid wordt gevormd door een maximaal 2 m-dik pakket matig fijn zand.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Formatie van Boxtel komt uitsluitend voor langs de oevers van de Westerschelde en lokaal op het Continentaal Plat. De diepte varieert van minder dan 2.5 tot ruim 10 m -NAP. De dikte varieert van enkele decimeters op de Noordzee tot ruim 10 m langs de zuidoever van de Westerschelde. De moeilijk erodeerbare lagen komen vooral voor in het oostelijk Westerscheldegebied en hebben een gemiddelde dikte van ca. 1 m.
- 2.3.10 *Buitenbanken Formatie* *BTK*
- *Lithologie:* Bruingeel, matig fijn tot uiterst grof zand, plaatselijk grindhoudend.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* De Buitenbanken Formatie komt lokaal voor op het Continentaal Plat op een diepte van 10 tot 20 m -NAP. De dikte van de afzettingen kan oplopen tot ca. 8 m.
- 2.3.11 *Formatie van Nieuwkoop* *NI*
- *Lithologie:* Basisveen Laag (NIBA): Compact bruin tot zwart veen. Hollandveen Laagpakket (NIHO): Bruin tot zwart veen en kleilig veen.
  - *Verbreiding, diepte en dikte:* Het veen van de Formatie van Nieuwkoop komt uitsluitend voor buiten het door diepe getijdengeulen doorsneden gebied (b.v. onder de schorren langs de oevers van de Westerschelde, zoals het Verdronken Land van Saeftinge). De Basisveen Laag vormt de basis van het Holocene pakket is enkele dm dik en komt voor op een diepte tussen 5 en 10 m -NAP. Het Hollandveen Laagpakket is ingeschakeld in afzettingen die behoren tot de Formatie van Naaldwijk. De dikte kan oplopen tot enkele m. De diepte varieert van 0 tot ruim 5 m -NAP. Alle veenafzettingen die behoren tot de Formatie van Nieuwkoop zijn beschouwd als moeilijk erodeerbaar.



### 2.3.12 *Formatie van Naaldwijk / Elbow Formatie / Banjaard Formatie* NA

- *Lithologie:* Laagpakket van Wormer (NAWO): Grijs, matig fijn tot matig grof zand met kleilagen en kleilaminae, naar boven toe fijner wordend en overgaand in siltige, soms humeuze klei. Laagpakket van Walcheren (NAWA): Grijs, matig grof tot zeer grof zand met schelpresten, naar boven toe fijner wordend en overgaand in klei met zandlaagjes. Buiten de getijdengeulen zwak zandige tot zwak siltige klei.
- *Verbreiding, diepte en dikte:* De Formatie van Naaldwijk komt in het gehele projectgebied voor, behalve in enkele diepe getijdengeulen. Het gaat hierbij vooral om grofkorrelige getijdegeulafzettingen en afzettingen van de buitendelta van de Westerschelde. Onder de schorren langs de oevers van de Westerschelde en onder de recente afzettingen van de buitendelta van de Westerschelde bevinden zich moeilijk erodeerbare, fijnkorrelige restanten van het Laagpakket van Wormer / Elbow Formatie. Ook de top van het Laagpakket van Walcheren is moeilijk erodeerbaar. De Formatie van Naaldwijk komt overal aan maaiveld voor, de diepte varieert van 3 m +NAP tot 40 m -NAP. De dikte van de afzettingen kan oplopen tot meer dan 30 m.

De verbreiding van de Boxtel Formatie en de Holocene Formaties hangt sterk samen met de activiteit van de Laat-Holocene getijdengeulen. In het door de subrecente geulen aangesneden gebied komen vrijwel alleen afzettingen van de Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren voor. In het gebied daarbuiten komen vooral oudere (moeilijk erodeerbare) dekafzettingen voor. De Buitenbanken Formatie is bij het interpolatieproces samengenomen met de het Laagpakket van Wormer van de Formatie van Naaldwijk.

### 3 Datavoorbereiding en opstellen projectdatabase

Voor de kartering van de moeilijk erodeerbare lagen in het Schelde Estuarium is gebruik gemaakt van:

- Boor- en sondeergegevens binnen de Databank Informatie Nederlandse Ondergrond (DINO) in het onderzoeksgebied. DINO is de databank waarin circa 380.000 boringen zijn opgenomen met informatie over de ondergrond van heel Nederland.
- Het recentelijk door TNO-NITG overgenomen archief van de meetdienst van de directie Zeeland. Dit betreft voornamelijk onderzoeksgegevens die zijn ingewonnen tijdens de uitvoering van de Deltawerken in Zeeland.

Voor de begrenzing van het projectgebied is gebruik gemaakt van het door RIKZ aangeleverde bestand 'deltabasis'. Dit bestand volgt over het algemeen de buitenteen van de primaire waterkering. Aan de Antwerpse kant is de landsgrens de rand van het projectgebied. Aan de zeezijde is de 20 meter dieptelijns als grens gebruikt. We hanteren bij het opstellen van de projectdatabase een buffer van 1 km rondom de begrenzing om randeffecten bij het interpoleren tegen te gaan.

De uiteindelijke database wordt opgeleverd op een 200x200 meter grid, waarbij de zwaartepunten van de gridcellen zijn vastgelegd ten opzichten van het RD-coördinatenstelsel. De vertaling van dit rechthoekige grid naar invoergegevens voor door derden uit te voeren morfologische berekeningen is, na overleg met de opdrachtgever, niet uitgevoerd omdat op dit moment dit invoerbestand nog niet definitief is vastgesteld.

In het onderzoeksgebied bevinden zich 3187 ondiepe boringen (diepte maximaal ca. 15 m), 1598 matig diepe boringen (diepte maximaal ca. 300 m) en 141 sonderingen (diepte maximaal 40 m) in de DINO-database. Gelet op het grote aantal boorgegevens is de toegevoegde waarde van de sonderingen (mede door de overlap in locatie) klein. Daarom zijn de sondeergegevens verder buiten beschouwing gelaten. Bij de verdere selectie zijn alleen die boringen gebruikt die lithostratigrafisch geïnterpreteerd zijn.

Van het archief van Rijkswaterstaat Vlissingen is van 1802 boringen de ligging digitaal bekend. In eerste instantie wordt gezocht naar boringen die verder dan 100 meter van een boring uit DINO liggen: in totaal 417. Daarna zijn van deze 417 boringen die boringen geselecteerd die dieper zijn dan 30 m –NAP: 18 boringen. Daarnaast zijn 42 boringen geselecteerd die lege plekken in de set boringen uit DINO opvullen. In totaal zijn 60 boringen uit het Vlissingen archief lithostratigrafisch geïnterpreteerd en in de projectdatabase opgenomen.

In totaal zijn 4468 boringen geselecteerd voor de projectdatabase. Alle 22166 lithologische beschrijvingen in deze boringen zijn vertaald naar 'moeilijk erodeerbaar' of 'erodeerbaar'. Alle lagen met als hoofd lithologie 'klei', 'veen', evenals verkitten schelpenlagen zijn vertaald als 'moeilijk erodeerbaar'. Lagen met een afwisseling van relatief dunne lagen klei en zand zijn als geheel (dus de gehele opeenvolging van zand en kleilaagjes) als moeilijk erodeerbaar beschouwd. De overige lagen zijn als erodeerbaar beschouwd. Vervolgens zijn alle opeenvolgende lagen met dezelfde codering (erodeerbaar of moeilijk erodeerbaar) gesommeerd tot een laag. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van het uiteindelijke aantal lithologische lagen per formatie dat wel of niet moeilijk erodeerbaar is, onderverdeeld naar formatie, alsmede het aantal

boringen waarin deze formatie is aangetroffen. Per Formatie is het totaal aantal moeilijk erodeerbare lagen vergeleken met het aantal boringen. Indien het aantal niet erodeerbare lagen (veel) groter is dan het aantal boringen is voor die Formatie in ieder geval voor een deel van de boringen sprake van meer dan één niet erodeerbare laag.

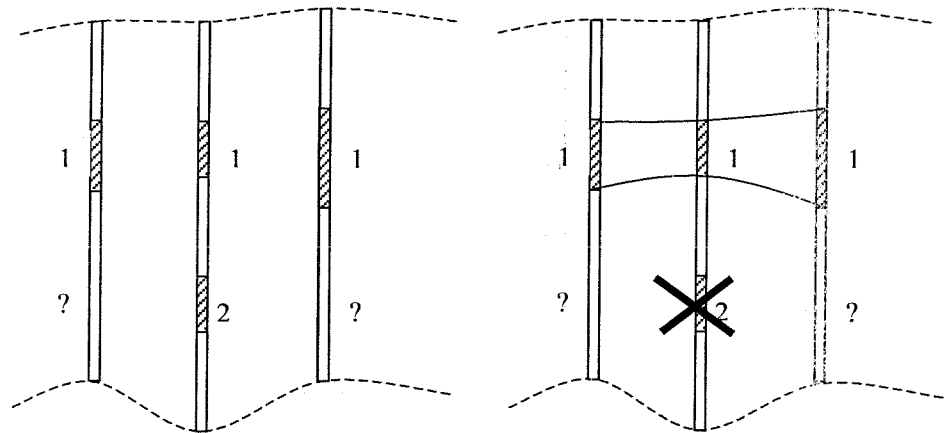
Tabel 3.1 Aantal moeilijk erodeerbare lagen en erodeerbare lagen, per formatie, in de projectdatabase. Dit bestand is de basis van de uit te voeren interpolatie.

Formatiecode	Formatie	Laagpakket	Aantal boringen (1)	Aantal niet erodeerbare lagen (2)	Aantal erodeerbare lagen (3)	Totaal aantal lagen (4)
AAOP	Antropogeen	Opgebracht	115	35	95	130
AAOM	Antropogeen	Omgewerkt	26	21	5	26
NA	Naaldwijk		7	2	5	7
NASC	Naaldwijk		65		65	65
NAWA	Naaldwijk	Walcheren	4310	5905	4461	10366
NAZA	Naaldwijk		31	3	32	35
NIHO	Nieuwkoop	Hollandveen	2365	2430	79	2509
NAWO	Naaldwijk	Wormer	1999	2161	859	3020
NI	Nieuwkoop		3	4		4
NIBA	Nieuwkoop	Basisveen	557	557	2	559
BX	Boxtel		1914	369	2020	2389
KR	Kreftenheye		33	14	37	51
EE	Eem		157	80	162	242
MS	Maassluis / Waalre		30	38	32	70
WA	Waalre		238	208	238	446
OO	Oosterhout		413	534	507	1041
BR	Breda		247	63	222	285
RU	Rupel		12	12	6	18
RUBO	Rupel	Boom	213	354	160	514
TOZE	Tongeren	Zelzate	8	2	7	9
TOZEBA	Tongeren	Zelzate	16	8	24	32
TOZERU	Tongeren	Zelzate	47	9	52	61
TOZEWA	Tongeren	Zelzate	36	42	8	50
DOAS	Dongen	Asse	9	10	1	11
DOBR	Dongen		1	8	9	17
DOIE	Dongen		1	1		1
NN			111	76	132	208
Totaal			-	12946	9220	22166
(1) Aantal boringen waarin formatie in is aangetroffen						
(2) Aantal beschreven lagen in deze formatie die moeilijk erodeerbaar zijn						
(3) Aantal beschreven lagen in deze formatie die niet moeilijk erodeerbaar zijn						
(4) Totaal aantal beschreven lagen in deze formatie						

## 4 Interpolatie moeilijk erodeerbare lagen

### 4.1 Interpolatieproces

Na de database bewerking van de gegevens in de projectdatabase zijn de gegevens ruimtelijk bestudeerd. Hierbij is gezocht naar moeilijk erodeerbare lagen met een verbreiding groter dan 1 km<sup>2</sup> die op basis van de beschikbare gegevens karteerbaar zijn. Hiertoe zijn in eerste instantie per Formatie werkkaarten gemaakt met per boorpunt het aantal erodeerbare lagen. Indien er boringen zijn met meerdere erodeerbare lagen die ruimtelijk niet worden teruggevonden in nabijgelegen boringen wordt alleen de bovenste erodeerbare laag meegenomen (zie Figuur 4.1). Indien in Figuur 4.1 bijvoorbeeld de middelste boring slechts één moeilijk erodeerbare laag heeft en de buitenste 2 hebben er ieder twee, dan worden volgens hetzelfde principe de bovenste lagen aan elkaar geïnterpoleerd.



*Figuur 4.1 Voorkomen van meerdere moeilijk erodeerbare lagen binnen een bepaalde Formatie (de stippellijn geeft de top en de basis van de Formatie weer): De 2e erodeerbare laag in de middelste boring is niet verder te karteren doordat hij wordt begrenst door boringen waarin deze laag niet is aangetroffen (links). In voorkomend geval wordt alleen laag 1 in het model opgenomen (rechts).*

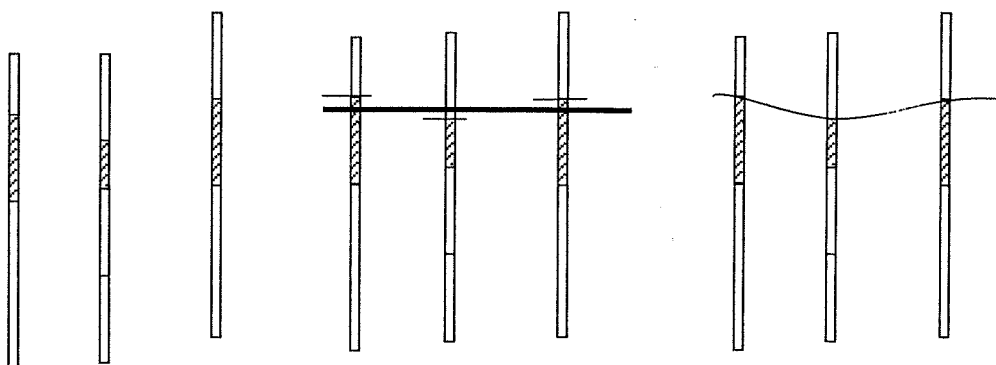
Alle moeilijk erodeerbare lagen in de Formatie van Naaldwijk zijn ruimtelijk zeer variabel (vaak meer dan één moeilijk erodeerbare laag in een boring. Het uitkarteren van alle individuele lagen past niet binnen de opzet van deze opdracht. Daarom is in overleg met de opdrachtgever besloten om alle moeilijk erodeerbare lagen in deze Formatie samen te voegen tot één moeilijk erodeerbare laag waarbij de top van de eerste en de basis van de laatste laag als begrenzing dienen. Alleen de moeilijk erodeerbare lagen in de Formatie van Maassluis en de Formatie van Breda zijn niet overal aanwezig. Binnen deze Formaties is de moeilijk erodeerbare laag uitgekarteerd. Uiteindelijk wordt van 9 formaties een kaartbeeld geïnterpoleerd (Tabel 4.1)

Tabel 4.1 Aantal moeilijk erodeerbare lagen en erodeerbare lagen, per formatie, in de projectdatabase. Dit bestand is de basis van de uit te voeren interpolatie.

Formatie	Aantal karteerbare moeilijk erodeerbare lagen
Fm v Naaldwijk, Lp v Walcheren	Zeer veel moeilijk erodeerbare lagen: samenvoegen
Fm v Nieuwkoop, Hollandveen Lp	1 laag, overal aanwezig
Fm v Naaldwijk, Lp v Wormer	1 laag, overal aanwezig
Fm v Nieuwkoop, Basisveen L	1 laag, overal aanwezig
Fm v Boxtel	1 laag, overal aanwezig
Fm v Kreftenheye	Geen moeilijk erodeerbare lagen
Eem Fm	Geen moeilijk erodeerbare lagen
Fm v Maassluis / Fm v Waalre	1 laag, niet overal aanwezig
Fm v Oosterhout	1 laag, overal aanwezig (in werkelijkheid meer lagen, maar van de diepere lagen is de verbreiding niet vast te stellen)
Fm v Breda	1 laag, niet overal aanwezig
Fm v Rupel en ouder	1 laag (alles is moeilijk erodeerbaar)

Voor de interpolatie is gebruik gemaakt van de verbreidingsgrenzen van de verschillende Formaties zoals die gebruikt worden voor de Landelijke Kartering Nederland (LKN), aangepast op basis van de projectdatabase. Binnen het LKN project karteert het NITG de geologische opbouw van Nederland op een schaal 1: 250.000. Op het continentale plat (en met name in het Belgische deel) is de gegevensdichtheid aanzienlijk kleiner. Hier is bij de interpolatie meer gebruik gemaakt van deterministische sturing met behulp van een trendvlak.

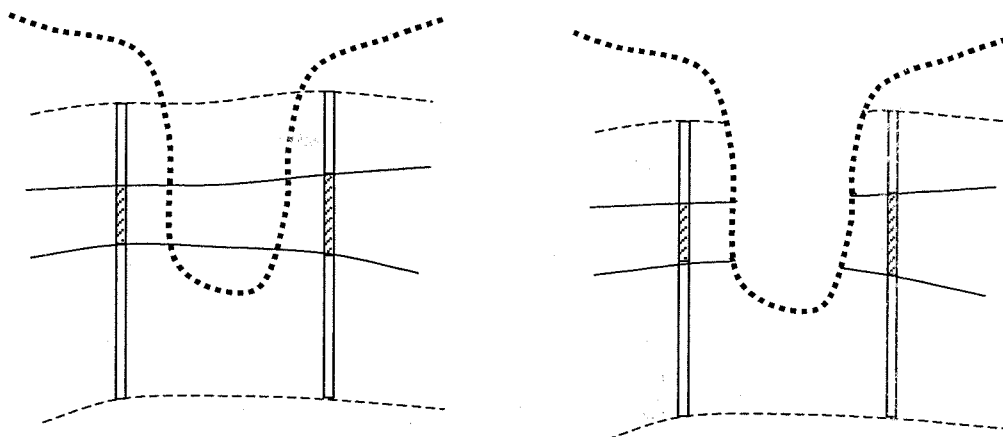
Voor elke formatie is voorafgaand aan de interpolatie een tweedegraads trendvlak door de meetpunten getrokken. De residuen zijn vervolgens middels IDW geïnterpoleerd. Het uiteindelijke vlak is ontstaan door per gridcel de waarde uit het trendvlak en de geïnterpoleerde residuen op te tellen (zie Figuur 4.2).



Figuur 4.2 Interpolatie van de top van een moeilijk erodeerbare laag (links: schuin gearceerde lagen in de drie boringen). Voorafgaand aan de interpolatie wordt er een trendvlak door de meetpunten berekend (midden: dikke lijn door de boringen). Per meetpunt wordt het verschil tussen de meetwaarde en dit vlak bepaald (het residu). Deze waarde wordt vervolgens gebruikt voor de interpolatie. Als laatste stap wordt het geïnterpoleerde vlak opgeteld bij het trendvlak (rechts).

Elk geïnterpoleerd vlak is vervolgens gesneden met de door het RIKZ aangeleverde waterbodembodem uit 2001 ('GR2001') om reeds weg geërodeerde lagen uit het model te halen (zie Figuur 4.3). De confrontatie van de database met oudere waterbodembestanden wordt door RIKZ zelf uitgevoerd.

Het resultaat van de interpolatie is opgeslagen in een grid, waarbij per gridcel per formatie de ligging (meter t.o.v. NAP) en de dikte (meter) van de moeilijk erodeerbare laag is aangegeven. Door per gridcel de top van de bovenste moeilijk erodeerbare laag te nemen ontstaat een kaart met de top van de eerste erodeerbare laag in het Westerschelde estuarium (zie Bijlage B en C).



*Figuur 4.3 Snijden van de geïnterpoleerde grids van moeilijk erodeerbare lagen (getrokken lijnen) met de door RIKZ geleverde waterbodembodem (vette stippellijn). Na het snijden zijn de niet meer aanwezige lagen uit de database verwijderd (rechts).*

## 4.2 Betrouwbaarheid van de interpolatie

Om een ruwe indruk te geven van de betrouwbaarheid van de geïnterpoleerde grids zijn zowel de datadichtheid als de te verwachten geologische variatie in het geïnterpoleerde vlak van belang. Voor relatief jonge estuariene afzettingen (laagpakket van Walcheren in de Formatie van Naaldwijk bijvoorbeeld) is de variatie op korte afstand vrij groot. Hierdoor neemt de voorspellende waarde van een meetgegeven snel af met de afstand tot dat meetgegeven: na 250 meter kan de bodemopbouw al weer (totaal) anders zijn. Voor oudere, marine afzettingen (de Formatie van Breda bijvoorbeeld) is de variatie op korte afstand minder groot, waardoor een meetgegeven tot op grotere afstand nog waarde heeft: tot een straal van ongeveer 1000 m rondom een meetgegeven mag de waarde als representatief gezien worden. In Tabel 4.2 is per geïnterpoleerd grid in de database de gehanteerde grenswaarde (in meters) aangegeven waarbinnen de interpolatie als betrouwbaar en waarbuiten als minder betrouwbaar wordt gedefinieerd.

Tabel 4.2 Grenswaarde voor de berekening van de betrouwbaarheid van de geïnterpoleerde grids.

Formatiecode	Formatienaam waarin moeilijk erodeerbare laag ligt	Grenswaarde [m] (1)
NAWA	Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren	250
NIHO	Nieuwkoop, Hollandveen	500
NAWO	Naaldwijk, Laagpakket van Wormer	250
NIBA	Nieuwkoop, Basisveen	500
BX	Boxtel	500
MSWA	Maassluis / Waalre	500
OO	Oosterhout	2500
BR	Breda	1000
RUBO	Rupel (en oudere formaties)	5000

(1) Indien de afstand van het te schatten punt in het grid tot het dichtstbijzijnde meetpunt groter is dan de grenswaarde wordt de interpolatie als 'minder betrouwbaar' gelabeld, anders als 'betrouwbaar'.

## 5 Resultaten

De resultaten van de interpolaties zijn opgenomen in een Acces database. Hierin zijn per gridcel de volgende attributen weergegeven:

- x: x-coördinaat ten opzichte van het RD coördinatenstelsel
- y: y-coördinaat ten opzichte van het RD coördinatenstelsel
- dikte\_[formatie]: dikte van de moeilijk erodeerbare laag in de betreffende Formatie (meter), na correctie met de waterbodem van 2001:
  - br: Formatie van Breda
  - bx: Formatie van Boxtel
  - mswa: Formatie van Maassluis / Waalre
  - nawa: Formatie van Naaldwijk (laagpakket van Walcheren)
  - nawo: Formatie van Naaldwijk (laagpakket van Wormer)
  - niba: Formatie van Nieuwkoop (basisveen)
  - niho: Formatie van Nieuwkoop (Hollandveen)
  - oo: Formatie van Oosterhout
  - rutodo: Formatie van Rupel (en ouder)
- top\_[formatie]: diepteligging van de top van de moeilijk erodeerbare laag in de betreffende Formatie (meter t.o.v. NAP), na correctie met de waterbodem van 2001
- x\_[formatie]: x-coördinaat van het dichtstbijzijnde meetpunt voor deze Formatie
- y\_[formatie]: y-coördinaat van het dichtstbijzijnde meetpunt voor deze Formatie
- d\_[formatie]: afstand tot het dichtstbijzijnde meetpunt voor deze Formatie
- betr\_[formatie]: betrouwbaarheidslabel voor de betreffende Formatie
- top\_eerste: diepteligging van de top van de ondiepste moeilijk erodeerbare laag, na correctie met de waterbodem van 2001
- dikte\_eerste: dikte van de ondiepste moeilijk erodeerbare laag, na correctie met de waterbodem van 2001
- top\_naam: naam van de Formatie waartoe de ondiepste moeilijk erodeerbare laag behoort.

De database is digitaal opgeslagen op de CD-Rom in bijlage A. Met deze database zijn tevens Arc/Info ASCII-grids gemaakt voor de top en de dikte van de berekende moeilijk erodeerbare lagen. Deze kunnen direct in ArcView worden ingelezen. Deze files staan tevens op de CD-rom in bijlage A (directory "asciigrids") met als codering:

- top\_[formatie]: Top van de moeilijk erodeerbare laag in de betreffende Formatie (meter t.o.v. NAP)
- dikte\_[formatie]: dikte van de moeilijk erodeerbare laag in de betreffende Formatie (meter).

In dezelfde codering zijn er in de directory "kaarten" EPS-files opgenomen per formatie.

Per gridcel is vervolgens gezocht naar de ondiepste moeilijk erodeerbare laag (onafhankelijk van de Formatie waartoe deze laag behoort). In bijlage B is een kaart weergegeven waarin per gridcel de top (meter t.o.v. NAP) van deze laag is geplot, in bijlage C is de bijbehorende dikte geplot. Beide bijlagen geven dus een beeld van de ondiepste erodeerbare laag die in het Schelde estuarium.



## 6 Referenties

De Moor, G. & Heyse, I., 1978. De morfologische evolutie van de Vlaamse Vallei. De Aardrijkskunde 1978, pp. 343-375.

Ebbing, J.H.J., Laban, C., Frantsen, P.J. & Nederlof, H.P., 1992. Geologische kaart Rabsbank. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Kiden, P. & Verbruggen, C., 2001. Het verhaal van een rivier: de evolutie van de Schelde na de laatste ijstijd. Publicaties van het Provinciaal Archeologisch Museum van Zuid-Oost-Vlaanderen – Site Velzeke, Gewone Reeks 4, pp. 11-34.

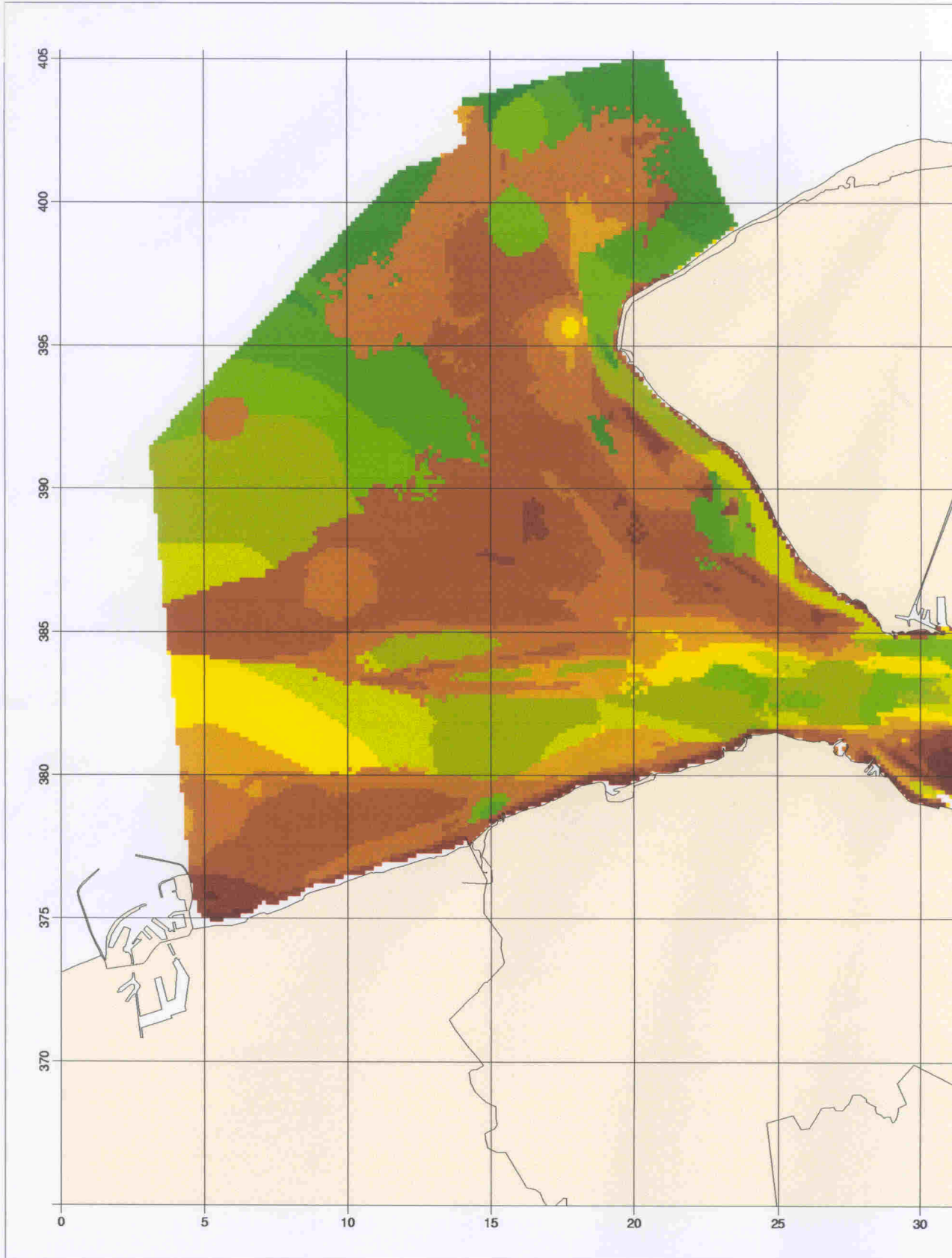
Van der Spek, A.J.F., 1997. De geologische opbouw van de ondergrond van het mondingsgebied van de Westerschelde en de rol hiervan in de morfologische ontwikkeling. TNO-rapport NITG 97-284-B, 48 pp.

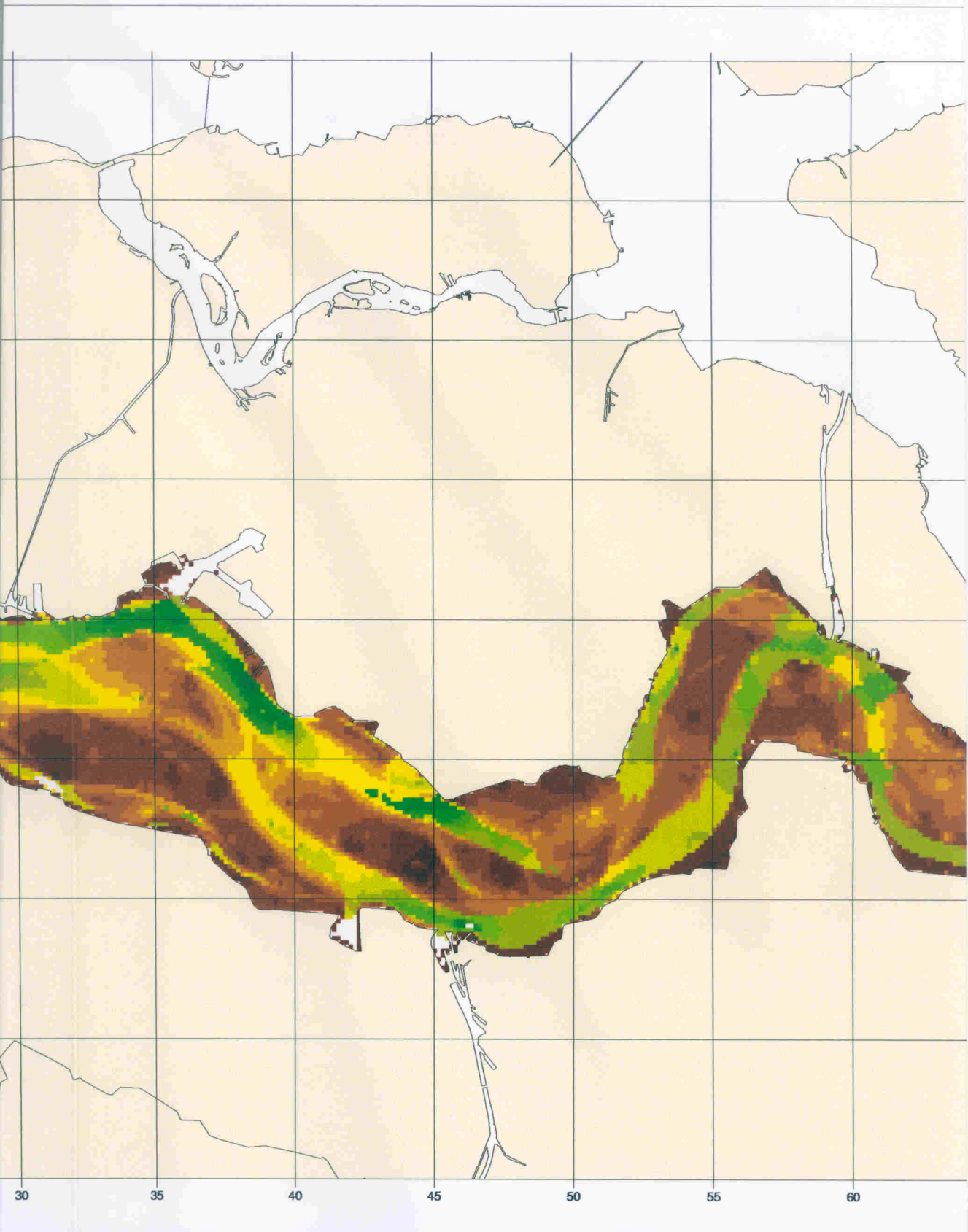
Vos, P.C. & Van Heeringen, R.M., 1997. Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland. Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO 59, pp. 5-109.

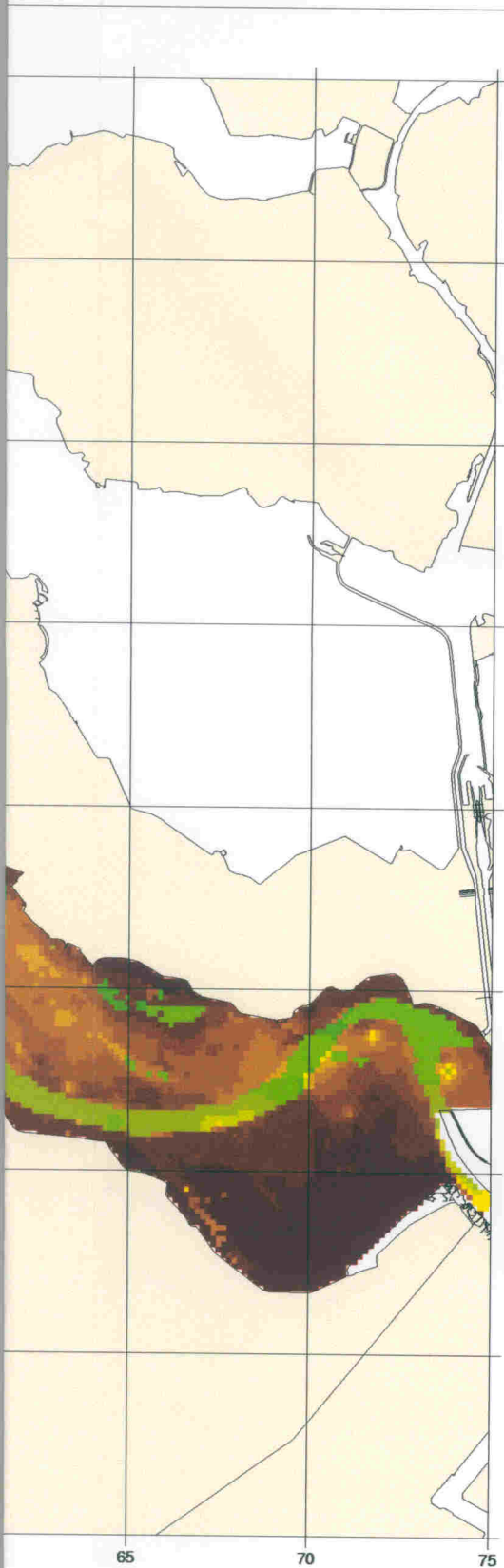
Weerts, H.J.T., Cleveringa, P., Ebbing, J.H.J., De Lang, F.D. & Westerhoff, W.E., 2000. De lithostratigrafische indeling van Nederland – Formaties uit het Tertiair en Kwartair. TNO-Rapport NITG 00-95-A, 38 pp.

## **A CD-ROM database**

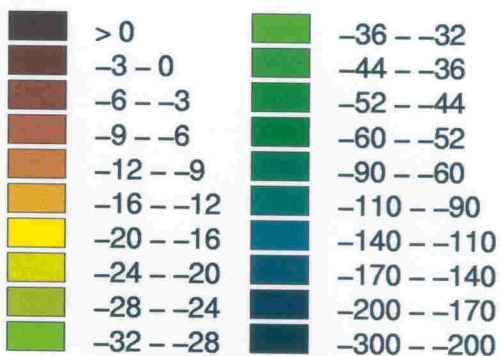
## **B Diepte van de eerste moeilijk erodeerbare laag**







### Legenda



#### Titel:

Top eerste moeilijk-erodeerbare laag (meter NAP)

#### Bijlage:

B

Projectnaam:

Moeilijk-erodeerbare lagen in het Schelde-estuarium

Projectnummer:

005.43039

Opdrachtgever:

RIKZ

Datum:

10-03-2004

Samensteller

Hans Veldkamp

Digitale verwerking:

Hans Veldkamp

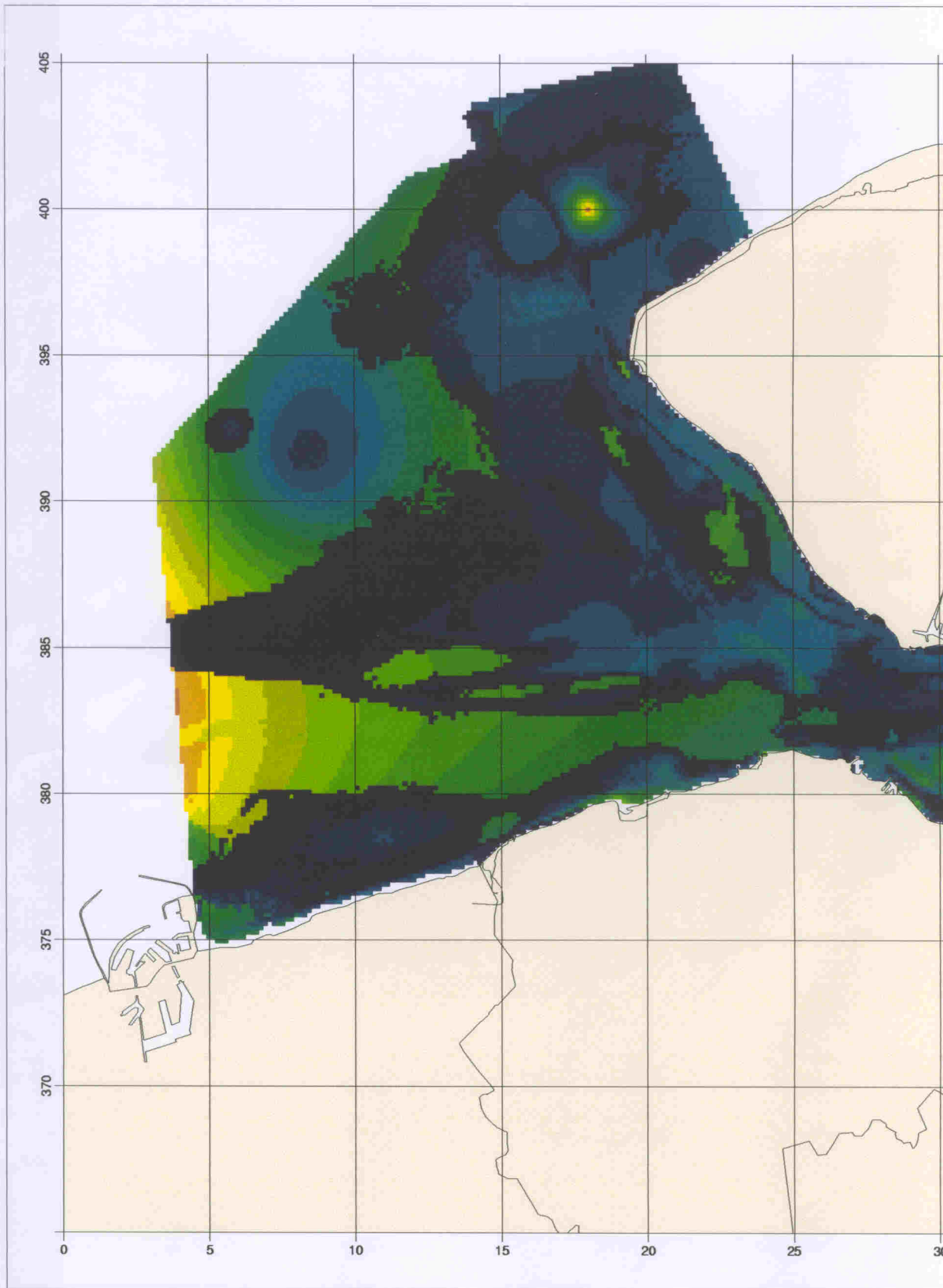
Projectie:

Rijks Driehoek

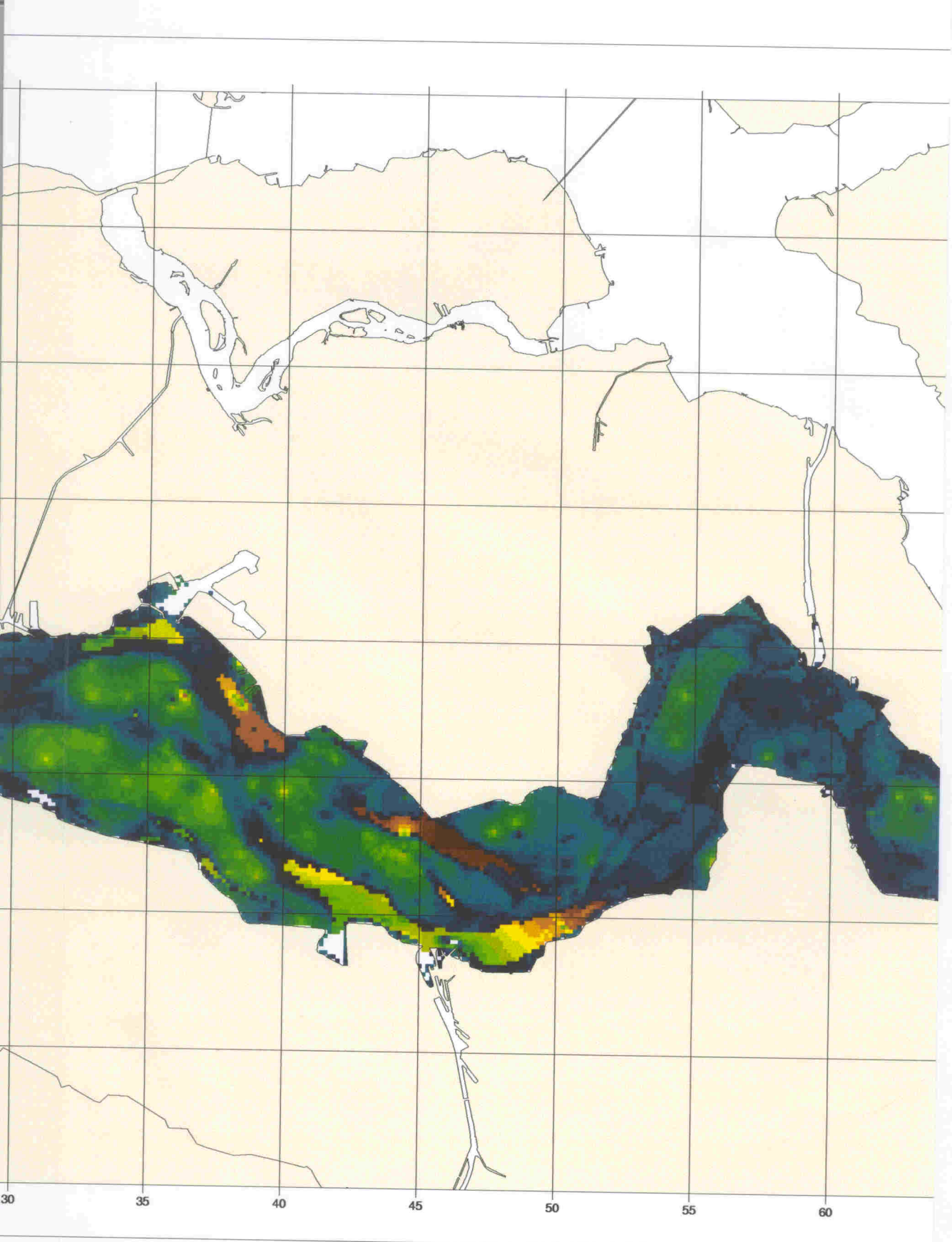


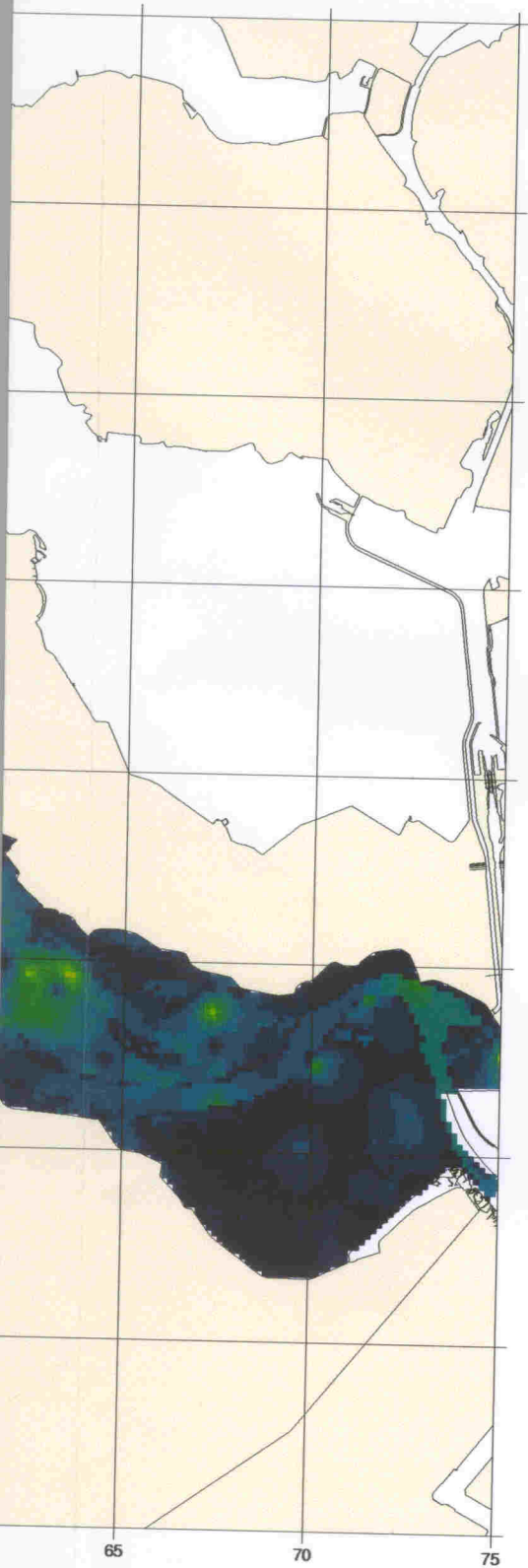
Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen

## **C Dikte van de eerste moeilijk erodeerbare laag**

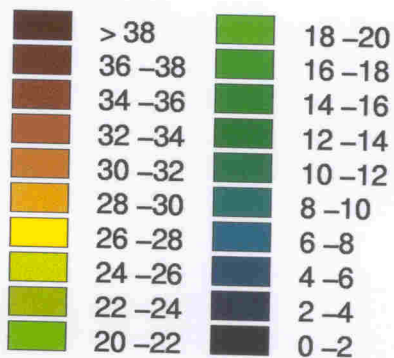








### Legenda



**Titel:**

Dikte eerste moeilijk-erodeerbare laag (meter)

**Bijlage:**

C

**Projectnaam:**

Moeilijk-erodeerbare lagen in het Schelde-estuarium

**Projectnummer:**

005.43039

**Opdrachtgever:**

RIKZ

**Datum:**

10-03-2004

**Samensteller:**

Hans Veldkamp

**Digitale verwerking:**

Hans Veldkamp

**Projectie:**

Rijks Driehoek



Nederlands Instituut voor  
Toegepaste Geowetenschappen

65

70

75