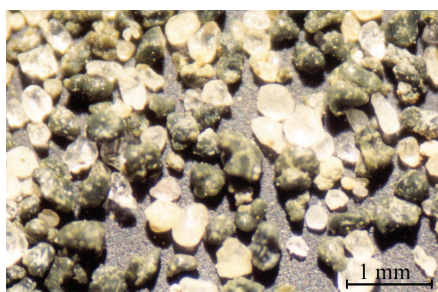


Toelichting
bij de
Quartairgeologische kaart



Kaartbladen **4 - 5 - 11 - 12**
Blankenberge - Westkapelle
Oostduinkerke - Oostende



Kaart en tekst opgemaakt door:

P. Jacobs, F. Van Beirendonck en F. Mostaert
Universiteit Gent



Vlaamse overheid
Dienst Natuurlijke Rijkdommen

Verkoopadres:

Vlaamse overheid.
Dienst Natuurlijke Rijkdommen.
Koning Albert II-laan 20 bus 20.
1000 Brussel.

Verkoopprijs:

12 euro, verzendingskosten inbegrepen.

INHOUDSOPGAVE

1	De quartairkartering	5
1.1	Inleiding.....	5
1.2	Het concept.....	5
1.3	De toepassingen.....	8
1.4	Besluit	10
1.5	Referenties.....	10
2	METHODIEK	11
2.1	Inleiding.....	11
2.2	Kartering op basis van archiefgegevens en beperkte terreinverkenning	11
2.3	Indeling van quartaire afzettingen.....	11
2.4	Het gebruik van de quartairgeologische kaarten	11
3	Algemene situering van het karteringsgebied	12
3.1	Topografische kaarten	12
3.2	Thematische kaarten	13
3.3	Traditionele landschapseenheden	13
3.3.1	Zandstreek buiten de Vlaamse Vallei	14
3.3.2	Kustpolders.....	14
3.3.3	Kust	14
4	De quartaire afzettingen in het karteringsgebied.....	15
4.1	Enkele opmerkingen met betrekking tot de lithoprofieltypekaart.....	15
4.2	Zones met ondiep tertiair substraat.....	16
4.2.1	Relatief hoog gelegen gebieden	16
4.2.2	Relatief laag gelegen gebieden	16
4.3	Continentale afzettingen uit het Saaliaan.....	16
4.4	Mariene afzettingen uit het Eemiaan	17
4.4.1	Buitengaatse afzettingen.....	17
4.4.2	Wadafzettingen.....	17
4.5	Fluviatiele afzettingen uit het Vroeg-Weichseliaan tot het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal.....	17
4.5.1	Voorkomen.....	17
4.5.2	Algemene evolutie van het fluviatiel patroon vanaf het einde van het Eemiaan tot het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal.....	19
4.6	Eolische afzettingen uit het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal tot het Vroeg-Holoceen	21
4.6.1	Voorkomen.....	21
4.6.2	Lithologie en sedimentologie.....	21
4.6.3	Ouderdom.....	21
4.7	Laatglaciale dekzanddepressies.....	22
4.8	Pleistocene hellingsafzettingen (hoofdzakelijk uit het Weichseliaan)	23
4.8.1	Voorkomen en dikte.....	23
4.8.2	Indeling van de hellingsprocessen	23
4.8.3	Genese, ouderdom en sedimentologie	23
4.9	Fluviatiele afzettingen uit het Laatglaciaal en het Holoceen	24
4.9.1	Voorkomen.....	24
4.9.2	Lithostratigrafische classificatie	24
4.9.3	Genese en ouderdom.....	25
4.10	Hellingsafzettingen uit het Holoceen	25
4.11	Mariene afzettingen uit het Holoceen	25
4.11.1	Voorkomen.....	25
4.11.2	Afzettingssmilieus in de holocene kustvlakte.....	26
4.11.3	Vertaling van de codes C-F naar lithoprofieltypes	27
4.11.4	De Moeren van Meetkerke.....	28
4.11.5	Algemene evolutie van de kustvlakte vanaf het begin van het Holoceen tot het heden	28

5	Bijlagen.....	31
5.1	Opbouw van de profieltypes	31
5.2	Profiel.....	32
6	Geraadpleegde literatuur	33
6.1	Verklarende teksten bodemkaart van België	33
6.2	Andere referenties	33
6.3	Kaart- en digitaal materiaal	37

1 DE QUARTAIKKARTERING.

1.1 Inleiding.

De quartaire afzettingen in Vlaanderen zijn lateraal en verticaal heterogeen en variëren erg in dikte. De afzettingen zijn vooral onder continentale omstandigheden tot stand gekomen (rivier-, duinafzettingen). Eigenlijk zijn het pakketten die zelden meer dan 30 meter en soms zelfs minder dan 1 meter dik zijn. Tot op heden bestonden er geen kaarten op voldoende gedetailleerde schaal over de volledige quartaire bedekking van de Vlaamse ondergrond.

De systematische kartering in opdracht van het Vlaamse Gewest gebeurt sinds 1993 op basis van de volgende principes:

- er wordt uitgegaan van de momenteel beschikbare gegevens;
- de kartering van het volledige quartaire dek gebeurt op schaal 1:50.000;
- de karteringstijd wordt beperkt tot maximaal 1,5 jaar per kaartblad (640 km²);
- de kaarten geven een inzicht in de driedimensionale opbouw van de quartaire lagen;
- de kaarten zijn vanuit een geologisch-wetenschappelijke invalshoek opgemaakt; ze zijn toepassingsgericht en bruikbaar als beleidsondersteunende documenten, voor onderwijsdoeleinden, voor wetenschappelijk onderzoek, voor de ruimtelijke planning;
- er wordt een ondersteunende gegevensbank opgebouwd;
- de digitale benadering laat de ontwikkeling van afgeleide kaarten voor specifieke toepassingen toe;
- de gegevens worden geregeld geactualiseerd en aangevuld.

1.2 Het concept.

De eerste en enige volledige set geologische kaarten van België op schaal 1:40.000 van het begin van deze eeuw besteedt weinig aandacht aan het quartair. Deze geologische kaarten geven eigenlijk een beeld van de geologische gesteldheid waarbij het quartaire dek weggedacht wordt. Dat is overigens net zo voor de tertiairkaarten.

De Belgische Geologische Dienst heeft in het verleden verschillende initiatieven genomen om quartairkaarten te ontwikkelen. Het probleem daarbij was vooral een gebrek aan goede en voldoende gegevens en de afwezigheid van een algemeen aanvaard stratigrafisch concept voor de ontwikkeling van een consistent en homogeen legendesysteem.

De bestaande overzichtskaarten van het quartair geven alleen weer welke quartaire lagen er aan het oppervlak voorkomen. In feite zijn dergelijke kaarten nauw verwant met de bodemkaarten.

De bodemkaarten vormen immers de enige volledig beëindigde systematische kartering van quartaire afzettingen. De diepte van de waarnemingen is echter beperkt tot de bovenste 1,25 meter en de invalshoek is uiteraard bodemkundig. De bodemkaarten worden volgens het principe van de profieltypes opgemaakt.

De systematische kartering van het quartair op schaal 1:50.000 werd uiteindelijk onder impuls van de afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, in 1993 opgestart.

Een kaartenset bestaat uit de eigenlijke quartairkaart, eventueel aangevuld met een aantal geologische doorsneden. Bij iedere kaart wordt een toelichtingstekst gevoegd en de basisgegevens worden in de Databank Ondergrond Vlaanderen geïntegreerd.

De kaartenset is een weerspiegeling van de stand van de wetenschappelijke inzichten op het ogenblik van de kartering. De quartairkaarten zijn gebaseerd op:

- alle beschikbare en gekende boringen;
- geotechnische gegevens zoals druksonderingen;
- geofysische gegevens zoals geo-elektrische metingen, boorgatmetingen, seismische gegevens;
- studies van ontsluitingen;
- interpretaties in wetenschappelijke werken zoals theses en publicaties;
- modellen voor extra- en interpolatie van gegevens;
- deskundigheid en ervaring van de uitvoerders van de kartering;
- de geomorfologie, het landschap.

Alle beschikbare archiefgegevens worden opnieuw geïnterpreteerd volgens de meest recente inzichten.

Een set quartairkaarten van één kaartblad moet het mogelijk maken om de volgende gegevens af te leiden:

- een driedimensionaal beeld van het voorkomen van quartairgeologische eenheden;
- de dikte van het quartair en de dikte van de onderscheiden lagen;
- de hiaten in de huidige kennis;
- de verspreiding van de basisgegevens waarop de kaarten steunen;
- een aantal doorsneden waarbij de verticale en laterale opeenvolging van de entiteiten duidelijk wordt gemaakt.

De kartering gebeurt in tegenstelling tot de tertiairkartering met de techniek van de lithoprofieltypes. De vlakken van de quartairkaart geven de zones weer waar gelijkaardige successies van specifieke quartaire lagen (lithoprofieltypes) voorkomen. Over de dikte van de verschillende samenstellende lagen van een lithoprofieltype moet vooral de toelichtingstekst aanwijzingen geven.

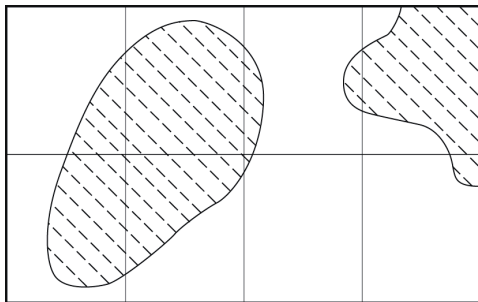
Het principe van de lithoprofieltypekartering:

1 Identificatie van de afzonderlijke eenheden.

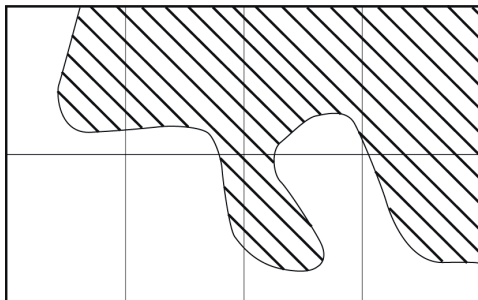
	Lithologie.	Genese.	Litho-stratigrafie.	Chrono-stratigrafie.
1	Klei.	Schorre.	Klei van Duinkerke.	Holoceen.
2	Veen.	Moeras.	Veen van Veurne.	Holoceen.
3	Zand.	Rivier.	Zand van Maldegem.	Weichssel.

2 Kartering van de afzonderlijke eenheden:

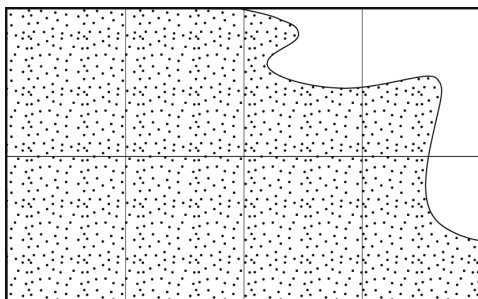
Eenheid 1



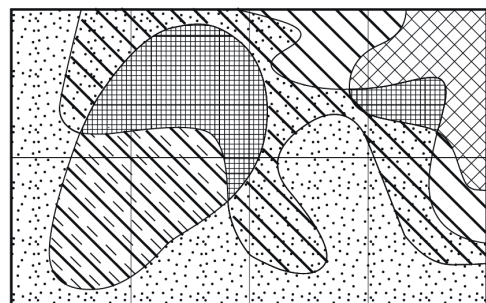
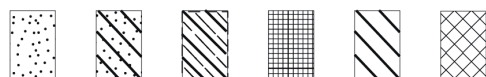
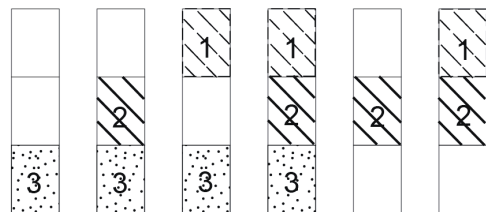
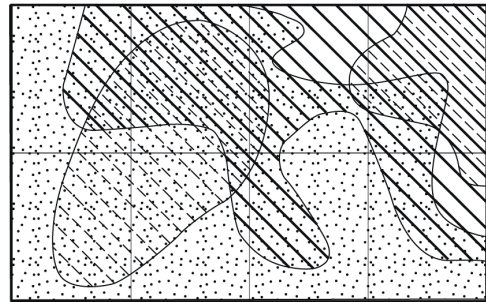
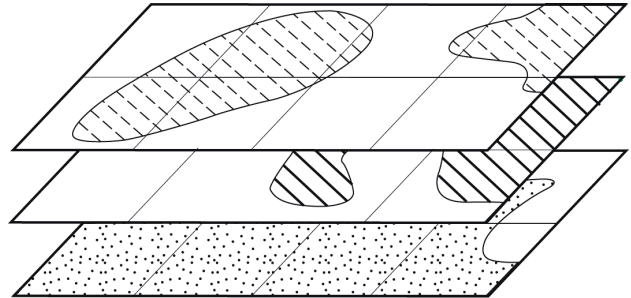
Eenheid 2



Eenheid 3



3 Ontwikkeling van de profieltypes.



De invalshoek voor de identificatie van de karteerbare eenheden is essentieel van lithostratigrafische aard. Dat wil zeggen dat lithologisch homogene en vervolgbare lagen stratigrafisch worden gecorreleerd, bijvoorbeeld een specifieke kleilaag of een zandlaag. Quartairkartering houdt impliciet ook chronostratigrafische aspecten in, waarbij de karteerbare eenheden in de tijd gesitueerd worden.

Lithologisch homogene lagen kunnen afgezet zijn onder zeer verschillende sedimentatieomstandigheden. Die sedimentatieomstandigheden kunnen afgeleid worden uit de sedimentaire structuren, de geomorfologische positie van de lagen, de insluitsels of fossielen, de korrelgrootteverdeling. Bepaalde sedimentgenetische homogene lithofacies kunnen dus zelfs karteerbare eenheden vormen. Zo worden lithoprofieltypekaarten afgeleid uit de sequenties van de sedimentgenetische homogene lithofacies.

De correlaties zijn geologisch. Hoewel de ingenieur meestal slechts geïnteresseerd is in de locatie van bepaalde lithologische eenheden (een zandlichaam, een veenlaag) kunnen de quartairgeologische grensvlakken een ogenschijnlijk homogeen zandpakket in meerdere entiteiten indelen. Een geologische invalshoek biedt als toegevoegde waarde de laterale en verticale voorspelbaarheid waarbij de geologische opbouw zelfs in zones met zeer weinig basisgegevens deduceerbaar wordt. Bij een louter geotechnische correlatie is dat vrijwel uitgesloten.

De quartairkartering beantwoordt niet aan wetmatigheden en ontegensprekelijke afspraken die een routinematige aanpak mogelijk maken. De opmaak van de kaarten vergt autoriteiten en specialisten die hun sporen verdiend hebben op het vlak van quartairgeologisch wetenschappelijk onderzoek. In de beginfase werden de drie universiteiten KUL, RUG en VUB aangezocht. Vanaf 1997 werden ook deskundige studiebureaus ingeschakeld.

De systematische kartering van Vlaanderen op de schaal 1:50.000 wordt in 2004 beëindigd met de opmaak van de laatste lithoprofieltypekaart.

Vermeldenswaardig is dat er ook een vrij onvolledige set geomorfologische kaarten beschikbaar is, aanvankelijk op schaal 1:25.000 opgemaakt, meer recent op schaal 1:50.000. De geomorfologische kaarten accentueren de reliëfvormen en geven een indicatie over het ontstaan van het landschap en de ouderdom van de reliëfvormen. Aangezien de meeste reliëfvormen in Vlaanderen in het Quartair tot stand kwamen geven dergelijke geomorfologische kaarten belangrijke aanwijzingen over de quartairgeologische gesteldheid.

In Nederland wordt er eveneens een profieltypekartering uitgevoerd. De diepte van de waarnemingen is er beperkt tot 4 meter behalve waar het holoceen dek (afzettingen van minder dan 10.000 jaar oud) dikker is dan 4 meter. Het Holoceen wordt er immers volledig gekarteerd. In Nederland kan het Quartair evenwel diktes van 400 meter bereiken waardoor de aanpak automatisch verschilt met die voor Vlaanderen waar de dikte zelden meer bedraagt dan 30 meter. In Vlaanderen wordt dus geopteerd voor de kartering van de volledige quartaire sequenties, met een drastische beperking van de aanvullende acquisitie.

In Nederland worden er veel meer middelen ingezet voor de quartairkartering. De productie van kaarten in Nederland blijkt toch ook, onder meer door de grote complexiteit van het Quartair, relatief traag te gebeuren.

1.3 De toepassingen.

De kosten voor de kartering kunnen slechts gedeeltelijk worden gerecupereerd door de verkoop van de kaarten.

De kartering biedt echter een toegevoegde waarde aan de basisgegevens waarbij de onrechtstreekse baten zich moeilijk laten berekenen:

- de toegevoegde waarde aan de dienstverlening ten gunste van de administraties en beleidsinstanties;
- de extra mogelijkheden voor het onderwijs;
- de toegevoegde waarde van de informatieverlening aan de burger in het algemeen, meer in het bijzonder aan de studiebureaus, aan de milieuverantwoordelijken, enzovoort.

Momenteel worden bij de opmaak van milieueffectrapporten onder meer de bodemkaarten en de grondwaterkwetsbaarheidskaarten geraadpleegd. De quartairkaarten kunnen een belangrijk inzicht verschaffen in de aanwezigheid van nuttige delfstoffen, in de te verwachten grondstabiliteit, zelfs in de landbouwwaarde, in de waterhuishouding en de grondwaterkwetsbaarheid, enzovoort.

De quartairkaarten vormen de basis voor verder gericht fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. Bij de inventarisatie van de gegevens en bij de karteringsactiviteit kunnen de hiaten in de kennis gelokaliseerd worden. Die hiaten kunnen de richting bepalen van het meer fundamenteel wetenschappelijk onderzoek.

De quartairkaarten kunnen als didactisch materiaal voor het onderwijs fungeren, niet enkel bij universitaire opleidingen in geologie, geografie, planologie, landbouw, geotechniek en mijnbouw, maar ook in het middelbaar aardrijkskundeonderwijs.

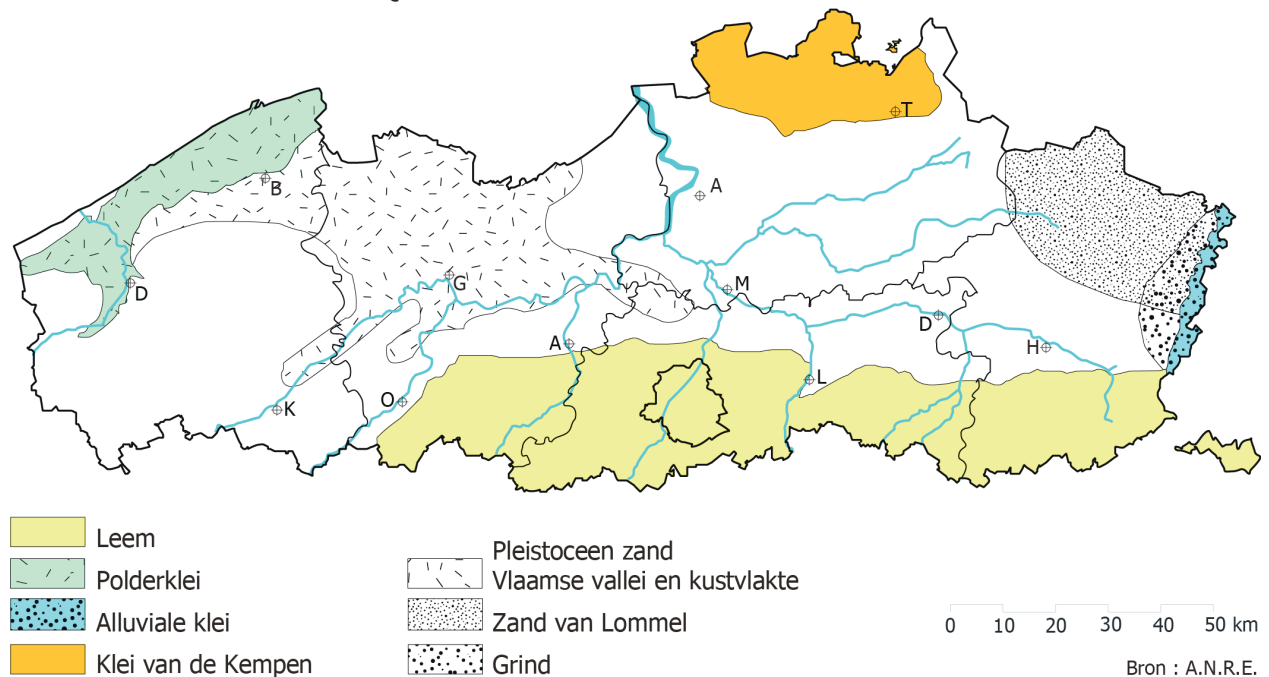
Verder zijn de quartairkaarten beleidsondersteunende documenten bij problemen inzake milieuaangelegenheden, de ruimtelijke planning, de aanleg van infrastructuur. Bovendien kunnen ze bijdragen tot de wetenschappelijke onderbouw van de adviezen die door de administraties moeten worden geleverd.

De kaarten met de geassocieerde databank worden geïntegreerd in Databank Ondergrond Vlaanderen en er is samenwerking met het Geografisch Informatiesysteem Vlaanderen. Het gedigitaliseerde profieltypesysteem laat toe om op vrij eenvoudige wijze specifieke themakaarten op maat op te maken.

De quartairkaarten kunnen aanleiding geven tot geotechnische themakaarten met bijvoorbeeld de deductie van zettingsgevoelige gebieden: zones waar de ondergrond veenlagen bevat, zones waar alluviale kleien voorkomen, ... Dergelijke afgeleide geotechnische kaarten kunnen het detailonderzoek efficiënt richten en aldus tot kostenbesparing leiden. Gedetailleerde informatie over de dikte en de aard van het Quartair zijn van belang voor stabiliteitsproblemen bij de aanleg van allerlei infrastructuur. Het grensvlak tussen de sterk geconsolideerde tertiaire afzettingen en de weinig geconsolideerde quartaire sedimenten is een belangrijke geotechnische parameter.

Bepaalde quartaire lagen van Vlaanderen worden momenteel als oppervlakedelfstof gewonnen. Het Limburgs grind, de beton- en metselzanden van Noord-Limburg (zand van Lommel), de infrastructuurzanden van de Vlaamse Vallei, de leem, de baksteenklei van de Kempen, de polderklei, de alluviale Schelde- en Maaskleien zijn allemaal quartaire delfstoffen. De geografische verspreiding en de dikte van die delfstoffen kunnen afgeleid worden uit de quartairkaarten. De databank die de boorgegevens bevat, laat toe ook de karakteristieken van de delfstoffen af te leiden.

Quartaire delfstoffen in Vlaanderen



Bij het tot stand komen van ontginningen van oppervlakedelfstoffen kan de kennis van de quartairlagen ook nog belangrijk zijn in de volgende gevallen:

- het Quartair kan een waardeloze deklaag zijn waarvan de hoeveelheid het best vooraf kan worden begroot, zodat die later eventueel aangewend kan worden bij de sanering van de groeve;
- het quartair dek kan ook valoriseerbaar zijn als nevangrondstof. Bij de glaszandwinning in Lommel bijvoorbeeld komt zand van Lommel vrij dat als metsel- of betonzand kan worden aangewend of als saneringszand. Bij de glaszandwinning in Oost-Limburg komen grote hoeveelheden grind vrij;
- de dikte en de samenstelling van de quartaire deklagen kan een hinder zijn voor de uitbating van de onderliggende lagen. De quartaire deklagen kunnen de stabiliteit van de groeveranden ongunstig beïnvloeden. Er zal kunnen worden afgelezen waar de dikte en de samenstelling van de deklaag optimaal is voor de ontginning.

Een aantal belangrijke watervoerende lagen die intens worden geëxploiteerd zijn quartaire afzettingen: de kustduinen, de waterlagen van de Vlaamse Vallei (ten noorden van Gent), de grindlagen in Limburg en talloze particuliere ondiepe waterputten, verspreid over Vlaanderen.

In het noordoostelijk deel van Vlaanderen wordt water gewonnen uit de waterlaag die zich vormde in de neogene en quartaire lagen.

De kennis van de aanwezigheid en van de kenmerken van die quartaire lagen is de eerste vereiste om waterwinnings te kunnen inplanten, om eventuele beschermingsmaatregelen te kunnen treffen of toelaatbare debieten te kunnen begroten.

De verlaten groeves, uitgegraven in de klei van de Kempen, worden dikwijls opnieuw opgevuld met stortmateriaal zodat de kennis van de quartaire lagen van het noordelijk deel van de provincie Antwerpen niet enkel vanuit ontginningsoogpunt van belang is, maar ook vanuit de invalshoek afvalstoffenberging.

Landbouwactiviteit gebeurt op de quartaire lagen. De belangrijkste invloed manifesteert zich in de bovenste meter. Over die bovenste meter werden een dertigtal jaar geleden, op een systematische wijze bodemkaarten gemaakt. De gegevens van die bodemkaarten worden geïntegreerd in de quartairkaarten. De aard van de quartaire lagen die dieper gelegen zijn dan 1 meter kunnen vanuit landbouwkundig standpunt ook nog uitzonderlijk belangrijk zijn onder meer inzake de waterhuishouding, de eventuele vervuiling bij (over)bemesting, enzovoort.

De quartairkaarten kunnen een belangrijk hulpmiddel voor de ruimtelijke planning worden. Hier volgen enkele toepassingen waarbij de kennis van het Quartair onontbeerlijk is voor een gedegen planning:

- het uittekenen van tracés voor wegen en kanalen;
- het uittekenen van ontginningsgebieden en stortzones;
- de inplanting van infrastructuur en woonzones (bijv. veen in de ondergrond kan funderingsproblemen opleveren);
- de inplanting van waterwingebieden;
- de inplanting van nieuwe bosgebieden; ...

1.4 Besluit.

Er kan niet genoeg op worden gewezen dat de schaal van de kartering ook de mogelijke toepassingen beperkt. De quartairkaarten sluiten gedetailleerd veldonderzoek door boringen of sonderingen helemaal niet uit. Voor toepassingen op een meer gedetailleerde schaal dan 1:50.000 moet extra onderzoek gebeuren.

Een extra aanvullend onderdeel van de quartairkaartenset zou de geomorfologische kaart moeten worden. De geomorfologische kaarten accentueren de landschapsvormen, geven een indicatie over het ontstaan van de landschapsvormen en over de ouderdom ervan. De quartairgeologische kaarten geven niet alleen aanwijzingen over de afzettingen die de reliëfvormen tot stand brengen, maar ook over de dieper voorkomende lagen.

Nog meer dan de afgedekte geologische kaarten (de kaarten met het voorkomen van de tertiaire lagen) bieden quartairkaarten afleidbare toepassingen voor de ingenieurswereld. De deductie zal door deskundigen moeten gebeuren. De ontwikkeling van themakaarten is essentieel, een elementaire kennis van quartairgeologie is daarbij noodzakelijk. Een gevorderde quartairgeologische wetenschappelijke achtergrond zal bijdragen tot de meerwaarde van de kaartenset.

De overheid heeft hier gekozen om documenten aan te leveren die zo weinig mogelijk generalisaties impliceren en die de volledige complexiteit, voorzover die gekend is, duidelijk proberen te maken. Gezien die complexiteit en gezien het concept van de quartairkaarten, zullen vooral digitale producten aan de gebruikers ter beschikking worden gesteld.

1.5 Referenties.

DE MOOR, G.; MOSTAERT, F.; LIBEER, L.; MOERDIJK, H. en VAN DEN ABEELE, V., 1993. Geomorfologische Kaart van België, Kaartblad Oostende.

MOSTAERT, F., 1991. Concrete prospectieprojecten ter bepaling van de meest relevante winningsplaatsen van oppervlaktedelfstoffen, p 101-128. In: BOLLE I., BRIJSSE Y., MOSTAERT F., VAN BURM Ph., ZE UWTS L., 1991; Oppervlaktedelfstoffen problematiek in Vlaanderen.

MOSTAERT, F., 1993. De quartairkartering, een stand van zaken, p 80-93. In: Geologische kartering en geologisch onderzoek in het Vlaamse Gewest, Studiedag 7 december 1993.

VANSTEELANDT, P.; MOSTAERT, F.; VAN ROO, J. en BROOTHAERS, L. (ed.), 1993. Geologische kartering en geologisch onderzoek in het Vlaamse Gewest, Studiedag 7 december 1993: 179 pp.

2 METHODIEK.

naar Frank Mostaert, Marc Van Molle en Frieda Bogemans.

2.1 Inleiding.

De kartering van het quartair in Vlaanderen op schaal 1/50 000 werd uitgevoerd volgens de profieltypenmethode. Deze methode werd ontwikkeld door De Jong & Hageman (1960) voor de Holocene mariene afzettingen en door Bogemans (1988) toepasbaar gemaakt voor quartaire continentale afzettingen en later uitgebreid voor alle quartaire afzettingen (Bogemans, 1998). De profieltypenmethode laat toe om op een tweedimensionale kaart de driedimensionale opbouw van het quartair weer te geven.

Voor het quartair van Vlaanderen bestaat geen definitief, volledig en aanvaard formeel stratigrafisch classificatiesysteem. Wel is er een internationaal vrij goed aanvaarde chronostratigrafische indeling beschikbaar en werd met een publicatie van Gullentops et al. (2001) een aanzet gegeven tot een lithostratigrafie van de Belgische quartaire afzettingen. Met deze laatste indeling is in de karteringsperiode tot 2002 geen rekening gehouden.

2.2 Kartering op basis van archiefgegevens en beperkte terreinverkenning.

De opmaak van de quartairkaarten wordt vooraf gegaan door de inventarisatie van basisgegevens en een doorgedreven literatuurstudie. Het betreft vooral informatie van ontsluitingen, boringen, geotechnische sonderingen, geofysische prospectie, aangevuld met informatie uit reeds uitgevoerde studies. De kwaliteit van de basisgegevens is zeer divers, de spreiding onregelmatig en alle informatie is daarenboven niet even goed toegankelijk. De karteerders dienen een inzicht te hebben in de evoluerende stratigrafische inzichten die tot stand kwamen gedurende een periode van meer dan honderd jaar. De waarnemingen worden in een databank verzameld: de Databank Ondergrond Vlaanderen.

De eerste interpretatiestap is het onderscheiden van de quartaire afzettingen van de onderliggende tertiaire of oudere afzettingen. Dit impliceert ook kennis van deze afzettingen.

Vervolgens dienen de geïdentificeerde quartaire afzettingen te worden ingedeeld op basis van de kenmerken van de afzettingen.

2.3 Indeling van quartaire afzettingen.

Op basis van specifieke lithologische en eventueel sedimentologische kenmerken worden de basisgegevens ingedeeld in karteerbare eenheden, gekenmerkt door een duidelijke ondergrens en bovengrens. Een karteerbare eenheid kan ofwel lithologisch homogeen zijn (vb. zand) ofwel samengesteld zijn (vb. kleiig/zandig complex).

Van elke eenheid wordt de genese en de chronostratigrafische positie bepaald.

Op deze manier wordt op wetenschappelijke wijze een redelijk aantal karteerbare eenheden gedefinieerd.

Elke karteerbare eenheid krijgt een unieke code.

Het bepalen van karteerbare eenheden gebeurt per kaartblad wat uiteraard gevolgen heeft voor de kaartansluitingen en eigenlijk vrij nefast is bij de digitale exploitatie van de kaarten.

In de begeleidende tekst van het kaartblad (hoofdstuk 4) worden de karteerbare eenheden gecorreleerd met de lithostratigrafische indeling opgesteld door Gullentops et al., (2001).

2.4 Het gebruik van de quartairgeologische kaarten.

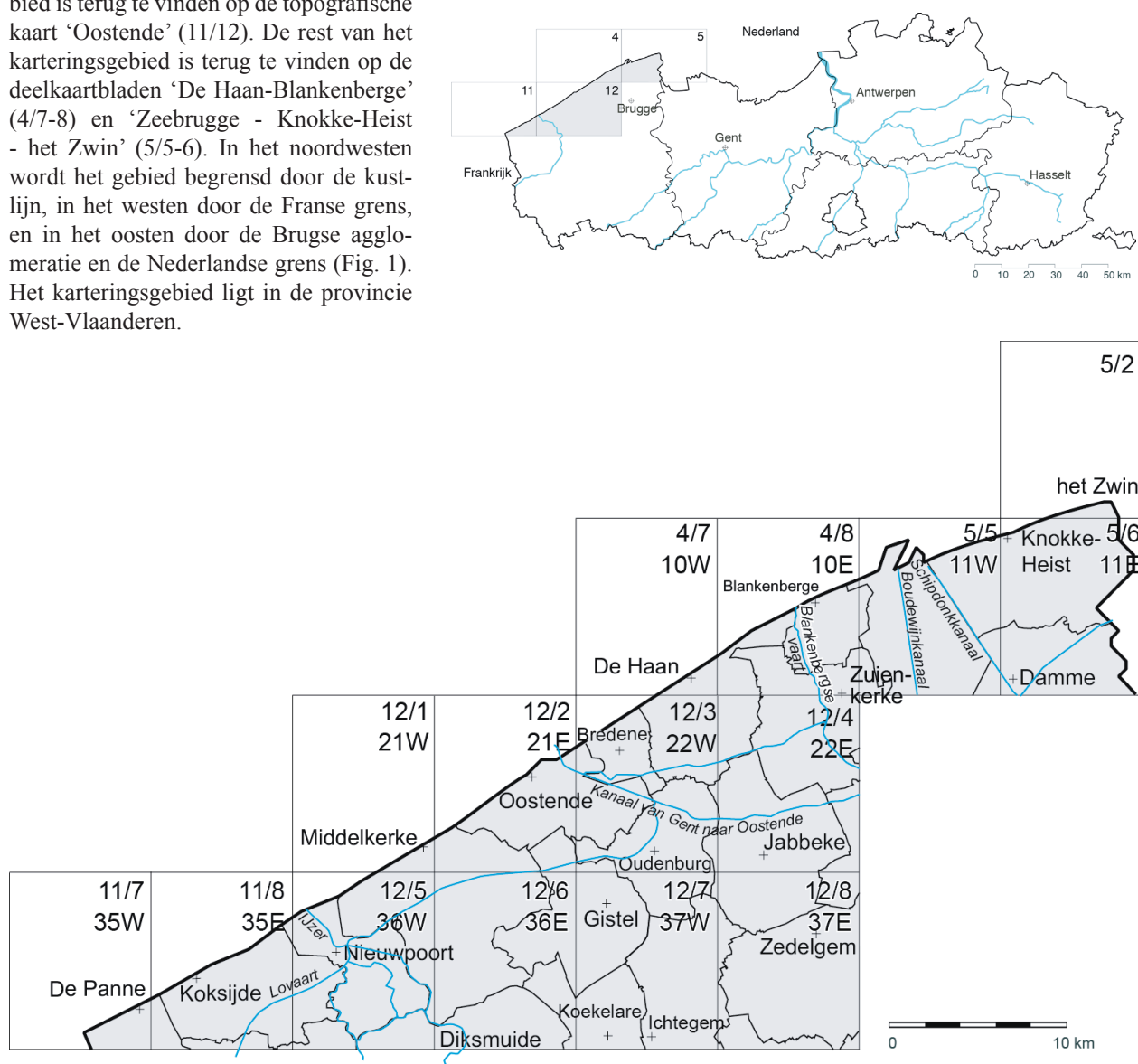
De quartairgeologische kaarten geven indicaties over de opbouw van het quartair op een schaal 1/50.000. Dit betekent dat de resolutie van de kaarten onvoldoende is om bijvoorbeeld gedetailleerde informatie op perceelsniveau af te leiden tenzij daar toevallig ook kwalitatief goede boorgegevens voor handen zijn. Voor aanleg van infrastructuur zullen de kaarten indicaties geven maar verder gedetailleerd geologisch onderzoek niet uitsluiten. Het is dan ook raadzaam om de kaarten te gebruiken in combinatie met de stippenkaart (kaart met de lokalisatie van de waarnemingen) om een idee te krijgen over de precisie.

3 ALGEMENE SITUERING VAN HET KARTERINGSGEBIED.

3.1 Topografische kaarten.

Het grootste deel van het karteringsgebied is terug te vinden op de topografische kaart 'Oostende' (11/12). De rest van het karteringsgebied is terug te vinden op de deelkaartbladen 'De Haan-Blankenberge' (4/7-8) en 'Zeebrugge - Knokke-Heist - het Zwin' (5/5-6). In het noordwesten wordt het gebied begrensd door de kustlijn, in het westen door de Franse grens, en in het oosten door de Brugse agglomeratie en de Nederlandse grens (Fig. 1). Het karteringsgebied ligt in de provincie West-Vlaanderen.

Fig. 1a en b: Situering van het karteringsgebied.



Tabel 1: Overzicht van de topografische kaarten die het karteringsgebied omvatten.

Nr. kaartblad	Naam kaartblad	Jaar van uitgave	Schaal
4/7-8	De Haan - Blankenberge	1997	1:20.000
5/5-6	Zeebrugge - Knokke-Heist - het Zwin	2000	
11/7-8	De Panne - Koksijde	2000	
12/1-2	Middelkerke - Oostende	1997	
12/3-4	Oudenburg - Jabbeke	1997	
12/5-6	Nieuwpoort - Leke	2000	
12/7-8	Gistel - Zedelgem	1999	
11/12	Oostende	2003	1:50.000
4/5	Knokke-Heist	2003	

3.2 Thematische kaarten.

Buiten de topografische kaarten bestaan er ook zogenaamde thematische kaarten van het karteringsgebied, waarvan de quartairgeologische kaart er trouwens één is. Hieronder volgt een opsomming:

Geomorfologische kaart: kaartblad Oostende, op schaal 1:50.000 in 1993 uitgegeven door het Nationaal Centrum voor Geomorfologisch Onderzoek (De Moor, G., Mostaert, F., Libeer, L., Moerdijk, H. en Van Den Abeele, V., 1993); het betreft enkel kaartblad 12.

Geologische kaart: kaartblad Blankenberge - Westkapelle - Oostduinkerke - Oostende, op schaal 1:50.000 in 2002 uitgegeven door de Belgische Geologische Dienst en het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, administratie Economie, afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (Jacobs, P., De Ceukelaire, M., Moerkerke, G. en Polfliet, T., 2002). Bij deze kaart, die het volledige karteringsgebied dekt, bestaat tevens een toelichtingstekst (Jacobs, P. en De Ceukelaire, M., 2002).

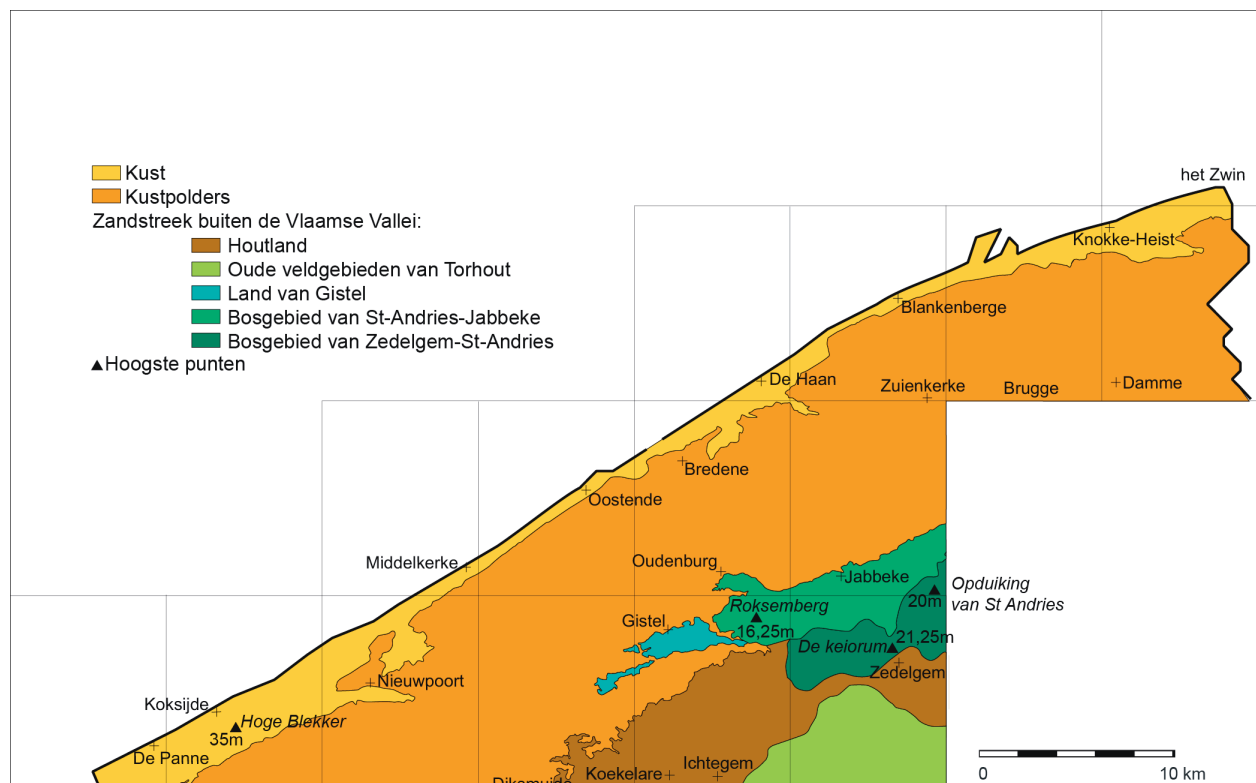
Bodemkaart: de bodemkaarten werden opgemaakt op schaal 1:20.000 en hebben een eigen specifieke nummering die afwijkt van de nummering van de klassieke topografische kaarten (Fig. 1). Elke bodemkaart is tevens vergezeld van een verklarende tekst, waarvan de referenties achteraan deze toelichtingstekst terug te vinden zijn. De bodemkaarten zijn ook digitaal te consulteren en te bestellen via de website <http://web.gisvlaanderen.be/gis/index.jsp>.

Bij de kartering werden zowel de topografische als de thematische kaarten gebruikt om de interpretatie van de boorgegevens uit de Databank Ondergrond Vlaanderen te optimaliseren.

3.3 Traditionele landschapseenheden.

Volgens de digitale landschapsatlas (Digitale vectoriële bestanden van de Vlaamse landschapsatlas, 2001) kunnen de volgende drie traditionele landschappen in het karteringsgebied afgebakend worden: de zandstreek buiten de Vlaamse Vallei, de kustpolders en de kust (fig. 2).

Fig. 2: De traditionele landschapseenheden met aanduiding van de belangrijkste plaatsnamen die in de tekst vermeld worden.



3.3.1 Zandstreek buiten de Vlaamse Vallei.

De verschillende sublandschappen die kunnen onderscheiden worden zijn:

- houtland;
- oude veldgebieden van Torhout;
- land van Gistel;
- bosgebied van Sint-Andries-Jabbeke;
- bosgebied van Zedelgem-Sint-Andries.

In de noordelijke helft van dit gebied tekenen drie noemenswaardige heuvels zich af in dit overigens vlak landschap: een ten zuiden van Snellegem (De Keiorum, ca. 21,25m TAW*), een tweede te Sint Andries-Brugge (ca. 20m TAW), en een laatste wordt gevormd door de Rokseberg (ca. 16,25m TAW). Het gaat telkens om opduikingen van het tertiair substraat bedekt door een relatief dun quartair dek. Daarnaast bereikt de dekzandrug te Gistel een hoogte van ca. 7,5m TAW. In het zuiden ligt een zwak golvend gebied dat behoort tot het Plateau van Wijnendale en tot ca. 46,25m TAW hoogte reikt; de helling van deze opduiking van het tertiair substraat bereikt plaatselijk 10 %.

Het oudste hydrografisch stelsel wordt gevormd door de beken die de zuidelijke opduikingen van het tertiair substraat zoals het Plateau van Wijnendale, Aartrijke-berg en het Plateau van Veldegem ontwateren. De belangrijkste beken zijn noord-noordoost gericht en maken samen met een meer oostelijk gelegen fluviaal beekstelsel deel uit van het Waardammestelsel. Daarnaast is er nog een kleiner drainagesysteem dat zorgt voor de ontwatering van het Plateau van Wijnendale en Aartrijke-berg in noordwestelijke richting.

3.3.2 Kustpolders.

Het grootste deel van het karteringsgebied behoort tot de Kustpolders. Deze strook loopt evenwijdig aan de kustlijn en is ongeveer 10 kilometer breed. Het is een essentieel vlak gebied waarvan de hoogteligging schommelt tussen 1m TAW en 4,5m TAW.

De begrenzing met de Zandstreek buiten de Vlaamse Vallei is gebaseerd op de bodemkundige 'Grens tussen de Polderstreek en de Zandstreek', aangegeven op de bodemkaart (in het vervolg kortweg Poldergrens genoemd).

De hydrografie wordt gekenmerkt door een door de mens gegraven stelsel van grachten, vaarten en kanalen die samen met de sluizen en de dijken de Kustpolders van overstromingen dienen te vrijwaren. De belangrijkste kanalen of gekanaliseerde rivieren (fig. 1b) die in zee uitmonden zijn - van zuidwest naar noordoost:

- IJzer (Haven Nieuwpoort).
- Kanaal Gent-Oostende (Haven Oostende).
- Blankenbergse Vaart (Haven Blankenberge).
- Boudewijnkanaal-Leopoldkanaal-Schipdonkanaal (Haven Zeebrugge).

3.3.3 Kust.

De Belgische Kust heeft een lengte van circa 65km en reikt van de Franse grens in het zuidwesten tot de Nederlandse grens in het noordoosten. Zeewaarts wordt de begrenzing gevormd door de kustlijn. Landwaarts wordt de Kust begrensd door de uitbreiding van de kustduinen: op de bodemkaart aangegeven als de 'Grens tussen de Duinstreek en de Polders' (in het vervolg kortweg Duingrens genoemd).

De belangrijkste duingebieden zijn terug te vinden in het westen (De Panne - Koksijde - Nieuwpoort), het centrum (Bredene - De Haan), en het oosten (Knokke). De hoogste duinen bevinden zich in het westen (Hoge Blekker te Koksijde, ca. 35m TAW).

* TAW: Tweede Algemene Waterpassing, waarvan het referentieniveau overeenstemt met het gemiddeld laagste laag waterniveau bij springtij te Oostende, hetgeen ongeveer 2 meter beneden het gemiddeld zeeniveau ligt.

4 DE QUARTAIRE AFZETTINGEN IN HET KARTERINGSGEBIED.*

4.1 Enkele opmerkingen met betrekking tot de lithoprofieltypekaart.

In de legende van de lithoprofieltypekaart krijgen de verschillende quartaire afzettingen een aparte code en/of kleur. Lithoprofieltypes zijn niets anders dan de combinatie van deze verschillende quartaire afzettingen in een verticale sequentie. De lettercodes die op de kaart vermeld worden, hebben geen op zichzelf staande betekenis, maar dienen enkel om gemakkelijk naar de toelichtingstekst te kunnen verwijzen.

Tabel 2.

Code	Onderverdeling	Paragraafnr.
A	Mariene afzettingen uit het Holocene	3.11
B	Mariene afzettingen uit het Holocene	3.11
C	Mariene afzettingen uit het Holocene	3.11
D	Mariene afzettingen uit het Holocene	3.11
E	Mariene afzettingen uit het Holocene	3.11
F	Mariene afzettingen uit het Holocene	3.11
G	Fluviatile afzettingen uit het Laatglaciaal en het Holocene	3.9
H	Hellingsafzettingen uit het Holocene	3.10
I	Laatglaciale dekzanddepressies	3.7
J	Eolische afzettingen uit het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal tot het Vroeg-Holocene	3.6
K	Pleistocene hellingsafzettingen (hoofdzakelijk uit het Weichseliaan)	3.8
L	Fluviatile afzettingen uit het Vroeg-Weichseliaan tot het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal	3.5
M	Mariene afzettingen uit het Eemiaan	3.4
N	Mariene afzettingen uit het Eemiaan	3.4

De vermelding ‘Eenheid is bijna zeker aanwezig’ in de kaartlegende verwijst naar de afbakening van de grenzen van de eolische afzettingen uit het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal tot het Vroeg-Holocene (code J). Arbitrair wordt deze grens gelijkgesteld met de grens tussen code E en F, hoewel deze eenheid ook meer kustwaarts waarschijnlijk nog zal voorkomen. De kans wordt echter wel veel kleiner gelet op de toenemende mariene erosieve invloed tijdens het Holocene in de meer kustwaartse gebieden. Komt daar verder nog bij dat het aantal gegevens kustwaarts sterk beperkt is.

Tabel 3 geeft een overzicht van de in deze tekst en in de legende van de lithoprofieltypekaart gebruikte benaming van de textuurfracties en hun respectievelijke korrelgroottegrenzen.

Tabel 3: Onderverdeling van de textuurfracties (uit Ameryckx, J.B., Verheye, W. en Vermeire, R., 1995).

Klei (0 - 2 µm)	Silt (2 - 50 µm)	Zand (50 - 2000 µm)
< 0,2 µm: fijne klei	2-10 µm: fijn silt	50-100 µm: zeer fijn zand
0,2-2 µm: grove klei	10-20 µm: middelmatig silt	100-200 µm: fijn zand
	20-50 µm: grof silt	200-500 µm: middelmatig zand
		500-1000 µm: grof zand
		1000-2000 µm: zeer grof zand

* Geologische nomenclatuur volgens Visser, W.A. (1980).

Tabel 4: Gemiddelde korrelgroottesamenstelling van de belangrijkste grondsoorten in België (uit Ameryckx, J.B., Verheye, W. en Vermeire, R., 1995).

Grondsoort	Textuur-klasse	Gemiddeld gewichts-% van de fracties		
		Zand	Silt	Klei
Zand	Z	90	8	2
Lemig zand	S	75	20	5
Licht zandleem	P	60	35	5
Zandleem	L	30	60	10
Leem	A	5	85	10
Klei	E	35	35	30
Zware klei	U	15	35	50

4.2 Zones met ondiep tertiair substraat.

De zones met ondiep tertiair substraat komen overeen met lithoprofieltype nr. 1 en 17 van de lithoprofieltypekaart. Op de bodemkaart worden gebieden waar het quartair dek minder dan 1,25m dikte bedraagt afgebakend als zones met ondiep tertiair substraat.

Het voorkomen van die zones is beperkt tot twee soorten gebieden:

4.2.1 Relatief hoog gelegen gebieden.

De dikte van het quartair dek wordt in de Zandstreek buiten de Vlaamse Vallei beperkt door de hoogteligging. De topzones van de opduikingen van het tertiair substraat worden gekenmerkt door een dunne eolische zandbedekking of zelfs de volledige afwezigheid ervan. In de plaats daarvan kan het al dan niet herwerkt tertiair substraat plaatselijk dagzomen of bestaat het uit een sterk grinthoudende restafzetting die kan gecorreleerd worden met oude terrasniveaus.

Hieronder volgt een opsomming van het voorkomen van deze gebieden (fig. 2):

- Waterscheidingskam die loopt van Rokseberg in het westen tot De Keiorum in het oosten?
- Tertiaire opduiking te Sint-Andries.
- Plateau van Wijnendale, Aartrijke-berg, Plateau van Veldegem (Oude veldgebieden van Torhout).

4.2.2 Relatief laag gelegen gebieden.

Deze gebieden zijn relatief laag gelegen t.o.v. de opduikingen van het tertiair substraat. De dikte van het quartair dek wordt beperkt door de interfluviumpositie die deze gebieden innemen. Het betreft zones waar gedurende het vorige glaciaal geen of een geringe fluviale activiteit aanwezig was. Ze worden gekenmerkt door een dunne eolische zandbedekking of het plaatselijk dagzomen van het al dan niet herwerkt tertiair substraat. Vaak wordt de grens tussen het quartair dek en het tertiair substraat gevormd door een dun grintlaagje. Langs de rand van de kustvlakte kan de dikte van het holocene marien kleidek zo gering zijn dat de totale dikte van het quartair dek toch minder dan 1,25m bedraagt (lithoprofieltype nr. 17).

Hun voorkomen is beperkt tot een gebied dat gedurende het vorige Weichseliaan-glaciaal de waterscheidingskam vormde tussen het IJzerbekken westwaarts en een noordwestelijk gericht beekstelsel oostwaarts.

4.3 Continentale afzettingen uit het Saaliaan.

We vermelden voor de volledigheid dat in een aantal boringen mogelijk restanten van continentale afzettingen uit het Saaliaan aangetroffen werden. Het betreft glauconiethoudend fijn zand dat in een boring in de golf van Gistel en in een boring ter hoogte van de Moeren van Meetkerke waargenomen werd. Omdat de aard van het sediment ook in de richting kan wijzen van een herwerking van het onderliggende tertiair substraat, worden deze afzettingen niet als een aparte eenheid op de lithoprofieltypekaart aangeduid. In de omgeving van Brugge, net ten oosten van het karteringsgebied, is het Saaliaan wel met zekerheid herkend in een aantal ontsluitingen (Mostaert, F., 1985).

4.4 Mariene afzettingen uit het Eemiaan (code M en N).

Gedurende het Eemiaan-interglaciaal waren er in het karteringsgebied twee soorten mariene afzettingenmilieus:

- buitengaats, continentaal plat;
- wad en kustbarrièrecomplexen (met de geassocieerde submilieus die verderop bij hoofdstuk 3.11 'Mariene afzettingen uit het Holoceen' uitvoeriger behandeld worden).

4.4.1 Buitengaatse afzettingen.

Uit wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat tijdens het Eemiaan de zeespiegelstand een niveau bereikte dat het actuele niveau benadert of zelfs overtrof (Mostaert, F. en De Moor, G., 1989). De toenmalige kustlijn bevond zich ongeveer op de plaats van de huidige Poldergrens (zie 'Uitbreiding buitengaats Eemiaan' aangegeven op de lithoprofieltypekaart). Dit had tot gevolg dat het relatieve aandeel van het wadareaal beduidend kleiner was dan tijdens het Holoceen. De meeste Eemiaanafzettingen vinden hun actueel analoog dan ook in het huidige Belgisch continentaal plat (Lanckneus, J., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Van Den Eynde, D., Fettweis, M., De Batist, M. en Jacobs, P., 2001). De korrelgrootte van deze buitengaatse sedimenten varieert van middelmatig tot grof zand op energierijke plaatsen zeewaarts, over middelmatig zand tot lemig zand dichtbij de toenmalige Eemiaan-kustlijn. De belangrijkste bijmengingen die in dit zand aangetroffen worden zijn: volledige schelpen, schelpgruis en -fragmenten, leem- en/of kleibrokken, plantengruis, grint dat hoofdzakelijk uit herwerkte tertiaire elementen bestaat zoals silex, en glauconiet in meer of mindere mate.

4.4.2 Wadafzettingen.

Achter kustbarrières ontwikkelden zich wadden waarvan de landwaartse en zeewaartse begrenzing door het gebrek aan gegevens vaak twijfelachtig is. Niettemin is er één gebied dat wel goed gedocumenteerd is en dat zich ter hoogte van de Moeren van Meetkerke bevindt. Het heeft een oppervlakte van circa 12,5 km² - ter vergelijking: het Zwin heeft een oppervlakte van 1,5 km² - en waarvan de sedimenten van boven naar onder een driedelige opbouw vertonen (De Moor, G. en De Breuck, W., 1973; Nolf, D., 1973):

- strandfacies met schelpenaccumulaties;
- wadfacies;
- buitengaats zandig facies.

In de zuidoostelijke hoek van het waddegebied is het strandfacies echter afwezig en vertoont het sterk kleiige wad-sediment een silteuse bijmenging, hetgeen te wijten is aan de fluviale invloed van het Waardammestelsel even ten oosten van het karteringsgebied. Deze fluviale invloed van het achterland is ook te merken even ten westen van het waddegebied waar in een aantal boringen een sterke silteuse klei tot kleiige silt aangetroffen wordt.

Een tweede wadgebied heeft een veel grotere uitbreiding en strekt zich grosso modo uit van de lijn Ramskapelle - Nieuwpoort - Lombardsijde - Westende in het westen tot Mannekensvere en Sint-Pieters-Kapelle even ten oosten waar het gebied sterkt versmalt, om uiteindelijk uit te lopen in de golf van Gistel. De wadmilieus die aangetroffen worden variëren van zandwad over gemengd wad tot slikwad, waarbij de bovenste meters van de Eemiaan-sequenties vaak gekenmerkt worden door een schorre die lokaal sterk weinig is, hetgeen wijst op een verlandingsfase. Zeer sporadisch werd over de volledige lengte van het profiel een silteus fijn tot middelmatig zand, met schelpgruis, aangetroffen, hetgeen geïnterpreteerd wordt als een kustbarrière.

Het laatste wadgebied is het slechtst gedocumenteerd en bevindt zich in het meest noordoostelijke deel van het karteringsgebied. Slechts in een drietal boringen wordt een wadfacies geïdentificeerd. De ontwikkeling wordt gerelateerd aan het binnendringen en terugtrekken van de Eemiaan-zee via het fluviaal paleosysteem van de Waardamme en de Leie (Ebbing, J.h.j. en Laban, C., 1996).

4.5 Fluviale afzettingen uit het Vroeg-Weichseliaan tot het Weichseliaan-Laet-Pleniglaciaal (code L).

4.5.1 Voorkomen.

Tijdens de kartering is uit de interpretatie van de boorgegevens gebleken dat er tijdens het Weichseliaan-glaciaal van west naar oost drie grote fluviale systemen actief waren:

- IJzerbekken of Westelijk Bekken genoemd.
- Midden-Bekken.
- Waardamme/Leie-bekken of Oostelijk Bekken genoemd.

Westelijk Bekken.

Aangezien dit gebied tijdens het Holocene onder mariene invloed stond, waardoor grote delen van dit fluviatiele systeem vooral dicht bij de kust door erosie aangetast werden, is een reconstructie van het fluviatiele patroon van het Westelijk Bekken uitermate moeilijk. Verder is het aantal boorgegevens met betrekking tot het Westelijk Bekken sterk beperkt zodat het niet mogelijk bleek om het overstromingsgebied van het Westelijk Bekken gedetailleerd af te bakenen. De contouren van het overstromingsgebied geven eerder de richting aan van het fluviatiele patroon, dan de exacte locatie van de sedimenten.

De weinige gegevens tonen een fluviatiel systeem dat hoofdzakelijk zuid-noord gericht is, maar ter hoogte van de huidige kustlijn een richtingsverandering naar het noordoosten kent, om vervolgens via noordelijke richting ter hoogte van Middelkerke in zee te verdwijnen. In het uiterste zuiden van het karteringsgebied lijkt het alsof het fluviatiele systeem stroomopwaarts opgesplitst wordt in een westelijke en een oostelijke tak.

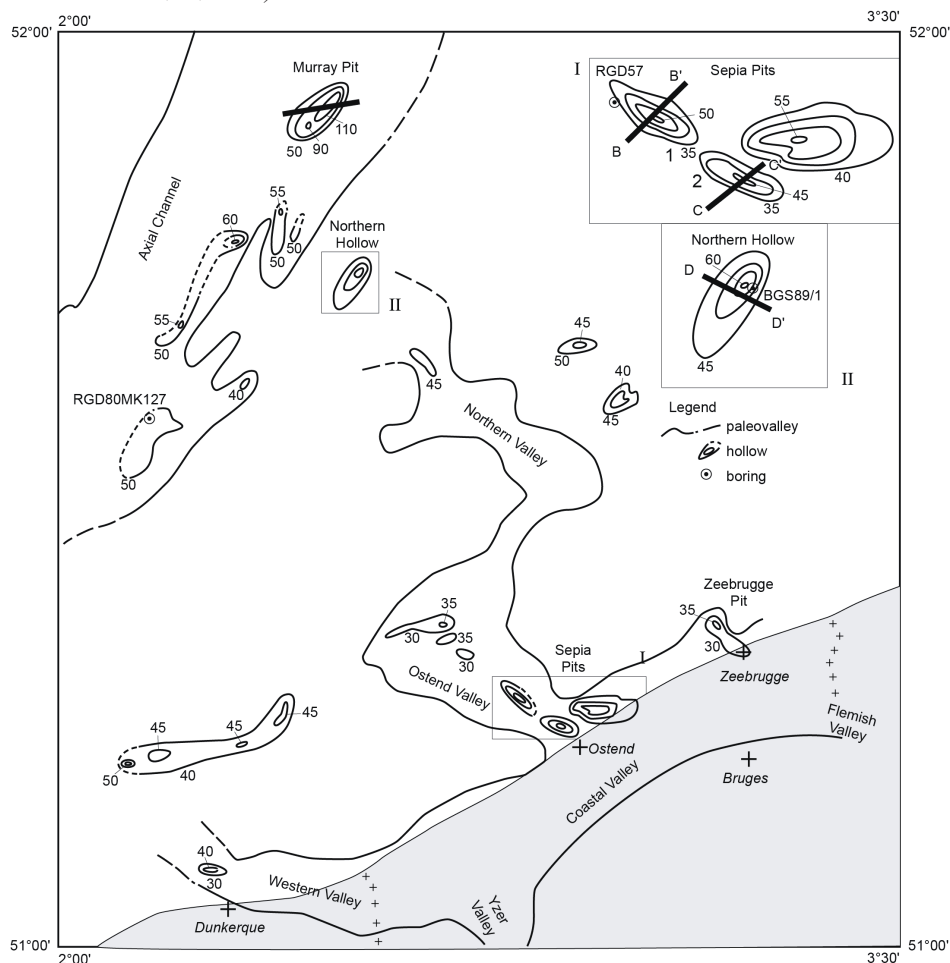
Midden-Bekken.

Het Midden-Bekken kan opgesplitst worden in twee subgebieden:

- een bekenstelsel dat zorgt voor de ontwatering van het Plateau van Wijnendale en Aartrijkeberg;
- een bekenstelsel dat de meer noordwaarts gelegen opduikingen van het tertiair substraat ontwaterd.

Beide stelsels hebben een noordwestelijke stromingsrichting en worden van elkaar gescheiden door een waterscheidingskam die loopt van Rokseberg in het westen tot De Keiorum in het oosten. Het eerste fluviatiele systeem kent vrij snel een richtingsverandering en loopt ten westen van Oudenburg pal noordwaarts. Beide systemen hebben hun confluentiegebied ergens tussen Zandvoorde en de samenloop van het Kanaal Plassendale - Nieuwpoort met het Kanaal Gent - Oostende alwaar ze in noordwestelijke richting ter hoogte van Oostende in een breed gebied in zee verdwijnen. Nog niet echt duidelijk is het feit of ook het meer westwaarts gelegen fluviatiele systeem van de IJzer hierop ter hoogte van Oostende aansluiting vond. Gelet op het bestaan van de Oostende Vallei is dit een plausibele redenering. De Oostende Vallei is namelijk een paleovallei die vanaf Oostende in noordwestelijke richting loopt en uitgeschuurd is in het tertiair substraat van de Noordzeebodem (Fig. 3).

Fig. 3: Ligging van de Oostende vallei en andere paleovalleisystemen uitgeschuurd in het tertiair substraat van de Noordzeebodem. De contouren worden uitgedrukt in -m TAW (uit Liu, A.C., De Batist, M., Henriët, J.P. en Missiaen, T., 1993).



Oostelijk Bekken.

In het zuidoosten van het karteringsgebied bestaat een bekenstelsel dat de Oude veldgebieden van Torhout ontwatert en noord-noordoostelijk gericht is. Het maakt samen met een meer oostelijk gelegen fluviatiel beekstelsel deel uit van het Waardammestelsel. Het wordt in het noordwesten van het Midden-Bekken gescheiden door een waterscheidingskam die loopt van het Plateau van Wijnendale in het zuiden over Aatrijke-berg in noordoostelijke richting, en waartoe ook De Keiorum en de meest noordelijk gelegen opduiking van het tertiair substraat te Sint-Andries behoort. De Waardamme zelf loopt in het noordoosten van het karteringsgebied samen met een nog groter systeem van de Leie, dat van het oosten komt, en waarmee het ter hoogte van Zeebrugge en Knokke-Heist in zee verdwijnt. Dezelfde opmerking als bij het Westelijk Bekken dient gemaakt te worden: de begrenzing van deze fluviatiele systemen wordt kustwaarts sterk bemoeilijkt doordat de holocene invloed in dit gebied vooral gekenmerkt werd door aanzienlijke mariene erosie en het aantal boorgegevens met betrekking tot het Oostelijk Bekken sterk beperkt is.

4.5.2 Algemene evolutie van het fluviatiel patroon vanaf het einde van het Eemiaan tot het Weichseliaan-Laet-Pleniglaciaal.

Nederlandse wetenschappelijke studies van deze afzettingen tonen aan dat er vijf verschillende lithostratigrafische eenheden afgebakend kunnen worden in de fluviatiele sequentie (Mol, J., Vandenbergh, J. en Kasse, C., 2000; Van Huissteden J. en Kasse, C., 2001). Tijdens de kartering is uit de boorgegevens gebleken dat deze vijf eenheden ook in het Midden-Bekken terug te vinden zijn (zie tabel 5):

4.5.2.1 Vroeg-Weichseliaan.

Op het einde van het Eemiaan en in het begin van het Vroeg-Weichseliaan trok de zee zich terug uit het karteringsgebied. Ter hoogte van Bredene en De Haan, waar de mariene invloed het langst aanwezig bleef, wordt deze overgang gekenmerkt door een plasfase met zoetwaterschelpen en de sedimentatie van kleiige silt tot sterk silteuse klei die venig kan zijn. De dikte bedraagt maximaal enkele meters. Dit wijst op het voorkomen van een laag-energetisch fluviatiel patroon.

4.5.2.2 Weichseliaan-Vroeg-Pleniglaciaal.

Het begin van deze periode wordt gekenmerkt door een insnijdingsfase waardoor afzettingen uit het Vroeg-Weichseliaan en het Laet-Eemiaan geërodeerd werden en vaak afwezig zijn in de fluviatiele sequentie. Deze afzettingen worden gekarakteriseerd door middelmatig tot grof zand dat kleibrokken en veel schelpgruis en -fragmenten bevat uit het Eemiaan. Verder worden er vaak herwerkte tertiaire grintelementen en fossielen in aangetroffen, hetgeen erop wijst dat in de bovenlopen het tertiair substraat opnieuw aangesneden werd. Deze periode wordt gekenmerkt door een verwilderd rivierpatroon.

4.5.2.3 Weichseliaan-Midden-Pleniglaciaal.

De overgang naar het Weichseliaan-Midden-Pleniglaciaal ging soms gepaard met een zwakke insnijdingsfase, waardoor vooral stroomopwaarts afzettingen uit het Weichseliaan-Vroeg-Pleniglaciaal herleid werden tot een grinthoudende restafzetting met een dikte die vaak minder dan een halve meter bedraagt. De Weichseliaan-Midden-Pleniglaciaal toendrariivieren werden gekenmerkt door een hoge sedimenttoevoer hetgeen te wijten was aan de sterke periglaciale denudatie van de omringende interfluvia, een sterke verticale aggradatie en sterke seizoensdebietschommelingen (nivaal regime). Verschillende riviergeulen waren tegelijkertijd actief in een energiek fluviatiel milieu. Het riviertype kan het best omschreven worden als 'kortstondig vlechtend' (KASSE, C., 1998). De overwegend zandige sedimenten kunnen naargelang hun positie in het overstromingsgebied onderverdeeld worden in twee verschillende facies:

4.5.2.3.a Zandige geulafzettingen met de daarbij geassocieerde oeverwallen en crevassecomplexen.

4.5.2.3.b Overstromingsgebied-sedimenten met een afwisseling van zand, silt, veen en gyttja. Het is vooral een grijze sterk kalkhoudende silt, vaak sterk organisch, die in veel boorbeschrijvingen teruggevonden wordt. In de Belgische literatuur gebruikt men hiervoor vaak de Engelse term 'Peaty Loams' (zie bijv. PAEPE, R. en VANHOORNE, R., 1967). De silt zelf is van eolische oorsprong en werd als suspensielast aangevoerd (loess), voordat het fluviatiel herwerkt en afgezet werd.

De dikte van de Weichseliaan-Midden-Pleniglaciaal fluviatiele afzettingen kan gemakkelijk vijf meter bedragen.

4.5.2.4 Weichseliaan-Laet-Pleniglaciaal.

het begin van het Weichseliaan-Laet-Pleniglaciaal werd gekenmerkt door een sterke verhoging van de laterale mobiliteit van de riviergeulen, hetgeen een ondiepe erosie veroorzaakte. Deze ondiepe erosie wordt sedimentologisch gekarakteriseerd door een toename van schelpgruis, glimmers en glauconiet in de fluviatiele sequentie. Dit wijst op het lateraal heraansnijden of herwerken van oudere afzettingen. Typisch voor deze periode is de zogenaamde fluvio-eolische sedimentatie, waarbij het verwilderde rivierpatroon een sterke eolische input ontvangt. In het midden van de

Weichseliaan-Laat-Pleniglaciale sequentie treft men in Nederland en Vlaanderen vaak een dun grintvloertje aan dat in de Nederlandse literatuur aangeduid wordt met de Engelse term 'Beuningen Gravel Bed' (zie bijv. Van Huissteden, J., Schwan, J.C.G. en Bateman, M.D., 2001). Het wordt beschouwd als een echte stratigrafische gidslaag die het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal sedimentologisch onderverdeeld in twee subeenheden. Onder het grintvloertje domineert de fluvio-eolische sedimentatie van lemig zand, erboven neemt de fluviatiele activiteit gestaag af en overheerst eolische sedimentatie van dekzanden die samengesteld zijn uit fijn zand. De dikte van de volledige Weichseliaan-Laat-Pleniglaciale fluviatiele sequentie bereikt zelden dezelfde dikte als die van het Weichseliaan-Midden-Pleniglaciaal.

Tabel 5: Algemene evolutie van het fluviatiel patroon vanaf het Vroeg-Weichseliaan tot het heden. Tevens worden enkele typische algemene paleo-ecologische en -klimatologische kenmerken weergegeven, tezamen met de daarmee geassocieerde periglaciale verschijnselen. De absolute chronologie wordt uitgedrukt in 1.000 koolstof-14 jaren (ka ^{14}C) vóór het heden (Before Present, BP) (naar Mol, J., Vandenberghe, J. en Kasse, C., 2000).

Chrono-stratigrafie		ka ^{14}C BP	Paleoecologie en -klimaat	Periglaciale verschijnselen	Rivier-activiteit of -type	Code
Weichseliaan	Vroeg	111-73 BP	Afwisseling van warme en koude fases: - warme: bosvegetatie - koude: periglaciale activiteit	Diepe seizoenale vorst gedurende de koude fases	Laag-energetisch	L
					Insnijdingsfase	
	Vroeg	73-59 BP	Verspreid kwam hier en daar toendra-vegetatie tot ontwikkeling	Continue permafrost: grote ijswigpolymorfen	Verwilderd	
					Minder uitgesproken insnijdingsfase	
	Midden	59-28 BP	Toename van temperatuur en neerslag: dominantie van een boomloze toendra-vegetatie (gras- of struik- toendra met hoofdzakelijk wilgen)	Discontinue permafrost: zwak ontwikkelde ijswigpolymorfen die enkel op de meest geschikte plaatsen tot ontwikkeling kwamen; syngenetische cryoturbaties en vorstscheuren	Kortstondig vlechtend	
					Ondiepe erosie	
	Laat	28-18 BP	'Last Glacial Maximum': polaire woestijn 'Beuningen Gravel Bed'	Continue permafrost: grote ijswigpolymorfen	Verwilderd met fluvio-eolische sedimentatie	
				Permafrostdegradatie		
		18-13 BP	Lichte verhoging van de temperatuur	Diepe seizoenale vorst	Verwilderd met afnemende fluviatiele activiteit	
					Insnijdingsfase	
	Laatglaciaal	13-11 BP	Bølling/Allerød interstadiaal: open boreaal bos	Seizoenale vorst	Grootschalig meanderend	G
		11-10 BP	Jonge Dryas: degradatie van het bosbestand	Discontinue permafrost	Verwilderd of grootschalig meanderend	
Holoceen		10-0 BP	Gemengd bos		Kleinschalig meanderend	

4.6 Eolische afzettingen uit het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal tot het Vroeg-Holoceen (code J).

4.6.1 Voorkomen.

Op de meeste plaatsen in de Zandstreek buiten de Vlaamse Vallei bevinden de eolische afzettingen zich rechtsreeks aan het oppervlak en vormen ze een continu zanddek. Op hoger gelegen plaatsen zoals de Oude Veldgebieden van Torhout worden de eolische afzettingen echter verspreid aangetroffen. In deze doorgaans ontcalciteerde fijne zanden kwam tijdens het Holoceen algemeen een podzol tot ontwikkeling. In de Kustpolders daarentegen zorgde de holocene mariene transgressie ervoor dat deze eolische afzettingen bedekt werden door kleiige wadsedimenten of door mariene geulerosie aangetast werden. Hun uitbreiding in de Kustpolders is aldus moeilijk aan te geven, ook al omdat het aantal gegevens eerder beperkt is. Op sommige plaatsen echter werden dekzandruggen opgeworpen die dicht bij de grens met de Zandstreek buiten de Vlaamse Vallei als donken boven het marien kleidek uitsteken. Voorbeelden hiervan zijn de zandige opduikingen van Gistel en Zevekote.

De eolische afzettingen worden het best beschreven aan de hand van hun sedimentaire facies (lithologie en sedimentologie) en fases van eolische activiteit (ouderdom).

4.6.2 Lithologie en sedimentologie.

Er worden vier sedimentaire facies onderscheiden (Kasse, C., 1997 en 2002):

- **Massieve of onduidelijke horizontale gelaagdheid van fijn zand, in veel gevallen met een afwisseling van silteuse laminae of lagen.** Deze eolische sedimenten werden gedeeltelijk herwerkt door ondiep stromend water en worden als fluvio-eolische afzettingen beschreven: de korrelgrootteverdeling en horizontale gelaagdheid duiden op een eolisch oorsprong van het sediment, maar bijkomende sedimentaire structuren geven aan dat het laatste afzettingsproces van fluviaatiele aard was.
- **Afwisselende gelaagdheid van fijn zand en lemig zand** wordt over het algemeen toegeschreven aan de afzetting en adhesie van zandkorrels op een afwisselend droog en vochtig zandoppervlak. De zandlaminae werden gevormd door afzetting van de bodemlast op een droog oppervlak; de lemige laminae door adhesie van de suspensielast op een vochtig tot nat sedimentatieoppervlak, terwijl de bodemlast windopwaarts vastgehouden werd.
- **Horizontale laminatie en kriskrasgelaagdheid onder een hoek kleiner dan 20°** wordt toegeschreven aan de afzetting van eolisch fijn zand door kleine windribbels of in laagvlakken op een droog oppervlak.
- **Grootschalig kriskrasgelaagd zand** in groepen van tientallen centimeters tot enkele meters. Deze sedimentaire structuren in combinatie met hun voorkomen in duincomplexen geeft aan dat ze gevormd werden door afglijdingsprocessen aan de lijzijde van duinen.

De sedimentaire facies zijn het resultaat van specifieke topografische, drainage- en vochtigheidscondities van het maaiveld en zijn tot op bepaalde hoogte tijdsafhankelijk, d.w.z. dat ze niet strikt gerelateerd mogen worden aan een specifieke eolische fase.

4.6.3 Ouderdom.

Drie fases van eolische sedimentatie kunnen vanaf het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal tot het Vroeg-Holoceen afgebakend worden:

- **Fase I (ca. 28-18 ka ¹⁴C BP).**

Uit de talrijke fossiele periglaciale verschijnselen concludeert men dat de gemiddelde jaarlijkse luchttemperatuur tijdens deze periode minder dan -8°C bedroeg. Bij deze lage temperaturen was de bodem praktisch het ganse jaar door permanent bevroren. De permafrost reduceerde de doorlaatbaarheid van de ondergrond, waardoor eolische afzettingen vanaf de vallehellingen geërodeerd werden en in de valleien als fluvio-eolische sedimenten accumuleerden. Facies 1 is het dominante sedimentaire facies.

- **Fase II (ca. 18-12,5/11,9 ka ¹⁴C BP).**

Fase II is de belangrijkste eolische fase in het karteringsgebied. Ze nam een aanvang op het einde van het Weichseliaan-Pleniglaciaal en duurde voort tot in het begin van het Laatglaciaal (Bølling en Oude Dryas). Het klimaat was niet extreem koud (gemiddelde jaarlijkse luchttemperatuur bedroeg minder dan -1°C), zodat permafrost afwezig was. Dit had tot gevolg dat de neerslaginfiltratie in de ondergrond hoog was, waardoor de eolische sedimenten volledig bewaard bleven. Eolische sedimentatie gebeurde onder de vorm van een zanddek en lage duinen die de bestaande morfologie grotendeels bedekten: vandaar de naam dekzanden. De dominante zandtransporterende wind blies uit het noordwesten. Facies 2 en 3 zijn de dominante sedimentaire facies, waarbij facies 2 in een profielwand steeds onder facies 3 aangetroffen wordt, in het geval ze beiden voorkomen. Dit wordt verklaard door het feit dat

het sedimentatieoppervlak droger werd, als gevolg van de vegetatieontwikkeling en de vorming van de daarmee geassocieerde lage duinen tijdens de Bølling en de Oude Dryas. Gedurende de Allerød werd het landschap gestabiliseerd door een bosvegetatie, waardoor de eolische processen tot stilstand kwamen. Fase II kan echter op basis van een geïntercaleerde Bølling bodem en/of organische laag nog onderverdeeld worden in een subfase IIa en b. Fase IIb wordt gedomineerd door sedimentaire facies 3.

- **Fase III (ca. 11-9 ka ¹⁴C BP).**

Fase III komt overeen met de Jonge Dryas en het Vroeg-Holoceen (Preboreaal). De morfologie wordt gekarakteriseerd door duinen die onder invloed van een dominante west-zuidwestenwind opgeworpen werden. Facies 3 is dominant; Facies 4 komt zelden voor, zelfs in grote duinlichamen. Lokaal kon facies 2 zich ontwikkelen op vochtigere plaatsen zoals de duinbasis. Eolische sedimentatie vond plaats op hoger gelegen plaatsen zoals interfluvia en dekzandruggen, omdat daar door de toegenomen droogte het vegetatiedek aangetast werd. Langs de oostelijke oevers van de riviervalleien werden soms rivierduinen opgebouwd als gevolg van een gewijzigde fluviale dynamiek tijdens de overgang van de Allerød naar de Jonge Dryas.

Tabel 6: Algemeen overzicht van de eolische afzettingen uit het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal tot het Vroeg-Holoceen op basis van de indeling in fases van eolische activiteit (naar Kasse, C., 2002).

	Fase I	Fase IIa en b	Fase III
Absolute chronologie	Circa 28-18 ka ¹⁴ C BP	Circa 18-12,5/11,9 ka ¹⁴ C BP	Circa 11-9 ka ¹⁴ C BP
Chronostratigrafie en dominant facies	'Last Glacial Maximum': onder de 'Beuningen Gravel Bed' (facies 1)	- IIa: Laat-Pleniglaciaal en Bølling s.l. (facies 2/3 in een opdrogingssequentie) - IIb: Oude Dryas (facies 3)	Tweede helft Jonge Dryas/Vroeg-Holoceen (facies 3, in mindere mate facies 2 en 4)
Dominante windrichting	niet bepaald	noordwest	west-zuidwest
Positie in het landschap	valleipositie	interfluviale en valleipositie (dekzand)	- interfluviale positie/dekzandruggen - oostelijke rivieroever

4.7 Laatglaciale dekzanddepressies (code I).

Op het einde van het Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal nam de eolische activiteit sterk toe, zodat de beekvalleien die in noordwestelijke richting het water van Rokseberg, De Keiorum en de opduiking van het tertiair substraat te Sint Andries afvoerden, grotendeels afgedamd werden. Dit had tot gevolg dat op het einde van subfase IIa er lokaal depressies in het dekzandgebied ontstonden die opgevuld werden met organisch materiaal onder de vorm van veen en kalkgyttja. Vier depressies werden palynologisch gedocumenteerd aan de hand van een pollendiagram opgesteld door prof. C. Verbruggen van de Universiteit Gent.

Een eerste depressie ontstond ter hoogte van Rokse-Hoge Dijken en werd voornamelijk opgevuld tijdens de Bølling en de daaropvolgende Oude Dryas. Een ¹⁴C-datering van 11.740 ± 130 aBP uitgevoerd op een houtfragment geeft het einde aan van de opvullingsfase (Vanhoorne, R. en Verbruggen, C., 1969). Tijdens eolische fase III werd deze depressie uiteindelijk volledig overstoven zodat een duinreliëf tot 10m TAW ontstond. In de jaren 60 van vorige eeuw werd dit duinzand gebruikt bij de aanleg van de nabijgelegen autosnelweg E40, waardoor er opnieuw een depressie ontstond.

Een tweede gelijkaardige depressie is gelegen ter hoogte van het huidige recreatiepark Klein Strand te Jabbeke. Haar opvullingsgeschiedenis loopt parallel met die van Rokse: een ¹⁴C-datering van 11.900 ± 90 aBP uitgevoerd op veen met zoetwaterschelpen geeft binnen de foutenmarges hetzelfde resultaat (Vanhoorne, R. en Verbruggen, C., 1975). Ook deze depressie was op het einde van het Laatglaciaal volledig overstoven, maar door de zandwinningen voor de aanleg van de E40 ontstond er opnieuw een waterplas.

Ten zuiden van Jabbeke bevindt zich de depressie van Snellegem-Molenbroek. Het profiel bestaat in het bovenste gedeelte uit kalkgyttja dat onderaan overgaat naar veen. De pollenanalyse geeft een vollediger beeld van de laatglaciale vegetatieontwikkeling dan de twee voorgaande depressies: enkel het grootste deel van de Jonge Dryas ontbreekt. Een ¹⁴C -datering van 11.780 ± 70 aBP werd bekomen op het eerste venige profielgedeelte vanaf de basis. Dit ouderdomsresultaat is op basis van het pollendiagram te jong. Contaminatie door vergane holocene boomwortels hebben het resultaat waarschijnlijk beïnvloed (Verbruggen, C., 1971, monografie 5). Op de bodemkaart is deze depressie nog te herkennen aan de code 'Pfp' (zeer natte licht zandlemige bodems zonder profielontwikkeling).

De laatste depressie te Sint Andries-Beisbroek is een volledig gesloten kom die in het zuidwesten en het noordoosten omgeven wordt door De Keiorum en de opduiking van het tertiair substraat te Sint-Andries. De depressie heeft een

eigen specifieke morfologie: tijdens het Weichseliaan-Pleniglaciaal ontstond een kom met relatief steile wanden, 1 tot 1,5m diep, gevormd in het tertiair substraat en thans geheel opgevuld met gyttja en veen. Het pollendiagram werd destijds beschouwd als het standaarddiagram voor de vegetatieontwikkeling gedurende het ganse Laatglaciaal (Verbruggen, C., 1979, pag. 134). De opvulling bestaat onderaan voornamelijk uit kalkgyttja dat bovenaan overgaat naar veen gevormd tijdens de Jonge Dryas. Een ^{14}C -datering onderaan het veen gaf een ouderdom van 10.940 ± 60 aBP hetgeen in overeenstemming is met de resultaten van de pollenanalyse (Verbruggen, C., 1971, monografie 1). Deze depressie is gemakkelijk karteerbaar, aangezien ze uitstekend te herkennen is op de bodemkaart: aangegeven door het symbool 'v' (gronden op venig materiaal).

4.8 Pleistocene hellingsafzettingen (hoofdzakelijk uit het Weichseliaan) (code K).

4.8.1 Voorkomen en dikte.

Hellingsafzettingen komen algemeen voor aan de voet van een helling of als een dunne laag op de helling zelf. In het karteringsgebied worden ze aangetroffen aan de voet van de steilrand die gevormd wordt door het Plateau van Wijndale en Aartrijke-berg; ook ten zuiden van De Keiorum en de opduiking van het tertiair substraat te Sint-Andries worden ze als dusdanig in de boringen herkend. Door het gebrek aan gegevens blijkt hun afbakening in de praktijk echter zeer moeilijk, temeer daar het uit de weinige gegevens vaak niet uit te maken is of hellings- dan wel fluviatiele processen gedomineerd hebben. Hun afbakening is dan ook veeleer gebaseerd op basis van de positie van de hellingsafzettingen in theoretische hellingsprofielen.

Men mag aannemen dat in het karteringsgebied de maximale dikte van de hellingsafzettingen de vijf meter niet overschrijdt. Op de meeste plaatsen echter zijn ze beperkt tot minder dan een meter en worden dan ook gekarteerd als zones met een ondiep tertiair substraat.

4.8.2 Indeling van de hellingsprocessen.

De hellingsprocessen zelf kunnen ingedeeld worden naar de aard van de beweging van het materiaal. Van boven naar onder neemt het belang van water toe (Pannekoek, A.J. en Van Straaten, L.M.J.U., 1992, Hoofdstuk 19):

- **Massabewegingen, waarbij water niet optreedt als transportmiddel.**
 - Vallen: de bij verwerking losgeraakte stukken gesteente vallen of rollen naar beneden. Dit proces blijft beperkt tot rotswanden en steile hellingen en is niet relevant in het kader van deze studie.
 - Afglijden of afschuiven: een geconsolideerde sedimentmassa glijdt langs een schuifvlak over enige afstand naar beneden, maar behoudt hierbij min of meer zijn inwendige samenhang. Ook dit proces is weinig relevant in het verdere verloop van deze studie.
 - Kruipen of 'creep': door afwisselend uitzetten en inkrimpen (bij bevochtigen en ontdooien) beweegt het materiaal langzaam bergafwaarts.
 - Vloeien: hiervoor is meer water nodig, dat het sediment geheel doordringt, zodat dit een plastische consistentie krijgt en kan vloeien: de inwendige samenhang blijft dus niet bewaard.

In gebieden die tijdens het Weichseliaan-glaciaal gekenmerkt werden door een permanent bevroren bodem of permafrost, zullen de twee laatste massabewegingsprocessen actief geweest zijn. Tijdens de lente en de zomer zal het bovenste deel van de permafrost, opdooilaaig genoemd, immers ontdooien. Gebeurt dit langs een helling dan zal de gecombineerde werking van vorstcreep en gelifluctie zorgen voor een hellingafwaartse beweging van de opdooilaaig. Vorstcreep, een speciale vorm van creep, wordt hierbij gedefinieerd als de verplaatsing van sedimentdeeltjes loodrecht op het hellend vlak, als gevolg van het opvriezen en het verticaal zakken tijdens de dooi, hetgeen resulteert in een hellingafwaartse beweging. Gelifluctie, een speciale vorm van vloeien, is een proces waarbij de gehele met water verzadigde opdooilaaig zich langzaam hellingafwaarts verplaatst.

- **Afspoeling.**

Door toedoen van vallende regendruppels en bovengronds afstromend regen- of sneeuwsmeltwater worden losse deeltjes passief meegevoerd. Daar dit water nog niet tot echte beekjes of rivieren geconcentreerd is, wordt dit mechanisme nog tot de hellingsprocessen gerekend. Dit proces is het meest effectief in bodems en weinig geconsolideerde sedimenten bij een schaarse of afwezige begroeiing. Afspoeling wordt het belangrijkste proces geacht voor de ontwikkeling van hellingsafzettingen tijdens het Weichseliaan.

4.8.3 Genese, ouderdom en sedimentologie.

Hellingsprocessen zijn het meest effectief op onbegroeide hellingen zonder een beschermend eolisch zand- of leemdek. Gedurende het grootste deel van het vorige Weichseliaan-glaciaal zorgden de extreem lage temperaturen voor een sterke degradatie van het plantendek en de ontwikkeling van een permafrost, hetgeen de ontwikkeling van hellingsafzettingen sterk in de hand heeft gewerkt. Tijdens het Vroeg-Weichseliaan vond een uitruiming van de dalhoofden

plaats, hetgeen gepaard ging met een toename van de reliëfenergie. De sterke erosie door afstromend water zorgde voor veel afbraakmateriaal dat van de interfluvia uit de streek weggevoerd werd. Hierdoor ontstond een regelmatig erosielandschap (Haest, R., 1985). Gedurende het daaropvolgende Weichseliaan-Pleniglaciaal kon in het periglaciale milieu een ondoorlaatbare permafrost, of een deels bevroren bodem, de infiltratie beletten, zodat tijdens lente en zomer bij regenneerslag intense oppervlakkige afspoeling en vervloeiing mogelijk werden (De Ploey, J., 1972). Tijdens de laatste helft van het Weichseliaan-Laas-Pleniglaciaal en gedurende het Laatglaciaal zorgden het verdwijnen van de permafrost, de bescherming door eolische afzettingen en de ontwikkeling van een vegetatiedek voor de stabilisatie van de hellingen, hoewel tijdens het Jonge Dryas-stadiaal een reactivatie van de hellingsprocessen zou kunnen plaatsgevonden hebben.

Sedimentologisch worden de hellingsafzettingen gekarakteriseerd door een sterke gelijkenis met het onderliggende tertiair substraat dat bestaat uit een afwisseling van veelal glauconiethoudende zanden en zware kleien. Het hellings-sediment zal dus een textuur hebben die varieert van zandige klei tot kleiig zand dat soms grintelementen bevat. Daarnaast wordt een belangrijke bijdrage van de hellingsafzettingen gevormd door de oppervlakkig afgespoelde eolische sedimenten die veelal zandig zijn met een silteuse bijmenging.

4.9 Fluviale afzettingen uit het Laatglaciaal en het Holoceen (code G).

4.9.1 Voorkomen.

In het karteringsgebied nemen deze afzettingen een zeer beperkte karteerbare oppervlakte in. Enkel in het zuidoosten komen ze rechtsreeks aan het oppervlak voor. Ze vormen er de meest recente alluviale sedimenten van de beekvalleien die de Oude Veldgebieden van Torhout ontwateren. Wegens het gebrek aan boorgegevens gebeurt hun afbakening via de bodemkaart. Het betreft natte tot zeer natte licht zandemige tot zware kleigronden zonder profielontwikkeling (textuurklasse P, E en U). Hun dikte blijft beperkt tot enkele meters in de diepste delen van de beekvalleien.

4.9.2 Lithostratigrafische classificatie.

Een uitgebreide studie van het Markbekken, een bijrivier van de Dender, gelegen in de leemstreek ten zuidoosten van het karteringsgebied, resulteerde in het onderscheid - van onder naar boven - tussen vier postglaciale - Laatglaciale en Holocene - fluviale sedimenten: het Geulfacies, het Organisch en Tuffacies, het Fluviaal kleifacies en het Overstromingsleemfacies (Huybrechts, W., 1999):

- **Geulfacies:** zand en zandleem, met een duidelijke laminatie aan de basis, dat fijner wordt naar de top waar de textuur siltig tot kleiig wordt. Lokaal kunnen organische lagen geïntercaleerd zijn. Aan de basis kan het sediment grindhoudend zijn.
- **Organisch en tuffacies:** gedomineerd door het voorkomen van organisch materiaal gaande van bosveen dat naar onder toe overgaat in kleiig veen tot weinig klei met talrijke houtfragmenten. De kalktuf bestaat uit fijn tot grofkorrelig calciumcarbonaat dat in lenzen met wisselende vorm en afmetingen tussen het organisch materiaal voorkomt.
- **Fluviaal kleifacies:** bestaat uit groene en lichtgrijze fluviale klei met plantengruis en vivianiet. Sporadisch komen organisch materiaal, houtfragmenten en venige horizonten voor. Dunne zandlagen komen zelden verspreid in het kleilichaam voor. Deze zandlagen kunnen lokaal echter frequenter voorkomen en een aanzienlijke dikte bereiken. Het zijn relictten van oude riviergeulen.
- **Overstromingsleemfacies:** bruine en grijs-bruine silteuse sedimenten, met een textuur die varieert van licht-zandleem tot zware klei. De topografie van het huidige overstromingsgebied heeft zich hierin ontwikkeld.

In hoeverre deze vier facies ook in het karteringsgebied terug te vinden zijn is niet geheel duidelijk, gelet op het feit dat er nooit onderzoek naar gedaan werd. Ten zuiden van Brugge, net ten oosten van het karteringsgebied, blijkt uit een studie die in dat gebied uitgevoerd werd, dat aan de basis van de holocene alluviale sedimenten een venige laag voorkomt, die al dan niet bedekt wordt door een dunne kleilaag (Mostaert, M., 1985, pag. 138). Uit deze summier beschrijving kan geconcludeerd worden dat minstens het organisch en tuffacies, en het fluviaal kleifacies aanwezig zijn. Het tuffacies zal echter praktisch nooit vertegenwoordigd zijn, omdat het calciumcarbonaat waaruit de kalktuf opgebouwd is, afkomstig is van de ontkalking van dikke leempakketten, terwijl in het karteringsgebied het substraat veelal bestaat uit kalkloze tertiaire zanden en kleien. Meestal komt aan de basis ook wel een dun geulfacies voor. Bovenaan in de fluviale sequentie zal er echter geen onderscheid kunnen gemaakt worden tussen het fluviale kleifacies en het overstromingsleemfacies, zodat in het karteringsgebied wellicht drie fluviale facies kunnen onderscheiden worden: een geulfacies, een organisch facies en een kleifacies.

4.9.3 Genese en ouderdom.

Tijdens de overgang van het Weichseliaan-Pleniglaciaal naar het Laatglaciaal zorgde een uitgesproken insnijdingsfase voor het ontstaan van een paleovallei. Het geulfacies weerspiegelt de graduele vermindering van de fluviatiele activiteit na de vorige erosieve fase. De geleidelijke opvulling van de paleovallei met het geulfacies eindigde met de start van de accumulatie van organische sedimenten. De grens met het geulfacies komt in veel gevallen overeen met een plotse verbreding van de paleovallei, hetgeen de accumulatie van organisch materiaal sterk in de hand werkt. Door de ontwikkeling van een dichte bosvegetatie als gevolg van een klimaatsverbetering, waren de oppervlakkige afspoeling en sedimentproductie zo laag dat accumulatie van organisch materiaal onder de vorm van bosveen mogelijk werd in de paleovallei. Lateraal in de vallei, op hoger gelegen plaatsen, kon de accumulatie van organisch materiaal vertraagd geweest zijn, omdat daar in het begin drogere edafische condities heersten. De accumulatie die in de laagste delen van de paleovallei rond 9000 aBP begon, nam op andere plaatsen, afhankelijk van de edafische condities, tussen 9000 en 3000 aBP een aanvang. Vanaf 9000 aBP werden de grootste delen van het huidige overstromingsgebied door een moerasbos overwoekerd, gekenmerkt door zeer stabiele, rustige omstandigheden. Gedurende meer dan 3000 jaar (van 9000 tot 6000 aBP) veranderde er weinig aan deze situatie. De colmatatie van de paleovallei en de stijging van de grondwatertafel hielden gelijke tred zodat een veenlaag kon gevormd worden.

Op een gegeven moment werd dit evenwicht verstoord hetgeen geleid heeft tot de afzetting van een kleilaag. Gelet op de paleomorfologische omstandigheden kan het moment waarop dit gebeurde in tijd verschillen. Dit proces voltrok zich in het midden van de paleovallei vanaf 6000 aBP. Vanaf toen steeg het grondwaterniveau in sommige delen van het overstromingsgebied tot boven het maaiveld. Als gevolg van een stabiel regime bleef het grondwaterniveau hoog gedurende gans het jaar, hetgeen leidde tot een open water situatie, waardoor de moerasbossen verdwenen. In de loop van de tijd nam het areaal open water toe, zodat de moerasbossen meer en meer naar de randen van de paleovallei verdrongen werden, om uiteindelijk volledig te verdwijnen. Dit proces zorgde ervoor dat de omschakeling van het organisch facies naar het kleifacies van het midden (6000 aBP) naar de randen (2500 aBP) van de paleovallei zich op een ander tijdstip voltrok. De toestroom van grondwater naar het overstromingsgebied verminderde en werd vervangen door oppervlakkige afspoeling. Verspreide en in oppervlakte sterk beperkte ontbossingen door de Neolithische mens ten behoeve van de landbouw, zouden kunnen geleid hebben tot een verhoogde oppervlakkige afspoeling en erosie in het bekken, hetgeen in het overstromingsgebied resulteerde in hogere waterstanden en de sedimentatie van fluviatiele klei. De afzetting van fluviatiele klei duurde tot zeker na 1400 aBP voort. Kort daarna was de paleovallei volledig opgevuld en vanaf dan niet langer zichtbaar in het landschap. De grootschalige ontbossingen in de Middeleeuwen, vooral tussen 800 en 1200 AD, worden verantwoordelijk geacht voor de destabilisatie van het natuurlijk rivierregime, dat tot dan toe weinig veranderingen ondergaan had sinds het begin van het Holocene. Dit zorgde voor sterke debietschommelingen (hoogwaterstanden in de winter, laagwaterstanden in de zomer) en een sterke toename van de oppervlakkige afspoeling. Afzetting van hoofdzakelijk colluviale klei vond plaats tijdens de hoge winterwaterstanden wanneer het overstromingsgebied overstromd werd. Deze sedimentatie voltrok zich onafhankelijk van het paleovalleisysteem, bedekt het volledige overstromingsgebied en wordt gerelateerd aan de huidige positie van de rivier (Huybrechts, W., 1999).

4.10 Hellingsafzettingen uit het Holocene (code H).

In tegenstelling tot de pleistocene hellingsprocessen, die geïnitieerd werden door klimatologische omstandigheden, worden de hellingsprocessen tijdens het Holocene hoofdzakelijk door de mens veroorzaakt. De ontbossingen die een aanvang namen vanaf het Atlanticum (6.000 aBP) en een climax kenden tussen 800 en 1200 AD zorgden ervoor dat de oppervlakkige afspoeling van bodemmateriaal toenam, zodat onderaan de hellingen hellingsmateriaal accumuleerde (Huybrechts, W., 1999). Aangezien deze hellingsafzettingen niet rechtstreeks via boorgegevens waargenomen kunnen worden, gebeurt hun identificatie op basis van de bodemkaart. In het karteringsgebied zijn het de natte tot zeer natte lichte zandleemgronden zonder profielontwikkeling in hellingspositie die daarvoor in aanmerking komen (textuurklasse P). Hun voorkomen is beperkt tot de Oude Veldgebieden van Torhout en bereiken zelden een dikte van enkele meters.

4.11 Mariene afzettingen uit het Holocene (codes A-F).

4.11.1 Voorkomen.

De mariene holocene afzettingen bedekken het overgrote deel van het karteringsgebied. Enkel het gebied ten zuidoosten van de Poldergrens wordt er niet door bedekt. De grootste diktes (tot 30m) worden bereikt nabij de Franse en de Nederlandse grens, waar tijdens het Holocene de mariene invloed het grootst was. De mariene holocene afzettingen wiggen uit in zuidoostelijke richting tot nabij de Poldergrens, waar ze een dun kleidek vormen dat de pleistocene afzettingen bedekt die in het zuidoosten dagzomen.

4.11.2 Afzettingssmilieus in de holocene kustvlakte.

- **Kustbarrières met duinen (boven de stormvloedlijn) (code B).**

Kustbarrières zijn het resultaat van kustnabij transport en accumulatie van zand langsheen een kustlijn die onder invloed ligt van een sterke golfactie en een mesotidaal tijverschil kent. Hun vorming wordt versterkt door de aanwezigheid van een zwak hellend kustprofiel en een overvloedige zandtoevoer (Friedman, G.M., Sanders, J.E. en Kopaska-Merkel, D.C., 1992, chapter 11). Bovenop de kustbarrières kunnen duinen tot ontwikkeling komen waarvan de sedimentologie en ouderdom hieronder kort toegelicht worden.

De Belgische kustduinen zijn opgebouwd uit fijne tot middelmatige zanden met humeuze horizonten en een weinig schelpgruis (Depuydt, F., 1972). In het best ontwikkelde en bestudeerde duingebied ten westen van Nieuwpoort kunnen twee belangrijke duinvormingsfasen afgebakend worden (De Ceunynck, R., 1985):

- de oudste duinsedimenten dateren van de 8ste eeuw BC tot de 11de eeuw AD;
- de jongere duinen werden gevormd vanaf de 11de eeuw AD.

De oudste duinsedimenten zijn volledig bedekt door de jongere, waarin twee subfasen kunnen onderscheiden worden:

- tijdens de eerste fase vóór de 14de eeuw AD ontstond er een zandvlakte met een hoogte van 6 tot 7m TAW;
- gedurende de 14de en de 15de eeuw AD werden er grote paraboolduinen gevormd.

Sindsdien is de beweging van deze duinen nooit volledig gestopt, hoofdzakelijk als gevolg van de menselijke invloed.

Zoals reeds vermeld bevinden de belangrijkste duingebieden zich in het westen (De Panne - Koksijde - Nieuwpoort), maar ook in het centrum (Bredene - De Haan) en het oosten (Knokke) zijn ze goed ontwikkeld. De hoogste duinen bevinden zich in het westen (Hoge Blekker te Koksijde, ca. 35m TAW-fig.2). De afbakening van de kustduinen gebeurt op basis van de bodemkaart.

- **Lagune of rietmoeras (subtidaal).**

Een lagune wordt gedefinieerd als een ondiepe depressie gescheiden van de open zee door een duinengordel, een eilandenreeks, zandruggen of een schorre (Baeteman, C., 1981).

De lagune heeft twee typische kenmerken:

- door het lage zoutgehalte in de lagune (maximum 10‰) wordt de vegetatie gekenmerkt door een intense rietbegroeiing (hoofdzakelijk *Phragmites communis*), hetgeen tot uiting komt in de hoge doorwortelingsgraad van de sedimenten, vandaar ook de benaming rietmoeras;
- ze is steeds gevuld met water, zelfs bij de laagste waterstand. Meestal staat ze in verbinding met de open zee langs een zeegat van waaruit een geul het waterniveau in de lagune in relatie brengt met de niveauveranderingen van de zee.

Deze toestand van permanente verdrinking leidt tot de volledige afwezigheid van fysische rijping van het sediment en de vorming van talrijke zwarte reductievlekken in het sediment, vivianiet genaamd. De zwarte kleur van het vivianiet wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van ijzer-mono-sulfide. Het vivianiet wordt meestal aangetroffen op plaatsen waar het sediment in contact treedt met plantenresten. De laguneafzettingen zelf zijn goed gesorteerd, fijnkorrelig (silt- tot kleifraction), en vertonen geen sedimentaire structuren.

Wordt de lagune gekenmerkt door een sterke sedimenttoevoer, dan wordt ze steeds ondieper en kan ze geleidelijk overgaan in een wad.

- **Waddegebied met drie subzones (Baeteman, C., 1981).**

- **Getijgeul (subtidaal).**

Een getijgeul is een waterloop die in het wad bij laag water nog steeds een diepte heeft van tenminste 1 meter: dit betekent dat de geul op geen enkel moment droog komt te liggen.

De getijgeulen spelen een belangrijke rol in de ontwikkeling van een wad: ze zijn onderhevig aan laterale migratie door middel van meandering, waardoor grote delen van het wad kunnen geremanieerd worden. Getijgeulopvullingen bestaan hoofdzakelijk uit zand met bijmenging van slibkeitsjes, veenbrokken en schelpen, al dan niet geconcentreerd in lagen. De bodem van een getijgeul wordt gekenmerkt door een sterke molluskenconcentratie. De belangrijkste sedimentaire structuren zijn longitudinale krassasgelaagdheid tengevolge de laterale migratie van een geul, en megaribbelgelaagdheid.

- **Slikke (intertidaal).**

De slikke is het typische waddegebied dat afwisselend droog en onder water komt te liggen. Nabij de hoogwaterlijn komt slib* voor, nabij de laagwaterlijn zijn de sedimenten hoofdzakelijk zandig. De slibzone gaat via een overgangszone, die gemengd wad genoemd wordt, geleidelijk over in de zandige zone. Hieronder worden de

* Met het woord slib bedoelt men sedimentpartikels waarvan de diameter minder dan 16µm bedraagt, hetgeen grosso modo overeenkomt met de klei- en fijne siltfractie.

typische sedimentaire structuren vermeld die per zone het meest voorkomen (Reineck, H.-E. en Singh, I.B., 1986, Tidal Flats):

- zandwad: kleinschalige kriskrasgelaagdheid opgebouwd door stroomribbels, soms ontwikkeld in de vorm van zigzagkriskrasgelaagdheid;
- gemengd wad: flasergelaagdheid, golvende gelaagdheid, lenticulaire gelaagdheid en een gelaagdheid die opgebouwd is uit de snelle afwisseling van zand en slib;
- slikwad: gelamineerd slib met dunne zandige intercalaties.

Twee typische kenmerken van de slikke dienen zeker vermeld te worden:

- de aanwezigheid van mosselbanken (*Mytilus edulis*), die meestal geconcentreerd voorkomen in de lagere delen van het wad nabij getijgeulen. Samen met de andere benthonische of op de bodem levende organismen zorgen ze voor een sterke bioturbatie van de sedimenten, hetgeen vooral op het slikwad aanleiding geeft tot het volledig verdwijnen van de oorspronkelijke laminatie. Andere typische bewoners van het wad zijn: *Hydrobia ulvae* (een kleine gastropode), *Scrobicularia plana* en *Littorina littorea* op het slikwad, en *Mya arenaria* en *Cardium edule* op het gemengd wad; *Arenicola marina* en *Macoma Baltica* (een tweekleppige) worden zowel op het slikwad als op het gemengd wad aangetroffen. Een eigenaardig verschijnsel zijn de zogenaamde *Hydrobia*-lagen, d.i. een concentratie van schelpen van *Hydrobia ulvae*. Ze zijn het resultaat van de bioturberende werking van de worm *Arenicola marina*;
 - het voorkomen van prielen waarvan de sedimenten een weerspiegeling zijn van het gebied waardoor ze lopen. De bodem ervan bestaat echter hoofdzakelijk uit slib met enkele zandige intercalaties. Schelpenlagen komen frequent voor, waarvan het materiaal bestaat uit schelpkleppen van één enkele soort, in overeenstemming met de molluskensamenstelling van het doorkruiste gebied.
- **Schorre (supratidaal).**

De schorre ontwikkelt zich boven het gemiddeld hoogwaterniveau en komt enkel tijdens stormvloed onder water te liggen. De afzettingen bestaan uit fijnkorrelige sedimenten, doordrongen van plantenwortels en gekenmerkt door een ongelijke, nodulaire laminatie. Door de afwezigheid van benthonische organismen worden deze sedimentaire structuren goed bewaard. Het typische kenmerk van een schorre is de aanwezigheid van een dicht zoutminnend vegetatiedek (halofyten). Een ander kenmerk zijn de talrijke sterk meanderende krekens, waarvan de belangrijkste functie en tevens de oorsprong het draineren van de schorre is. De krekens worden bijna altijd begrensd door oeverswallen waarvan het sediment iets grover is dan van de rest van de schorre. Tijdens hevige stormen worden schelpen op de schorre afgezet, die als schelpenlagen bewaard blijven wanneer ze bedekt worden door sediment. De schorre kan geleidelijk in een slikke overgaan, maar meestal wordt de grens tussen beide milieus gevormd door een klifje.
 - **Kustveenmoeras (boven de stormvloedlijn) (Baeteman, C., 1981).**
 - **Basisveen.**

In het algemeen wordt het basisveen gedefinieerd als een transgressief veen dat ontstaat als gevolg van de stijging van de grondwatertafel volgend op een relatieve zeespiegelstijging. Het wordt aangetroffen aan de basis van de holocene mariene sequentie en vormt de grens met het onderliggende pleistocene substraat. Het facies van het basisveen verschilt naargelang de diepte waarop het voorkomt. Op grotere diepte is het slechts een zwart tot bruinzwart sterk amorf kleiig tot zandig veen van enkele cm dik, of blijft het beperkt tot sterk humeus zand als een podzol in de top van zandige pleistocene afzettingen. Vanaf een hoogte van circa +2,5m TAW is het nog slechts enkele cm dik. Het basisveen is niet meer ontwikkeld eenmaal hoger dan +3,5m TAW. Tussentijd kan het sterk ontwikkeld zijn en een dikte bereiken van enkele meters.
 - **Verlandingsveen (of geïntercaleerde veenlaag):**

Een verlandingsveen ontstaat bij het voldoende hoog opslippen van een schorre gedurende een periode waarin zich een zoetwaterzak onder het oppervlak kan vormen. De diepere geïntercaleerde veenlagen (cm tot dm dik) bestaan uitsluitend uit rietveen. Eenmaal hoger dan -2,5m TAW kan naast rietveen ook broekveen voorkomen. Het hoogst voorkomend verlandingsveen, ook wel Oppervlakteveen of Hollandveen genoemd, bestaat meestal uit riet-, zegge- en broekveen.
 - **Gyttja.**

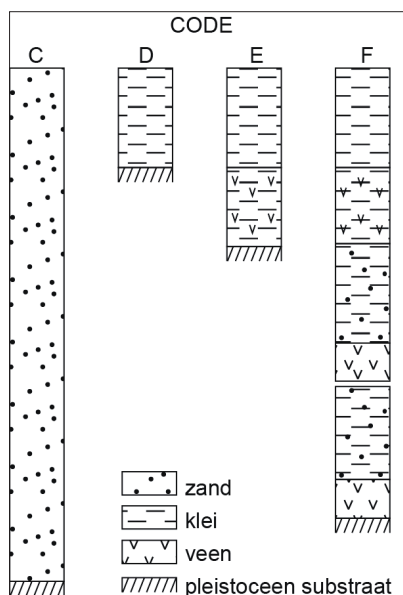
Gyttja wordt gevormd in ondiepe zoetwaterdepressies die permanent onder water staan. Het facies bestaat uit zwart tot bruinzwart organisch slib, meestal met zoetwaterschelpjes en ostracoden.

4.11.3 Vertaling van de codes C-F naar lithoprofieltypes.

Figuur 4 geeft aan hoe de codes C- F vertaald worden naar lithoprofieltypes. De lithoprofieltypekartering van de mariene afzettingen uit het Holocene is gebaseerd op een systeem dat ontwikkeld werd door een aantal Duitse wetenschappers bij hun onderzoek van de kustvlakte (Barckhausen, J., Preuss, H. en Streif, H., 1977).

De dikte van de klastische sequentie die overeenkomt met code C kan 1 tot 30m bereiken. Dit lithoprofiel stemt overeen met een zandwad of de opvulling van een zeegat, getijgeul, priel of kreek. De klastische sequentie wordt bovenaan meestal sterk kleiig (niet aangegeven in figuur 4).

Fig. 4: Verklaring van de lithoprofiel-types.



Code D bestaat uit een kleidek afgezet in een schorre en/of slikke. De dikte van dit kleidek neemt vanaf de Poldergrens kustwaarts toe en kan een maximale dikte van 4m bereiken (gemiddelde dikte bedraagt ca. 1m).

Code E bestaat bovenaan uit een kleidek afgezet in een schorre en/of slikke met daaronder een veenlaag, waarvan de dikte 1 tot 2m kan bedragen. Deze veenlaag komt volgens de definitie overeen met het basisveen.

Code F komt voor wat betreft het bovenste gedeelte overeen met code E, hoewel het veen volgens de definitie geen basisveen meer genoemd wordt, maar meestal de benaming Oppervlakteveen of Hollandveen krijgt. Onder deze veenlaag kan men van onder naar boven de volgende sedimenten aantreffen: een basisveen dat afwezig kan zijn, met daarboven een afwisseling van veen- en kleilagen, die vooral naar onder toe sterk zandig kunnen zijn. (in figuur 4 is slechts één geïntercaleerde veenlaag aangegeven). Dichter naar de kust toe zal het onderste gedeelte van het lithoprofiel grotendeels uit zand opgebouwd zijn.

Vanaf de Poldergrens treft men eerst code D aan, vervolgens code E en tenslotte dicht bij de kust code F: dit wordt verklaard door de geleidelijke kustwaartse daling van het onderliggende pleistoceen substraat, zodat naar de kust toe de holocene mariene sequentie over het algemeen in dikte zal toenemen.

4.11.4 De Moeren van Meetkerke (code A).

Code A wordt apart vermeld omdat dit gebied een eigen specifieke ontstaansgeschiedenis heeft die sterk gerelateerd kan worden met de menselijke activiteit in de kustvlakte. De afbakening van dit gebied, ook wel Moeren van Meetkerke genoemd, gebeurt aan de hand van de bodemkaart, aangegeven door 'Gronden van de Lage Moere'. De Moeren van Meetkerke waren vroeger een veengebied, eventueel bedekt door een dun kleidek, dat in de Middeleeuwen op systematische wijze uitgeveend werd. Door de hoge grondwatertafel werd het gebied na de uitvening omgevormd tot een waterplas waarin kalkgyttja sedimenteerde. Uiteindelijk werden de Moeren van Meetkerke bij het begin van de 17de eeuw drooggemaakt (ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Natuur, 2001).

4.11.5 Algemene evolutie van de kustvlakte vanaf het begin van het Holoceen tot het heden.

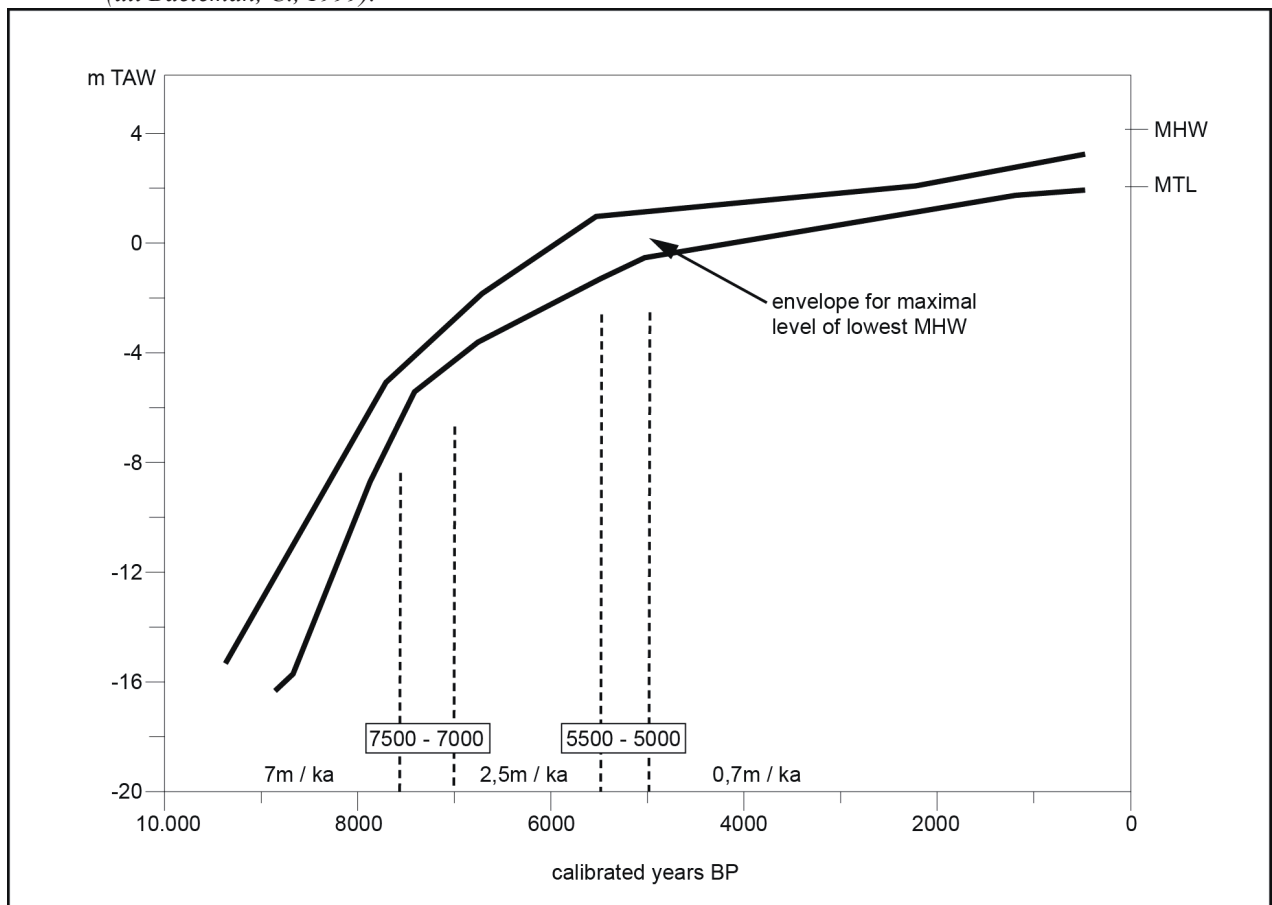
Vanaf ca. 9500 kalenderjaren BP worden in het westelijk deel van de kustvlakte aanwijzingen voor een relatieve zeespiegelstijging (RZS) teruggevonden (fig. 5). Vóór ca. 7500 kalenderjaren BP steeg de zeespiegel met een snelheid van ca. 7m/ka. Aan dit tempo werd het gebied snel overstroomd zodat de getijdenmilieus zich landwaarts konden uitbreiden afhankelijk van de morfologie van het pre-Holoceen substraat. In de kustvlakte hield de sedimentaccumulatie in een inter- en supratidaal milieu gelijke tred met de RZS, zodat verticale sedimentaccretie domineerde in de periode vóór ca. 7500 kalenderjaren BP. De snelle RZS creëerde voldoende accommodatieruimte zodat zo goed als geen erosie optrad. Aangezien er vanaf het begin van de RZS praktisch geen fluviaal zand van het hinterland aangevoerd werd, resulteerde dit wel in kusterosie door golven en een landwaarts verschuiven van de kustbarrière.

Na ca. 7500 kalenderjaren BP daalde de snelheid van de RZS tot ca. 2,5 m/ka (fig. 5). Als gevolg hiervan werd de snelle landwaartse uitbreiding van de getijdenmilieus tot stilstand gebracht en nam de kustbarrière een min of meer stabiele positie in. Sedimenttoevoer en accommodatieruimte waren nu in evenwicht. Grote delen van de kustvlakte kwamen veel langer droog te liggen, waardoor zoetwatercondities voor korte tijd overheersten. Hierdoor werd op sommige plaatsen de zoutminnende schorrevegetatie vervangen door riet, hetgeen resulteerde in veenaccumulatie. Deze zoetwatermoerassen konden zich lokaal in de relatief hoger gelegen opgeslibte gebieden ontwikkelen; omdat deze gebieden buiten het bereik van de getijden lagen, ontvingen ze voor een bepaalde tijd geen sediment, hoewel de geulen in de onmiddellijke omgeving voor een continue sedimentaangroei zorgden. Wanneer deze geulen voldoende hoog opgeslibt waren, resulteerden meanderdoorbraken en 'crevassing' in de laterale migratie van de getijgeulen. Dit gebeurde tijdens stormen wanneer het water in de geulen een abnormaal hoog peil bereikte. Als gevolg van deze laterale migratie werden de zoetwatermoerassen opnieuw omgevormd tot slikke. Het gebied dat door de geul verlaten werd, werd in een relatief korte tijd opgevuld met sediment (maanden tot jaren) en ontwikkelde via het stadium van schorre in een zoetwatermoeras met veenaccumulatie. Dit proces herhaalde zich voortdurend en vormt de verklaring

voor de afwisseling van slib- en veenlagen in een verticale sedimentaire sequentie. Dit sedimentatieproces wordt geleid door de positie van de getijgeulen en dus door het sedimentbudget. Dit proces impliceert dat het geulenstelsel verder landwaarts migreert, maar aan een trager tempo. De migratie van de geulen, die nu eens een gebied doorkruisen en dan weer een deel van het wad verlaten, kan net zolang doorgaan als er nieuwe accommodatieruimte gecreëerd wordt, zodat het ganse geulenstelsel voortdurend landwaarts en opwaarts kan migreren. Indien de sedimenttoevoer niet in evenwicht is met de accommodatieruimte, kunnen de geulen niet opslibben en kan het wad niet aangroeien tot een supratidaal niveau.

Na ca. 5500-5000 kalenderjaren BP daalde de snelheid van de RZS langzaam, om uiteindelijk een gemiddelde van 0,7 m/ka te bereiken (fig. 5). Dit stemt overeen met de huidige RZS. Vanaf 5500-5000 kalenderjaren BP werd ongeveer de maximale zeespiegelstand bereikt, zodat sedimenttoevoer de creatie van accommodatieruimte overtrof. De landwaartse migratie van de getijdenmilieus kwam volledig tot stilstand en de stabilisatie van de kustlijn maakte plaats voor kustaangroei, zodat de toenmalige kustlijn verder dan de huidige reikte. Hierdoor lagen grote delen van de kustvlakte niet meer onder invloed van de getijden en konden de zoetwatermoerassen zich lateraal uitbreiden. Tussen ca. 5500 en 4500 kalenderjaren BP was bijna de ganse kustvlakte omgevormd tot een zoetwatermoeras met veenaccumulatie. Deze veenaccumulatie duurde ongeveer 3000 jaar lang en kon gelijke tred houden met de langzame RZS. Sporen van getijdeninvloed in de dikke veenlagen in de landwaartse gebieden suggereren dat de belangrijkste getijgeulen openbleven, hoewel ze hoofdzakelijk dienden om het veenmoeras te ontwateren (Baeteman, C. en Declercq, P.-Y., 2002).

Fig. 5: Relatieve zeespiegelcurve met aanduiding van de gemiddelde snelheid van de zeespiegelstijging .
(MHW = mean high water of gemiddeld hoog water; MTL = mean tidal level of gemiddeld getijdenniveau)
(uit Baeteman, C., 1999).



Reeds vanaf ca. 3400 kalenderjaren BP zorgden stormdebiëten ervoor dat een grotere hoeveelheid water aangevoerd werd dan dat er door de getijgeulen afgevoerd kon worden. Als reactie hierop moesten de getijgeulen zich verticaal insnijden om zich aan deze nieuwe toestand aan te passen. Vanuit de hoofdgeulen ontwikkelden zich nieuwe zijtakken, waardoor het geulenstelsel vergrootte en zich verder landwaarts uitbreidde. De verticale geulinsnijdingen zelf zorgden voor een betere drainage van de kustvlakte en een daling van de grondwatertafel, hetgeen resulteerde in compactie van het veen en een bodemdaling. Hierdoor werden de zoetwatermoerassen gedeeltelijk overspoeld en werd de veenvorming een halt toegeroepen, zodat het veen in een subtidale positie terechtkwam. Omdat al het beschikbare sediment gebruikt werd om de diepe verticale geulinsnijdingen op te vullen, waren de geulen zelf slechts omringd door een smalle wadzone die weinig sediment ontving. Het lijkt erop dat de opvulling van de diep ingesneden getijgeulen vrij

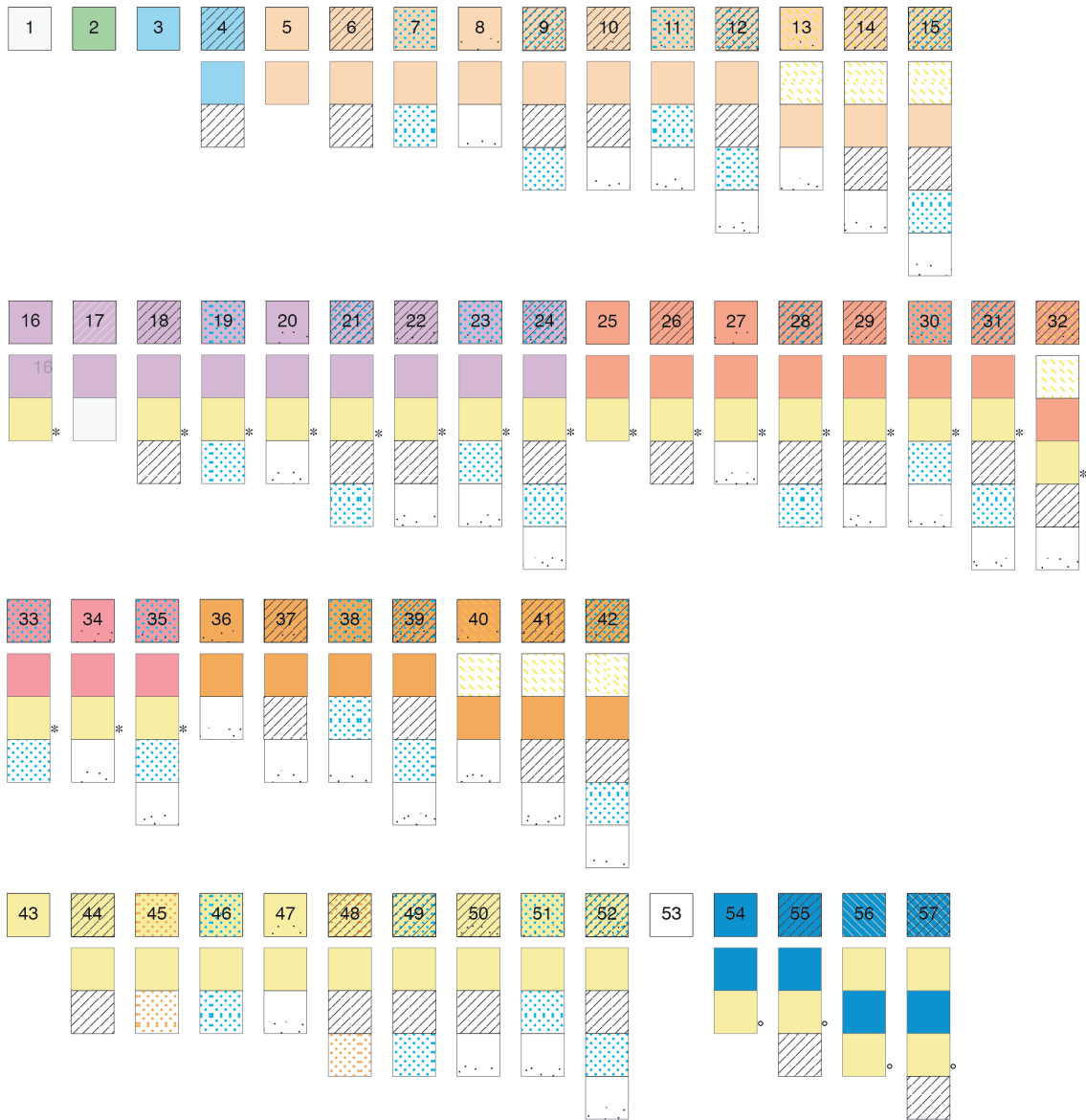
snel gebeurde, waarna een lange periode met laag-energetische omstandigheden tot ca. 1400-1200 kalenderjaren BP in het grootste deel van de kustvlakte domineerde. Meer kustwaarts voltrok deze evolutie zich enkele honderden jaren eerder.

Nadien werd de geulactiviteit eerder gekarakteriseerd door laterale sedimentatie dan door verticale insnijding. De schorre en het slikwad die zich langsheen de geulen en in de zeewaartse zones ontwikkelden, werden geërodeerd en herwerkt, net als de bovenste geulafzettingen en het veen. Langsheen de zeegaten werden buitengaats sedimenten aangevoerd, hetgeen wijst op erosie van het oeverfront. Waarschijnlijk was deze geulactiviteit te wijten aan een kleine toename van de accommodatieruimte gerelateerd aan de verdere veencompactie. De betere drainage van het gebied te wijten aan erosie en menselijke activiteit in de kustvlakte, zoals uitveningen, hebben hoogstwaarschijnlijk tot deze verdere veencompactie geleid (Baeteman, C., Scott, D.b. en Van Strydonck, M., 2002).

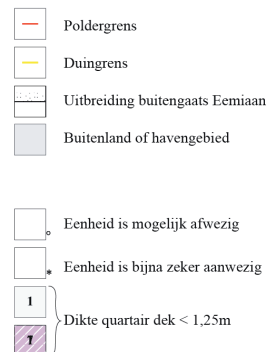
5 BIJLAGEN.

5.1 Opbouw van de profieltypes.

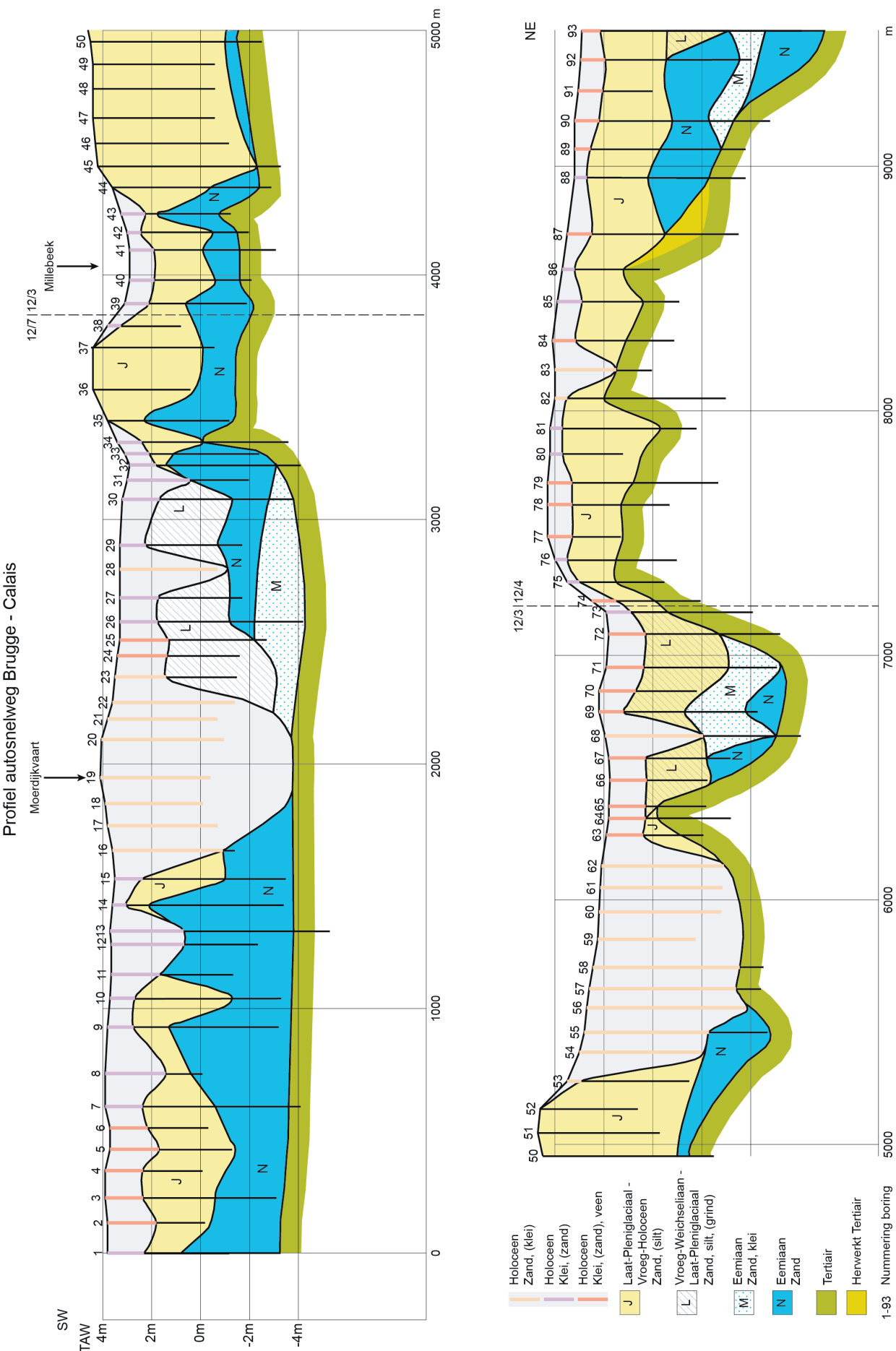
Voorstelling van de lithoprofieltypes



Code/kleur	Lithologie	Afzettingsmilieu	Chronostratigrafie	Continentaal		Marien	
	(x): Bijmenging			Klastisch	Organogeen	Klastisch	Organogeen
A	Klei, (zand), veen, kalkgvtjja	Schorre, moeras, depressie	Holoceen		x	x	
B	Zand	Kustduin	Holoceen	x		x	
C	Zand, (klei)	Zeegat, getijgeul, priel, kreek, zandwad	Holoceen			x	
D	Klei, (zand)	Schorre, slikke	Holoceen			x	
E	Klei, (zand), veen	Schorre, moeras, slikke	Holoceen		x	x	
F	Klei, zand, veen	Schorre, moeras, slikke	Holoceen		x	x	
G	Klei, veen, (zand)	Meanderende rivier, moerasbos	Laat glaciaal-Holoceen	x	x		
H	Zand, silt	Helling	Holoceen	x			
I	Veen, kalkgvtjja	Depressie	Laat glaciaal		x		
J	Zand, (silt)	Zandvlakte, landduin	Laat-Pleniglaciaal-Vroeg-Holoceen	x			
K	Zand, klei, silt, (grint)	Helling	Hoofdzakelijk Weichseliaan	x			
L	Zand, silt, (grint)	Verwilde rivier, toendra-rivier	Vroeg-Weichseliaan-Laat-Pleniglaciaal	x			
M	Zand, klei	Waddengebied	Eemiaan			x	
N	Zand	Continentaal plat, kustbarrière	Eemiaan			x	



5.2 Profiel.



6 GERAADPLEEGDE LITERATUUR.

6.1 Verklarende teksten bodemkaart van België.

- A** **Ameryckx, J.**, (1952) Verklarende tekst bij het kaartblad Middelkerke 21W en Oostende 21E. Bodemkaart van België, 44p.
- Ameryckx, J.**, (1953) Verklarende tekst bij het kaartblad De Haan 10W en Blankenberge 10E. Bodemkaart van België, 52p.
- Ameryckx, J.**, (1954a) Verklarende tekst bij het kaartblad Heist 11W. Bodemkaart van België, 92p.
- Ameryckx, J.**, (1954b) Verklarende tekst bij het kaartblad Westkapelle - het Zwin 11E. Bodemkaart van België, 90p.
- Ameryckx, J.**, (1954c) Verklarende tekst bij het kaartblad Bredene 22W. Bodemkaart van België, 90p.
- Ameryckx, J.**, (1958a) Verklarende tekst bij het kaartblad Houtave 22E. Bodemkaart van België, 93p.
- Ameryckx, J.**, (1958b) Verklarende tekst bij het kaartblad Leke 36E. Bodemkaart van België, 71p.
- Ameryckx, J.**, (1959) Verklarende tekst bij het kaartblad Gistel 37W. Bodemkaart van België, 99p.
- Ameryckx, J.**, (1968) Verklarende tekst bij het kaartblad Zedelgem 37E. Bodemkaart van België, 90p.

- H** **Hubert, P. en Moormann, F.**, (1963) Verklarende tekst bij het kaartblad De Panne 35W. Bodemkaart van België, 40p.
- M** **Moormann, F.**, (1951) Verklarende tekst bij het kaartblad Oostduinkerke 35E. Bodemkaart van België, 40p.
- Moormann, F. en Ameryckx, J.**, (1951) Verklarende tekst bij het kaartblad Nieuwpoort 36W. Bodemkaart van België, 52p.

6.2 Andere referenties.

- A** **Ameryckx, J.B., Verheye, W. en Vermeire, R.**, (1995) Bodemkunde, 346pp*.
- B** **Baeteman, C.**, (1981) De Holocene ontwikkeling van de westelijke kustvlakte (België). Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, Vrije Universiteit Brussel, 297pp*.
- Baeteman, C.**, (1987) Ontstaan en evolutie van de kustvlakte (tot 2000 jaar voor heden). In: H. Thoen (red.), De Romeinen langs de Vlaamse Kust, Gemeentekrediet, Brussel, p. 18-21.
- Baeteman, C.**, (1993) The western coastal plain of Belgium. In: Baeteman, C. En De Gans, W. (Eds.), Quaternary shorelines in Belgium and The Netherlands. Excursion guide INQUA Subcommission on shorelines of Northwestern Europe Fieldmeeting (1993) Geologische Dienst van België, 1-24.
- Baeteman, C.**, (1998) Is het de natuur of de mens die een bedreiging vormt voor kusten en polders? Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet., 44, 257-273.
- Baeteman, C.**, (1999) The Holocene depositional history of the IJzer palaeovalley (western Belgian coastal plain) with reference to the factors controlling the formation of intercalated peat beds. *Geologica Belgica*, 2/3-4, 39-72*.
- Baeteman, C. en Declercq, P.-Y.**, (2002) A synthesis of early and middle Holocene coastal changes in the western Belgian lowlands. *Belgeo*, 2, 77-107*.
- Baeteman, C., Cleveringa, P. en Verbruggen, C.**, (1981) Het Paleomilieu rond het Romeins zoutwinningssite van Leffinge. Professional Paper, Geologische Dienst van België, 7/186, 33p.
- Baeteman, C., Scott, D.B. en Van Strydonck, M.**, (2002) Changes in coastal zone processes at a high sea-level stand: a late Holocene example from Belgium. *Journal of Quaternary Science*, 17(5-6), 547-559*.
- Barckhausen, J., Preuss, H. en Streif, H.**, (1977) Ein lithologisches Ordnungsprinzip für das Küstenholozän und seine Darstellung in Form von Profiltypen. *Geologisch Jahrbuch*, A44, 45-74*.

* Deze referenties worden in Hoofdstuk 2 en 3 van de toelichtingstekst vermeld.

- B** **Beets, D.J. en Van Der Spek A.J.F.**, (2000) The Holocene evolution of the barrier and the back-barrier basins of Belgium and the Netherlands as a function of late Weichselian morphology, relative sea-level rise and sediment supply. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences*, 79 (1), 3-16.
- Bogemans, F.** (1991) Quaternary thematic mapping of continental deposits: a tool in land-use planning (Belgium): *Acta Geologica Taiwanica*, 29, p 139-147.
- Bogemans, F.** (1994) The Usefulness of Quaternary Thematic Maps in Land-Use Planning: Lüttig, G.W. (Ed.) *Aggregates - Raw Materials Giants*, Erlangen, p 263-275.
- Bogemans, F.** (1998) The utility of Quaternary thematic maps in the exploitation and the preservation of the natural environment: Bobrowsky, P.P. (Ed) *Aggregate Resources*, Rotterdam, Balkema, p 147-156.
- D** **David, K.**, (1995) De nieuwe polder van Oostende-Oudenburg: een landschapsgenetische en politiek-geografische benadering. Onuitgegeven verhandeling, Universiteit Gent, 206pp.
- De Breuck, W. en De Moor, G.**, (1967) Een Paniseliaan-ontsluiting op het strand van Wenduine? *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*, 49, 229-234.
- De Breuck, W., De Moor, G. en Maréchal, R.**, (1969) Lithostratigrafie van de kwartaire sedimenten in het oostelijk kustgebied (België). *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*, 51, 125-137.
- De Ceunynck, R.**, (1984) A contribution tot the study of dune deposits of the Belgian Coastal Plain. *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie*, 93, 251-254.
- De Ceunynck, R.**, (1985) The evolution of the coastal dunes in the western Belgian Coastal Plain. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 35, 33-41*.
- De Ceunynck, R.**, (1993) The Western Belgian Coastal Dunes. In: BAETEMAN, C. en DE GANS, W. (Eds.), *Quaternary shorelines in Belgium and The Netherlands. Excursion guide INQUA Subcommittee on shorelines of Northwestern Europe Fieldmeeting (1993) Geologische Dienst van België*, 74-80.
- De Moor, G. en De Breuck, W.**, (1973) Sedimentologie en stratigrafie van enkele pleistocene afzettingen in de Belgische Kustvlakte. *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*, 55, 3-96*.
- Denys, L.**, (1999) A diatom and radiocarbon perspective of the palaeoenvironmental history and stratigraphy of holocene deposits between Oostende and Nieuwpoort (western coastal plain, Belgium). *Geologica Belgica* (1999) 2/3-4, 111-140.
- Denys, L., Lebbe, L., Sliggers, C., Spaink, G., Van Strijdonck, M. en Verbruggen, C.**, (1983) Litho- and biostratigraphical study of quaternary deep marine deposits of the western Belgian coastal plain. *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie*, V. 92 deel 2, 125-154.
- De Ploey, J.**, (1972) Enkele bevindingen betreffende erosieprocessen en hellingsevolutie op zandig substraat. *Tijdschrift van de Belgische Vereniging voor Aardrijkskundige Studies*, XII, 43-67*.
- Depret, M.**, (1981) Lithostratigrafie van het Kwartair en van het Tertiaire substraat te Zeebrugge. Lithologische en stratigrafische interpretatie van diepsonderingen met de konus van Begemann. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, Universiteit Gent, 186pp.
- Depret, M.**, (1983) Studie van de lithostratigrafie van het Kwartair en van het Tertiaire substraat te Zeebrugge onder meer met diepsonderingen. Professional Paper, Belgische Geologische Dienst van België, 6/201, 235p.
- Depuydt, F.**, (1966) Analyse van de strand- en duinsedimenten in de Belgische Westhoek. *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 4, 68-82.
- Depuydt, F.**, (1972) De Belgische strand- en duinformaties in het kader van de geomorfologie der zuidoostelijke Noordzeekust. *Verh. Kon. Academie voor Wetensch., Let. en Schone Kunsten van België - Klasse der Wetenschappen*, XXXIV, nr. 122, 214p.*
- De Smedt, P.**, (1973) Paleogeografie en Kwartair-geologie van het confluentegebied Dijle-Demer. *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 11, 141p.
- Devos, J.**, (1984) Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van de Haan. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, Universiteit Gent, 219pp, 210 fig., 2krt., 6 blg.

* Deze referenties worden in Hoofdstuk 2 en 3 van de toelichtingstekst vermeld.

- E** **Ebbing, J.h.j. en Laban, C.,** (1996) Geological history of the area off Walcheren and Zeeuwsch-Vlaanderen (southwestern Netherlands), since the start of the Eemian. Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nr. 57, 251-267*.
- Friedman, G.M., Sanders, J.E. en Kopaska-merkel, D.C.,** (1992) Principles of sedimentary deposits: stratigraphy and sedimentology. Macmillan Publishing Company, New York, 717pp*.
- G** **Gullentops, F., Mullenders, W. en Coremans, M.,** (1966) Etude de la plaine alluviale du Kaatsbeek à Diepenbeek (Limbourg Belge). Acta Geographica Lovaniensia, Vol. 4, 141-150.
- H** **Haest, R.,** (1985) Invloed van het Weichsel-Glaciaal op de geomorfologie van de Noorderkempen. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, Katholieke Universiteit Leuven, 2 delen, 396pp*.
- Huybrechts, W.,** (1999) Post-Pleniglacial floodplain sediments in central Belgium. Geologica Belgica, 2/3-4, 29-37*.
- J** **Jacobs, P. en De Ceukelaire, M.,** (2002) - Kaartblad 4-5-11-12 Blankenberge - Westkapelle - Oostduinkerke - Oostende. Toelichtingen bij de geologische kaart van België - Vlaams Gewest. Belgische Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel. 71pp., 33 fig., 2 tab.*.
- K** **Kasse, C.,** (1997) Cold-Climate aeolian sand-sheet formation in North-Western Europe (c. 14-12.4 ka); a response to permafrost degradation and increased aridity. Permafrost and Periglacial Processes, Vol. 8, 295-311*.
- Kasse, C.,** (1998) Depositional model for cold-climate tundra rivers. In: BENITO, G., BAKER, V.R., GREGORY, K.J. (Eds.), Palaeohydrology and Environmental Change. Wiley, Chichester, 83-97*.
- Kasse, C.,** (2002) Sandy aeolian deposits and environments and their relation to climate during the Last Glacial Maximum and Lateglacial in northwest and central Europe. Progress in Physical Geography 26, 4, 507-532*.
- L** **Lanckneus, J., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Van Den Eynde, D., Fettweis, M., De Batist, M. en Jacobs, P.,** (2001) Investigation of natural sand transport on the Belgian continental shelf, BUDGET (Beneficial usage of data and geo-environmental techniques). Final report. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC)*.
- Lebbe, L. en De Ceunynck, R.,** (1980) Lithostratigrafie van het duingebied ten westen van De Panne. Professional Paper, Belgische Geologische Dienst van België, 4/171, 26p.
- Le Bot, S., Van Lancker, V., Deleu, S., De Batist, M. en Henriët, J.P.,** (2003) Tertiary and Quaternary Geology of the Belgian Continental Shelf. Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy, SPSD II, PPS Science policy, 75p.
- Liu, A.C., Missiaen, T. en Henriët, J.P.,** (1992) The morphology of the top-Tertiary erosion surface in the Belgian sector of the North Sea. Marine Geology, 105, 275-284.
- Liu, A.C., De Batist, M., Henriët, J.P. en Missiaen, T.,** (1993) Plio-Pleistocene scour hollows in the Southern Bight of the North Sea. Geologie en Mijnbouw, 71, 195-204*.
- M** **Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Natuur,** (2001) Studie naar de haalbaarheid van het natuurinrichtingsproject Meetkerkse Moeren: Archeologische Studie, 71p.*
- Mol, J., Vandenbergh, J., Kasse, C.,** (2000) River response to variations of periglacial climate in mid-latitude Europe. Geomorphology, 33, 131-148*.
- Mostaert, F.,** (1985) Bijdrage tot de kennis van de Kwartairgeologie van de Oostelijke kustvlakte op basis van sedimentologisch en lithostratigrafisch onderzoek. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, Universiteit Gent, 588pp, 113 fig., 55 tab., 78 krt.*
- Mostaert, F., Auffret, J.P., De Batist, M., Henriët, J.P., Moons, A., Sevens, E., Van Den Broeke, I. en Verschuren, M.,** (1989) Quaternary shelf deposits and drainage patterns off the French and Belgian coasts. In: Henriët, J.p. And De Moor, G. (Eds.), The Quaternary and Tertiary Geology of the Southern Bight, North Sea, Geologische Dienst van België, 111-118.

* Deze referenties worden in Hoofdstuk 2 en 3 van de toelichtingstekst vermeld.

- M** **Mostaert, F. en De Moor, G.,** (1984) Eemian deposits in the neighbourhood of Brugge: a paleogeographical and sea level reconstruction. *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie*, Vol. 93 (3), 279-286.
- Mostaert, F. en De Moor, G.,** (1989) Eemian and Holocene sedimentary sequences on the Belgian coast and their meaning for sea level reconstruction. In: **Henriet, J.p. And De Moor, G.** (Eds.), *The Quaternary and Tertiary geology of the Southern Bight, North Sea*, Geologische Dienst van België, 137-148*.
- Mullenders, W., Gullentops, F., Lorent, J., Coremans, M. en Gilot, E.,** (1966) Le remblaiement de la Vallée de la Nethen. *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 4, 169-181.
- N** **Nolf, D.,** (1973) Mollusken uit het marien Kwartair te Meetkerke (West-Vlaanderen, België). *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*, 55, 97-120*.
- P** **Paep, R.,** (1966) On the presence of *Tapes senescens* in some borings of the coastal plain and the Flemish Valley of Belgium. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.*, 74, 249-254.
- Paep, R.,** (1971) Autosnelweg Brugge-Calais. Professional Paper, Geologische Dienst van België, 9, 59p.
- Paep, R. en Vanhoorne, R.,** (1972) An outcrop of Eemian wadden deposits at Meetkerke (Belgian coastal plain). Professional Paper, Geologische Dienst van België, 7, 9p.
- Paep, R., Vanhoorne, R. en Deraymaeker, D.,** (1972) Eemian sediments near Brugge (Belgian coastal plain). Professional Paper, Geologische Dienst van België, 9, 12p.
- Paep, R. en Vanhoorne, R.,** (1967) The stratigraphy and palaeobotany of the Late-Pleistocene in Belgium. *Toelichtende Verhandelingen voor de Geologische en mijnkaarten van België*, 8, 1-96*.
- Pannekoek, A.J. en Van Straaten, L.M.J.U.,** (1992) *Algemene Geologie*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 599pp.*
- R** **Reineck, H.-E. en Singh, I.B.,** (1986) *Depositional sedimentary environments, with reference to terrigenous clastics*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 551pp*.
- V** **Vandenbergh, J., Vandenbergh, N. en Gullentops, F.,** (1974) Late Pleistocene and Holocene in the neighbourhood of Brugge. *Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Klasse der Wetenschappen*, 36, 77p.
- Vandenbergh, J. en Gullentops, F.,** (1977) Contribution to the stratigraphy of the Weichsel Pleniglacial in the Belgian coversand area, *Geologie en Mijnbouw*, 56, 123-128.
- Vanhoorne, R. en Verbruggen, C.,** (1969) Le Tardiglaciaire à Roksem (Belgique). *Mededelingen van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen*, 45, nr. 21, 1-10*.
- Vanhoorne, R. en Verbruggen, C.,** (1975) Problèmes de subdivision du Tardiglaciaire dans la région sablonneuse du nord de la Flandre en Belgique. *Pollen et Spores*, Vol. XVII, 4, 525-543*.
- Van Huissteden, J. en Kasse, C.,** (2001) Detection of rapid climate change in Last Glacial fluvial successions in The Netherlands. *Global and planetary change*, 28, 319-339*.
- Van Huissteden, J., Schwan, J.C.G. en Bateman, M.D.,** (2001) Environmental conditions and paleowind directions at the end of the Weichselian Late Pleniglacial recorded in aeolian sediments and geomorphology (Twente, Eastern Netherlands). *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences*, 80 (2), 1-18*.
- Vansielegheem, L.,** (1980) *De duinkerkaan transgressies te Bredene, faciessen, verspreiding en invloed op de fysische landschapsgenese*. Onuitgegeven verhandeling, Universiteit Gent, 76pp.
- Verbruggen, C.,** (1971) *Postglaciale landschapsgeschiedenis van zandig Vlaanderen*. Botanische, ecologische en morfologische aspecten op basis van palynologisch onderzoek. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, Universiteit Gent, 440pp.*
- Verbruggen, C.,** (1979) Vegetational and palaeoecological history of the Late Glacial in Sandy Flanders. *Acta Univ. Oul.*, A.82.3, 133-142*.

* Deze referenties worden in Hoofdstuk 2 en 3 van de toelichtingstekst vermeld.

V Vermoortel, Y., (1988) Bijdrage tot de kennis van de Kwartair-lithostratigrafie in de randzone van de kustvlakte nabij Varsenare. Onuitgegeven verhandeling, Universiteit Gent, 199pp.

Visser, W.A., (1980) Geological Nomenclature (English, Dutch, French, German, Spanish). Royal Geological and Mining Society of the Netherlands, Martinus Nijhoff, The Hague, Boston, London, 540pp.*

Vos, P.C. en Van Heeringen, R.M., (1997) Holocene geology and occupation history of the Province of Zeeland. Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen, Nr. 59 (Holocene evolution of Zeeland), 2 krt., 5-109.

W Warreyn, M., (2001) Subatlantische fysische landschapsreconstructie in de omgeving van Oudenburg-Zandvoorde: probleemstelling bij de stratigrafische positie van archeologische vondsten. Onuitgegeven verhandeling, Universiteit Gent, 126pp.

Z Zeebroek, I., Tys, D., Pieters, M. en Baeteman, C., (2002) Van Schorre tot Slagveld. Een verkenning van het landschap van Testerep, Leffinge en Oostende van de Vroege Middeleeuwen tot het beleg van Oostende (1601-1604). Vanden Broele Graphic Groep, Brugge, 72p.

6.3 Kaart- en digitaal materiaal.

D De Moor, G., Mostaert, F., Libeer, L., Moerdijk, H. en Van Den Abeele, V., (1993) Geomorfologische Kaart van België, Kaartblad Oostende*.

J Jacobs, P., De Ceukelaire, M., Moerkerke, G. en Polfliet, T., (2002) Geologische Kaart van België, Kaartblad Blankenberge - Westkapelle - Oostduinkerke - Oostende*.

M Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, administratie Ruimtelijke Ordening Huisvesting en Monumenten en Landschappen. Digitale vectoriële bestanden van de Vlaamse landschapsatlas, toestand 31/03/2001, op schaal 1/10.000 of 1/50.000.

V Van Ranst, E. en Sijs, C., (2001) Digitale Bodemkaart van Vlaanderen.