

Toelichting
bij de
Quartairgeologische kaart



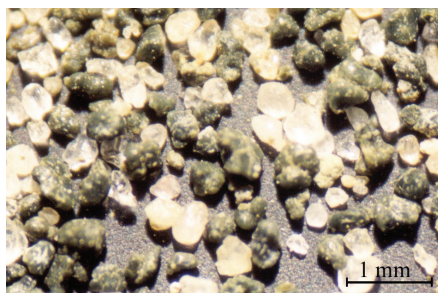
Kaartblad **10-18**
Maaseik



Depotnummer: D/2005/3241/291

Isbn: 90-403-0241-3

Nur: 905



Kaart en tekst opgemaakt door:
Koen Beerten
o.l.v. N. Vandenberghe, F. Gullentops en E. Paulissen
Katholieke Universiteit Leuven



Vlaamse overheid
Dienst Natuurlijke Rijkdommen

2005

Voorwoord

Deze uitgave is gebaseerd op het technisch verslag horende bij de Quartairgeologische kaart opgemaakt in 2000. De kaarten en de bijhorende uitleg zijn de neerslag van de stand van zaken op dat moment. Nieuwe tussentijdse ontwikkelingen zijn niet opgenomen in deze uitgave.

Koen Beerten
Leuven, 2005.

Verkoopadres:

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

Verkoopprijs:

12 euro, verzendingskosten inbegrepen

INHOUDSOPGAVE

1 Kennismaking met het karteringsgebied.	1
1.1 Geografie.....	1
1.1.1 Algemeen.....	1
1.1.2 Fysische geografie en geomorfologie.....	2
1.2 Geologie.	3
2 De opbouw van het geologische gegevensbestand en van de geologische kaarten.	5
2.1 Gegevens.....	5
2.1.1 Aard van de gegevens.....	5
2.1.2 Gegevensbestand.	5
2.2 Verwerken van de gegevens.	5
2.2.1 Diktekaart Quartair.	6
2.2.2 Reliëf van de basis van het Quartair.....	7
2.2.3 Profieltypekaart.....	7
2.2.4 Profielen.	7
2.3 Geologische databank.	7
3 Geologische kartering.	9
3.1 Ontwikkeling van de geologische kennis.	9
3.1.1 Historiek van het Quartair.	9
3.1.2 Historiek van het kaartblad Maaseik in een regionale context.....	12
3.1.3 Historisch overzicht van de tektoniek op kaartblad Maaseik in een regionale context.	17
3.2 De diktekaart.....	19
3.2.1 Inleiding.	19
3.2.2 De invloed van het Quartair op het reliëf.	20
3.2.2.1 Reliëfnivellering door het Quartaire dek.....	20
3.2.2.1.1 Eolische afzettingen.....	20
3.2.2.1.2 Fluviatiele afzettingen.	20
3.2.2.2 Reliëfvorming door het Quartaire dek.....	20
3.2.2.2.1 Eolische afzettingen.....	20
3.2.2.3 Fluviatiele erosie.	20
3.2.3 Bespreking van de diktekaart	20
3.2.4 Diktekaart van de afzettingen van de grote rivieren	21
3.2.5 Diktekaart van de deklagen.....	22
3.3 De isohypsenkaarten.	23
3.3.1 De isohypsen van de basis van het Quartair	23
3.3.2 De isohypsen van de top van de afzettingen van de grote rivieren	24
3.4 De breukenkaart.....	24
3.5 De profieltypekaart.....	26
3.5.1 Beschrijving van de gekarteerde eenheden.....	26
3.5.1.1 Fluviatiele afzettingen.	26
3.5.1.1.1 Maasafzettingen.....	26
3.5.1.1.2 Rijnafzettingen.....	28
3.5.1.1.3 Herwerkte Maas- en Rijnafzettingen.....	28
3.5.1.1.4 Formatie van Singraven: beekalluvium en veenrijk beekalluvium.	29
3.5.1.2 Eolische afzettingen.....	29
3.5.1.2.1 Dekzand.....	29
3.5.1.2.2 Duinzand: de Formaties van Bouwel en Hechtel.....	29
3.5.1.3 Afzettingen met lacustriene invloed: fluvio-lacustriene en lacustro-eolische afzettingen: het Lid van Molenbeersel.	30
3.5.1.4 Diverse leemafzettingen.....	31
3.5.2 De profieltypes.	31
3.5.2.1 Profieltypes bij Maas- en Rijnafzettingen.....	33
3.5.2.1.1 Profieltypes bij grove Maasafzettingen.	33
3.5.2.1.2 Profieltypes bij Rijnafzettingen.....	33
3.5.2.1.3 Profieltypes bij fijne Maasafzettingen.	33

3.5.2.2	<i>Profieltypes bij herwerkte Maas- en Rijnafzettingen</i>	33
3.5.2.3	<i>Profieltypes bij dekzanden</i>	33
3.5.2.4	<i>Profieltypes bij het Lid van Molenbeersel</i>	33
3.5.2.5	<i>Profieltypes bij duinzanden en de Formatie van Singraven</i>	33
3.5.2.6	<i>Overige profieltypes</i>	33
3.5.3	De profielen	34
4	Toegepaste geologie	39
4.1	Oppervlakedelfstoffen	39
4.2	Hydrogeologie	39
5	Excursiegegevens	41
5.1	Steilrand van Bree	41
5.2	Steilrand van Waterloo	41
5.3	Groeve te Neerglabbeek: Zutendaal Grinden	41
5.4	Ontsloten wand te Neerglabbeek: Zutendaal Grinden op Winterslag Zanden	41
5.5	Groeve te Opitter: Zutendaal Grinden	41
5.6	Duin en Holocene Maasvlakte te Maaseik: Formatie van Bouwel en Formatie van Leut	41
6	Referenties	43
6.1	Kaartmateriaal	43
6.2	Publicaties en thesissen	45

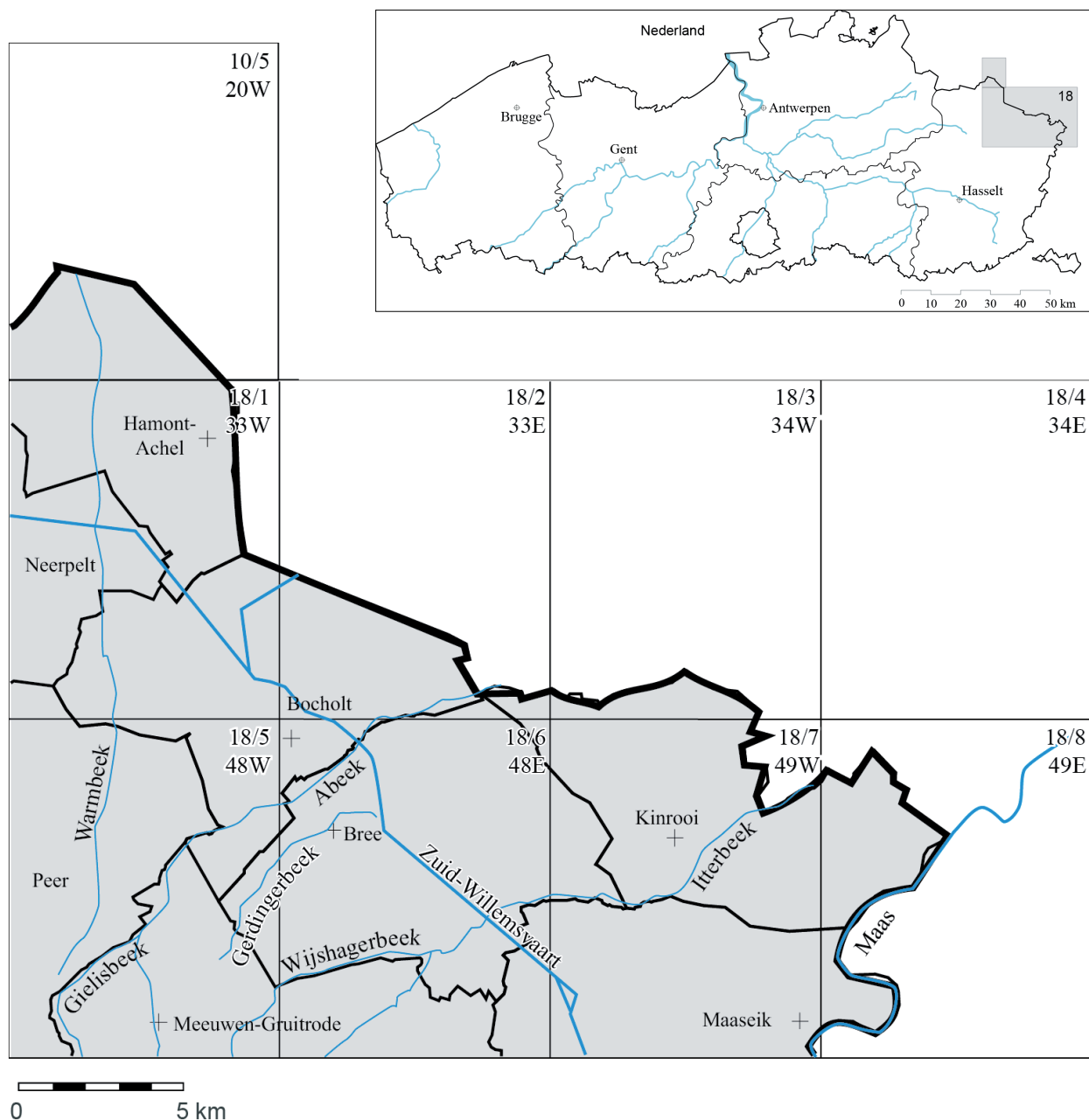
1 KENNISMAKING MET HET KARTERINGSGEBIED.

1.1 Geografie.

1.1.1 Algemeen.

Het kaartblad Maaseik (10-18) is gelegen in de provincie Limburg, in het noordoosten van België (figuur 1). In het noorden en oosten grenst het aan Nederland. Bovendien wordt de grens in het oosten gedeeltelijk gevormd door de Maas. Aangrenzende kaartbladen zijn Mol (17) in het westen en Rekem (26) in het zuiden. De voornaamste gemeenten waarvan de kern op het kaartblad gelegen is zijn Maaseik, Meeuwen-Gruitrode, Bree, Kinrooi, Bocholt en Hamont-Achel. Maaseik is de hoofdplaats van het gelijknamige arrondissement. De bevolkingsdichtheid van het gebied ligt met 150-300 inwoners/km² onder het Belgische gemiddelde. Over het algemeen heeft Limburg een vrij jonge bevolking en kent het een grote bevolkingsaan groei. Op gebied van de landbouw valt op dat er buiten de alluviale vlakte van de Maas bijna niet aan akkerbouw wordt gedaan: veeteelt en hokdieren vormen het grootste aandeel in de productiestructuur. De industriële activiteiten concentreren zich rond metaalfabricage, agro-voeding, textiel en bouwmaterialen. Ondanks een intensieve steenkoolprospectie is het nooit tot enige ontginning gekomen. De stad Maaseik is het voornaamste dienstencentrum. Enig toerisme is grotendeels te danken aan het recreatiepark Erperheide in Peer.

Fig. 1: Situering van het karteringsgebied.



De voornaamste wegen die het kaartblad doorkruisen zijn de N78 Maastricht-Maaseik-Venlo, de N76 Diepenbeek-Genk-Bree-Hamont-Achel en de N73 Hasselt-Bree-Kinrooi. In het noorden passeert de IJzeren Rijn (spoorweg Antwerpen-Roergeried). De Zuid-Willemsvaart en het Kanaal Bocholt-Herentals zijn de belangrijkste niet-natuurlijke waterwegen.

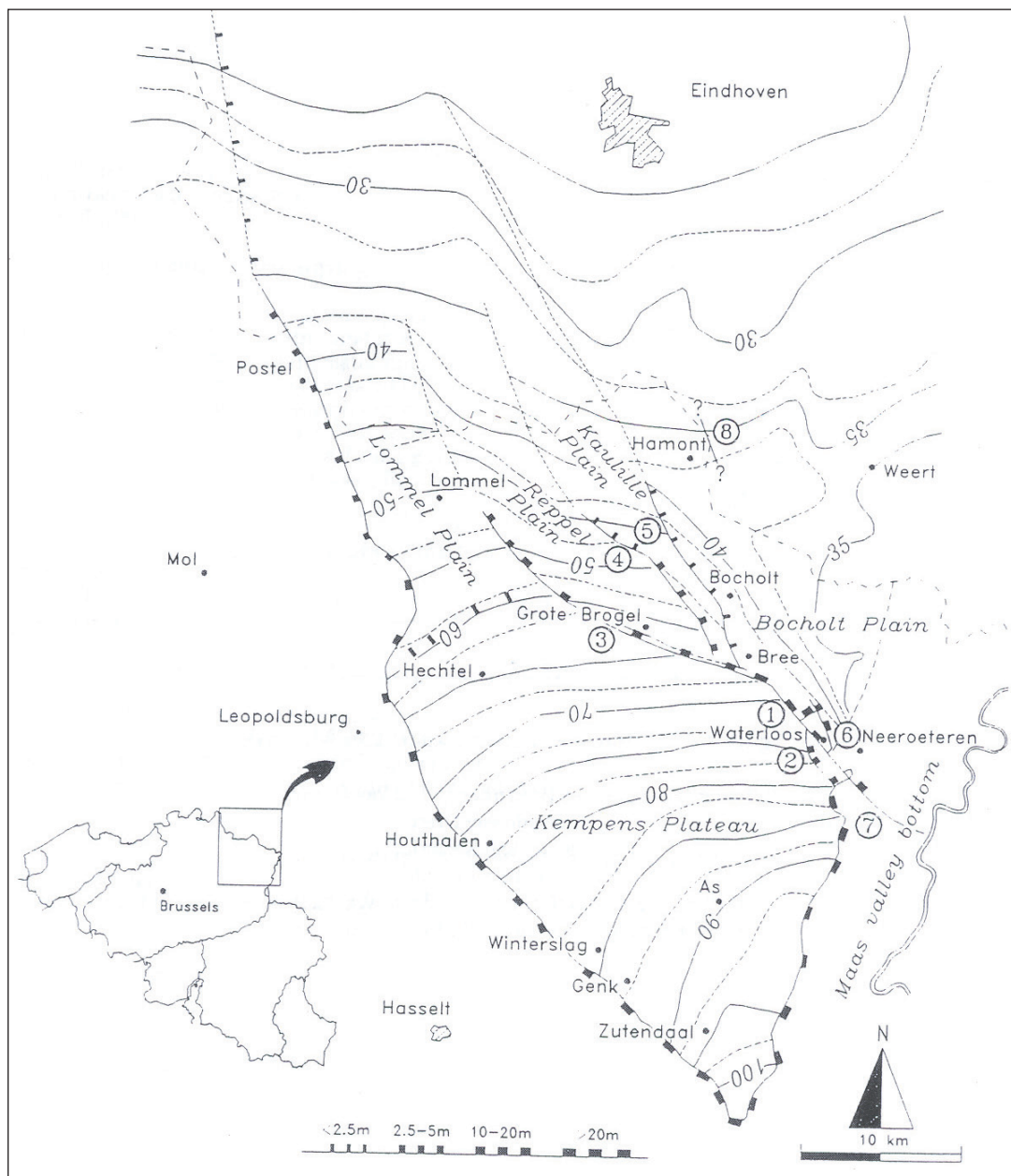
1.1.2 Fysische geografie en geomorfologie.

Geomorfologisch bestaat het kaartblad Maaseik uit een aantal vlakten en plateaus die van mekaar gescheiden zijn door min of meer belangrijke hellingen (figuur 2). Ten zuiden van Bree verheft het Kempisch Plateau zich boven de omgeving uit tot een hoogte van 70-75 m. In noordoostelijke richting is het abrupt begrensd door de steilrand van Bree waar 25-30 m lager de Vlake van Bocholt gelegen is (35-40 m). De verlaging van het reliëf in noordelijke richting gebeurt stapsgewijze via de steilranden van Grote-Brogel, Reppel en Bocholt. Ten noorden en ten noordoosten van deze randen bevinden zich respectievelijk de Vlake van Kaulille (op 50 m), de Vlake van Reppel (op 45 m) en de Vlake van Bocholt (35-40 m) die in het oosten begrensd is door de Maasvallei (30-35 m). In werkelijkheid is deze overgang in het landschap niet zichtbaar. In noordelijke richting is het plateau begrensd door de steilrand van Grote-Brogel. Bodemkundig is het ganse gebied gekenmerkt door zand- en lemige zandgronden, uitgenomen de alluviale vlakte van de Maas waar leem- en kleigronden overheersen (het Maasland).

Fig. 2: Grote geomorfologische eenheden op kaartblad Maaseik en omgeving (Paulissen, 1997).

Morfologische breukranden: (1) Bree breukrand; (2) Berg breukrand; (3) Grote-Brogel breukrand; (4) Reppel breukrand; (5) Bocholt breukrand; (6) Waterloo breukrand.

Begraven breukranden: (7) Bichterweert rand; (8) Hamont rand.



Het Kempisch Plateau wordt versneden door een aantal noordoost-zuidwest gerichte valleien. De voornaamste zijn de valleien van de Itterbeek, Eetseveldebeek, Gerdingenbeek en Abeek (fig. 1b). In het uiterste zuiden komt nog een fragment van de vallei van de Bosbeek voor. De Vlake van Bocholt en de Maasvallei worden gedraineerd door talrijke noordoost-zuidwest gerichte beken die nauwelijks ingesneden zijn in het landschap. In het westen bevinden zich een aantal beken met een noord-zuid richting, namelijk de Warmbeek, de Rioolbeek en de Erkbeek. De beken behoren allen tot het Maasbekken.

1.2 Geologie (cfr. Wouters en Vandenberghe, 1994 en Geluk et al., 1994).

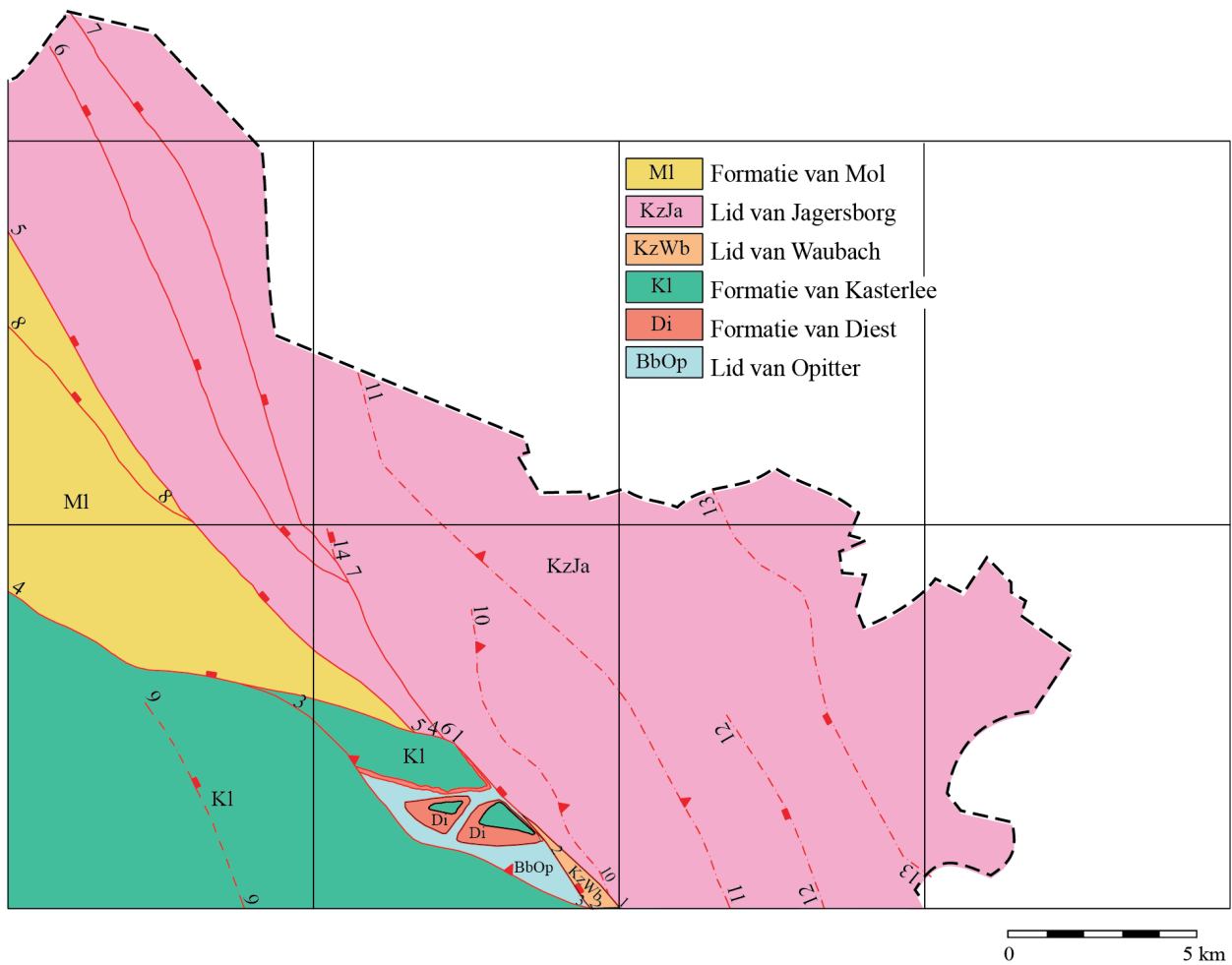
Regionaal geologisch bevindt het gekarteerde gebied zich in het Kempisch Bekken. Tektonisch ligt het op de rand van de Beneden-Rijngraben. Het Kempisch Bekken wordt gedefinieerd als dat deel van de ondergrond waar de Varistische gesteenten discordant op de Caledonische sokkel liggen. Ten zuiden van die verbreiding spreekt men van het Massief van Brabant. Globaal is het bekken van de Kempen opgebouwd uit een Caledonische sokkel, Varistische gesteenten en dekterreinen.

De Beneden-Rijngraben is opgebouwd uit verschillende blokken. Van west naar oost zijn er het Kempisch blok, de Roergraben, het Peel blok en het Venlo blok. Dit kaartblad ligt juist op de grens tussen twee blokken: het Kempisch blok en de Roergraben zelf. Ze worden gescheiden door een complex breukensysteem. De voornaamste grabenbegrenzende breuk in het noordoosten is de Peelrandbreuk. De zuidwestelijke begrenzing bestaat uit meer dan één breuk die in de loop der tijden steeds andere namen kregen en posities innamen. De Caledonische gesteenten, intens vervormd door de Caledonische orogenese, zijn discordant bedekt met gesteenten uit het Devoon en Karboon. Ten zuiden van het Varistische front, de noordelijke grens van de Varistische orogenese, zijn deze gesteenten geplooid en gebroken. In het Kempisch bekken echter zijn ze slechts scheefgesteld en opgedeeld in compartimenten door verticale breuken met een N-S- tot een NW-SE-richting, waardoor de diktes tevens per compartiment verschillen: het Westphaliaan D is ongeveer 500 m dik op het Kempisch blok en ontbreekt nagenoeg volledig in de graben zelf. In het Westphaliaan bevinden zich de steenkoollagen. Discordant op de Devoon- en Karboon-series zijn Permo-Trias-Jura-lagen afgezet, op hun beurt gekanteld door de Kimmerische fase. Tijdens dezelfde tektonische fase worden de reeds genoemde breuken weer actief om zodoende de Beneden-Rijngraben een meer definitieve vorm te geven. Het effect is dat deze lagen een enorme dikte hebben in de graben. Later wordt het gebied overspoeld door de Laat-Krijt-zee waarbij de Krijtsedimenten buiten de graben dikker zijn dan in de graben tengevolge van de Sub-Hercynische inverse tektonische fase. De formaties van Aken, Vaals, Gulpen en Maastricht worden teruggevonden op het kaartblad Maaseik.

Tijdens het Tertiair wordt een hele reeks zanden, kleien en mergels van mariene en - in mindere mate - continentale oorsprong afgezet. De dikte van de lagen neemt progressief toe van zuid naar noord. Bovenop de algemene helling van de lagen naar het noorden komt een noordoostelijke component, veroorzaakt door breuken die samenhangen met de Roergraben. Zo zijn de cumulatieve breukbedragen langsheen de Feldbiss Bundel gemiddeld 800 m voor de basis van het Paleogeen en 400 m voor de basis van het Neogeen. Na een kleine periode van sedimentatie in het Paleoceen en erosie op de grens Paleoceen-Eoceen treedt er in het Oligoceen opnieuw sedimentatie op in de Roergraben: de Rupel Groep wordt afgezet in een tensiel regime met breukbedragen van ongeveer 20 meter. Vanaf het Laat-Oligoceen neemt de subsidentiesnelheid fors toe. Voor het Mioceen zijn de sedimentdiktes op de blokken en in de graben respectievelijk reeds 125 en 500 meter. De Plio-Pleistoceenafzettingen bereiken een dikte van 200 à 300 meter en zijn praktisch volledig gelimiteerd tot de graben zelf.

Onder de dagzomende lagen bevinden zich sedimenten van de Haspengouw Groep, de Landen Groep, de Rupel Groep, de Tongeren Groep en de formaties van Bolderberg en Diest. De dagzomende lagen zijn achtereenvolgens van zuid naar noord de formaties van Kasterlee en Mol buiten de graben en de Kiezeloëlietformatie in de graben. De formaties van Bolderberg, Diest en Kasterlee dagzomen nog in het Hoog van Bree, een structureel blok waarvan het ontstaan samenhangt met de ontwikkeling van de Roergraben.

Fig. 3: Tertiair kaartblad 10-18.



Reeds in het Plioceen begint de modellering van het landschap, een proces dat voortgezet wordt in het Quartair. In hoofdzaak tektonische bewegingen, fluviatiele erosie, de afzetting van grindrijke riviersedimenten, klei- en leemrijke afzettingen met sterke lacustriene invloed, eolische zanden en de afbraakprodukten hiervan geven het landschap haar huidige uitzicht.

2 DE OPBOUW VAN HET GEOLOGISCHE GEGEVENSBESTAND EN VAN DE GEOLOGISCHE KAARTEN.

2.1 Gegevens.

2.1.1 Aard van de gegevens.

Voor het maken van de kaart werd gebruik gemaakt van de gegevens uit de archieven van de Belgische Geologische Dienst, meer bepaald de dossiers horende bij de kaartbladen Beverbeek (20W), Hamont-Veldhoven (33W-E), Groot-Beersel (34W), Meeuwen-Bree (48W-E) en Maaseik-Ophoven (49W-E). Deze gegevens zijn meestal lithologische beschrijvingen van boringen. Een groot deel van die boringen zijn ondiep (max. 4m), uitgevoerd op het einde van de vorige eeuw in het kader van de vorige geologische kartering, een aantal zeer diepe steenkoolboringen en tenslotte boringen voor wetenschappelijke doeleinden (BGD), in verband met waterwinning (NMW en VMW) of grindwinning (in opdracht van de overheid of bedrijven). Het merendeel van de boringen zijn spoelboringen. Een aantal boringen zijn gelogd. Verder zijn de gegevens gebruikt afkomstig van 6 bijkomende boringen, uitgevoerd specifiek in het kader van de kartering van dit kaartblad. Uit een geologisch onderzoek van de grindafzettingen in het Limburgs Maasland zijn een groot aantal gegevens opnieuw geïnterpreteerd en geïntegreerd (Gullentops et al., 1979). Een aantal boringen in de huidige Maasvallei werden ons ter beschikking gesteld door het ANRE. Tenslotte werd gebruik gemaakt van de bodemkaarten en de topografische kaarten. Het geheel werd aangevuld met eigen terreinwaarnemingen en in een algemeen kader geplaatst aan de hand van de literatuur die beschikbaar was over de Quartairgeologie van dit kaartblad.

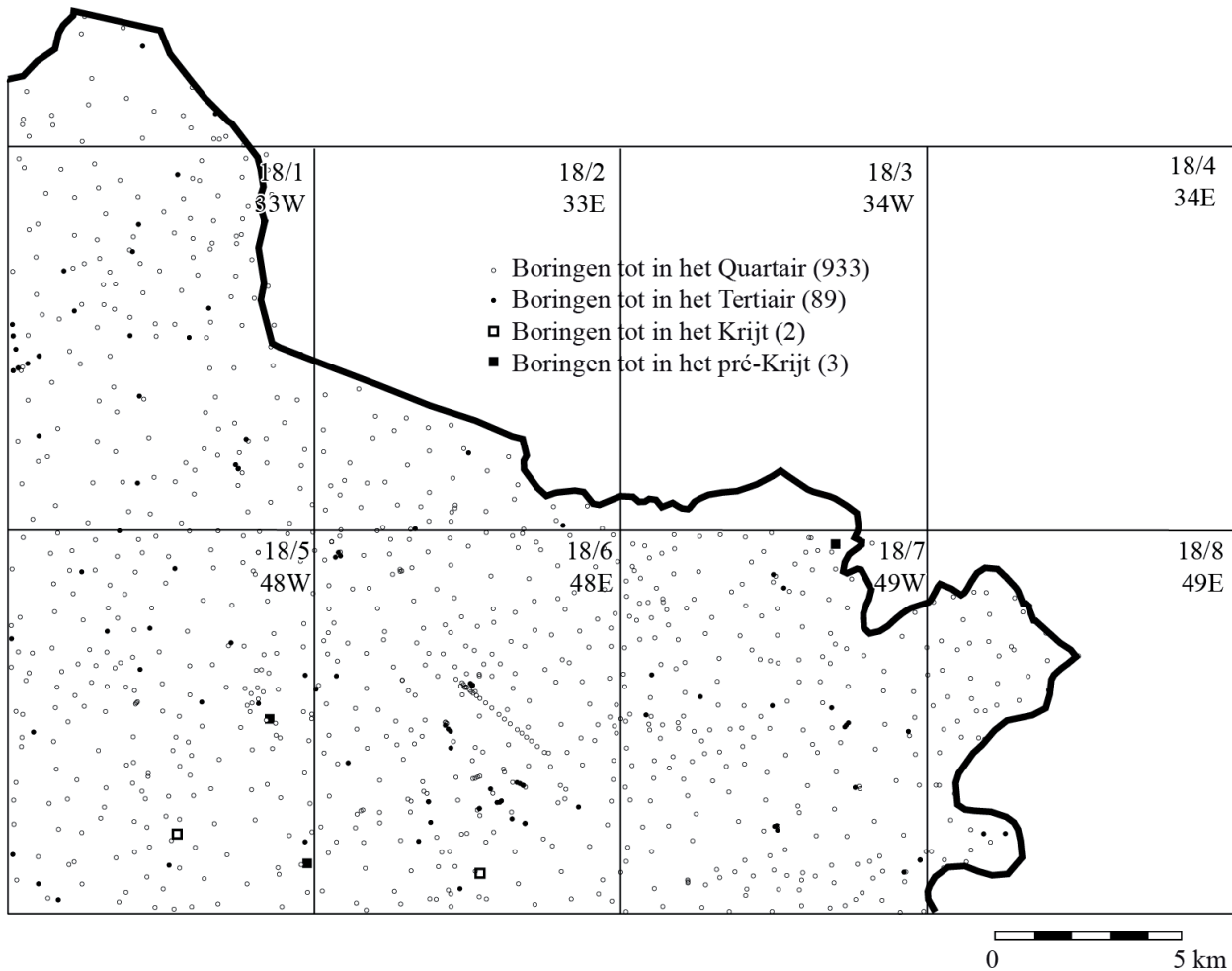
2.1.2 Gegevensbestand.

De verwerkte gegevens zijn opgenomen in een databank die geraadpleegd kan worden. Per kaartbladdeel en per boring zijn zodoende allerhande gegevens beschikbaar: administratieve gegevens, technische gegevens, de lithologische beschrijving, de oude en nieuwe stratigrafische interpretatie. Voor deze gegevens worden een aantal symbolen gebruikt die voor het gehele karterproject, zowel het Quartair als het Tertiair, in een centrale databank terechtkomen.

2.2 Verwerken van de gegevens.

De boorgegevens werden systematisch ingevoerd in een lotusmatrix (boornummer versus lithologie). Via een hulpprogramma zijn deze gegevens getransfereerd naar een Autocad-file: per punt wordt zo de numerieke waarde van de dikte van elke lithologie geplott op de plaats waar het voorkomt. Met de diverse hulpkaarten als onderlegger (topografische kaarten, bodemkaarten,...) wordt op die manier een eerste Quartairgeologische kaart gemaakt. De topografische (orohydrografische) kaart is een onontbeerlijk instrument gezien de nauwe relatie tussen Quartair-afzettingen en het reliëf. Lithologisch gelijkaardige sedimenten kunnen zo toch gedifferentieerd worden op basis van hun lokatie en voorkomen. Op dezelfde wijze wordt een dikte- en basiskaart van het Quartair gemaakt. De lokalisatie van de waarnemingspunten is gegeven in figuur 4.

Fig. 4: Lokalisatie van de waarnemingspunten.



2.2.1 Diktekaart Quartair.

Een eerste en essentieel onderdeel in de beschrijving en kartering van het Quartair is het opstellen van een diktekaart van de Quartaire afzettingen. De beschikbare gegevens werden via een hulpprogramma op schaal 1:25.000 geplot waarbij volgende zones werden afgebakend: diktes kleiner dan 1m, diktes tussen 1 en 4m, tussen 4 en 10m, tussen 10 en 22m en diktes groter dan 22m. De eerste diktegrens plaatsen we op 1m omdat tot op deze diepte de bodemkaart veel informatie kan verschaffen. Voor de diktes groter dan 1m werd geopteerd voor een geometrische progressie omdat er steeds minder (archief)gegevens voorhanden zijn naarmate de dikte van de Quartaire afzettingen groter wordt. Ten gevolge van het relatief klein aantal gegevens zou het tevens zinloos zijn eenzelfde lineaire nauwkeurigheid na te streven en bv. isopachen te tekenen om de 2m of 5m. Hier kozen we als basis voor de progressie 3, wat de reeks 3-6-12 geeft. Voor de diktekaart van Maaseik werden de isopachen van 1m, 4m (= 1+3), 10m (= 4+6), 22m (= 10+12) en 46m (=22+24) getekend. Bijkomende argumenten voor de basis 3 zijn: tot 4m diepte zijn er nog goede handboringen mogelijk en in thesissen en publicaties werden de grenzen van 1m, 4m, 10m en 22m ook vaak gehanteerd.

De dikte van het Quartair schommelt rond de 10 m op het Kempisch Plateau ten zuiden van de Grote-Brogel rand en de steilrand van Bree. In de valleien van de Itterbeek en de Eetseveldebeek, de hellingen aan weerszijde van deze valleien en ter hoogte van de rand van Bree is het Quartair minder dan 4 m dik. De diktes onder de vlakten van Kaulille en Reppel nemen toe van respectievelijk rond de 10 m tot tussen de 10 en 22 m. De dikte van het Quartair onder de Vlake van Bocholt neemt toe van 10-22 m in het zuidoosten tot meer dan 46 m in het noordwesten. In de Maasvallei ten slotte heeft het Quartair een dikte van 10 tot 22 m, meestal schommelend rond de 15 m.

Vanuit een praktisch oogpunt leek het ons aangewezen om naast het construeren van een diktekaart voor alle Quartaire afzettingen ook diktekaarten te maken van de deklogen enerzijds en de afzettingen van Maas en Rijn anderzijds. Het overgrote deel van de gekarteerde eenheden op het kaartblad Maaseik is immers terug te brengen tot één van beide groepen.

2.2.2 Reliëf van de basis van het Quartair.

De basis van het Quartair is in feite een onregelmatig vlak dat geconstrueerd is aan de hand van de topografische hoogte van het contact tussen het Tertiair en het Quartair. De uiteindelijke vorm van dit vlak is het resultaat van de bestaande Tertiaire topografie en Quartaire erosie, sedimentatie en tektoniek. Op plaatsen met een uitgesproken huidig reliëf zijn de isohypsen parallel getekend met de topografische contourlijnen. Dit is gerechtvaardigd omdat het Quartair op die plaatsen redelijk dun is (1-4 m). Op het Kempisch Plateau, de reeds genoemde vlakten en in de Maasvallei s.s. is geen rekening gehouden met de topografie omdat we daar te maken hebben met dikke afzettingen waarvan de dikte en de basis zeer onregelmatig zijn. Het contactvlak tussen Tertiair en Quartair is het hoogst gelegen in het uiterste zuidwesten (60 à 65 m boven zeeniveau) en verlaagt van daaruit in alle richtingen. Deze verlaging is breukgebonden. Ter hoogte van de vlaktes van Kaulille, Reppel en Bocholt daalt dit vlak tot respectievelijk 30 à 40 m, 15 à 35 m en 15 tot -30 m. De Quartairbasis in de Maasvallei ligt op ongeveer 10 à 15 m.

2.2.3 Profieltipekaart.

Een tweede onderdeel van de Quartairkartering is het opstellen van een profieltipekaart. Naast de dikte is de lithologische aard een tweede variabele van de Quartaire afzettingen. Hetzij voor een wetenschappelijke verklaring, hetzij voor het aanbieden van zo nuttig mogelijke informatie aan de gebruiker is het dan ook essentieel een beeld te verschaffen van de opbouw van het Quartaire pakket. De profieltipekaart is samengesteld op basis van de verticale opeenvolging van de lithologische eenheden die onderscheiden werden. Daarvoor werden eenheden gebruikt die binnen de gebruikte schaal karteerbaar zijn zonder een onoverzichtelijk geheel te vormen.

2.2.4 Profielen.

Om een beter inzicht te krijgen in de opbouw van de Quartaire afzettingen werden er enkele profielen door het kaartblad getrokken. Er werden echter geen rechte profielen getrokken, maar profielen die de kortste weg volgen tussen de gegevenspunten. Om rechte profielen te kunnen tekenen is het noodzakelijk dat ofwel alle gebruikte gegevens op een rechte lijn liggen ofwel dat gegevens van boringen die zich op een zekere afstand van het getrokken profiel bevinden, geëxtrapoleerd kunnen worden. Bij Quartairkartering is dit niet verantwoord aangezien de dikte en de aard van de Quartaire lagen zeer variabel kunnen zijn over een relatief korte afstand. Om beide redenen werd geopteerd voor het trekken van profielen, gaande van het ene punt naar het andere. Er werd gekozen voor profiellijnen die een groot gegevensaantal hebben.

2.3 Geologische databank.

Vanaf de aanvang van het project "Herziening van de Geologische kaart" in 1989 werd door de Rijksuniversiteit Gent geopteerd voor de informatisering van de gegevensverzameling. Bij het ontwerp van de geologische database werd gekozen voor de relationele database-benadering. Een relationele database is een database die door de gebruikers wordt waargenomen als een verzameling van tabellen.

Per boring kunnen een reeks gegevens ingevoerd worden die door het boornummer aan mekaar gekoppeld kunnen worden en waarbinnen zoekstructuren opgezet kunnen worden.

De stratigrafische gegevens bestaan voornamelijk uit boorgatmetingen, korrelgroottes, mineralogische analyses en seismische gegevens. De in de databank op te nemen gegevens kunnen bijgevolg in grote groepen onderverdeeld worden nl. terreingegevens betreffende één punt, analyseresultaten aangaande één punt en seismische lijnen, bestaande uit een reeks gekoppelde puntwaarnemingen.

Elk karteerproject is opgedeeld in 8 subprojecten die overeenkomen met de topografische kaarten op schaal 1:10.000. Per dossier/kaartbladdeel worden de gegevens onder één directory opgeslagen met de naam van het kaartbladdeel.

Per boring worden enkele algemene gegevens ingevoerd waaronder het archiefnummer uit de dossiers van de BGD, het project waarin de geplaatste boring kadert, de Lambertcoördinaten en hun origine, het maaiveld en zijn origine, de totale diepte van de boring, de aard, de methode en het doel van de boring. Voorts de uitvoerder van de boring, de gemeente waarin uitgevoerd, de datum en de opdrachtgever van de geplaatste boring. Vervolgens kunnen de geologische data worden ingevoerd waarbij een opsplitsing gebeurt naargelang de aard van de geologische data: Quartaire interpretatie, Tertiaire interpretatie, oude interpretatie van de boorgegevens enz. Om de tabellen niet te overladen met tekst, en voor de eenduidigheid van de gegevens, wordt een deel van de informatie gecodeerd. Deze codes zijn opgeslagen in codetabellen. Voor de Quartairkaart van Maaseik werd de onderstaande codelijst gebruikt. De geïnterpreteerde stratigrafische gegevens worden op basis van hun diepte ingegeven waarbij de verhouding tussen sedimentpakketten meer specifiek kan worden weergegeven op basis van de letters T (= tot), E (= en) en O (= of). Bij niet exact geweten dieptes kan er geen vraagteken worden ingevoerd met als gevolg dat er enkel zekere dieptes worden ingevoerd en dat tussenliggende sedimentpakketten niet weergegeven zijn in de stratigrafische interpretatie. Gezien deze informatie belangrijk is voor de gebruiker wordt deze in een opmerkingenveld geschreven. Voor dit kaartblad zijn de codes uit tabel 1 gebruikt

Tabel 1: Lithotypesymbolen.

Q	Quartair
\$	Tertiair
HO	Holoceen
WE	Weichseliaan
SA	Saaliaan
ES	Elsteriaan
CR	Cromeriaan
LANK	Formatie van Lanklaar
LEUT	Formatie van Leut
BOZd	Bocholt zanden
LOZd	Lommel zanden
WIZd	Winterslag zanden
ZUGt	Zutendaal grinden
MMGt	Maasmechelen grinden
GSGt	Geistingen grinden
STGt	Stokkem grinden
WILD	Formatie van Wildert
HECH	Formatie van Hechtel
BOUW	Formatie van Bouwel
Gh	herwerkt Maas- en Rijngrind
Zh	herwerkt Maas- en Rijnzand
SIGR	Formatie van Singraven: (venig) beekalluvium
Le	leem
HAKl	Hamont klei
MOBE	Lid van Molenbeersel A en B
Zdek	Ouder dekzand

3 GEOLOGISCHE KARTERING.

3.1 Ontwikkeling van de geologische kennis.

3.1.1 Historiek van het Quartair.

1829 *J. Desnoyers* onderscheidt een tricyclisch Quartair, wat ook wel “Tertiair récent” werd genoemd. Het eertse member hiervan kwam overeen met de huidige Pliocene, Miocene en Oligocene formaties, welke tegenwoordig als volledig Tertiair worden beschouwd. Het tweede en derde member (Q inférieur en Q supérieur) krijgen respectievelijk de namen Diluvium en Modern en omvatten het huidige Quartair.

In **1849** wordt het Diluvium door *A. Dumont* verder opgesplitst in Onder-Diluvium, dat voornamelijk uit grinden bestaat en Boven-Diluvium. Het Boven-Diluvium omvat enerzijds het mariene Campiniaan (zandafzettingen) en anderzijds het meer continentale Hesbayaan (leemafzettingen), die als laterale faciës van dezelfde ouderdom beschouwd werden.

1868 In zijn ‘Prodrome d’une description géologique de Belgique’ baseert *Dewalque* zich op de bestaande indelingen.

1880 *Mourlon* houdt zich grotendeels aan het bestaande stratigrafische schema in zijn ‘Géologie de la Belgique’. *E. Van Den Broeck* pleit voor een eolische origine van het bovenste gedeelte van de Hesbayaanse lemen.

1885 *Rutot* en *Van Den Broeck* vervangen het Campiniaan door het op te splitsen in een bovenste Flandriaan met de Zanden van Vlaanderen en de Kempen, en een onderste Campiniaan. De reden tot deze opsplitsing was de ontdekking van een grijs lemig pakket onder het Campiniaan van voor 1885 (de Zanden van de Kempen) welke volgens *Dumont* enkel de dunne zeer zandige mantel in Vlaanderen en de Kempen omvatte. Het oorspronkelijke Campiniaan onderging dus een tweeledige verandering: lithologisch was het niet meer de zandige mantel, maar het onderliggende lemige pakket, en chronologisch werd het vroegere Campiniaan ook ouder. Dit leidde tevens tot het onderscheiden van twee verschillende lagen in het Hesbayaan van *Dumont* nl. een bovenste geel homogeen leempakket en een onderste grijs leempakket, welke het equivalent is van de nieuwe geïdentificeerde Kempense Leem. Zodoende werd dit onderste leempakket ook ouder, gezien de correlatie met het geredefinieerde Campiniaan. De nieuw ontstane termen werden gerefereerd aan: “Assise Campinienne Q1”, “Assise Hesbayenne Q2” en “Assise Flandrienne Q3”. De Flandriaanzanden worden nu beschouwd als niet-mariene alluviale afzettingen zich situerend op de Hesbayaanlemen. Het Campiniaan vervangt de vroeger gebruikte term “Diluvium” en dit door het aanbrengen van het ondertse grijze leempakket in het Campiniaan en ook alle zanden en grinden die op plateaus van verschillende hoogte liggen.

1892 Door de steeds wijzigende betekenis van de naam Campiniaan voegde *Mourlon* de term “Moséan” toe aan de eerste legende van de geologische kaart van België, gepubliceerd in oktober 1892. Deze nieuwe term omvatte zowel alle plateau-afzettingen als de mariene afzettingen rond Antwerpen van het Campiniaan van *Rutot*, terwijl de grijze leemafzettingen van de Campiniaan- en Hesbayaan gebieden terug bij het Hesbayaan werden gevoegd. Dit omsluit nu ook de grijze lemige afzettingen binnen de Zanden van Vlaanderen. Enkel de grindafzettingen van de Maas, de Zanden van Mol en de Kempense Kleien bleven onder het Campiniaan geclassificeerd.

1896 In de tweede legende van de geologische kaart van België van april 1896 ondergingen het Moséaan, het Hesbayaan en het Campiniaan geen grote veranderingen. Uit het Moséaan werden de veronderstelde mariene afzettingen rond Antwerpen weggelaten. Het Flandriaan daarentegen werd uitgebreid met de afzettingen in de kustvlakte en de zandige gebieden ten noorden van Gent.

1899 *A. Rutot* introduceerde de term “Brabantiaan” als indicatie voor de bovenste gelige eolische leemafzettingen. Deze term werd echter nooit in de legendes gebruikt.

In maart **1900** kwam er een derde publicatie van de legende van de geologische kaart van België waarbij de Klei van de Kempen en de Zanden van Mol ook tot het Moséaan gingen behoren. Dus enkel de grindafzettingen van de Maas behoren nu nog tot het Campiniaan.

1909 In een vierde editie van deze legende werden er geen veranderingen aangebracht in de Quartaire stratigrafische schaal. Het Moséaan en het Flandriaan werden beide beschouwd als afzettingen van mariene transgressies te wijten aan een subsidentie van het hinterland. Het Campiniaan en het Hesbayaan worden gezien als continentale sedimenten, afgezet na fases van valleïnsnijdingen gedurende periodes van uplift.

In 1910 deelt *A. Rutot* op het 11^{de} geologische congres in Stockholm de 5 perioden van zijn systeem (Moséaan, Campiniaan, Hesbayaan, Brabantiaan, Flandriaan) in volgens verschillende klimaatsveranderingen. Daar de Günzglaciatie als Pliocene werd beschouwd, werd een driedelige glaciële onderverdeling naar voren geschoven.

Onder-Quartair	Moséaan	Mindel glaciatie
Midden-Quartair	Campiniaan-Hesbayaan	Riss glaciatie
Boven-Quartair	Brabantiaan Flandriaan	Riss-Würm interglaciaal Würm glaciaal

Het was ook de periode dat het terrassenconcept meer aandacht kreeg in de Belgische literatuur (zie ook elders).

1919 *Rutot* herkende eerst drie en later vier terrassen nl. op 100m, op 60m, op 30m en op 3 à 10m hoogte. Zijn pogingen om de Quartaire afzettingen te relateren aan deze terrasniveaus leidden tot een nieuw voorstel voor de stratigrafische legende van het Quartair op de geologische kaart van België. Naar analogie met de Quartaire geologie in Noord-Frankrijk werd door *Rutot* het systeem “Moséaan, Campiniaan, Hesbayaan, Brabantiaan en Flandriaan” gereduceerd tot
“Quaternair supérieur”
“Quaternaire moyen”
“Quaternair inférieur”

1920 *A. Rutot* beschouwt de Zanden van Mol, die kiezoölietlaagjes bevatten, als fluviatiele afzettingen en relateert hen aan de oölitische afzettingen van de hoge plateaus van de Maas. Samen met de Kempense Kleien behoren ze nu tot het Scaldisiaan. Eerder maakten ze reeds deel uit van het Poederliaan.

1922 Onder impuls van *A. Renier* wordt de term “Cénozoïcum” ingevoerd waaronder Tertiair en Quartair vervat zitten. Dit om verwarring omtrent de Tertiair - Quartair grens te vermijden. Ook de termen Modern en Quartair worden respectievelijk vervangen door Holoceen en Pleistoceen.

1923 De Zanden van Mol en de Kleien van de Kempen worden ondergebracht in het Amsteliaan.

In 1925 werd het Pleistoceen onderverdeeld in Boven- en Onder-Pleistoceen met een geografisch onderscheid in de nomenclatuur van het Boven-Pleistoceen tussen de kustvlakte en het binnenland.

1929 Een nieuwe publicatie van de legende van de geologische kaart van België bracht een grote doch minder gunstige verandering in de legende van het Quartair te weeg. In tegenstelling tot de vroegere legendes steunde deze legende in plaats van op lithostratigrafische verschillen op een biostratigrafisch onderscheid van de verschillende formaties.

In 1943 wordt een nieuwe start gegeven aan het onderzoek van het Quartair, wanneer *R. Tavernier* een nieuwe poging tot classificatie onderneemt. Het belangrijkste punt in zijn benadering was de invloed van de noordelijke glaciaties. Het zwaartepunt lag nu bij een vernieuwd inzicht in de geomorfologische-genetische concepten van de afzettingen, herkend in de vroegere onderverdelingen, zodat nieuwe namen en afzettingen geïntroduceerd werden. In tegenstelling tot de toen geldende mening, getuigt het Belgische reliëf niet enkel van een normale morfogenese, maar ook van een periglaciaal beïnvloedde morfogenese. Het Moséaan bevatte in Taverniers classificatie de Zanden van Mol, de Kleien van de Kempen en alle plateau terrasafzettingen (inclusief de oölitische kwartsgrinden en alle hoogterras residuele grinden). Het Campiniaan (het Hoogterras van de Kempen en alle hoge terrassen in Zuid-België) wordt nu gerelateerd aan het eerste gedeelte van het Riss. Het tweede gedeelte van het Riss wordt verbonden met de eolische lemen van het Hesbayaan en de middenterassen. De naam Brabantiaan wordt vervangen door Eemiaan ter aanduiding van het Riss-Würminterglaciaal en omvat de zanden van Oostende. Ook het Flandriaan wordt door *Tavernier* verder onderverdeeld in een Onder-Flandriaan, wat de Würm glaciële afzettingen omvat en een Boven-Flandriaan (=Post-Glaciaal), wat grotendeels gedomineerd wordt door de twee transgressies (Duinkerke en Calais).

1946 De Zanden van Oostende worden door *Tavernier* gelinkt aan een Würm-interstadiaal.

1948 Voor het eerst worden door *Tavernier* in de leemafzettingen van het Würm, drie assises onderscheiden die drie stadialen vertegenwoordigen nl. Ergeron inférieur, Ergeron moyen en Ergeron supérieur, gescheiden door twee interstadialen (opwarming van het klimaat tijdens de Würmglaciatie).

1954 Een nieuw onderzoek van het Quartair leidde tot de ontdekking van drie loesspakketten, van elkaar gescheiden door twee bodems, en als geheel gelegen op de Zanden van Oostende die weer in het Riss-Würm-interglaciaal worden ondergebracht. Tevens wordt het Onder-Flandriaan vervangen door chronologische connotaties zoals Würm I, II en III.

In diezelfde periode verscheen het werk van *F. Gullentops* waarin hij een nieuwe inhoud gaf aan de begrippen Brabantiaan en Hesbayaan en enkele nieuwe namen creëerde zoals “Hennuyen”. Dit laatste verwijst naar de loess uit het Riss in Haspengouw, vroeger “Hesbayen” genoemd. Het Brabantiaan staat voor een gelige poederige eolische loess en Hesbayaan voor het bruin-grijze middendeel met zandige laagjes (in het begin van deze eeuw waarschijnlijk Campiniaan genoemd). Ook enkele grenshorizonten werden voor het eerst goed gedefinieerd waaronder twee bodemhori-

zonten. De Bodem van Kesselt (bruin en vrij zwak ontwikkeld) en de Bodem van Rocourt (rood en sterk ontwikkeld) vormen de grens tussen respectievelijk het Brabantiaan-Hesbayaan en het Hesbayaan-Hennuyen. Deze bodems zijn een duidelijke expressie van een opwarming van het klimaat respectievelijk tijdens een interstadiale fase van het Würm en tijdens het Riss-Würminterglaciaal.

1961 *J. De Ploey* deelt het Quartair in de Antwerpse Noorderkempen lithostratigrafisch in. Zo omvatte het Weichsel volgens hem hier de Formatie van St-Lenaerts (venen, B-stuifzanden en verspoelingen van deze zanden, A-löss) die getuigt van een verkoeling van het klimaat na het Eem interglaciaal, de Formatie van Wildert (H-dekzanden, geen verspoelingen, grindlaag aan de basis, rustend op de Formatie van Sint-Lenaerts of niet benoemde H-stuifzanden) die ontstond ten gevolge van het periglaciale klimaat en de laatglaciale Formatie van Beerse (stuifzanden).

1967 Het Laat-Pleistoceen wordt lithostratigrafisch verder opgedeeld door *R. Paepe* en *R. Vanhoorne*. Boven de Rocourtbodem ligt een grijze solifluctielaag waarvan de top de A-horizont is van een steppebodem welke zich vormde na de initiële solifluctie. Reeds vroeger werd deze zone de Warnetonbodem genoemd.

1970 *B. Bastin* neemt een driedelige onderverdeling aan van de Weichselafzettingen met daarin vijf interstadialen. De grootste scheiding ligt tussen het bovenste Neowürm en het daaronderliggende Mesowürm, gescheiden door het interstadiaal van Kesselt-d'Arcy. Het oudste Eowürm bevat 3 interstadialen, namelijk dat van Amersfoort, Brorup en Odderade. Het Neowürm bevat nog 1 interstadiaal.

1976 *Paepe* en *Vanhoorne* stellen een nieuwe indeling voor van het Pleistoceen:

- **Onder-Pleistoceen (Pretigliaan-Baveliaan):**
De transitie van het Tertiair naar het Quartair wordt middenin de Zanden van Mol geplaatst. Bijgevolg behoren de oölitische grindlagen aan de basis van het Kempisch Complex, het complex zelf en de Bouge-grinden in de Ardennen tot het Pleistoceen. Het hoogterras van de Kempen is afgezet in een tijdspanne die loopt van het Menapiiaan tot het Elsteriaan.
- **Midden-Pleistoceen (Cromeriaan-Saaliaan):**
De mariene afzettingen van het Cromeriaan tot en met het Holsteiniaan worden gegroepeerd in de Herzele-formatie. De auteurs stellen voor om de continentale afzettingen die vroeger onder de naam "Hennuyen" vielen - de loess en loessachtige afzettingen onder de Weichsel-loess - een andere naam te geven, namelijk de Hainaut-formatie.
- **Boven-Pleistoceen (Eemiaan-Holoceen):**
De Formatie van Gent bevat alle Weichsel-afzettingen in Zandig-Vlaanderen: de Ertvelde dekzanden, de Zelzatebodem en de Lembeke venige klei. Deze afzettingen komen overeen met het bovenste gedeelte van de vroegere Zanden van Vlaanderen (q41 en q4s1 van de vroegere legende). De Formatie van Gembloux wordt als volgt onderverdeeld: de Brabant-leem, de Kesselt-bodem en de Haspengouw-leem. Dit is ongeveer het q3n, q3m en q3ms van het Hesbayaan van de bestaande geologische kaart.
In de Formatie van Gent komt het pleniglaciale deel van het lid van Ertvelde overeen met de Formatie van Wildert in de Kempen (De Ploey, 1961). De Formatie van Sint-Lenaerts is dan het Kempense equivalent van het lid van Lembeke.
De mariene afzettingen van het laatste interglaciaal (Eem) worden nog altijd de Zanden van Oostende genoemd. Ze komen voor nabij de kustvlakte en in de Vlaamse Vallei, waar ze in oostelijke richting lateraal overgaan in een basale grindafzetting, de Formatie van Zemst genaamd.

1977 *Vandenbergh* en *Gullentops* beschrijven de sedimenten van twee profielen respectievelijk nabij Brugge en in de Zuiderkempen die bijdragen tot de onderverdeling van het Weichsel in het Belgische dekzandgebied. Tussen een reeks gelamineerde zanden en silten (onderaan) en lemige dekzanden (bovenaan) komt een veenlaag voor, het Assebroek-veen, gedateerd met ¹⁴C op 30.700 BP en gecorreleerd met het Arcy-Kesselt interstadiaal. Pollen wijzen op vrij warme omstandigheden. De bovenste dekzanden worden gekenmerkt door drie niveaus met vorstscheuren en een grindsnoer. Het onderste niveau is gedateerd tussen 26.220 BP en 24.760 BP. De strengste klimatologische condities van het Weichsel begonnen reeds vlak na het Arcy-Kesselt interstadiaal.

1980 Op basis van periglaciale verschijnselen, pollen-analysen en de hoogten van vroegere sneeuwgrenzen heeft men getracht een beter inzicht te krijgen in het klimaat en de stratigrafie in Nederland en omgeving van 30ka BP en 13ka BP. We geven hier een kort schematisch overzicht (Kostrup, 1980):

- 30-29ka BP: veenlaag, meestal bedekt met fluviatiele zanden en grinden (Midden-Pleniglaciaal), geïnvolueerd; kort hierna klimaatsverslechtering;
- 28-27ka BP: overgang naar Boven-Pleniglaciaal met Oude Dekzand I met enkele vorstwiggen; fluctuaties tijdens deze afzetting; zeer diepe vorstwiggen aan de top van dit Oude Dekzand I;
- 19 ka BP: minimale ouderdom voor de Laag van Beuningen (niveo-fluviatiel zand en grind);
- 15.5-14 ka BP: laatste droge fase van de Laag van Beuningen (eolische invloed);
- 14-12.5 ka BP: Oude Dekzand I met slechts kleine vorstwiggen.

1985 *Haest* deelt het Weichsel in de Antwerpse Noorderkempen op in vier karteerbare leden. Van oud naar jong onderscheidt hij het lid van Sint-Lenaerts (eolische en verspoelde zanden, zandige venen), het lid van Oud-Turnhout (mengsedimenten met eolische origine), het lid van Wildert (eolische zwaklemige zanden) en het lid van Sint-Job (eolische leemvrije duinzanden). Het lid van Wildert vervangt de Formaties van Wildert en Beerse zoals ze gedefinieerd zijn door de Ploey (1961).

1997 *Kasse* situeert de afzetting van de dekzandgordel in Noordwest-Europa in het allerlaatste Pleni-Weichsel, ongeveer van 14.000 tot 12.400 BP. Het is eerder het gevolg van het verdwijnen van de permafrost en het voorkomen van een zeer droge fase die op haar beurt gepaard gaat met een influx van koud water in de Noord-Atlantische Oceaan ten gevolge van een afsmeltingsfase.

3.1.2 Historiek van het kaartblad Maaseik in een regionale context.

1898-1904 Op de eerste officiële geologische kaart van het gebied wordt het Quartair onderverdeeld in ‘Quaternaire supérieur’ en ‘Quaternaire inférieur’. Het eerste omvat continentale duinen, (venig) alluvium (*alm* en *alt*), hellingspuin (*e*) en veen (*t*). Het Quaternaire inférieur is verder opgedeeld in het Moseaan (*q1*) en Campiniaan (*q2*). Het Moseaan wordt omschreven als wit en geel meestal nogal grof kwartszand, soms micahoudend, dat naar de basis toe soms grijs en grindhoudend wordt (*q1s*). Kleilagen komen soms voor (*q1a*). Het Campiniaan herbergt onderaan grof zand en grind (silex en primaire gesteentefragmenten) met grote blokken (*q2n*) en bovenaan meestal geel grindhoudend zand (*q2s*), soms kleihoudend (*q2sa*), soms overgaand in pure klei (*q2a*).

Op kaartblad 48 Meeuwen-Bree wordt naast enkele duinmassieven en het meestal weinig alluvium een vrij dunne laag *q2s* (soms *q2sa* en *q2a*) aangegeven, maximum 2 m dik, boven een grindlaag. Naar het noorden toe wordt het *q2s* dikker en is de afwisseling met *q2sa* en *q2a* intenser. Het onderste grove Campiniaan (*q2n*) bereikt diktes van 12 tot 19 m. De dikte van het onderliggende *q1* schommelt tussen 14 en meer dan 32 m.

Kaartblad 49 Maeseck-Ophoven toont uitgebreide alluviale afzettingen, *alt* voor wat betreft de beekafzettingen en *alm* wat betreft de alluviale vlakte van de Maas, tot 4 m dik. Het *q2s* bereikt eveneens diktes tot 4 m. De afwisseling met meer kleiige lagen bestaat en is dikwijls zo dat het *q1(s)a* onder het *q2s* ligt. De dikte van het onderste Campiniaan (*q2n*) en het Moseaan is niet bekend.

Kaartbladen 33 Hamont-Veldhoven, 34 Groot-Beersel en 20 Beverbeek tonen wat het Quartair betreft modern en weinig alluvium (*alt* en *alm*), duinmassieven, maximum 2 m *q2s*, relatief weinig *q2(s)a* en minstens 12 m *q2n*. Een vergelijking met de huidige stratigrafie toont dat het bovenste Campiniaan (*q2s*, *q2sa* en *q2a*) grotendeels overeenkomt met de Nuenen-groep. De bovenste grindlagen (*q2n*) waarop de vele ondiepe boringen gestopt zijn behoren - zeker in de graben - nog bij de Nuenen-groep. De massieve *q2n* pakketten zijn onder te brengen in de Formatie van As of Kaulille. Het Moseaan (*q1*) tenslotte komt hier zeer waarschijnlijk overeen met de Kiezeloëlietformatie.

1907 *Briquet* onderscheidt 16 niveaus (niet allen op kaartblad Maaseik gelegen) stroomafwaarts Luik op basis van hun relatieve hoogte ten opzichte van de alluviale vlakte. Verder geeft hij zeer nuttige bemerkingen:

- in de huidige alluviale vlakte van de Maas bevinden zich geen loess-afzettingen;
- op het jongste terras (Caberg) ligt wel loess; in het terras zelf wordt koude fauna aangetroffen;
- de top van het volgende terras (Jupille) is gekenmerkt door een bodenvormingsepisode en is daarna pas bedekt met loess;
- in verschillende niveaus bevinden zich erratische blokken.

Hij vermeldt dat insnijding en opvulling door de Maas moeilijk correleerbaar is met de verschillende Quartaire pulsen en benadrukt de tektonische invloed, meer bepaald de Feldbiss breuk.

1914 *Klein* houdt het bij vier niveaus: Ouder Hoofdterras van Margraten;
Hoofdterras (op 95-110 m);
Middenteras;
Laagterras en huidig alluvium.

Het belang van tektoniek in de terrasvorming wordt onderlijnd.

1924 *Pannekoek* maakt van het hoofdterras (Kempisch Plateau) een puinkegel van de Maas, afgezet in het Mindel-glaciaal

1927 *Van Baren* concludeert dat er vier à vijf terrasniveaus moeten zijn na een studie van de gepubliceerde werken hieromtrent.

1928 *Lefèvre* treedt de visie van *Pannekoek* omtrent de ouderdom van het hoofdterras (Kempisch Plateau) bij.

1933 *Mouchamps* onderscheidt stroomafwaarts van Luik 3 hoogterrassen en 2 laagterrassen die worden beschouwd als resultaten van een schoksgewijze antiklinale opwelling.

1934 *Pannekoek* bevestigt het bestaan van de drie hogere terrasniveaus van Mouchamps en doet pogingen deze petrografisch te onderscheiden op basis van het kwartsgehalte.

1936 *Lefèvre* benadrukt de term ‘terras’ in geologische zin. Verder herkent zij 4 niveaus die elk een morfologische cyclus vertegenwoordigen (van jong naar oud: A, B, C en D). Ten zuiden van Maastricht zijn alle terrassen erosieterrassen. Stroomafwaarts gaan ze stilaan over in accumulatieterassen om ter hoogte van Roermond zelfs tot een normale stratigrafische superpositie te komen van oud naar jong (de terrassen zijn hier morfologisch niet meer zichtbaar). Lefèvre linkt elk terras met een globale Quartaire schommeling (eustatische bewegingen) en verwerpt elke tektonische invloed (zelfs de steilrand nabij Bree is erosief).

1938 In april werd door *P. Macar* een excursie georganiseerd volledig gewijd aan de studie van de Maasterrassen tussen Luik en het Nederlandse Ubagsberg. Belangrijk voor Macar is de identificatie van de verschillende terrasniveaus. Hiervoor heeft hij vier criteria waaronder de samenstelling van de grinden, het kwartsgehalte, de graad van verwerking van de grinden en de studie van de zware mineralen in het zandige alluvium. Voorts stelde hij vast dat wanneer men spreekt over een terrasniveau, men best de basis van het terras neemt en niet de top aangezien die bijna nooit met zekerheid is vast te leggen (erosie).

Ter hoogte van Maastricht onderscheidt hij 4 terrasniveaus nl. “les tres hautes terrasses” met een basis van meer dan 160m, “les hautes terrasses” met een basis van meer dan 90m, “les basses terrasses” met een basis van meer dan 48m en “la plaine alluviale” met een basis van ongeveer 40 à 50m. Tussen Luik en Ubagsberg daarentegen onderscheidt hij 9 terrasniveaus, waarvan de bovenste drie tot de vallei van de Oostmaas behoren.

1942 *Van Rummelen* beweert dat de wordingsgeschiedenis van de Maasterrassen vooral samenhangt met tektonische bewegingen. Zijn onderzoek naar de terrassen in Nederlands Zuid-Limburg is het eerste in een lange reeks.

1942 Aan de hand van een aantal boringen in de Maasterrassen probeert *A. Grosjean* neotektonische bewegingen van de Rotem-breuk (zo genaamd in die tijd) te achterhalen. Hij baseert zich op de basishoogten van het grindpakket. De conclusie is dat het tracé van deze breuk gaande van Neeroeteren tot Stokkem en verder naar Nederland toe een Quartaire werking heeft gehad.

1945 *Brueren* herkent in Zuid-Limburg 12 niveaus met als criterium de terrasbasis. Het jongste van de 8 hoogterrassen is het terras van Sint-Pietersberg (waaronder het huidige Kempisch Plateau) en wordt geplaatst in de Riss I periode. Verder ziet hij 3 middenterassen (Riss II) en de huidige riviervlakte (Würm, dus niet Holoceen).

1946 De terrassen die Brueren morfologisch afgebakend heeft blijken volgens *Van Straaten* ook petrografische entiteiten te zijn. Enkele conclusies uit zijn werk worden hierna wat meer onder de loep genomen.

- Het pré-Pliocene wordt in Zuid-Limburg bedekt door fluviatiele, grindrijke sedimenten. Het grind hier aanwezig wordt geleverd door de Zuid-Limburgse ondergrond zelf, het paleozoïsche massief van de Ardennen, de resten van het Krijt en het mariene Tertiair op het Ardennenmassief, het schiervlaktepuindek, het Mesozoïcum van Lotharingen, de Cailloux-de-Stonne bedekking van Lotharingen en de Voegen.
- Hij ontdekt een tamelijk sterke tegenstelling tussen de kiezeloolietgrinden en de jongere afzettingen. De kiezeloolietgrinden zijn vrij fijnkorrelig, zijn gekarakteriseerd door een sterke graad van chemische verwerking (uit zich in de afwezigheid van veldspathhoudende gesteenten).
- Van Straaten toont aan dat een grindanalyse waardeloos is wanneer er geen rekening wordt gehouden met het feit dat de samenstelling afhankelijk is van de korrelgrootte. Voor een zo groot mogelijke differentiatie zijn dan ook grote monsters nodig.
- Door middel van een grindanalyse is het mogelijk gebleken een gedetailleerde stratigrafische indeling van de Zuid-Limburgse grinden te verkrijgen en wel in zes hoofdgroepen, waarvan sommige nog kunnen worden onderverdeeld.
- Uit zijn werk komt duidelijk naar voren dat tijdens het Oud-Quartaire een oostwaartse stroomrichting van de Maas, ten zuiden van Ubagsberg domineerde en dat in het Jong-Quartaire een meer noordwaartse Maas stroomde, ten westen van Ubagsberg. Dit waarschijnlijk ten gevolge van de toenemende epirogenetische opwelling van het noordelijk deel van de Ardennen met een ongeveer oostwest strekking.
- Uit de grindanalytische stratigrafie van het Pliocene en het Kwartaire volgt dat gedurende deze periode de grote randbreuken van de Nederrijnslenk actief zijn geweest in verschillende opeenvolgende fasen.

1947 *Zonneveld* deelt de Maas- en Rijnafzettingen in op basis van zware mineralogie. Hij komt tot een aantal zones: de zone van Horn (Wurm A), de zones van Kreftenheye en Grubbenvorst (Riss II), de gecombineerde zones van Horn en Grubbenvorst, de zone van Veghel (Riss I), de gecombineerde zones van Horn en Veghel, de zones van Weert, Woensel, Budel en Sterksel, een onderste fijne zone en de zone van Tegelen. Elke zone heeft een karakteristiek zware mineraal-signatuur.

De formatie van Sterksel is onderverdeeld in 4 mineraalzones:

- zone van Weert: Rijnassociatie arm aan granaat en hoornblende;
- zone van Woensel: Rijnassociatie identiek aan de zone van Sterksel, doch met minder hoornblende;
- zone van Budel: Maasassociatie met Vogezen-hoornblende en chloritoïde;
- zone van Sterksel: Rijnassociatie met granaat, hoornblende en saussuriet-alteriet in ongeveer gelijke hoeveelheden.

1948 *Tavernier* bestudeert de Kwartaire afzettingen in België in relatie met de morfologische evolutie van het landschap. In het Midden-Pleistoceen van België herkent Tavernier hoogterrassen en middenterassen. Door een gebrek aan continuïteit wordt de correlatie van de Limburgse terrassen met de Ardense bemoeilijkt. Verschillende terrasniveaus worden gekoppeld aan glaciaties en hun interstadialen, maar volgens Tavernier zijn deze verschillende niveaus eerder toe te schrijven aan tektoniek. Een goed voorbeeld hiervan is voor hem de breuk van Rothem-Heerlerheide die de westelijke grens vormt van het Kempens Plateau. Deze breuk was nog actief tijdens de vorming van het Hoogterras (=Kempens Plateau).

Men onderscheidt hoog- en middenterassen. Volgens Tavernier gaat het om twee heel complexe eenheden, bestaande uit verschillende morfologische niveaus en petrologische zones. In het complex van het hoogterras ontdekt hij vier zones.

1955 *Zonneveld* publiceert een synthese over de Kwartaire rivierterrassen in Zuid-Limburg (Nederland). Het klimaat speelt bij de vorming slechts een secundaire rol.

1957 *Zonneveld* doet een poging de Maas- en Rijnterrassen in België, Nederlands Zuid-Limburg, Noord- en Centraal-Limburg en Duitsland te correleren en chronostratigrafisch te definiëren. Een belangrijke vaststelling hierbij is dat hij de zone van Budel in de Formatie van Sterksel correleert met het Sint-Pietersbergterras (hoofdtaras, Kempisch Plateau).

1960 *Wirix* verricht in het kader van zijn licentiaatsthesis onderzoek naar de grinden op het Kempisch Plateau. Hij komt tot een aantal interessante resultaten. Vooreerst stelt hij vast dat de bodem van As veel beter ontwikkeld is in het zuidelijk deel van het Kempisch Plateau dan in het noorden. Als oorzaken schuift hij een opheffing naar voor waardoor de watertafel discordant ten opzichte van het reliëf is komen te staan. In verband met de korrelgrootte vermeldt Wirix dat die afneemt van zuid naar noord. De resultaten van het petrografisch grindonderzoek bespreekt hij in termen van variaties. Voor de volledigheid moeten we vermelden dat hij 300 grinden per staal telde. De variatie binnen de groeves is variabel. Op het plateau stijgt het kwartspercentage in stroomafwaartse richting terwijl chronologisch het percentage daalt bij jongere terrassen. Het mineralogisch onderzoek levert twee zones op: een noordelijke (vanaf Opoeteren) met veel epidoot en alteriet, en een zuidelijke met veel B-materiaal en bruine hoornblende (= typisch voor de Moezelmaas).

Globaal zijn er dus twee trends op het Kempisch Plateau in verband met de grind- en zandafzettingen. Ten eerste daalt de korrelgrootte in noordelijke richting. De grofheid van de afzettingen in het zuiden (grove grinden) zou te wijten zijn aan de puinkegelnatuur van de sedimenten aldaar terwijl de verfijning naar het noorden toe te maken zou hebben met Rijninvloed. De toename van het kwartsgehalte in noordelijke richting hangt samen met bijmenging van fijner materiaal, Rijnbijmenging of oudere afzettingen. Tenslotte blijkt de Rijn-Maas-grens niet samen te vallen voor grind en zand. Het is duidelijk dat veel parameters intens met elkaar gelinkt zijn.

1963 *Van den Broeck en Maarleveld* beschrijven op basis van geomorfologische en pedologische argumenten 5 terrasniveaus boven het huidige alluvium in de buurt van Venlo. Ze zijn allen gevormd tijdens het Laat-Glaciaal.

1967 *Van den Toorn* splitst de Veghel zone van Pannekoek op in drie delen (van jong naar oud A, B en C). Veghel A is Holstein en vroeg-Saale, Veghel B is vroeg-Saale en Veghel C is pré-Eem. Voorts definieert hij de Brabantse Lemen als fluvio- en niveo-eolische afzettingen in de dekzandformaties, minstens van Würm-ouderdom

1967 *J. Janssen* voert een Quartairgeomorfologische studie uit over het Bosbeekdal. In de huidige alluviale vlakte vindt hij een meter fijn zand (Weichsel-dekzand, eventueel Holocene fluviatiele herwerking) op grinden (Weichsel-grinden). Op een hoger niveau treft hij een gelig zandpakket (minder dan 1 m) aan (Weichsel-dekzand), bovenop een gecryoturbeerd grindpakket (Saale-terras) dat bovenaan een rode kleur heeft (Eem-bodem). Hieronder bevinden zich Miocene zanden. De zijdalen van de Bosbeek zijn deels ingesneden in het hoofdtaras (Cromer/Elster), deels in

Tertiaire zanden. Aan de basis van de uitgeschuurde zijdalen bevindt zich meestal een dun pakket rode zanden (Eembodem), bedekt door gelige fijne zanden (Weichsel-dekzanden).

1968 In een geomorfologische studie van de NE-wand van het Kempisch Plateau komt *Paredis* bij het grindonderzoek tot een aantal andere conclusies dan Wirix. Vooreerst telt eerstgenoemde 700 in plaats van 300 grinden per monster. Zo krijgt hij een standaarddeviatie die kleiner is dan 1%, terwijl die rond de 15% schommelt indien men slechts 300 grinden telt. Het kwartsgehalte stijgt bij dalende korrelgroottes binnen één enkele groeve, maar over het gehele Kempisch Plateau bekeken zou het kwartspercentage overal rond de 40% schommelen (grindfractie tussen 4 en 8 mm). Bijgevolg verwerpt hij enige Rijninvloed op het plateau. De sedimenten op het Kempisch Plateau zouden in twee fasen afgezet geweest zijn. In een eerste fase vult een zeer zandige grindrivier de bestaande geulen waarna een vrij homogeen grindpakket afgezet wordt. In het geomorfologische deel van zijn thesis besluit Paredis dat de NE-wand van het plateau nabij Bree een tektonische wand is die zich verder naar het noorden opsplijt. De breuk die hiermee geassocieerd is heeft nog na de vorming van de rode verweringsbodem gewerkt.

1969 *Paulissen* en *Munaut* beschrijven een bodem van Bölling-ouderdom middenin een duinformatie: de Bodem van Opgrimbie. Voor een tweede bodem, van Allerød-ouderdom, in dezelfde duinformatie behouden ze de naam 'Bodem van Usselo'.

1973 In het kader van zijn doctoraat worden door *Paulissen* de Quartaire afzettingen van de Maasvallei in Belgisch Limburg onderzocht. Zijn studie bestaat uit twee grote delen: de hydrografische kenmerken en evolutie van de Maas die de alluviale vlakte heeft opgebouwd enerzijds en de terrassen en dekzandformaties anderzijds.

Volgens Paulissen is de evolutie van de Maas klimatologisch bepaald: erosie tijdens interglacialen en sedimentatie tijdens glacialen. Aan beide evolutiepatronen zijn fluviale sedimenten verbonden. Uit zijn werk blijkt dat de tektonische activiteit in dit gebied, rondom de Slenk van Roermond, voor de bestudeerde perioden (vanaf het Mindel-Riss interglaciaal) de klimatologisch bepaalde evolutie slechts gering heeft beïnvloed.

Na de sedimentatie van het Kempens Hoofdterras tijdens het Mindelglaciaal, erodeert de Maas de Maasvallei, in de horst van Zuid-Limburg, aansluitend met het dal van Stamproy-Venlo in de Slenk van Roermond. Ten zuiden van Lanaken worden twee erosieterrassen gevormd: het terras van Mopertingen met een top van 75 à 77m en het terras van Lanaken met een top van 65 à 68m. Het Rissglaciaal is de belangrijkste periode voor de vorming van de huidige Maasvallei. In een eerste deel van het Rissglaciaal werd het terras van Caberg-Pietersem gevormd, in een tweede deel het terras van Eisden-Lanklaar. Dit laatste kenmerkt zich door een zeer laag kwartspercentage, duidelijk lager dan alle hogere niveaus, wat wordt veroorzaakt door de aanvoer van fris, nieuw puin uit de Ardennen. Beide sedimentatieperiodes, overeenkomend met de vorming van beide terrassen, zijn gescheiden door een belangrijke erosieperiode die nu resulteert in een kleine steilrand nabij Lanaken. Deze erosieperiode is waarschijnlijk te wijten aan een klimaatsverbetering tijdens het Rissglaciaal.

Tijdens het Riss-Würminterglaciaal werd de Maas terug een erosieve rivier en ruimde de Risserrassen gedeeltelijk op.

Een opnieuw verwilderde rivier zette tijdens het Würmglaciaal het terras van Mechelen-aan-de-Maas af. De grindafzettingen uit dit niveau zijn voornamelijk remaniëringen van oudere terrassen.

Tijdens het Tardiglaciaal verliep de grindsedimentatie door de verwilderde Maas verder en het terras van Geistingen werd opgebouwd en bedekt door een zandig alluvium.

De Holocene Maas is een eilandenrivier met een hoge sinuositet en bouwt een brede alluviale vlakte op door talrijke migraties en stroomverplaatsingen, die naast een laterale eveneens een verticale erosie veroorzaken. De bovenste grinden van de laagterrassen worden herwerkt, terwijl grote hoeveelheden recent alluvium worden afgezet.

Over de ligging en Quartaire werking van breuken in het gebied vermeldt de auteur dat activiteit langsheen de Feldbiss breuk stopt voor het Holoceen en dat de Heerlerheide breuk helemaal geen werking heeft gehad in het Quartair.

Het dekzandgebied ten noorden van Maaseik is gekenmerkt door een zandmantel, rustend op Pleistocene Maasgrinden, die in dikte toeneemt van zuid naar noord (2 tot 8 m) en in het dal van Stamproy-Venlo zelfs tot 15 m dik. Alle reliëfsvormen zijn in deze zanden gevormd. Twee profielen, respectievelijk nabij Ophoven (In 't Broek) en Neeroeteren (Verloren Kamp) tonen aan de basis telkens een laag fluvio/niveo-eolische afzettingen, rustend op de grindafzettingen en Brabantse lemen genoemd (minstens van Würm-ouderdom; preciese stratigrafische positie onduidelijk). Voorts onderscheidt de auteur dekzanden, van Riss en Würm ouderdom, die hij respectievelijk de formaties van Dilsen en Wildert noemt. In de dekzanden van Dilsen heeft zich een Eembodem ontwikkeld. Tenslotte komen er Tardi-glaciale duinzanden voor.

Opvallend is dat de top van het terras van Geistingen in de omgeving van Maaseik en Kessenich zo'n 3 tot 4 m hoger ligt dan de top van het terras van Maasmechelen. De top van de grinden in de alluviale vlakte ligt 2 m hoger dan die van het terras van Maasmechelen.

De overgang tussen het dekzandrelief en de Vlake van Bocholt is zeer diffuus. In elk geval is deze vlakte gekenmerkt door een zachte afhelling naar het noordoosten waarop verscheidene beken een consequente positie hebben ingenomen. De beekdalen zijn vrij ondiep, slechts 1 meter. De dikte van de aangetroffen deklaag neemt volgens de auteur toe van 1 meter in Bocholt tot 2 à 3 meter bij de grens met Nederland. In depressies worden de hogervermelde Brabantse lemen wederom aangetroffen. Op de interfluvia ruisselleerden de dekzanden met grover materiaal. De kwartsrijke grinden die zich onder de deklaag bevinden zijn typisch voor de Formatie van Sterksel.

1974 In de Maasvallei en omgeving herkent *Pissart* een tiental terrassen. Deze terrassen convergeren stroomopwaarts ten gevolge van de progressieve insnijding van de rivier. Indicaties voor lokale uplift bestaan: ten oosten van Namen tonen de terrassen bewijzen van een uplift welke alles stroomafwaarts van dit punt gekanteld moet hebben. De verbinding/vergelijking van terrassen wordt tot nu toe uitgevoerd op basis van altimetrische aannames. Enkel in het lage terras van Würmouderdom kan de correlatie van de terrassen gecalibreerd en gevalideerd worden door middel van zware mineralen van vulkanische aard. Volgens *Pissart* hebben de Maasterrassen waarschijnlijk een klimatologische oorzaak. Acht niveaus lijken gevormd te zijn onder periglaciaire condities.

1974 *Zonneveld* publiceert in *L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord méridionale* een synthese over de Maas- en Rijnafzettingen stroomafwaarts Maastricht. Deels gebaseerd op zijn eigen werk, deels op andere auteurs (bijvoorbeeld voor de Maasterrassen in België: *Paulissen*, 1973) kan hij zijn bevindingen van enkele decennia eerder verfijnen en bijsturen. Zo wordt bijvoorbeeld de Formatie van Veghel opgedeeld in Veghel A, B en C waarbij Veghel A nog tot het Cromeriaan zou behoren. Opmerkelijk is dat hij ten noorden van de Feldbiss breuk in België nog een strook Veghel A tekent tussen het hoofdterras van Rijn en Maas en het terras van Gronsveld-Kreftenheye (= Mechelen a/d Maas) in. De Rijnsedimenten in België zijn volgens hem tijdens het Cromer afgezet.

1974 *Wevers* onderzoekt de hoofdterrasafzettingen in Limburg aan de hand van lichte mineralen. Hij komt geografisch tot een mineralogische grens tussen Maas- en Rijnzanden. Rijnsedimenten worden gekenmerkt door 50% kwarts, 20% veldspaat en 25% gesteentefragmenten. Voor Maaszanden zijn de percentages respectievelijk 80%, 5% en 12% met verder veel glauconiet en chloriet ten opzichte van Rijnzanden. Zuivere Rijnzanden liggen ten noorden van de lijn Weebosch-Luijkgestel-Kaulille. Ten zuiden van de lijn Helchteren-Neeroeteren vindt hij zuivere Maassedimenten terwijl de mengzone zich tussen beide lijnen bevindt.

1975 *Kuyl* (int. comm. in *Doppert et al.*, 1975) koppelt in de toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland een aantal terrasniveaus in Nederlands Zuid-Limburg aan formatienamen. Van oud naar jong zijn dat het Kosberg-terras (Kiezeloölietformatie), het Simpelveld-terras (Formatie van Tegelen), het terras van Sibbe (Formatie van Kedichem), het terras van Valkenburg (Formatie van Sterksel), het Rothem-terras en het Caberg-terras (Formatie van Veghel) en tenslotte het Laagterras (Formatie van Kreftenheye). De huidige alluviale vlakte komt overeen met de Formatie van Betuwe.

In diezelfde toelichtingen worden een aantal eenheden duidelijk omschreven.

■ afzettingen van lokale herkomst:

- Formatie van Singraven: beekafzettingen bestaande uit zand, klei en veen, afgezet vanaf het Laat-Glaciaal tot recent;
- Formatie van Twente: afzettingen bestaande uit dekzanden (vooral fijn zand), loess (leem, soms zandig), fluvio-periglaciaire afzettingen (fijn tot grof zand, soms grindhoudend, leem en veen), hellingsafzettingen (meestal grof materiaal) en residuaire afzettingen (grindsnoeren); hun onstaanswijze hangt rechtstreeks samen met de koude omstandigheden tijdens het Weichsel;
- Formatie van Asten: interglaciaire veen- en kleiafzettingen uit het Eem;
- Formatie van Eindhoven: idem als de Formatie van Twente maar afgezet tijdens het Saale en in de Centrale Slenk ook het Elster-glaciaal.

■ afzettingen van de grote rivieren:

- Formatie van Betuwe: grind-, klei- en leemafzettingen uit het Holoceen (tot recent) van de Rijn, Waal en Maas;
- Formatie van Kreftenheye: grindhoudend zand en grind afgezet door de Maas en de Rijn tijdens het Saale (maximum uitbreiding van het landijs en erna), het Eem en het Weichsel;
- Formatie van Veghel: grove zanden, min of meer grindhoudend, soms grinden, afgezet door de Maas, in de Centrale Slenk ook met Rijninvloed; ouderdom van het midden-Cromeriaan tot de maximum uitbreiding van het landijs tijdens het Saale;
- Formatie van Sterksel: grove grindhoudende zanden (in Zuid-Limburg grind) in ouderdom gaande van het boven-Menapiaan tot het onder-Cromeriaan; opgedeeld van oud naar jong in de zone van Sterksel (Rijn), de zone van Budel (Maas), de zone van Woensel (Rijn) en de zone van Weert (Rijn).

1978 *Paulissen* deelt de hoofdterrasafzettingen van het Kempisch Plateau lithostratigrafisch in: de Winterslag Zanden (grindrijke Maaszanden - Cromer of Elster), de Lommel-zanden (Maasgrindrijke Rijnzanden - Cromer of Elster), de Bocholtzanden (Rijngrindarme Rijnzanden - Elster of jonger) en de Zutendaal Grinden (Maasgrinden - Elster). Het grindfacies komt vooral in het oosten en zuid-oosten voor. Naar het westen en noorden toe domineert het zandfacies

met in het noorden vooral Rijninvloed. De overgang tussen beide facies is vrij bruusk. Nabij de oostrand van het plateau bevindt zich dikwijls een zandfacies discordant onder het grind. Verder merkt hij op dat de petrografische en mineralogische Maas-Rijn-grens niet samenvallen.

1981 *Paepe et al.* wijzen erop dat de studie van het terrassensysteem sterk wordt beïnvloed door neo-tektonische en epeirogenetische bewegingen tijdens het Kwartair. Volgens hem is de lithostratigrafische aanpak om de terrassen te correleren de beste wanneer ze geplaatst wordt in een paleogeografisch kader. De terrassen zijn volgens Paepe niet éénduidig te correleren met één koude fase, maar moeten volgens hem een polycyclische origine hebben.

1985 In dit jaar verschijnt een publicatie in verband met de Feldbiss breuk in de Maasvallei (*Paulissen, Vandenberghen en Gullentops*). Door middel van een intensieve geoelectrische campagne heeft men een begraven breuktrap in de basis van de dalbodemgrinden van de Maas kunnen lokaliseren, een breuktrap beter bekend als de 'Bichterweert scarp'. Zowel de top als de basis van het grindpakket in de Maasvallei zijn isohypsometrisch in kaart gebracht. De basis van het grindpakket wordt een zevental meter verlaagd ten noorden van de breuk en dit vanaf het Kempisch Plateau tot aan de huidige Maas. De top van het grindpakket wordt niet verplaatst, uitgezonderd ter hoogte van het terras van Eisdien-Lanklaar. Hieruit kunnen we afleiden dat de breuk nog na het Saale-glaciaal moet gewerkt hebben. Verder betekent dit ook dat - aangezien de top van de Maasmechelen Grinden niet verplaatst wordt en de basis van de Holocene Maasgrinden wel - er onder de Holocene Maasgrinden (de Stokkem Grinden) nog Pleistocene grinden van een ouder 'terras' moeten liggen.

1985 *Vandenberghen* deelt de Formatie van Twente (alle sedimenten uit het Weichsel) in op basis van sedimentologie en geomorfologie: het onderste eolische lid van Goirle, het fluviatiele lid van Blaak en het bovenste eolische lid van Meerle, gekenmerkt door een *desert pavement* aan de basis.

1992 Uit het onderzoek van *Bustamente-Santa Cruz* blijkt dat een gedetailleerde elektronische microanalyse leidt tot een betere bepaling van de voornaamste Eifelmineralen die afkomstig zijn van de post-rissiaanse vulkanische activiteit. Deze analyse toont aan dat de scheikundige samenstelling van het titaanaugiet van de Ormontvulkaan zeer sterk gelijkt op de samenstelling van de Eltviller Tuff. Beiden lijken van dezelfde oorsprong en ouderdom te zijn.

1993 Door *J. Vandenberghen* wordt de volledige fluviatiele cyclus van het Maasterrassensysteem beschreven en geïnterpreteerd, rekening houdend met de sedimentaire en geomorfologische ontwikkeling in functie van klimaatveranderingen. De cyclus vangt aan bij het begin van het Saal en resulteert in de vorming van het Cabergterras op het einde van het intra-Saal Belvédère-interglaciaal. De sequentie start met een erosieve fase bij het begin van een koude periode, gevolgd door een verwilderd riviersysteem op het koudste moment, een nieuwe insnijding op het einde van deze koude periode en ten slotte een lichte accumulatie tijdens het hierop volgende interglaciaal. De volgende cyclus start dan bij een nieuwe erosieve fase die de top van de voorgaande sedimentaire cyclus transformeert in een terras.

1993 In een artikel over het Bosbeekdal schrijven *Gullentops, Janssen en Paulissen* dat sneeuw in de periglaciale omgeving tijdens de Saale-ijstijd een belangrijke rol heeft gespeeld bij de vorming van het landschap aldaar. Snelle sneeuwsmeelt in het begin van de zomer zorgde voor het snel terugwijken van de noordwestelijke valleiwand en de vorming van een pediment tussen deze wand en het Saale-terras van de Bosbeek. Op een lager niveau vinden we de Weichsel-grinden, lichtjes ingesneden in het Saale-terras of, waar dit niet aanwezig is, in het pediment. Een pakket eolische zanden overdekt deze eenheden.

1999 Tebbens reconstrueert in zijn doctoraal proefschrift de Laat-Quartaire evolutie van de Maas en de sedimentsamenstelling, gebaseerd op de bulk geochemie van een staal en *forward modelling*.

3.1.3 Historisch overzicht van de tektoniek op kaartblad Maaseik in een regionale context.

Bij het geven van een historisch overzicht van welke breuken er op bepaalde plaatsen getekend zijn bestaan er twee moeilijkheden: verschillende auteurs geven verschillende namen aan eenzelfde breuktrap en omgekeerd komt het voor dat een bepaalde auteur een specifiek genoemde breuk op een geheel andere plaats ziet. Bovendien speelt het niveau waar de desbetreffende breuk gezien is een grote rol.

Reeds vroeg in deze eeuw werd het belang van breuken in het NE van België aangestipt. Steunend op gegevens uit het steenkoolterrein tekent *Forir* in **1904** twee noordwest-zuidoost gerichte breuken in de Maasvallei die hij respectievelijk de Dilsen breuk en de Heerleheide breuk noemt.

Briquet (**1907**) tekent een niet nader genoemde storing in de Maasterrassen die hij laat samenvallen met de steilrand van het Kempisch Plateau nabij Bree.

Stainier (**1907** en **1911**) tekent op basis van diepboringen drie breuken in de omgeving van Dilsen-Stokkem: de oost-west gerichte breuken van Rotem en Heerleheide en de Elen breuk die een noordwest-zuidoost oriëntatie heeft. De verplaatsing van de basis van het Tertiair is respectievelijk 50 m, 150 m en 200 m. Meer naar het noorden toe, in de omgeving van Kinrooi, tekent hij de Venbreuk en de breuk van Molenbeersel

In **1914** ziet *Klein* een sprong van 22 m in de Midenterrassen die hij toeschrijft aan de Heerlerheide breuk en een sprong van 56 m in oudere terrasafzettingen die hij laat samenvallen met de Sandgewand-Feldbiss breuk. De eerstgenoemde veroorzaakt tevens de steilrand te Bree.

Reinhold (**1920**) tekent de Sandgewand breuk (veel zuidelijker gelegen dan bij Klein) en de Heerlerheide breuk.

Grosjean baseert zich op 6 steenkoolboringen om in **1936** de Heerlerheide breuk, de Neeroeteren breuk en de Elen breuk te tekenen. De twee laatste vallen ongeveer samen met de identiek genoemde breuken van Stainier (1911). Verder laat hij de Neeroeteren breuk samenvallen met de steilrand nabij Bree.

Jongmans en Van Rummelen (**1941**) leggen de Sandgewand breuk terug naar het noorden en laten de Feldbiss breuk doorkomen waar bij Reinhold de Sandgewand breuk getekend is. Verder behouden zij de Rotem-Heerlerheide breuk.

Met *De Sitter* (**1942**) neemt de Feldbiss terug een meer noordelijke positie in. Bovendien tekent hij tussen deze breuk en de Heerlerheide breuk een nieuwe breuk (althans wat de naam betreft) namelijk de Geleen breuk.

Op basis van nieuwe boorgegevens tekent *Grosjean* (**1942**) de Rotem-Heerlerheide breuk door tot in de dalbodemgrinden van de Maas die met ten minste 10 m verplaatst worden.

Zonneveld (**1947**) schrijft twee verplaatsingen in de top en de basis van de Formatie van Sterksel toe aan de breuk van Valkenswaard en de breuk van Beegden.

Maaskant (**1949**) ziet van zuid naar noord de Rotem-Heerlerheide breuk, de Geleen breuk en de Feldbiss breuk met deze laatste voor de eerste maal op een zeer noordelijk gelegen lokatie. Verder maakt hij voor het eerst sinds Stainier melding van het bestaan van de Venbreuk en de breuk van Molenbeersel.

In **1959** tekent *De Ridder* op basis van nieuwe boringen de Feldbiss breuk zoals voorgesteld door Maaskant. Op het profiel zijn enkel sedimenten te zien ten noorden van de breuk zodat de preciese argumenten om deze breuk doorheen de basis van het Quartair te tekenen ontbreken. Meer naar het noorden legt hij de breuk van Stevensweert (vormt de grens tussen de Formatie van Kedichem in het noorden en het Pré-Tigliaan in het zuiden), de breuk van Montfort (bedrag van 15 m in de Formatie van Sterksel) en de breuk van Beegden (bedrag van 40 m in de Formatie van Sterksel).

Pattijn onderzoekt op basis van seismische resultaten in **1963** het steenkoolterrein en ziet een verplaatsing van 500 tot 600 m die hij toeschrijft aan de Heerlerheide breuk en een verplaatsing van ongeveer 350 m overeenkomend met de Feldbiss breuk. De Geleen breuk tekent hij op basis van een geringe verplaatsing. De Heerlerheide- (of Rotem-) breuk heeft een NW-lijke afsplitsing nabij Bree terwijl de Elen-Feldbiss breuk een noordelijke afsplitsing kent die lijkt samen te vallen met de breuk van Valkenswaard. De breuk van Stevensweert verlengt hij in westelijke richting.

Delmer (**1963**) ziet een verplaatsing in de top van het Karboon van 200 m langs de Heerlerheide breuk en de Geleen breuk. Het bedrag van de Feldbiss breuk is niet gekend, hoewel ze wordt ingetekend. Ter hoogte van de Maas komen de twee laatstgenoemde breuken samen. Een klein breukje, de Neeroeteren breuk genaamd, wordt ingetekend tussen twee boringen, in het verlengde van de steilrand nabij Bree.

De Heerlerheide breuk en de Feldbiss breuk worden nog getekend door *Legrand* (**1968**). Op zijn isohypsenkaarten is de eerste te zien in de top van de sokkel door een sprong van 50 m en in de basis van het Tertiair door een sprong van 150 m. Ten noorden van de Feldbiss breuk vallen de isohypsen weg hetgeen op een zeer grote verplaatsing zou kunnen wijzen.

In Nederland worden van zuid naar noord de Heerlerheide breuk, de Geleen breuk en de Feldbiss breuk getekend in de Maasvallei door *Kuyl* (**1971**). De naamgeving en configuratie zoals hier aangegeven worden op de Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving (Paleozoïcum, 1995/Pré-Kwartair, 1984/Maasafzettingen, 1989) overgenomen.

Paulissen (**1973**) verwerpt de werking van de Heerlerheide breuk in de dalbodemgrinden van de Maas (cfr. Grosjean, 1942) en bevestigt hij er het bestaan van de Feldbiss breuk. Deze zou tot en met het Weichsel gewerkt hebben en wordt verder definitief verbonden met de steilrand van het Kempens Plateau nabij Bree. Samenvallend met de steilranden van Bree-Grote-Brogel en Bree-Kaulille tekent hij twee hypothetische breuken.

Paulissen (**1978**) poneert dat de Feldbiss breuk die de steilrand tussen Bree en Neeroeteren veroorzaakt zich opsplijt in de omgeving van Bree om aldus een waaier van steilranden te vormen: de breuk van Grote-Brogel (zichtbaar ten zuiden van de N21 vlakbij Bree), de breuk van Reppel (ten noorden van de kerk van Reppel) en de Feldbiss breuk zelf (ten zuiden van de Zuid-Willemsvaart in Bocholt).

Van Montfrans (**1975**) neemt de breukenconfiguratie van Kuyl (1971) over en sluit Quartaire werking van deze breuken niet uit.

Als resultaat van een seismische campagne vinden *Bouckaert et al.* (**1981**) een ontubbeling van de Heerlerheide breuk die samen voor een sprong van 400 m veroorzaken in de top van het Karboon. Hetzelfde breukbedrag wordt toegeschreven aan de Feldbiss breuk. Van de Geleen breuk wordt slechts een klein fragment getekend, bedoeld als een

kleine uitloper van de Feldbiss breuk. Op basis van een Bouguer-anomalie kaart zou de Feldbiss breuk zich ter hoogte van Bree opsplitsen in een NNW-SSE-segment en een WNW-ESE-segment.

Paulissen et al. (1985) lokaliseren de Feldbiss breuk in de Maasvallei als een begraven steilrand ('Bichterweert scarp') aan de hand van een dicht gegevensnet (geo-electrische sonderingen) en besluiten dat er tot in het Weichsel breukwerking geweest is. De basis van de Saale-grinden wordt verplaatst met 11 m, de top met 2 à 3 m en de basis van de Weichsel-grinden met 8 m. De top van de Weichsel-grinden zou niet meer verplaatst zijn. Wat de geometrie betreft laten de auteurs de Feldbiss breuk die in het noorden samenvalt met de steilrand van het Kempisch Plateau ombuigen ter hoogte van de Maas om dan in Nederland over te gaan in wat daar als de Feldbiss breuk wordt aangeduid. Verder wordt een secundaire tektonische rand op het Kempisch Plateau aangeduid als de 'Berg scarp'.

Op de geologische kaart van Nederland, kaartblad Eindhoven West (1985) wordt de breuk van Vessem getekend die een diktevermeerdering van 20 à 50 m veroorzaakt voor de Formatie van Sterksel en van 15 à 20 m voor de Formatie van Nuenen. De breuk passeert de grens tussen grenspalen 178 en 180.

Demyttenaere (1988) tekent van zuid naar noord de Rotem-Heerlerheide breuk, de Neroeteren-Geleen breuk en de Elen-Feldbiss breuk. Hij baseert zich hierbij op seismische gegevens. De eerste kent voor de basis van het Mioceen en de basis van het Tertiair eenzelfde bedrag, namelijk 150 m. De Geleen breuk verplaatst de Tertiair-basis met 350 m en de basis van het Mioceen met 250 m. De breukbedragen voor de Feldbiss zijn voor beide vlakken ongeveer 100 m. De naamgeving van de breuken geeft duidelijk aan welke breuken over de Maas heen met elkaar gecorreleerd worden. De Elen-Feldbiss breuk lijkt overeen te komen met de breuk van Valkenswaard. Zij tonen ook hoe de Neroeteren-Geleen breuk opsplijst nabij Bree in 4 segmenten: de breuk van Grote-Brogel, de breuk van Reppel, de breuk van Bocholt en de breuk van Hamont.

In de jaren negentig verschijnt een synthesewerk omtrent de grabenbreuken van *Geluk et al. (1994)*. Zij tekenen de Heerlerheide breuk, de Neroeteren breuk en de Feldbiss breuk als belangrijkste voor de zuidwestelijke begrenzing van de graben. Het is de Neroeteren breuk die zich opsplijst in een aantal segmenten nabij Bree.

Paulissen maakt in 1997 een synthese van de bestaande tektonische steilranden in Belgisch-Limburg. De Bree Fault Scarp, met een hoogteverschil van 20 à 25 m in de Zutendaal Grinden, splitst zich naar het zuiden toe op in de Berg Fault Scarp (5 m) en de De Warre Fault Scarp (15 m). De NW-lijke opsplitsing van deze steilrand is drievoudig: de Grote-Brogel Fault Scarp (WNW; 10 à 15 m), de Reppel Fault Scarp (NW; 5 m) en de Bocholt Fault Scarp (NNW; 2 m). In de valleibodemgrinden van de Maas is er het bestaan van de Bichterweert Scarp (10 m). In de Vlake van Bocholt tenslotte vermeldt de auteur een aantal min of meer geïsoleerde steilranden. De Hamont Scarp is een steilrand tussen twee boringen (waarvan één in Nederland en één in België) die de basis van de terrasafzettingen in hoogte verplaatst van +10 m tot -35 m. Ten tweede is er een verdikking van zuid naar noord van de deklagen volgens een oost-west lijn ter hoogte van Lozen. Ten slotte is er de Waterloos Scarp nabij Neroeteren, de noordelijke helling van een heuvel opgebouwd uit Zutendaal Grinden, mogelijk erosief, mogelijk tektonisch van aard.

De Batist & Versteeg vinden in 1999 op basis van hoge-resolutie reflectieseismiek langsheen de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Bocholt-Herentals een aantal belangrijke breuken van Demyttenaere terug. Het zijn de breuken van Rotem, Neroeteren, Tongerlo, Beek, Hamont, Bocholt, Reppel en Lommel. Volgens de auteurs vond tijdens het Mioceen een belangrijke tektonische fase plaats terwijl de meeste breuken nog een breukbedrag van 10 tot 30 meter hebben gekend sinds het Laat-Plioceen.

Vanneste et al. (1999) komen op basis van seismogene deformaties van de sedimenten op de Bree fault escarpment tot één soft-sediment deformatie vóór en minstens drie tijdens de laatste 30.000 jaar.

Beerten et al. (1999) baseren zich op een recent geo-electrisch profiel over de Maas, gecombineerd met nieuwe en oudere geherinterpreteerde boringen om de Bichterweert scarp te redefinieren. Samen met andere scarps in Nederland en België vormt het de Quartaire expressie van het Feldbiss breuksysteem.

3.2 De diktekaart.

3.2.1 Inleiding.

Vooraleer aan te vangen met het beschrijven van de Quartaire diktekaart, moeten we duidelijk stellen dat dit slechts een hypothetische diktekaart is. De dikte van het Quartair kan sterk van plaats tot plaats verschillen en kan dus niet overall exact worden weergegeven. De kaart geeft wel een goed algemeen beeld, maar wanneer men wil inzoomen op een bepaald gedeelte, zal ter plaatse een grondigere studie moeten worden uitgevoerd. De diktekaart van het Quartair is getekend aan de hand van het uitplotten van de dikte van de pakketten op een kaart met schaal 1/25.000. In tegenstelling tot vroegere kaarten hebben we niet altijd rekening gehouden met de bestaande topografie. Het is namelijk een niet correcte aanname om te stellen dat de dikte en de basis van het Quartair gelijk en egaal zijn. In weinig reliëfrijke gebieden is het eerder aangewezen om op basis van de bestaande punten - ook al zijn het er weinig - de isopachen te tekenen. In reliëfrijke gebieden met aanzienlijke hoogteverschillen op vrij korte afstand, is men meer verplicht om de

huidige contourlijnen te volgen, ten eerste omdat het Quartaire dek er dun kan zijn en ten tweede omdat de hoogteverschillen op korte afstand de variaties in dikte van het Quartair ruimschoots overtreffen. De dikte is functie van de aard van de afzettingen, het Tertiaire paleoreliëf, de Quartaire landschapsevolutie en tektonische activiteit aan de rand van de Roergraben.

3.2.2 De invloed van het Quartair op het reliëf.

3.2.2.1 Reliëfnivellering door het Quartaire dek.

3.2.2.1.1 Eolische afzettingen.

Uit de profielen, de bodemkaarten en de boorbeschrijvingen blijkt dat het eolische dek het dunst is op de steile hellingen en op de hogere delen van het plateau, terwijl het veel dikker is op zwakke hellingen en in de dalen. De oorspronkelijke topografie wordt hierdoor duidelijk afgezwakt.

3.2.2.1.2 Fluviatiele afzettingen.

Reliëfafzwakking in de dalen kan voorkomen door de afzetting van colluvium of beekalluvium. De depressies worden zo opgevuld en de hellingen worden afgezwakt.

3.2.2.2 Reliëfvorming door het Quartaire dek.

3.2.2.2.1 Eolische afzettingen.

Quartaire afzettingen kunnen ook reliëfopbouwend zijn bijvoorbeeld door de vorming van windwallen langs rivieren en door de vorming van duinen. Deze laatste kunnen een aanzienlijke verdikking van het Quartaire dek teweegbrengen.

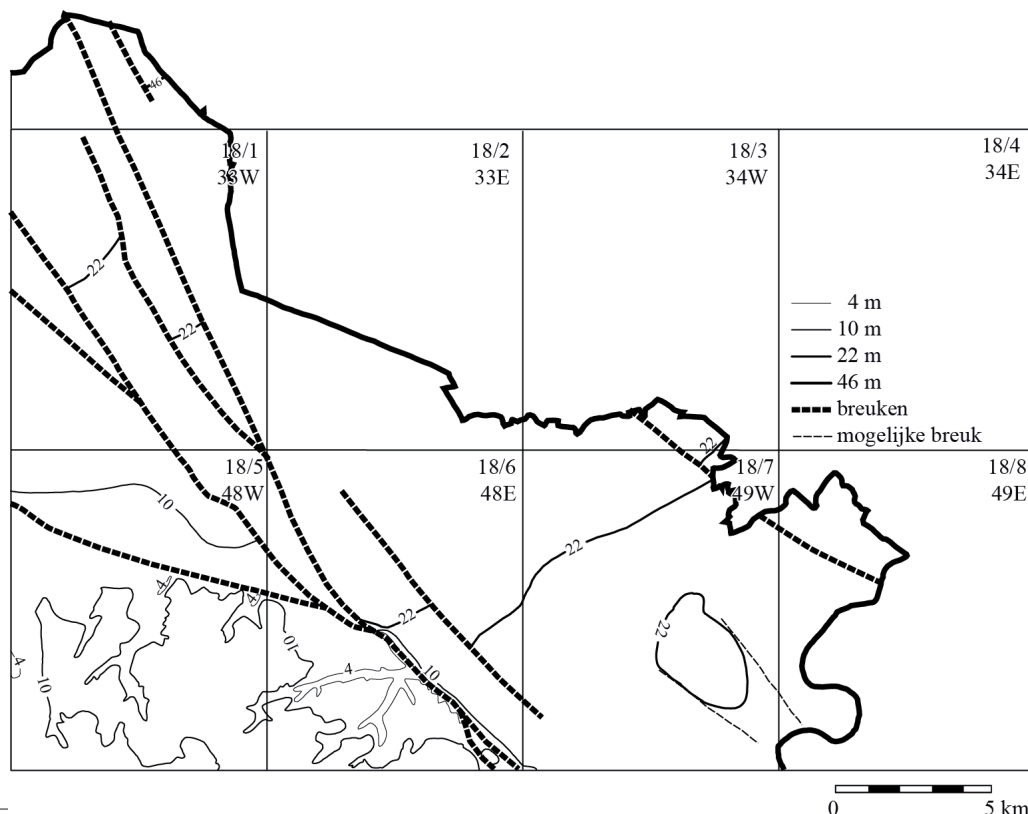
3.2.2.3 Fluviatiele erosie.

De erosie in de bovenloop van beekjes zorgt ervoor dat deze dieper worden en zich verder stroomopwaarts gaan insnijden bijvoorbeeld de beekinsnijdingen aan de rand van het Kempisch Plateau.

3.2.3 Bespreking van de diktekaart (figuur 5).

De diktekaart van het Quartair op dit kaartblad is zeer fel beïnvloed door tektonische activiteit. Het Quartair wordt systematisch dikker over elke breuktrap heen. Ten noorden van Bree is dit te wijten zowel aan een verdikking van de Maas- en Rijnaafzettingen als aan de accumulatie van afbraakmateriaal en lacustro-eolische sedimenten. Ten zuiden ervan zijn het vooral de herwerkte afzettingen en de lacustro-eolische afzettingen die voor een diktevermeerdering van het Quartair zorgen.

Fig. 5: Diktekaart van het quartair.



- **Quartaire diktes van 1 tot 4 m.**

Enkel het Quartair op de Bree rand, in de valleien van de Itterbeek en Eetsevelderbeek en op de valleihellingen van de Abeek is minder dan 4 m dik. Het betreft hier vooral herwerkte afzettingen, eolisch materiaal en recent beekalluvium.

- **Quartaire diktes van 4 tot 10 m.**

Op het Kempisch Plateau en de Vlakte van Kaulille schommelt de dikte van het Quartair rond de 10 m. Het betreft hier in situ Maas- en Rijnafzettingen met een dunne deklaag.

- **Quartaire diktes van 10 tot 22 m.**

Diktes tot 22 m worden bereikt in de Vlakte van Reppel en in de laagterras-afzettingen van de Maas. Het gaat hier om Maas- en Rijnafzettingen met een deklaag die meer dan 10 m dik kan zijn

- **Quartaire diktes van 22 tot 46 m.**

Het Quartair in het noordelijke deel van de Vlakte van Reppel is reeds meer dan 22 m dik, evenals het grootste deel van de Vlakte van Bocholt. Enkele boringen duiden op zeer dikke Quartaire pakketten in de laagterras-afzettingen van de Maas, zeer waarschijnlijk breukgebonden. Aldus krijgen we het beeld van een gesuperponeerde mini-graben. Het Quartair in de Vlakte van Bocholt ten noorden van Bree schommelt meestal rond de 40 m.

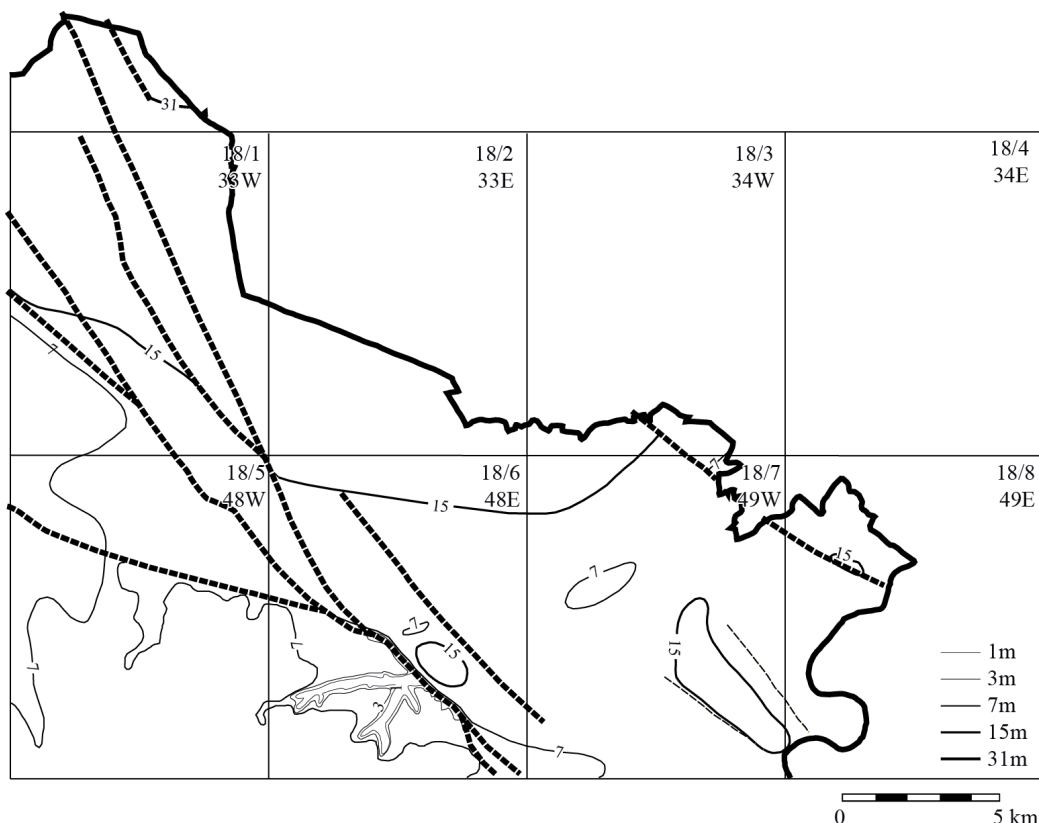
- **Quartaire diktes van meer dan 46 m.**

Eén boring geeft een Quartair pakket van maar liefst 63 m dik aan, zeer waarschijnlijk breukgebonden. Op Nederlands grondgebied geeft de boring Budel eveneens een zeer dik Quartair pakket aan (rond de 60 m).

3.2.4 Diktekaart van de afzettingen van de grote rivieren (figuur 6).

Voor het construeren van deze diktekaart hebben we een andere geometrische reeks (2-4-8-16) gehanteerd om de dikteklassen te definiëren en alzo meer detail te krijgen in de kleinere dikteklassen. Het thema verschilt lichtjes ten opzichte van de Quartairkaart van Rekem. Daar is een diktekaart van alle grove afzettingen geconstrueerd, dus inclusief de herwerkte afzettingen. De Formatie van Leut is niet meegerekend in deze afzettingen.

Fig. 6: Diktekaart van de afzettingen van de grote rivieren.



- **Maas- en Rijnafzettingen afwezig of dunner dan 1 m.**

In de valleien van de Eetsevelderbeek en de Itterbeek zijn de in situ afzettingen van de grote rivieren volledig weggeschuurd.

- **Maas- en Rijnafzettingen van 1 tot 3 m dik.**

Door erosie en breukwerking zijn op de Bree steilrand slechts dunne pakketten rivierafzettingen terug te vinden.

- **Maas- en Rijnafzettingen van 3 tot 7 m dik.**

Delen van het Kempisch Plateau, de Vlake van Reppel en zelfs de Vlake van Bocholt hebben in situ rivierafzettingen van maximaal 7 m dik. Ten zuiden van Bree blijven deze afzettingen globaal gezien ongeveer even dik over de breukrand(en) heen.

- **Maas- en Rijnafzettingen van 7 tot 15 m dik.**

De afzettingen van de laagterrassen van de Maas behoren meestal tot deze dikteklasse, uitgezonderd de breukgerelateerde delen. De Rijn-(en Maas-)afzettingen in de Vlake van Bocholt ten zuiden van Bocholt zijn eveneens hier terug te vinden.

- **Maas- en Rijnafzettingen van 15 tot 31 m dik.**

Een opmerkelijke verdikking van deze afzettingen begint eigenlijk pas in de Vlake van Bocholt, ten noorden van Bocholt. De rivierafzettingen daar zijn meer dan 15 m dik, zeer dikwijls tot 25 m of zelfs nog iets meer.

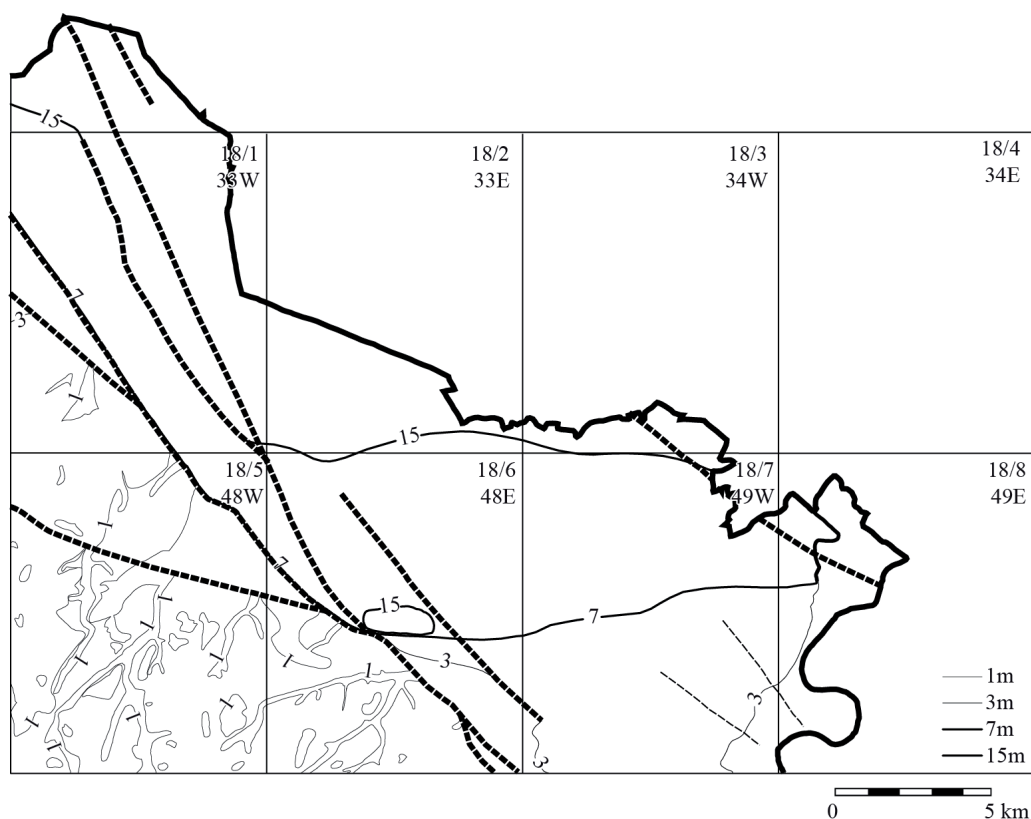
- **Maas- en Rijnafzettingen dikker dan 31 m.**

Ten noorden van Hamont-Achel zijn in één bepaalde boring dikke pakketten rivierafzettingen teruggevonden.

3.2.5 Diktekaart van de deklagen (figuur 7).

De deklagen zijn hier gedefinieerd als volgende niet in situ Maas- en Rijnafzettingen: herwerkte afzettingen, dekzanden, lacustriene afzettingen en Holocene beekafzettingen. De Formatie van Leut is hier meegerekend.

Fig. 7: Diktekaart van de deklagen.



- **Deklagen afwezig of minder dan 1 m dik.**

Op het Kempisch Plateau en de Vlake van Reppel zijn deklagen dikwijls afwezig.

- **Deklagen van 1 tot 3 m dik.**

Alle deklagen ten zuiden van de randen van Reppel en Bree zijn minder dan 3 m dik. Hetzelfde geldt voor een gedeelte ten zuidwesten van de rand van Waterloo. Het gaat hier om een dunne laag herwerkte afzettingen, beekafzettingen, dek- en of duinzand.

- **Deklagen van 3 tot 7 m dik.**

Ten noorden van de rand van Reppel en net ten noorden van de Bree rand, ter hoogte van Bree zelf, verdikken de deklagen abrupt. Het merendeel van de afzettingen hier zijn herwerkte Maas- en Rijnafzettingen, meer bepaald puin-kegelafzettingen.

- **Deklagen van 7 tot 15 m dik.**

De hierboven vermelde verdikking zet zich voort over de noordoostelijke tak van de rand van Reppel heen, waar de deklagen meer dan 10 m dik zijn. In de Vlake van Bocholt, ten noorden van Bree, gebeurt hetzelfde. Het aandeel lacustro-eolische afzettingen in de deklagen wordt hier ook geleidelijk groter.

- **Deklagen dikker dan 15 m.**

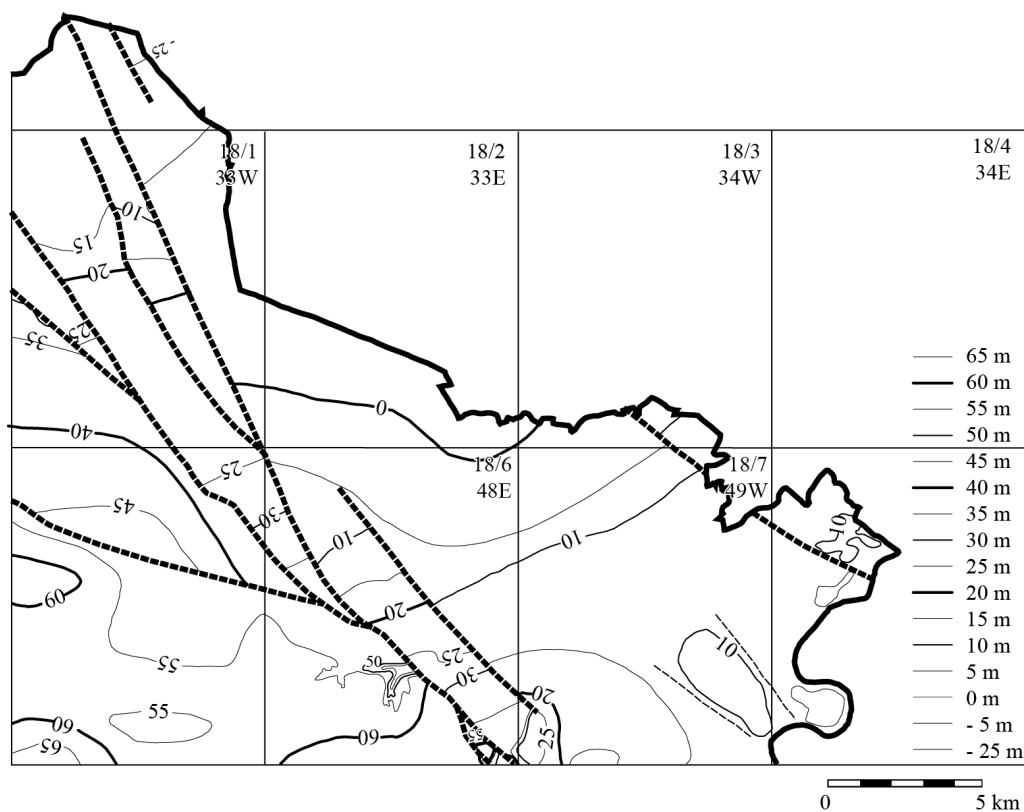
Ten oosten van de rand van Bocholt en ten noorden van de stad Bocholt zijn de deklagen dikker dan 15 m. Het aandeel lacustro-eolische afzettingen blijft stijgen.

3.3 De isohypsenkaarten.

3.3.1 De isohypsen van de basis van het Quartair (figuur 8).

Globaal kunnen twee trends het beeld van deze kaart redelijk goed schetsen. Een eerste trend is een verlaging van de basis van het Quartair in noordoostelijke richting: van 65 m in het zuiden (Kempisch Plateau) en 30 m in het noorden (ten zuiden van de rand van Reppel) tot 10 m in het zuiden en –25 m in het noorden, hetgeen een globale verlaging van 55 m inhoudt. Deze eerste trend is duidelijk breukgebonden. Een tweede trend verloopt in noordwestelijke richting: van 65 m tot 30 m buiten de graben en van 10 m tot –25 m in de graben. De gradiënt van deze trend verschilt van blok tot blok en is soms redelijk steil, zo bijvoorbeeld net ten zuiden van Hamont-Achel en meer naar het zuiden ter hoogte van Kinrooi.

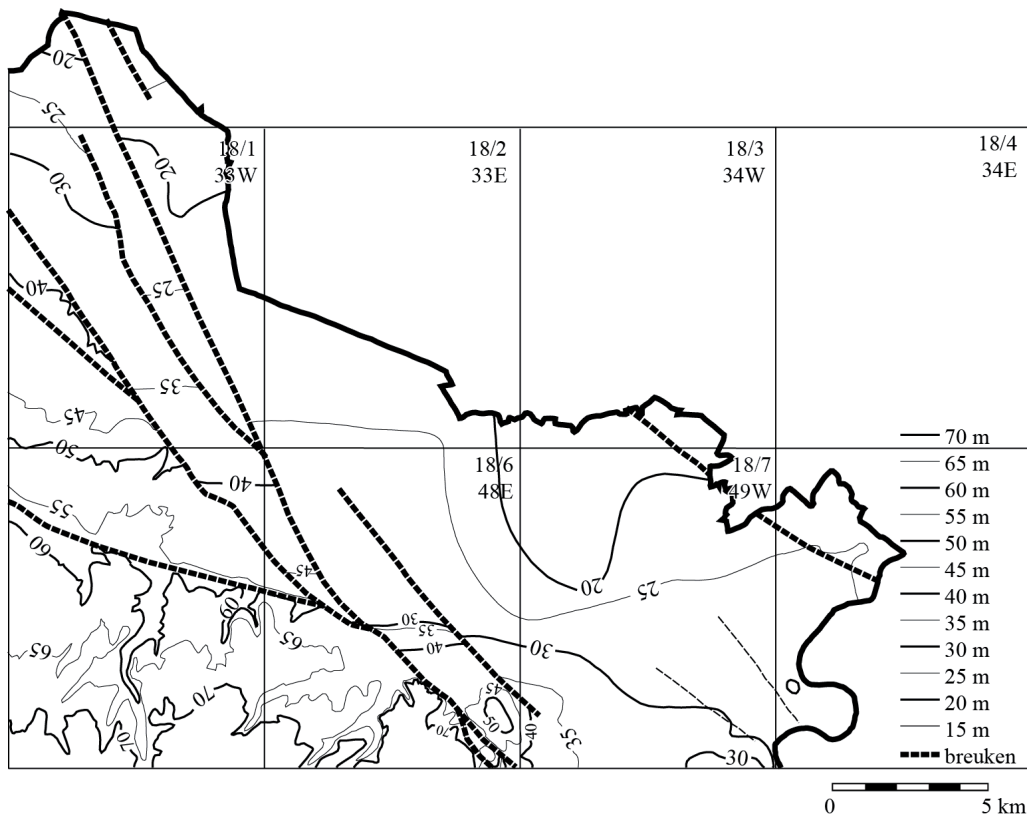
Fig. 8: Isohypsen van de basis van het Quartair.



3.3.2 De isohypsen van de top van de afzettingen van de grote rivieren (figuur 9).

Waar de deklagen afwezig zijn, vooral op het Kempisch Plateau, volgen deze isohypsen de hoogtelijnen. Verder zijn ook hier twee trends waar te nemen: een noordoostelijke en een noordwestelijke. De noordoostelijke verloopt in het zuiden van 70 m tot ongeveer 20 m en in het noorden van 45 m tot 15 m. Onmiddellijk wordt duidelijk dat de verlaging van dit vlak niet overal eenzelfde bedrag heeft.

Fig. 9: Isohypsen van de top van de afzettingen van de grote rivieren.



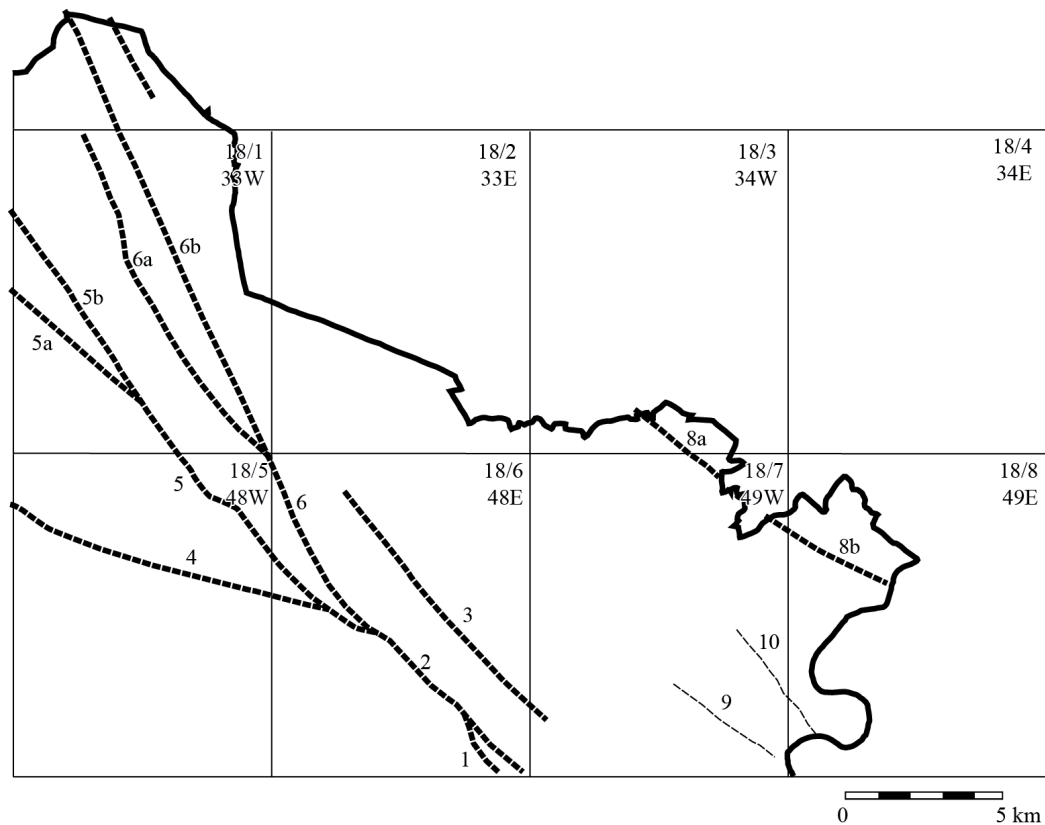
3.4 De breukenkaart.

Aangezien dit kaartblad op de zuidwestelijke rand van de Roergraben gelegen is kan men een aantal breuken in het Quartair verwachten die hiermee samenhangen. Het zijn zuidoost-noordwest gerichte breuken met meestal een afschuiving naar het noordoosten en mogelijk een laterale component. Op de breukenkaart (figuur 10) zijn de breuken met een nummer aangeduid, anders dan op de Tertiairkaart. Wat de naamgeving betreft bestaat er over een deel van de breuken een consensus, over een ander deel dan weer niet. Het grote probleem in deze materie is dat in het verleden breuken zelden gedefinieerd zijn met betrekking tot het specifieke niveau in de ondergrond (desnoods oppervlakte) waar ze waargenomen werden. Onderstaande tabel geeft een voorlopig idee over de bedragen langsheen de verschillende breuken:

Tabel 2. Breukbedrag.

Naam	Breukbedrag top Maas-Rijnafzettingen	Breukbedrag basis Maas-Rijnafzettingen
1 Heerlerheide	5 m	5 m
2 Neeroeteren-Geleen (?)	15 m (SW) à 20 m (NE)	15 m (SW) à 30 m (NE)
3 Feldbiss (?)	20 m (SW) à 0 m (NE)	20 m (SW) à 5 m (NE)
4 Grote-Brogel	5 à 10 m	5 à 10 m
5a ?	0 à 5 m	10 m
5b Reppel	0 à 5 m	5 m
6a Bocholt	5 à 10 m	10 m
6b Hamont	0 à 5 m	10 à 15 m
7 Vessem, Elen (?)	0 à 5 m	30 m
8a Molenbeersel, Montfort, Stevensweert (?)	-	5 à 10 m (antithetisch)
8b Stevensweert (?)	-	0 à 5 m
9 ?	-	5 à 10 m
10 ?	-	5 à 10 m (antithetisch)

Fig.10. Breukenkaart.



Met deze summiere gegevens kunnen we tevens enkele uitspraken doen wat betreft de timing van breukwerking. Globaal kunnen we stellen dat de noordelijke breuken 5a tot en met 7, en de oostelijke breuk 8a vooral een vroege werking gehad hebben aangezien de bedragen voor de basis van de afzettingen groter zijn dan voor de top. Breuken 6a en 6b hebben voornamelijk gewerkt vóór de afzetting van het Lid van Molenbeersel A, zeer waarschijnlijk ten laatste tijdens het Vroeg-Saale. Breuk 6a heeft nog een recente kleine sprong van 1 à 2 meter gehad, getuige de zichtbaarheid in het landschap. De werking van breuk 7 situeert zich praktisch volledig tijdens het sedimenteren van de Rijnsedimenten, gedurende het Vroeg-Pleistoceen. De timing van breuken 5a en 5b is moeilijk te schatten. De laatste heeft alleszins nog een minieme recente werking gehad (steilrand van Reppel). Breuk 8a heeft antithetisch gewerkt tijdens de afzetting van de Bocholt Zanden maar vóór het sedimenteren van de Winterslag Zanden.

Gezien de min of meer even grote verplaatsingen van de top en de basis van de Midden-Pleistocene Maas- en Rijnafzettingen in het zuidelijke deel van het kaartblad kunnen we besluiten dat breuken 1 tot en met 4 vooral een belangrijke werking gehad hebben na het afzetten van deze sedimenten. De werking doorheen de tijd van de eerste drie breuken wordt uitgelegd in Beerten et al. (1999). Voor breuken 2 en 3 moeten we aanvullen dat er een werking geweest is tijdens de sedimentatie. Breuk 4 heeft enkel gewerkt ná de hoofdterras-tijd.

Deze gegevens suggereren dat bovenop het gewone breukenpatroon nog een west-oost- tot zuidwest-noordoost-component gesuperponeerd is, gaande van Bree tot Kinrooi-Molenbeersel. In dit verband kunnen we nu reeds zeggen dat het mogelijk is dat het voorkomen van de Bocholt Zanden in de Vlake van Bocholt *volledig* breukgebonden is. In dit geval moet er een bijkomende breuk verondersteld worden tussen breuken 2 en 8a, met voornoemde richting en lokatie.

Op de kaart zijn breuken 8a en 8b verbonden. Het is echter mogelijk dat dit twee aparte breuken zijn met een iets andere oriëntatie waarbij breuk 8a tijdens de afzetting van de Midden-Pleistocene lagen antithetisch gewerkt heeft en breuk 8b later, namelijk tijdens het sedimenteren van de laagterras-afzettingen.

Breuken 9 en 10 hebben een vermoedelijke activiteit gehad tijdens het afzetten van de laagterrassen. Alleszins is deze beweging gestopt vóór het einde van de tijd waarin de Maasmechelen Grinden afgezet zijn, ongeveer het Pleni-Weichsel.

3.5 De profieltypekaart.

3.5.1 Beschrijving van de gekarteerde eenheden (figuren 11 en 12).

3.5.1.1 Fluviatiele afzettingen.

3.5.1.1.1 Maasafzettingen.

Formatie van Leut: Mullem kei en Heppeneert leem.

Dit is het fijne alluvium getransporteerd en afgezet door de Maas tijdens het Holoceen (Paulissen, 1973). Ruimtelijk kan het opgesplitst worden in geulsedimenten en overstromingssedimenten. De fractie kleiner dan 16 µm is belangrijker bij geulsedimenten. Bovendien is de kleifractie er hoger dan de fijne silfractie. Naast deze ruimtelijke differentiatie is er een chronologische differentiatie die zeer goed merkbaar is in de oudere geulsedimenten: doorheen het Holoceen stijgt de silratio van dit fijn alluvium. Men spreekt van de oudere Mullem-klei, anterieur aan de ontbossingen, en de jongere Heppeneert-leem die er posterieur aan is. In het ideale geval liggen ze boven elkaar. Het is nochtans niet mogelijk geweest om beide eenheden apart te karteren. In de boorgegevens spreekt men wel van lemig alluvium enerzijds en kleilig alluvium anderzijds maar dit onderscheid lijkt eerder te maken te hebben met de situering in de tijd van de boring dan met enige ruimtelijke differentiatie: oudere gegevens (begin 20ste eeuw) geven systematisch kleilig alluvium aan terwijl latere boorgegevens (na WO II) over lemig alluvium spreken.

De dikte van de Formatie van Leut varieert van minder dan 1 m op de grindbanken tot 5 m in de geulen en kan op zeer korte afstand veranderen. Het is gekarteerd op basis van boorbeschrijvingen en gegevens op de bodemkaart.

Fig.11. Lithostratigrafische tabel.

					Fluviatiel			Eolisch	Fluvio-lacustro-eolisch					
					Maas- en Rijnafzettingen		Andere							
Holoceen					Formatie van Lanklaar	Stokkem grinden	Formatie van Leut	Heppeneert leem Mullem klei	(venig) beekalluvium (Formatie van Singraven)	Formatie van Bouwel	Lid van Molenbeersel A en B			
Pleistocene						Maasgrinden			Formatie van Hechtel	?				
					Geistingen grinden			Formatie van Wildert						
					Maasmechelen grinden			Ouder dekzand						
					?									
					Eisden-Lanklaar grinden			Ouder dekzand						
								?						
					Midden Pleistoceen					Zutendaal grinden			Herwerkte Maas- en Rijnafzettingen	
										Winterslag zanden				
					Vroeg Pleistoceen					Lommel zanden				
Bocholt zanden														

Formatie van Lanklaar.

De dalbodemgrindafzettingen die hierna besproken worden hebben een dikte die varieert van 8 tot 22 m. In het algemeen is de basis van deze grindafzettingen zeer onregelmatig. Op korte afstand (250 m) kan het grindpakket meer dan 5 m dikker worden, ook buiten de graben. Op de diktekaart komt dit niet zo uitgesproken in beeld omwille van de grootte der klassen.

♦ Stokkem grinden.

Dit lid bestaat uit fijn tot grof grind met beperkte bijmenging van leem en voornamelijk grof zand, afgezet door de Maas. In feite gaat het om herwerkte Pleistocene Maasafzettingen, gedeponeerd als beddinggrinden door een rivier

met een gemengde lading. Ze komen voor in de huidige alluviale vlakte van de Maas. De dikte varieert tussen 10 m en 18 m. Hierbij moet echter duidelijk gezegd worden dat het onderste deel van dit grindpakket waarschijnlijk uit oudere grinden bestaat (Geistingen-grinden, Maasmechelen Grinden of Eisdien-Lanklaar Grinden) die nog niet herwerkt zijn door de huidige Maas. Petrografisch is de grens tussen Pleistocene en Holocene grinden moeilijk vast te stellen, mineralogisch zijn de laatstgenoemde gekenmerkt door de Laachersee vulkanische mineralen. In principe zijn de Stokkem Grinden bedekt met fijn alluvium van de Maas (Formatie van Leut). De top van deze afzettingen is gelegen onder die van de Geistingen Grinden maar boven die van de afzettingen van het terras van Mechelen-aan-de-Maas (Paulissen, 1973).

♦ *Geistingen grinden.*

De Geistingen-grinden zijn fluviale dalbodemgrinden met beperkte bijmenging van zand en leem, afgezet door een verwilderde rivier tijdens een koud klimaat. Op het kaartblad Rekem bevinden ze zich in terraspositie, overeenkomstig het terras van Geistingen. De grinden zijn centimetrisch - slechts 10% is grover dan 10 cm - en hoofdzakelijk van Ardennese oorsprong. Wat de zware mineralogie betreft is het Ardennen-chloritoid kenmerkend, samen met de afwezigheid van de bruine Vogezenhoornblende (tengevolge van het verlies van de Moezel door de aftapping te Toul). Dekzand is steeds afwezig. De dikte is onbekend. Hier ook is het zeer waarschijnlijk dat oudere Maasafzettingen aanwezig zijn onder deze grinden. Paulissen (1973) beschrijft een zandig alluvium op deze grinden. De boorbeschrijvingen wijzen echter in de richting van een lemig en kleiig alluvium zodoende dat we dit ook ondergebracht hebben in de Formatie van Leut. De ouderdom van deze grinden is ongeveer het einde van het Pleni-Weichsel (Brabantiaan).

♦ *Maasmechelen grinden.*

Dit zijn eveneens fluviale dalbodemgrinden, zeer gelijkaardig aan de Geistingen-grinden, met dit verschil dat het voorkomen van de Formatie van Wildert op deze grinden *mogelijk* is maar niet noodzakelijk. De dikte varieert van 9 tot 22 m. Deze grinden zijn afgezet tijdens het Pleni-glaciaal. Mogelijk bevinden zich nog resten van de Eisdien-Lanklaar grinden eronder. Later zijn ze in reliëf gezet door verdere erosie en vormen nu het terras van Mechelen-a/d-Maas.

♦ *Mogelijk oudere dan het bovenliggende lid van de Formatie van Lanklaar.*

Zoals reeds gezegd is het vrij waarschijnlijk dat onder de leden van de Formatie van Lanklaar, uitgenomen de Eisdien-Lanklaar Grinden er zich nog oudere grinden bevinden. Dit wordt op de profieltypekaart tevens aangeduid.

Formatie van As.

♦ *Zutendaal grinden.*

Het Lid van Zutendaal is een afzetting van fluvio-glaciale grove Maasgrinden in een al dan niet aanwezige leemmatrix met weinig zand; leemlenzen zijn plaatselijk geïntercalcieerd. De grinden zijn afgezet tijdens het Cromer en/of het Vroeg-Pleistoceen door een verwilderde grindrivier in een koud klimaat en later verweerd tot de Bodem van As. Hun verbreidingsgebied valt essentieel samen met een deel van het Kempisch Plateau en breidt zich verder uit naar het noordoosten over de rand van Bree heen. Stratigrafisch komen ze in principe boven de Winterslag Zanden te liggen maar meestal zijn deze laatste volledig weggeschuurd vooraleer het grindfacies afgezet geweest is. Dit lid heeft een dikte die schommelt tussen 6 en 12 m. De zware mineralen zijn typisch van de Maas vóór de aftapping te Toul: Lotharingen-ijzer, Vogezen-hoornblende en Ardennen-chloritoïde. In geen enkele boring in de graben zijn grote hoeveelheden Lotharingen-ijzer teruggevonden (zie bijlage). De meest logische verklaring is dat in het gebied waar de boringen uitgevoerd zijn deze grinden niet afgezet zijn (de meest zuidwestelijk gelegen boring met zware mineraalanalyses is 48E270; zie bijlage). Een andere verklaring zou kunnen zijn dat het ijzer gereduceerd is. De Roergraben is uiteraard een ideale setting voor zo'n scenario. De aanwezigheid van gepyritiseerde silex in een aantal boringen zou kunnen wijzen in de richting van de tweede verklaring. Een tegenargument is de korte tijdspanne die voorhanden is om het ijzer te reduceren. Voorlopig is de kaart zodanig ingetekend dat de Zutendaal Grinden maar in een klein gedeelte van de graben voorkomen.

♦ *Winterslag zanden.*

Dit lid wordt beschouwd als het zandfaciës op het Kempisch Plateau. Lithologisch bestaat het voornamelijk uit middelmatig tot grof zand (minstens 75% is kleiner dan 500 µm) met grinden die verspreid of in banken voorkomen. De sedimentaire structuren wijzen in de richting van een verwilderde rivier. De Winterslag Zanden zijn eveneens afgezet door de Maas tijdens het Vroeg-Pleistoceen. Een hernieuwde werking van de Rauw-breuk zou deze zandige Maas naar het westen afgeleid hebben. In principe zijn deze zanden verweerd tot de Bodem van As maar omwille van de ongunstige mineralogische samenstelling is dit praktisch nooit het geval. In de graben bestaan de Winterslag Zanden uit grof (707 µm) tot fijn (125 µm) zand met grindbijmenging in variabele hoeveelheden. Grootchalige FU-sequenties komen voor. De dikte schommelt tussen de 7 en 15 m. De zware mineralen zijn identiek aan die van de Zutendaal Grinden doch met minder of geen ijzer. In dit verband moeten we vermelden dat een verondersteld Winterslag faciës op het plateau (groeve Dorne, zie technische bijlage kaartblad Rekem) nogal veel ijzer bevat in vergelijking met de Winterslag Zanden in de graben. Hier ook stelt zich het probleem van posterieure reductie.

Het onderscheid tussen beide leden van de Formatie van As is soms moeilijk te maken in boorbeschrijvingen: de verweringsgraad en de dominantie van grind of zand zijn de gehanteerde criteria.

De Winterslag zanden kunnen overeenkomen met de Zone van Budel in de Formatie van Sterksel (Zonneveld, 1947).

3.5.1.1.2 Rijnafzettingen.

Formatie van Kaulille.

♦ *Lommel zanden.*

Deels voor en deels gelijktijdig met het afzetten van de Winterslag zanden is tevens de Rijn aangetrokken geweest door de werking van de Rauw-breuk. Beide zanden zijn dus waarschijnlijk lateraal afgezet. De Lommel Zanden bestaan voornamelijk uit middelmatig tot grof zand (250 μm tot 707 μm) in FU-sequenties van enkele decimeter tot een drietal meter. Sommige niveaus zijn zeer grindrijk. De zware mineralen zijn typisch van de Alpen met veel granaat, epidoot en alteriet. Groene hoornblende is minder aanwezig of afwezig. De Lommel Zanden komen voor ten noorden van de lijn Ellikom-Reppel-Bocholt, zowel op het Kempisch Plateau als in de graben. De dikte varieert van 7-8 m op het plateau, 15 m in boring Broekkant tot 9 m in boring Wad en vermoedelijk slechts 3 m in boring Bocholt (33W153). De ouderdom is Vroeg-Pleistoceen. Op plaatsen waar de Lommel Zanden eerder dus zijn lijkt de Hamont Klei beter ontwikkeld. Een mogelijk verband hiertussen is nog niet onderzocht.

♦ *Bocholt zanden.*

Zoals boven reeds aangehaald is de Rijn vroeger aangetrokken geweest door de werking van de Rauw-breuk. Een aantal boringen in de graben geven aan dat dit Rijnfacies onder de Zanden van Winterslag voorkomt. Het betreft een middelmatig tot grof zand, mode tussen 354 μm en 707 μm , met bijmenging van fijn grind, dikwijls granulegrind, en vooral onderaan met talrijke kleibrokken. De basis is meestal een zeer heterogene afzetting van grof grind, zand, leem en klei (mogelijk een debris flow). Er komen FU-sequenties voor tot 1 m. De dominante zware mineralen zijn granaat (wisselend gehalte), alteriet, epidoot en groene hoornblende. Het verbreidingsgebied is ten noorden van de steilranden van Bree en Reppel. De dikte varieert van 4.5 m (boringen 't Hasselt en Broekkant) over een typische waarde van 10 à 15 m tussen breuken 6b en 7, tot 26 m ten oosten van breuk 7 (boring 20W29). Deze zanden zijn afgezet tijdens het Vroeg-Pleistoceen door een verwilderde rivier met vooral in het begin van de afzetting een zeer grote sedimentlast. In de graben vormen deze afzettingen een mogelijk breukgebonden begraven west-oost tot zuidwest-noordoost rand.

Het preciese verband tussen de Lommel Zanden, Bocholt Zanden, Winterslag Zanden en Zutendaal Grinden is nog steeds troebel. Nieuwe gekernde boringen wijzen uit dat tenminste een gedeelte van de Bocholt Zanden ouder zijn dan de Winterslag Zanden (zie bijlage) terwijl dit laatste facies ouder is dan de Zutendaal Grinden. De Lommel Zanden zijn deels een equivalent van de Bocholt Zanden en deels jonger dan deze zanden terwijl ze minstens even oud of ouder zijn dan de Winterslag Zanden. Een mogelijke verklaring hieromtrent zou kunnen zijn dat de Lommel Zanden een verweerd facies van de Bocholt Zanden zijn. De groene hoornblende is dan als minst stabiel mineraal als eerste verweerd. Een tegenargument voor deze hypothese is het feit dat de Lommel Zanden grotere FU-sequenties heeft en meer en grover grind bevat.

♦ *Hamont klei.*

In twee nieuwe boringen uitgevoerd in het kader van deze kartering en in een aantal oudere boringen hebben we een zeer kleiig facies aangetroffen, geïntercalaerd tussen beide Rijnzanden. Lithologisch bestaat deze eenheid uit lemige klei tot kleiige leem aan de top, overgaand in zandige leem en lemig fijn zand met uiteindelijk aan de basis fijn (88-125 μm) tot middelmatig (max. 250 μm) zand. In de boring Wad is deze laag 7 m dik. In boring 20W29 komt deze laag voor van 19 m tot 37 m onder het maaiveld, in 3 FU-sequenties. De zware mineralen wijzen in eerste instantie op een gemengde afkomst van Maas en Rijn. Een groot percentage ilmeniet is kenmerkend. Het verbreidingsgebied is beperkt tot de Vlakte van Bocholt, ten noorden van Bocholt. De afzettingssomstandigheden voor deze eenheid waren eerder rustig, met in het begin nog fluviale invloed, later overgaand in een gesloten milieu. Zowel een verlaten arm van een meanderend systeem als een meer komen in aanmerking. In dit laatste geval zouden deze afzettingen onder de lacustriene afzettingen ondergebracht moeten worden. De Hamont Klei is vermoedelijk afgezet tijdens het Vroeg-Pleistoceen.

3.5.1.1.3 Herwerkte Maas- en Rijnafzettingen.

Deze afzettingen onderscheiden zich van de in situ fluviale afzettingen op basis van hun geomorfologische positie, de lithologie, de structuren en de zware mineralen. In principe zijn ze voor dit kaartblad op te delen in puinkegelaafzettingen, hellingspuinafzettingen en beekafzettingen. In de praktijk zijn ze allemaal samengenomen. Deze eenheid bestaat uit grof tot middelmatig zand in kleine FU-sequenties van meestal 0.5 m dik. Grotere eenheden komen voor. De zware mineralen zijn een menging van Rijnmineralen, Maasmineralen en veel stabiele mineralen. De dikte varieert van 1 à 2 m op het Kempisch Plateau tot meer dan 10 m in de graben (boringen Wad, 't Hasselt, Foshei). Op de profieltypekaart is deze eenheid voor een groot deel apart aangeduid en voor het andere deel samengenomen met de eenheid Ouder Dekzand (cfr. infra) omdat in de standaard boorbeschrijvingen beide facies zeer moeilijk te onderscheiden

zijn. Het is enkel in de gekernde boringen en na een grondige analyse dat beide facies van elkaar gescheiden konden worden. De tijdspanne waarin deze lagen afgezet zijn strekt zich uit van het Vroeg-Pleistoceen tot en met het Weichsel en komt op vele plaatsen lateraal voor ten opzichte van het Ouder Dekzand en het Lid van Molenbeersel (A en B).

3.5.1.1.4 *Formatie van Singraven: beekalluvium en veenrijk beekalluvium.*

Deze formatie bestaat uit grind, grof zand, fijn zand, leem, klei en heel dikwijls veen of veenrijk materiaal en omvat alle Holocene beekafzettingen op het kaartblad. De naam is overgenomen uit de Nederlandse literatuur. De lithologie is sterk afhankelijk van het omliggende substraat: zand in een zandrijke omgeving, leem in een leemrijke omgeving. Vroeger werd deze eenheid gekarteerd onder de naam beekalluvium en venig beekalluvium. Colluvium is niet aangeduid omdat het eigenlijk zelden voorkomt in deze streek en omdat het verschil tussen colluvium en alluvium op een wankel argument gebaseerd was, namelijk huidige permanente of niet-permanente waterlopen. De eenheid is gekarteerd op basis van het reliëf (recente insnijdingen en opvullingen), de bodemkaart, de oude geologische kaart en ondiepe boorbeschrijvingen.

3.5.1.2 *Eolische afzettingen.*

3.5.1.2.1 *Dekzand.*

Formatie van Wildert.

Deze formatie bestaat uit fijne zwaklemige allochtone eolische zanden, afgezet tijdens het Weichsel, oorspronkelijk beschreven en gedefinieerd door De Ploey (1961) in de Antwerpse Noorderkempen. Op 85 monsters komt hij daar tot extreme moduswaarden tussen 102 en 190 μm , een gemiddelde moduswaarde tussen 120 en 170 μm en een gemiddeld leemgehalte tussen 5 en 12%. Ze zijn gekenmerkt door een zwakke parallelle gelaagdheid waarbij lemiger en minder lemiger laagjes elkaar afwisselen. In het Maasgebied noemt Paulissen (1973) de bovenste dekzandmantel de Formatie van Kessenich waarbij de mediaan van een gemiddeld staal 103 μm bedraagt, deze van de zandfractie 159 μm en de mode van de zandfractie 152 μm bedraagt. In boring Gevenhof hebben we een bovenste zandpakket (van 0 tot 3.73 m onder maaiveld) aangetroffen met volgende kenmerken: zwaklemig (rond 10% en licht schommelend) fijn (mediaan 177 μm , mode 125-177 μm) tot zeer fijn (mediaan 125 μm , mode 88-125 μm) zand met een zwakke parallelle laminatie door een licht variërend leemgehalte. De zware mineralen zijn voornamelijk stabiel. Deze dekzandpakketten, voorkomend in Noord- en Noordoost-België, kunnen allen tot de Formatie van Wildert gerekend worden op basis van hun korrelgrootte en structuren. Lokaal kan er grindbijmenging optreden door cryoturbaties. De dikte van de formatie varieert van 0.5 m tot meer dan 3 m en zelfs 6 à 7 m in de omgeving van Hamont-Achel. De absolute maximale dikte is niet gekend. De realiteit in verband met de dekzanden op het Kempisch Plateau is dat het eigenlijk zeer discontinu is afgezet (vlekken van bijvoorbeeld 1 ha). Op sommige plaatsen hebben we dan toch de vrijheid genomen om een veralgemening te maken. Het samen voorkomen van grind en zand hebben we daar geïnterpreteerd als een fluviatiele afzetting. Deze eenheid is steeds apart gekarteerd.

Ouder Dekzand.

In boring Gevenhof hebben we onder de Formatie van Wildert en een herwerkt zandpakket een zandafzetting aangetroffen (diepte: 6.00-8.23 m) met volgende kenmerken: zwaklemig (7 à 8%) fijn zand (125-250 μm tot 125-177 μm) met een geringe doch aanwezige variatie van het leemgehalte op cm schaal; enkele dunne grovere laagjes; veenstippen. Een gelijkaardig maar sterk verstoord pakket hebben we aangetroffen in boring Mulkerheide (nog in analyse). In andere boringen zijn hier en daar fijne zandlagen beschreven onder grof zand of leemlagen. Op basis van de korrelgrootte en het voorkomen onder een eenheid herwerkt zand noemen we deze laag Ouder Dekzand. Deze zanden zijn afgezet vóór de Wildert Dekzanden en zeer waarschijnlijk na de aftapping van de Maas nabij Toul. De zware mineralen worden gedomineerd door de stabiele. Hun verbreidingsgebied is beperkt tot de graben. De minimale en maximale dikte zijn onbekend. Op een aantal plaatsen (basale knik van de steilrand van Bree) komt dit dekzand waarschijnlijk overeen met de Formatie van Dilsen, reeds aangetroffen op kaartblad Rekem.

3.5.1.2.2 *Duinzand: de Formaties van Bouwel en Hechtel.*

Beide formaties omvatten lokale verstuiwingen van reeds afgezette eolische zanden. De Formatie van Hechtel omvat duinzanden uit het Weichsel (Dryas) terwijl de Formatie van Bouwel alle Holocene verstuiwingen van Pleistocene duinzanden en dekzanden groepeerd. Eerstgenoemde kan nog in drie leden onderverdeeld worden, overeenkomstig de drie Dryas-perioden, gescheiden door een witte horizont of een organischrijk laagje (Paulissen en Munaut, 1968). Granulometrisch worden deze duinzanden gekenmerkt door de totale afwezigheid van silt. Bijgevolg is de mode van het zand identiek als deze van de zandfractie van de dekzanden. Verder zijn ze beter gesorteerd. De dikte varieert van 1 tot 5 m en meer ten westen van Maaseik. Voor het karteren van deze eenheden is voornamelijk gebruik gemaakt van de diverse orohydrografische kaarten, de bodemkaart en de oude geologische kaart. Morfologisch vertaalt de jongste formatie zich in niet-gedifferentieerde zandophopingen terwijl de oudste duinzanden longitudinale of paraboolduinen vormen.

Tabel 3: Beschrijving van de gekarteerde eenheden

Stratigrafie	Lithologie (beknopt)	Milieu/genese	Chronostratigrafie	Dikte
Formatie van Singraven	klei, leem, fijn en grof zand, weinig grind, soms veen	fluviaal (beekalluvium)	Holoceen	0.5 - 3 m
Formatie van Bouwel	fijn zand	eolisch (duin)	Holoceen	1 - 5 m
Formatie van Hechtel	fijn zand	eolisch (duin)	Laat-Weichseliaan	1 - 3 m
Formatie van Wildert	fijn zwaklemig zand, mogelijk grindbimenging, cryoturbaties	eolisch		0.5 - 7 m
Ouder dekzand	fijn tot middelmatig zand	eolisch	Pleni-Weichseliaan	2 - ... m
Lid van Molenbeersel B	klei, leem en fijn tot grof zand	lacustro-eolisch, fluvio-lacustrien	Saaliaan tot Vroeg-Weichseliaan	2 - 5 m
Lid van Molenbeersel A	klei, leem en fijn tot grof zand	lacustro-eolisch, fluvio-lacustrien	Cromeriaan en/of Vroeg-Pleistoceen tot Saaliaan	2 - 5 m
Formatie van Leut	klei, lemige klei, zandige klei, zandleem en leem	fluviaal (overstromingsleem en opvulling van geulen)	Holoceen	1 - 5 m
Stokkem grinden	fijn tot grof grind met grof zand	fluviaal	Holoceen	10 - 18 m
Geistingen grinden	fijn tot grof grind met grof zand	fluviaal	Weichseliaan	?
Maasmechelen grinden	fijn tot grof grind met grof zand	fluviaal	Pleni-Weichsel	9 - 22 m
Zutendaal grinden	grof grind met weinig zand, leemmatrix, leemlenzen	fluviaal	Cromeriaan en/of Vroeg-Pleistoceen	6 - 12 m
Winterslag zanden	middelmatig zand met grind, verspreid of in banken	fluviaal	Vroeg-Pleistoceen	7 - 15 m
Lommel zanden	middelmatig tot grof zand met grindrijke niveaus	fluviaal	Vroeg-Pleistoceen	7 - 15 m
Bocholt zanden	middelmatig tot grof zand met fijn grind en kleibrokken	fluviaal	Vroeg-Pleistoceen	5 - 26 m
Hamont klei	klei, leem en fijn zand in FU	fluviaal/lacustrien	Vroeg-Pleistoceen	7 - 18 m
Herwerkte Maas- en Rijnaftzettingen	middelmatig tot grof zand, soms grind	fluviaal	Vroeg-Pleistoceen tot Weichseliaan	1 - 15 m
----	leem	fluviaal/eolisch?	?	1 - 2 m

3.5.1.3 Afzettingen met lacustriene invloed: fluvio-lacustriene en lacustro-eolische afzettingen: het Lid van Molenbeersel.

In de boringen Gevenhof, Foshei, 't Hasselt, Wad en Mulkerheide bevindt zich op variabele diepte een leem- en/of kleirijk pakket met specifieke kenmerken. Het gaat om een afwisseling van lemige klei, kleiige leem, zandleem, en fijn tot soms zelfs grof zand op cm- tot dm-schaal. De modes van het zand variëren van 88 µm tot 354 µm. Het suspensiemateriaal bevat zeer veel deeltjes kleiner dan 8 laser-µm (tot meer dan 50%) terwijl anderzijds het gehalte groter dan 31 laser-µm in sommige leemlaagjes kan oplopen tot 40-50%. Er is een goed ontwikkelde parallelle gelaagdheid waarneembaar, grotendeels dankzij het grote lithologische contrast. Sommige zandlagen zijn erosief ten opzichte van onderliggende kleilaagjes. In boring Wad zijn kleine FU-eenheden van 3 cm teruggevonden. De dikte van dit lid varieert van 2 tot 5 m en komt enkel voor in de graben.

Deze laag kan vermoedelijk opgesplitst worden in twee eenheden, een oudere en een jongere. Omdat deze opsplitsing voorlopig en nog niet zeker is, is ze enkel aangeduid op de kaart en nog niet in de databank. De onderste eenheid, het Lid van Molenbeersel A genaamd, bevindt zich redelijk diep onder het maaiveld: in boring Gevenhof van 9.39 m tot 14.45 m. Globaal genomen bevindt de top van deze eenheid zich op dieper dan 8 m onder het maaiveld. De zware mineralen in boring Gevenhof zijn een mengeling van stabiele mineralen en Vogezen-Maas. Chronostratigrafisch moet het geplaatst worden voor de aftapping van de Maas nabij Toul en tijdens of na de afzetting van de Winterslag Zanden.

De bovenste eenheid, het Lid van Molenbeersel B, aangetroffen in boringen 't Hasselt, Wad en Mulkerheide, begint maximaal op slechts enkele meters onder het maaiveld. De zware mineralen in boring 't Hasselt zijn een mengeling van stabiele mineralen en Maasmineralen post-aftapping. Deze van boring Wad zijn gekenmerkt door lokale invloed en Rijnavloed. Chronostratigrafisch moet deze afzetting geplaatst worden tussen de aftapping te Toul (zware mineralen) en het einde van de afzetting van de Formatie van Wildert (Brabantiaan) gezien deze formatie op het Lid van Molenbeersel B teruggevonden is.

De eenheid is afgezet in een milieu met sterk wisselende stroomsnelheden en variabele influxen. Periodes van stromend water wisselden elkaar af met periodes van stilstaand water en aanvoer van eolisch materiaal. Met betrekking

tot de zware mineralen zou men kunnen stellen dat vers Maaswater een groot deel uitmaakte van het afzettingmilieu, althans voor de boringen Gevenhof en 't Hasselt. Hier komen naast stabiele mineralen enkel Maasmineralen voor. Als het om afstromend water van het Kempisch Plateau ging zou men veel meer Rijnmineralen in deze afzettingen verwachten. Voor wat betreft boring Wad gaat het waarschijnlijk wel om afstromend water, gezien de menging van Rijnmineralen en lokaal materiaal.

Het Lid van Molenbeersel A komt voor in de Vlakte van Bocholt en de Vlakte van Reppel, meer bepaald tussen de dorpskernen van Hamont en Achel, ten noordwesten van Bocholt, ten zuidoosten van Bree en ten noorden en noordwesten van Kinrooi.

Het Lid van Molenbeersel B komt voor op het terras van Mechelen-aan-de-Maas, meer bepaald tussen de gemeenten Neeroeteren, Maaseik, Kessenich en Kinrooi. Verder komt het voor in de Vlakte van Bocholt in een smalle strook ten oosten van Bree, vlakbij de Nederlandse grens ten noordoosten van Bocholt en in de omgeving van Hamont en Sint-Huibrechts-Lille.

Bepaalde delen van het Lid van Molenbeersel kunnen overeenkomen met de 'Brabantse lemen', vermeld door Van den Toorn (1967) en Paulissen (1973).

3.5.1.4 Diverse leemafzettingen.

Op het Kempisch Plateau zijn in een aantal ondiepe boringen leempakketten aangetroffen, in dikte variërend van 0.5 tot maximaal 1.5 m, meestal bedekt door de Formatie van Wildert en slechts zelden dagzomend waarvan de aard en de origine onzeker is. Mogelijk gaat het hier om eolische leem, loess, min of meer verwant aan de uitgebreide leempakketten die meer naar het zuiden en het oosten voorkomen.

3.5.2 De profieltypes.

Gezien de heterogeniteit van de afzettingen, de complexiteit van het gebied en zijn unieke setting in België zijn bij het combineren van deze eenheden een zeer groot aantal profieltypes tot stand gekomen. We hebben er voor gekozen deze zo weinig mogelijk te vereenvoudigen en de kaart zo gedetailleerd mogelijk te maken zodat latere aanpassingen en samenvoegingen redelijk gemakkelijk kunnen gebeuren. Het is namelijk zo dat in dit gebied, vooral wat het Quartair betreft, slechts een kleine fractie van de afzettingen gekend is. Dankzij 6 bijkomende gekernde boringen hebben we een deel van de problematiek kunnen oplossen maar zijn er eveneens bijkomende vragen gerezen over een aantal cruciale items. Bijgevolg is de profieltypekaart slechts een neerslag van de huidige stand van zaken en zullen er na verder onderzoek op de 6 gekernde boringen en eventueel nieuwe boringen mogelijk aanpassingen doorgevoerd moeten worden.

De profieltypes zijn als dusdanig terug te vinden op de kaart in de vorm van een nummer in een gesloten polygoon. Elk nummer verwijst naar een specifieke opeenvolging van gekarteerde lagen die op hun beurt ook een nummer dragen. Met behulp van de legende kan elk profieltype gereconstrueerd worden. Verder is een aantal kleuren aangebracht om de kaart visueel overzichtelijk te maken. Bij het dagzomen van (herwerkte) Maas- en Rijnafzettingen verwijst de kleur naar deze laatste. In het andere geval verwijst de kleur naar de aanwezige dekformaties en/of recente beek- en vallei-afzettingen. De onderliggende Maas- en Rijnafzettingen worden dan aangegeven met een specifieke lettercombinatie. De blauwe lijnen geven de onderverdeling van deze laatste weer; De rode lijn begrenst het voorkomen van herwerkte Maas- en Rijnafzettingen.

Lijst met 168 verschillende profieltypes die beide digitale kaarten aan mekaar linkt. Reeds 21 profieltypes werden op het kaartblad 26 gebruikt. De nummering van deze profieltypes is identiek.

1	17/14/6/10	54	12	95	12/1	110	17/14/24/2
2	11/7/10	63	17/12	96	14/12/1	111	16/14/24/2
6	11/9/10	65	19/12	97	14/24/1	112	16/24/2
8	12	66	17/14/12	98	24/1	113	17/12/2
11	17/12	68	19/14/12	99	17/24/1	114	2/1
12	19/12	80	14/12/2	100	17/14/24/1	115	17/2/1
13	17/14/12	86	17/12/1	101	14/24/1	116	19/2/1
14	19/14/12	87	19/12/1	102	17/14/24/1	117	14/2/1
15	14/12/2	88	17/14/1	103	12/2	118	14/25/12/2/1
17	17/12/1	89	19/14/1	104	14/25/12/2	119	17/12/2/1
44	19/12/1	90	19/14/12/1	105	14/24/2	120	19/12/2/1
46	17/14/1	91	14/28/1	106	24/2	121	17/14/2/1
49	17/14/6/10	92	16/1	107	12/27/2	122	19/14/2/1
51	11/7/10	93	14/25/12/1	108	14/27/2	123	14/12/2/1
53	11/9/10	94	16/14/24/1	109	17/24/2	124	14/12/27/2/1

Lijst met verschillende profieltypes (vervolg).

125	14/24/2/1	152	17/14/24/26/12/1/21	179	15/12/22	206	12/26/22/23/21
126	17/14/24/2/1	153	19/14/24/26/1/21	180	12/22/21	207	14/12/26/22/23/21
127	17/24/2/1	154	17/14/24/26/1/21	181	14/12/22/21	208	16/14/24/22/23/21
128	12/2/1	155	14/24/26/1/21	182	17/12/22/21	209	15/14/24/22/23/21
129	24/2/1	156	24/26/12/1/21	183	19/12/22/21	210	24/26/12/22/23/21
130	12/1/21	157	16/14/24/26/12/1/21	184	16/14/12/22/21	211	14/24/26/12/22/23/21
131	17/12/1/21	158	16/14/24/26/1/21	185	17/14/12/22/21	212	14/27/24/26/12/22/23/21
132	19/12/1/21	159	16/14/27/24/1/21	186	17/14/27/12/22/21	213	17/14/27/24/26/12/22/23/21
133	14/12/1/21	160	27/24/1/21	187	14/27/12/22/21	214	17/14/24/26/12/22/23/21
134	19/14/12/1/21	161	14/27/24/1/21	188	15/14/12/22/21	215	14/24/22/23/21
135	14/24/1/21	162	16/14/24/1/21	189	19/14/12/22/21	216	17/14/27/24/22/23/21
136	17/14/24/1/21	163	14/12/26/1/21	190	14/27/24/22/21	217	14/24/6/10
137	24/1/21	164	22	191	14/24/26/12/22/21	218	17/14/24/6/10
138	12/27/12/1/21	165	17/22	192	14/27/24/26/12/22/21	219	19/14/24/6/10
139	17/12/27/12/1/21	166	14/22	193	15/12/22/21	220	14/27/25/6/10
140	12/26/12/1/21	167	17/14/22	194	24/22/23/21	221	17/14/27/25/6/10
141	12/26/1/21	168	12/22	195	17/14/24/22/23/21	222	14/27/6/10
142	12/27/26/12/1/21	169	17/14/12/22	196	17/24/22/23/21	223	17/14/27/6/10
143	17/14/12/26/1/21	170	16/14/22	197	19/14/24/22/23/21	224	14/12/6/10
144	17/12/26/1/21	171	14/28/22	198	19/24/22/23/21	225	27/6/10
145	12/27/24/1/21	172	17/12/22	199	14/27/24/22/23/21	226	17/27/6/10
146	17/24/1/21	173	14/12/22	200	17/27/24/22/23/21	227	17/12/6/10
147	19/24/1/21	174	15/14/22	201	19/27/24/22/23/21	228	17/14/12/6/10
148	19/14/24/1/21	175	19/12/22	202	27/24/22/23/21	229	12/6/10
149	19/14/24/26/12/1/21	176	16/14/12/22	203	12/27/24/22/23/21	230	14/12/27/6/10
150	19/24/26/12/1/21	177	28/22	204	17/12/27/22/23/21	231	16/14/24/6/10
151	14/24/26/12/1/21	178	16/22	205	12/27/22/23/21	232	16/14/27/6/1

Eenheid 12 is uitgebreid ten opzichte van kaartblad 26 (Rekem) terwijl eenheid 24 een samenvoeging is van eenheden 12 en 25.

1 Winterslag zanden	17 Formatie van Singraven: beekalluvium
2 Zutendaal grinden	19 Formatie van Singraven: veenrijk beekalluvium
6 Maasmechelen grinden	21 Bocholt zanden
7 Geistingen grinden	22 Lommel zanden
9 Stokkem grinden	23 Hamont klei
10 Mogelijk een ouder dan het bovenliggende lid van de Formatie van Lanklaar	24 Herwerkt Maas- en Rijnafzettingen afgewisseld met ouder dekzand
11 Formatie van Leut	25 Ouder dekzand
12 Herwerkte Maas- en Rijnafzettingen	26 Lid van Molenbeersel A
14 Formatie van Wildert	27 Lid van Molenbeersel B
15 Formatie van Hechtel	28 Leem
16 Formatie van Bouwel	

3.5.2.1 Profieltypes bij Maas- en Rijnafzettingen.

3.5.2.1.1 Profieltypes bij grove Maasafzettingen.

Een aantal Maasafzettingen dagzomen op het Kempisch Plateau: de Zutendaal Grinden, de Winterslag Zanden en de superpositie van beide. Hun verbreidingsgebied is begrensd met een dikke blauwe lijn, ook ten noordoosten van het Kempisch Plateau waar ze onder de deklagen doorlopen. In de valleien van de Eetseveldebeek en de Itterbeek op het plateau komen geen in situ Maasafzettingen meer voor. Ze zijn daar weggeschuurd door meestal verticale erosie. Naar het oosten, dus buiten de Vlakte van Bocholt vormen de Maasmechelen Grinden het overeenkomstige terras, bedolven onder een dikke laag dekformaties.

3.5.2.1.2 Profieltypes bij Rijnafzettingen.

De Lommel Zanden is het enige Rijnfacies dat dagzoomt op het Kempisch Plateau en iets ten noorden ervan. Ten oosten van de rand en breuk van Reppel ligt het onder een reeks deklagen en op de Bocholt Zanden. Ten oosten van de breuk van Hamont bevindt er zich tussen de Lommel en Bocholt Zanden nog een dikke kleirijke laag, namelijk de Hamont Klei. Tussen de stadscentra van Bocholt en Kinrooi in tenslotte liggen de Bocholt Zanden onder een reeks Winterslag Zanden die op hun beurt bedekt zijn door dekformaties.

3.5.2.1.3 Profieltypes bij fijne Maasafzettingen.

In de Maasvallei dagzomen de fijne Maasafzettingen, gegroepeerd in de Formatie van Leut, op een tweetal leden van de Formatie van Lanklaar, namelijk de Stokkem Grinden en Geistingen Grinden.

3.5.2.2 Profieltypes bij herwerkte Maas- en Rijnafzettingen.

De limiet van deze afzettingen is aangegeven met een dikke rode lijn. Ze komen als dusdanig voor ten zuiden van de Feldbiss breuk en de rand van Bocholt en meestal gemengd met ouder dekzand ten noordoosten daarvan. In de databank en op de profielen zijn beide eenheden wel apart aangeduid. Ze rusten op het Quartaire (de in situ afzettingen van de grote rivieren) of het Tertiaire (valleien van de Eetseveldebeek en Itterbeek op het plateau) substraat. De bedekking van deze eenheden door de Formatie van Wildert is discontinu. Vooral in het noordoosten en het westen en noordwesten van het kaartblad wordt de bedekking continu. Dikwijls komt onder deze eenheid, geïntercaleerd tussen deze eenheid of zelfs boven deze eenheid het Lid van Molenbeersel voor (A of B naargelang de stratigrafische positie). Deze afzettingen kunnen meerdere keren in één enkel profieltype voorkomen.

3.5.2.3 Profieltypes bij dekzanden.

Er zijn twee soorten dekzand teruggevonden op dit kaartblad. Vooreerst de Formatie van Wildert die vooral op het Kempisch Plateau en in het centrum van het kaartblad zeer discontinu teruggevonden wordt. Mogelijk is de eenheid op bepaalde plaatsen in de graben door latere erosie verdwenen. De Formatie van Wildert dagzoomt of is bedekt met duinzand of de Formatie van Singraven en rust op alle oudere eenheden. Het oudere dekzand, van variabele ouderdom maar zeker afgezet vóór de Formatie van Wildert, is reeds besproken samen met de herwerkte Maas- en Rijnafzettingen. Toch is er één profieltype dat apart vermeld moet worden, namelijk dat waar de Formatie van Wildert rust op het oudere dekzand, op haar beurt rustend op herwerkte afzettingen en nog dieper op Maasafzettingen. Dit profieltype komt voor tegen de steilrand van Bree en draagt mogelijk de Formatie van Dilsen in zich.

3.5.2.4 Profieltypes bij het Lid van Molenbeersel.

Op de afgeplote kaart zijn er 8 profieltypes waar het Lid van Molenbeersel A voorkomt. Het wordt meestal bedekt door herwerkte afzettingen, al dan niet met ouder dekzand bijgemengd. Twee profieltypes geven het jongere Molenbeersel B boven Molenbeersel A, eventueel met herwerkt materiaal ertussen. Dit is vooral het geval in de omgeving van Hamont-Achel. Bij 5 profieltypes komt er nog een laag herwerkt materiaal onder het Molenbeersel A voor. Een viertal profieltypes sluiten bovenaan af met de Formatie van Wildert.

Maar liefst 12 profieltypes geven het voorkomen en de verspreiding van het Lid van Molenbeersel B aan. Het komt voor rustend op Maas- of Rijnafzettingen, rustend op herwerkingen hiervan en zelfs rustend op ouder dekzand. Het lid dagzoomt op bepaalde lokaties. Elders wordt het bedekt door de Formatie van Wildert, herwerkte afzettingen of een combinatie van beide (met de Wildert Dekzanden aan de top).

3.5.2.5 Profieltypes bij duinzanden en de Formatie van Singraven.

Verspreid over het kaartblad komen deze Laat-glaciale en Holocene afzettingen voor, rustend op oudere eenheden. Om de leesbaarheid van de kaart te verhogen zijn ze met een hatch aangeduid waardoor de onderliggende eenheid/eenheden zichtbaar wordt/worden.

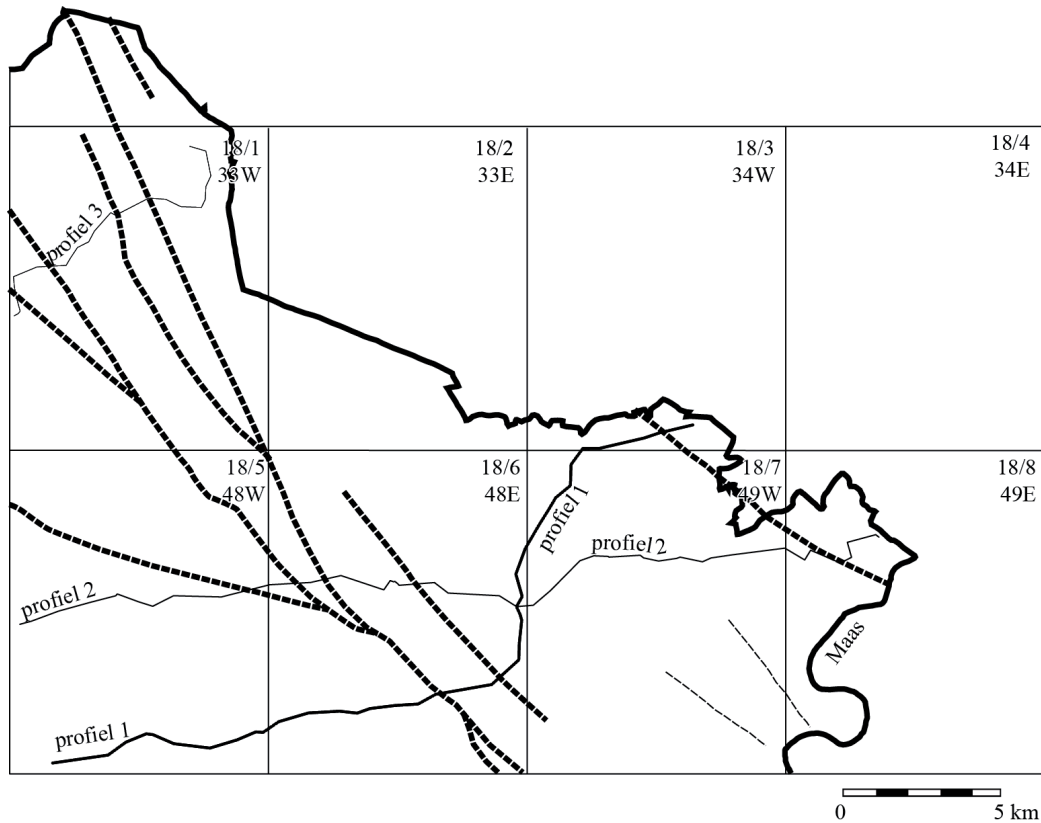
3.5.2.6 Overige profieltypes.

Op het Kempisch Plateau komt onder de Formatie van Wildert soms een leemlaag voor die verder onbenoemd blijft.

3.5.3 De profielen.

Een drietal profielen proberen de opbouw en de laterale relaties van de Quartaire afzettingen, evenals de tektonische invloed te illustreren. Globaal genomen staan de drie profielen loodrecht op de strekking van de breuken (fig. 12)

Fig. 12: Lokalisatie van de profielen.



Profiel 1 toont de verdikking van het Quartair over de grabenrand heen (fig.13). Hier is de verdikking voornamelijk toe te schrijven aan het dekpakket. De afzettingen van de grote rivieren lijken zelfs dunner in de graben dan op het Kempisch Plateau ware het niet dat het uitwijken reeds op het plateau begint. Wat het Kempisch Plateau betreft toont dit profiel nog het dunne en discontinue dek erop en de erosieve natuur van de Zutendaal Grinden ten opzichte van de Winterslag Zanden. In de graben verschijnen als basiseenheid de Bocholt Zanden. Verder is de opbouw van de deklagen in de graben geïllustreerd. Naar het noordoosten toe wordt de invloed van dekzand en het Lid van Molenbeersel steeds belangrijker ten opzichte van de herwerkte Maas- en Rijnafzettingen. De rol van de meest oostelijk gelegen breuk is niet zeer duidelijk. Vermoedelijk heeft deze als lokale oostelijke begrenzing van de Bocholt Zanden gefungeerd. Indien het dezelfde breuk is die de verdikking van de laagterrasafzettingen veroorzaakt moeten jongere lagen nog verplaatst geweest zijn zoals geïllustreerd op dit profiel.

Profiel 2 toont in principe dezelfde eenheden (fig.14). De verdikking verloopt hier over meerdere breuken. De dikste afzettingen bevinden zich in het midden van het profiel. Ook opvallend is de aanzienlijke dikte van de Wildert Dekzanden naar het oosten toe. De naadloze overgang van de Vlakte van Bocholt naar de laagterrassen, zowel topografisch als geologisch, is allicht een toevalligheid.

Profiel 3 is een redelijk kort maar illustratief profiel (fig.15). Zowel de dekafzettingen als de Maas- en Rijnafzettingen verdikken hier naar het oosten toe. Het Lid van Molenbeersel zorgt voor een volumetoename van de deklagen terwijl bij de in situ afzettingen van de grote rivieren het voornamelijk de Hamont Klei is die voor een verdikking zorgt. Belangrijk hier is eveneens de dikte van de Formatie van Wildert, tot 6 à 7 m.

Fig. 13: Profiel I

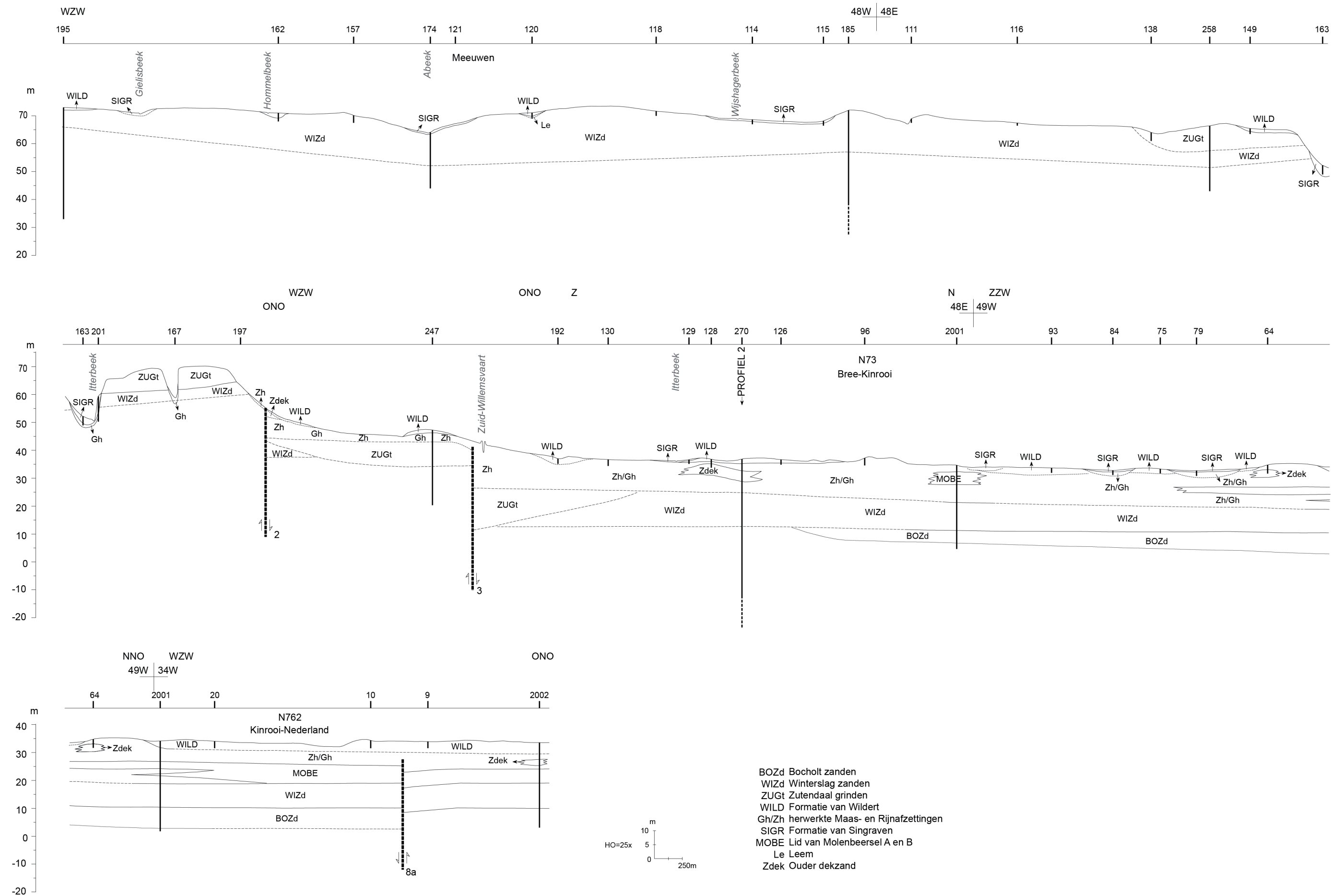


Fig. 14: Profiel 2

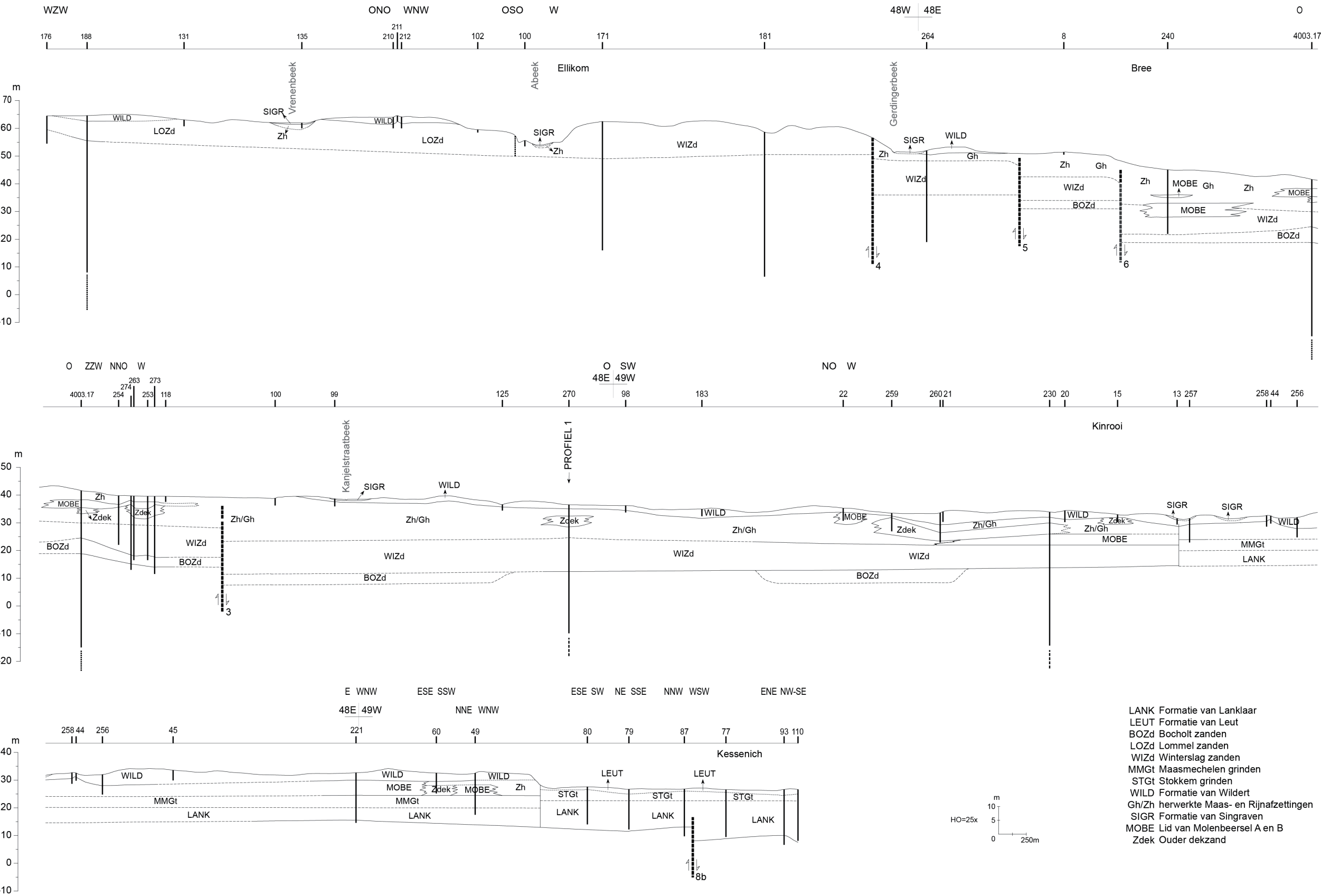
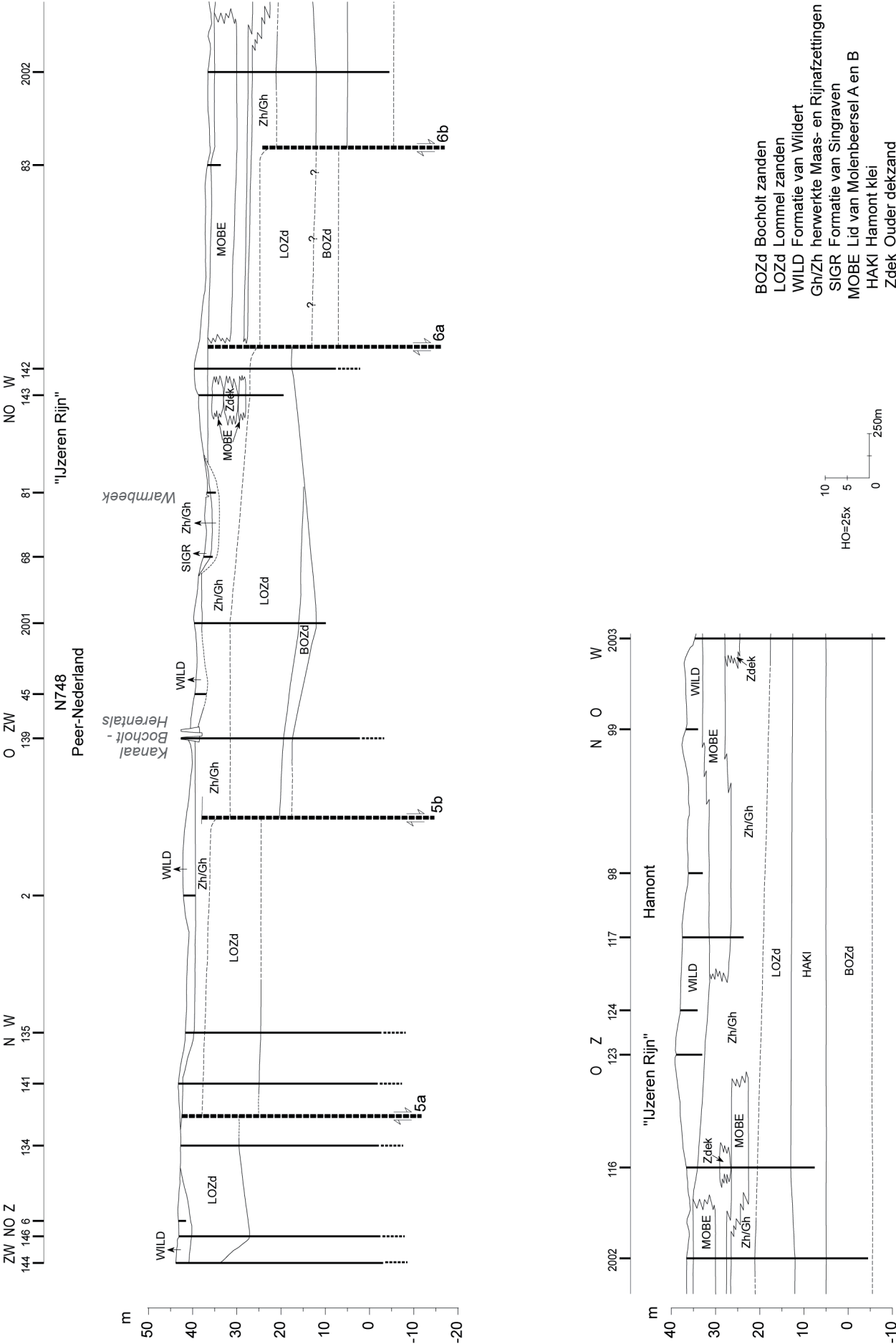


Fig. 15: Profiel 3



4 TOEGEPASTE GEOLOGIE.

4.1 Oppervlakedelfstoffen.

De jonge grindrijke Maasafzettingen uit de laagterrassen worden uitgebaat. Bij het calibreren van dit grind wordt ook een deel Maaszand gewonnen, en door het malen van de grote blokken wordt een deel scherp Maasgruis verkregen. Het aandeel van de zandproductie zou men op 30% kunnen ramen (Gullentops & Wouters, 1996).

In de vlakte van Bocholt en op het Kempisch Plateau ten westen van de Abeek komen Rijnzanden voor. Het Zand van Lommel wordt reeds uitgebaat (niet op dit kaartblad). De Bocholt Zanden bieden mogelijkheden voor diepe ontginning in de graben. De ijzerzandsteenbanken die lokaal ontstaan door de verwering van het glauconiet in de zandstenen zouden eventueel aangewend kunnen worden als bouwsteen.

4.2 Hydrogeologie.

Dit hoofdstuk over hydrogeologie komt uit de begeleidende tekst bij de Tertiairkaart van het kaartblad Maaseik (Sels et al., in press).

Het Kempens Plateau is gedeeltelijk bedekt met Maasgrind van het Hoogterras. De Maasgrinden rusten op dit kaartblad ofwel op de Zanden van Mol en Jagersborg, ofwel op de Zanden van Dorperberg. Ze vormen samen met deze onderliggende Neogene afzettingen één hydrogeologisch geheel. Er is wel een groot verschil in doorlatendheid tussen deze grinden en de onderliggende sedimenten. In de Maasgrinden zijn k-waarden van 1250 m/dag gemeten terwijl voor de onderliggende zanden waarden rond 6 m/dag gehanteerd worden (Vandormael, 1992). Het rendement van deze watervoerende laag is zeer veranderlijk en levert agressief (hoge zuurtegraad), weinig gemineraliseerd maar meestal ijzerrijk water. De pH-waarden, die gemiddeld 5.9 bedragen, zijn karakteristiek voor het freatische grondwater in de kalkarme terrasafzettingen van het Kempens Plateau (Vandormael, 1992). In de slenk zijn de grindhoudende Pleistocene afzettingen van de Beneden-Maas aanwezig die een dikte van 20 meter of meer bereiken. Deze afzettingen hebben een grote doorlatendheid en er kunnen dus hoge opbrengsten uit verkregen worden: tot 200 kubieke meter per uur en per meter afpompings. Ze vormen een freatische aquifer met een sterk verhang van de watertafel die een grondwaterstroming naar de Maasvlakte toe veroorzaakt.

De zanden van de Formatie van Mol leveren agressief water dat enkel voor lokaal en huishoudelijk gebruik aangewend wordt. Het is een freatisch watervoerende laag.

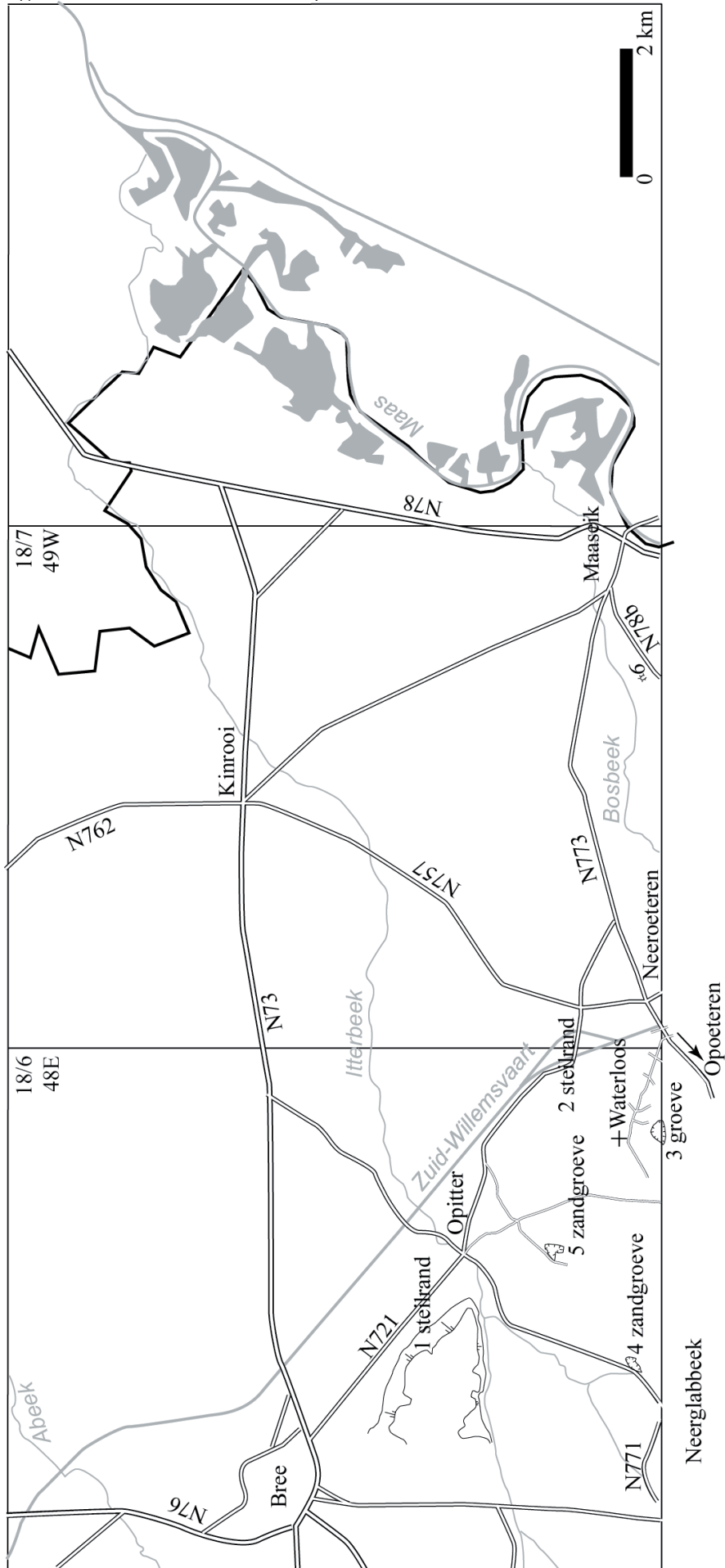
De belangrijkste watervoerende lagen op het kaartblad bevinden zich in de Kiezeloölietformatie ten noorden van de Feldbiss breuk waar een afwisseling van fijne of matig grove Zanden van Jagersborg, Pey en Waubach watervoerende lagen vormen boven respectievelijk de Brunssum I en de Brunssum II Klei en de Zanden van Dorperberg. De Zanden van Pey en Waubach vormen afgesloten watervoerende lagen omdat ze bovenaan afgesloten worden door een ondoorlatende kleilaag. De Zanden van Jagersborg vormen een freatische watervoerende laag. Tussen de Op den Berg-Heerlerheide en de Feldbiss breuk zijn het de Zanden van Waubach die zich onmiddellijk onder de Maasgrinden bevinden en die een doorlatendheid van 40-80 m/dag hebben (van Rooijen, 1986).

Ook de zanden van de Formaties van Kasterlee, Diest, Bolderberg en Voort, die zich allen boven de Boomse Klei bevinden, fungeren als freatische of semi-freatische watervoerende lagen. Gezien de grote uitgestrektheid van deze watervoerende lagen en hun goede reservoir eigenschappen is het water uit deze zandafzettingen uitermate geschikt als drinkwater. Het water is neutraal tot licht zuur en bevat weinig opgeloste stoffen, waarvan HCO_3^- de belangrijkste is. De waterkwaliteit is ook vrij constant doorheen de verschillende zones.

Het Krijt, dat normaal goed geschikt is om grondwater uit te winnen, is op het kaartblad Maaseik op te grote diepte aanwezig om er nog drinkwater uit op te pompen.

De drinkwaterwinning op het kaartblad Maaseik wordt door de V.M.W. (Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening) verzorgd.

Fig. 16: Lokalisatie van de excursiepunten.



5 EXCURSIEGEGEVENS.

5.1 Steilrand van Bree (excursiepunt 1, fig. 16).

Reeds in 1907 werd de rand van Bree, duidelijk zichtbaar in het landschap, herkend door Briquet als een tektonisch fenomeen. Indien men op de ring van Bree (N73; in feite de weg van Peer naar Kinrooi) de N721 inslaat richting Opitter en Neeroeteren ziet men aan zijn rechterzijde, vóór het centrum van Opitter zeer mooi de rand van Bree.

5.2 Steilrand van Waterloo (excursiepunt 2, fig. 16).

Een tweetal kilometer voorbij het centrum van Opitter loopt de N721 parallel met de Zuid-Willemsvaart. Het is dit traject van de weg dat samenvalt met de rand van Waterloo, eveneens een tektonische rand.

5.3 Groeve te Neerglabbeek: Zutendaal Grinden (excursiepunt 3, fig. 16).

In het centrum van Neeroeteren neemt men de weg naar Opoeteren, gelegen in het dal van de Bosbeek. Over het kanaal neemt men de tweede weg rechts en tenslotte de vierde links waardoor men bij de vermelde groeve komt. Tektonisch bevindt de groeve zich tussen breuk 1 en 2. De Zutendaal Grinden worden hier ontgonnen. Het facies dat men aantreft is fijnkorrelig in vergelijking met groeves meer naar het zuiden. De dikste keien zijn 2 tot 3 cm in diameter en bevinden zich in een grofzandige matrix. Sommige lagen zijn mooi uitgewassen. De roodbruine verwerking is typisch.

5.4 Ontsloten wand te Neerglabbeek: Zutendaal Grinden op Winterslag Zanden (excursiepunt 4, fig. 16).

Van het centrum van Opoeteren rijdt men naar Neerglabbeek (N771) en vanuit Neerglabbeek neemt men de baan naar Opitter. Ongeveer 600 m na de afslag ligt aan de rechterkant een zandgroeve. Een 4 m hoge wand toont 2 m grind rustend op 2 m zand. Het grind is meestal rond de 2 à 3 cm met keien tot 7 cm. Het zand is grof met kleinere grinden (tot 0.5 cm). Waarschijnlijk vinden we hier de superpositie van de Zutendaal Grinden en de Winterslag Zanden.

5.5 Groeve te Opitter: Zutendaal Grinden (excursiepunt 5, fig. 16).

Vanuit Neerglabbeek rijdt men terug richting Opitter waar men net voor het bereiken van de baan naar Bree (N721) naar rechts moet. Het volgende kruispunt op deze baan neemt men opnieuw rechts om zo de steilrand van Bree op te rijden en de verlaten groeve te bereiken (aan de linkerkant van de weg). Hier liggen de Zutendaal Grinden rechtstreeks op het Tertiaire substraat.

5.6 Duin en Holocene Maasvlakte te Maaseik: Formatie van Bouwel en Formatie van Leut (excursiepunt 6, fig. 16).

In plaats van in Neeroeteren richting Opoeteren te rijden kan men ook de N771 nemen, richting Maaseik. Onmiddellijk na de spoorweg en net voor het centrum neemt men de N78b naar rechts, richting Maasmechelen. Ongeveer na 1300 m bevindt zich aan de rechterkant van de weg een Holocene duinophoging, de Formatie van Bouwel. Aan de linkerkant van de weg begint de Holocene alluviale vlakte van de Maas. Hier liggen kleien en lemen (Formatie van Leut) op een grindsubstraat (Stokkem Grinden).

6 REFERENTIES.

6.1 Kaartmateriaal.

- B** **Baeyens L. en Tavernier R.** (1971) Bodemkaart van België, 1/20.000, Beverbeek 20W. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Baeyens L. en Tavernier R.** (1990) Bodemkaart van België, 1/20.000, Ophoven 49E. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Baeyens L., Deckers J. en Tavernier R.** (1971) Bodemkaart van België, 1/20.000, Hamont 33W. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Beerten K., Gullentops F., Paulissen E. en Vandenberghe N.** (in press) Quartairgeologische kaart Rekem (26), 1/50.000.
- Bodemkaart van België, 1/20.000, Groot-Beersel 34W. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Bodemkaart van België, 1/20.000, Maaseik 49W. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Bodemkaart van België, 1/20.000, Meeuwen 48W. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Bodemkaart van België, 1/20.000, Veldhoven 33E. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- Buffel P., Claes S. en Gullentops F.** (2001). Tertiairgeologische kaart Rekem (26), 1/50.000.
- D** **Deckers J. en Tavernier R.** (1968) Bodemkaart van België, 1/20.000, Bree 48E. Militair Geografisch Instituut. Brussel.
- F** **Frederickx E., Gouwy S.** (in press) Quartairgeologische kaart Hasselt (25), 1/50.000.
- G** Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving: Maasafzettingen, 1/50.000. Rijks Geologische Dienst. Haarlem, 1989.
- Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving: Paleozoïcum, 1/50.000. Rijks Geologische Dienst. Haarlem. 1995.
- Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving: Pré-Kwartair, 1/50.000. Rijks Geologische Dienst. Haarlem. 1984.
- Goossens E., Gullentops F. en Vandenberghe N.** (in press) Quartairgeologische kaart Sint-Truiden (33), 1/50.000.
- M** **Mourlon M.** (1897) Carte Géologique de la Belgique, 1/40.000, Meeuwen-Bree n°48, planchettes 5-6 de la feuille XVIII de la carte topographique. Institut cartographique militaire. Bruxelles.
- Mourlon M.** (1898) Carte Géologique de la Belgique, 1/40.000, Grootbeersel n°34, planchettes 3 de la feuille XVIII de la carte topographique. Institut cartographique militaire. Bruxelles.
- Mourlon M.** (1898) Carte Géologique de la Belgique, 1/40.000, Hamont-Veldhoven n°33, planchettes 1-2 de la feuille XVIII de la carte topographique. Institut cartographique militaire. Bruxelles.
- Mourlon M.** (1898) Carte Géologique de la Belgique, 1/40.000, Maeseyck-Ophoven n°49, planchettes 7-8 de la feuille XVIII de la carte topographique. Institut cartographique militaire. Bruxelles.
- O** Oro-hydrografische kaart: Beverbeek (10), 1/25.000, Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
- Oro-hydrografische kaart: Groot Beersel (18/3), 1/25.000, Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
- Oro-hydrografische kaart: Hamont-Veldhoven (18/1-2), 1/25.000, Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
- Oro-hydrografische kaart: Maaseik-Ophoven (18/7-8), 1/25.000, Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
- Oro-hydrografische kaart: Meeuwen-Bree (18/5-6), 1/25.000, Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
- S** **Sels O., Claes S. en Gullentops F.** (2001) Tertiairgeologische kaart Maaseik (18), 1/50.000.

T Topografische kaart: Beverbeek (10), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Bree (18/6), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Groot-Beersel (18/3), 1/25.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Groot-Beersel (18/4), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Hamont (18/1), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Hamont-Veldhoven (18/1-2), 1/25.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Maaseik (18), 1/50.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel, 1996.
 Topografische kaart: Maaseik (18/7), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Maaseik-Ophoven (18/7-8), 1/25.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Meeuwen (18/5), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Meeuwen-Bree (18/5-6), 1/25.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Ophoven (18/8), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.
 Topografische kaart: Rekem (26), 1/50.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel, 1985.
 Topografische kaart: Veldhoven (18/2), 1/10.000. Nationaal Geografisch Instituut. Brussel.

V **Verstraelen A., Gullentops F., Paulissen E. en Vandenberghe N.** (in press) Quartairgeologische kaart Tongeren (34), 1/50.000

6.2 Publicaties en thesissen.

- B Bastin B.** (1970) La chronostratigraphie du Würm en Belgique, à la lumière de la palynologie des loess et limons. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 93, 545-580.
- Beerten., Brabers P., Bosch P. en Gullentops F.**, (1999) The passage of the Feldbiss Bundle through the Maas Valley. *Aardk. Mededel.*, 9, 153-158.
- Bouckaert J.; Dusar M. and Van De Velde E.** (1981) Exploration for coal in the Neeroeteren-Rotem area (Campine coalfield of the Campine-Brabant Basin NE Belgium). Preliminary results of a seismic survey carried out in december 1980 – january 1981. *Ann. Soc. Geol. Belg.*, 104, 281-289.
- Briquet A.** (1907) Les terrasses de la Meuse en aval de Liège. *Bull. Soc. belge Géol.*, 25, M347-364.
- Brueren J.W.R.** (1945) Het terrassenlandschap van Zuid-Limburg. *Med. Geol. Stichting*, serie C, VI, 1, pp 93.
- Bustamente-Santa Cruz, L.** (1992) New Microprobe analysis of some volcanic minerals from the Quaternary Meuse Terraces (Belgium), preliminary notice. *NWT*, 74, 3-7.
- D De Batist M. and Versteeg W.H.** (1999) Seismic stratigraphy of the Mesozoic and Cenozoic in northern Belgium: main results of a high-resolution reflection seismic survey along rivers and canals. *Geologie en Mijnbouw*, 77, 17-37.
- De Ploey J.** (1961) Morfologie en Quartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. *Acta Geographica Lovaniensia*, 1, pp 130.
- De Ridder N.A.** (1959) De kwartaire en jongtertiaire tektoniek van Midden-Limburg en ZE-Noord Brabant. *Geologie en Mijnbouw*, 21, 1, 1-24.
- De Sitter L.U.** (1942) The alpine geological history on the northern border of the South-Limburg coal-district, Holland. *Mededelingen bij het jaarverslag 1940-1941. Geol. bureau van het Mijngedied*, 5-25.
- De Smedt P.** (1977) Hydrogeologie van Noordoost-Limburg. *Hydrographica* 3, 27-36.
- Delmer A.** (1963). *Mijnkaart van het Kempens Kolenbekken*. Annales des Mines 62, 739-754.
- Demyttenaere R.** (1988) De Post-Paleozoïsche geologische geschiedenis van Noord-België. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling. K.U.Leuven.
- Desnoyers J.** (1829) Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que le terrain tertiaire du bassin de la Seine, et pouvant constituer une formation géologique distincte; précédées d'un aperçu sur la non simultanéité des bassins tertiaires. *Ann. Sc. nat.*, 16, 171-214 et 402-491.
- Dewalque G.** (1868) *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*. Librairie Polytechnique de Decq. Bruxelles et Liège. pp 435.
- Doppert J.W.C., Ruegg G., Van Staalduinen C., Zagwijn W. en Zandstra J.** (1975) Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: Zagwijn W.H. en Staalduinen C.J. (eds.): *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*, 11-55. Rijks Geologische Dienst. Haarlem.
- Dumont A.** (1849) Rapport sur la carte géologique du Royaume. *Bull. Acad. Roy. Sciences*, XVI.2, 351-373.
- F Forir H.** (1904) Sur les deux failles principales de l'Est de la Campine. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 31, 172-178.
- G Geluk et al.** (1994) Stratigraphy and tectonics of the Roer Valley Graben. *Geologie en Mijnbouw*, 73, 129-141.
- Grosjean A.** (1936) Première ébauche d'une carte structurale du gisement houiller de la Campine Limbourgeoise. *Mém. Inst. Géol. Louvain*, X, 361-401.
- Grosjean A.** (1942) Indices de mouvements tectoniques récents en Campine. Leur utilisation pour le tracé superficiel de la faille de Rotem. *Bull. Soc. belge Géol.*, 51, 142-148.
- Gullentops F.** (1954) Contributions à la chronologie du Pleistocène et des formes de relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Louv.*, XVIII, 133-253.
- Gullentops F. & Wouters L.** (1996) *Delfstoffen in Vlaanderen*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement EWBL, 198p.

- G** **Gullentops F., Janssen J. en Paulissen E.** (1993) Saalian nivation activity in the Bosbeek valley, NE Belgium. *Geologie en Mijnbouw*, 72, 125-130.
- Gullentops F., Paulissen E. en Van Mechelen D.** (1979) Geologisch onderzoek van de grindafzettingen in het Limburgs Maasland. Rapport K.U.Leuven.
- H** **Haest R.** (1985) *Invloed van het Weichsel-glaciaal op de geologie van de Noorderkempen*. Doctoraatsverhandeling K.U.Leuven. pp 292.
- J** **Janssen J.** (1967) *Kwartair geomorfologische studie over het Bosbeekdal*. Licentiaatsthesis K.U.Leuven. pp 143.
- Jongmans W.J. en Van Rummelen F.H.** (1941) Overzicht van de gegevens der nieuwe diepboringen in Zuid-Limburg. *Geologie en Mijnbouw*, 3, 5, 136-156.
- 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* 8, 295-311.
- Klein W.C.** (1914) Het diluvium langs de Limburgse Maas. *Verh. Geol.-mijnb. Genoots. Ned. en Kol., Geol. Serie II*, 1-112.
- Kolstrup E.** (1980) Climate and stratigraphy in Northwestern Europe between 30.000 BP and 13.000 BP, with special reference to the Netherlands. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 32-15, 181-253.
- Kuyl O.S.** (1971) *Geologische overzichtskaart van Zuid-Limburg, 1:100.000*. Rijks Geologische Dienst, Geologisch Bureau voor het Mijngedied. Heerlen.
- L** **Lefèvre M.A.** (1928) Le cône alluvial de la Meuse. *Ann. Soc. Scient. Brux., B*, 48, M121-238.
- Lefèvre M.A.** (1935-1936) La Basse Meuse: Etude de morphologie fluviale. *Bull. Soc. Etude Geogr.*, 4, 163-273 en 5, 130-201.
- Legrand R.** (1968) Le Massif du Brabant. *Mémoires explicatives des Cartes géologiques et minières de Belgique*, 9, pp 148.
- M** **Maaskant A.** (1949) Torsiebalans onderzoek in de omgeving van Sittard. Eindverslagen van het Geofysische onderzoek in ZO-Nederland. *Med. Geol. Stichting, Serie C-1-3*, 1, 181-200.
- Macar P.** (1937-1938) Compte rendu de l'excursion du 24 avril 1938, consacrée à l'étude des terrasses de la Meuse entre Liège et l'Ubagsberg. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 61, B 187-217.
- Mouchamps L.** (1933) Les terrasses de la Meuse et de la Sambre. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 56, 232-248.
- Mourlon M.** (1880) *Géologie de la Belgique*. Paris, Berlin et Bruxelles, 317 p.
- P** **Paepe R. en Vanhoorne R.** (1967) Stratigraphy and Palaeobotany of the Late Pleistocene in Belgium. *Toelichtende Verhandeligen bij de Geologische Kaart en de Mijnskaart van België*, 8, pp 96.
- Paepe R. en Vanhoorne R.** (1976) The Quaternary of Belgium in its relationship to the stratigraphical legend of the geological map. *Toelichtende Verhandeligen bij de Geologische Kaart en de Mijnskaart van België*, 18, pp 38.
- Paepe R.; Vanmolle M. en Mortier R.** (1981) Quaternary Stratigraphy of terrace systems of the Maas River Basin. *Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln*, 41, p. 131-153.
- Pannekoek A.J.** (1924) Einigen Notizen über die Terrassen in Mittel- und Nord-Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad*, 13, 89-92.
- Pannekoek A.J.** (1934) Het hoofdterras van de Maas tussen Luik en Maastricht. *Natuurhistorisch Maandblad*, 23, 78-80.
- Paredis A.** (1968) *Geomorfologische studie van de NE-wand van het Kempisch Plateau*. Licentiaatsthesis K.U.Leuven. 157 p.

- P** **Pattijn R.J.H.** (1963) Tektoniek von Limburg und Umgebung. *Verh. Kon. Ned. Mijnbouwkundig Gen., Geol. Serie*, 21, 2, 9-24.
- Paulissen E., Vandenberghe J. and Gullentops F.** (1985) The Feldbiss fault in the Maas valley bottom (Limburg, Belgium). *Geologie en Mijnbouw*, 64, 79-87.
- Paulissen E. et Munaut A.V.** (1969) Un horizon blanchâtre d'âge Bölling à Opgrimbie. *Acta Geographica Lovanien-sia*, 7, 65-91.
- Paulissen E.** (1973) De morfologie en de Kwartairstratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. *Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen*, 35, 127, pp 226.
- Paulissen E.** (1978) Over de geomorfologie van Limburg. In: Vanmaercke-Gottigny M.C., Mys M., Paulissen E., Vandenberghe J. en De Smedt P.: *Beroepsvervolmaking Fysische Aardrijkskunde Katholieke Universiteit Leuven, Regionale Fysische Geografie, theorie: III.A.1-III.B.19*.
- Paulissen E.** (1997) Quaternary morphotectonics in the Belgian part of the Roer Graben. *Aardk. Meded.*, 8, 131-134.
- Pissart A.** (1974) La Meuse en France et en Belgique. In *Centenaire de la Soc. Géol. de Belg. L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord Méridionale*, Liège, 105-131.
- R** **Reinhold T.** (1920) Over recente bodembewegingen en verschuivingen in Zuid-Limburg. *T.K.N.A.G.*, XXXVII, 176-180.
- Rutot A. et Van Den Broeck E.** (1885) Note sur la Nouvelle classification du terrain quaternaire de la Basse et Moyenne Belgique. *Bull. Soc. Roy. Malac. de Belgique*, XX.
- Rutot A.** (1899) Creusement de la Vallée de la Lyse. *Bull. Soc. belge Géol.*, 13, 94-101.
- Rutot A.** (1910) *Essai sur les variations du climat pendant l'époque quaternaire en Belgique*. Postglaziale Klima-veränderungen. Stockholm, 35-47.
- Rutot A.** (1919) Le Quaternaire de la Belgique et la classification de V. Commont pour les couches quaternaires de Nord de la France. *Bull. Soc. belge Géol.*, 29, 151-196.
- S** **Stainier X.** (1907) Coupe du sondage de Meeuwen. Constitution géologique de la Campine. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 36, 297-306.
- Stainier X.** (1911) Les recherches du sel en Campine. *Ann. des Mines*, XVI, 117-169.
- T** **Tavernier R.** (1943) De Kwartaire afzettingen van België. *NWT*, 25, 121-137.
- Tavernier R.** (1946) L'évolution du Bas-Escaut au Pléistocène supérieur. *Bull. Soc. belge de Géologie*, 55, 106-125.
- Tavernier R.** (1948) Les formations quaternaire de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays. *Bull. Soc. belge Géol.*, 57, 609-641.
- Tebbens L.A.** (1999) Late Quaternary evolution of the Meuse fluvial system and its sediment composition. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling. Landbouwwuniversiteit Wageningen.
- V** **Van Den Broeck E.** (1880) Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels. *Acad. Roy. Sciences, Mém. couronnés*, XLIV, 180-188.
- Van den Broeck J.M.M. en Maarleveld G.C.**, 1963. The Late-Pleistocene terrace deposits of the Meuse. *Med. Geol. Stichting, N.S.*, 16, 13-24.
- Van den Toorn J.C.** (1967) *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1:50000 - Blad Venlo West (52W)*. Geol. Stichting, Afdeling Geologische Dienst, Haarlem, pp 162.
- Van Montfrans H.M.** (1975) Toelichting bij de ondiepe breukenkaart met diepteligging van de Formatie van Maas-luis, 1:600.000. In: Zagwijn W.H. en Staaldin C.J. (eds.): *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Ne-derland*, 103-108. Rijks Geologische Dienst. Haarlem.
- Van Rooijen P.** (1986) Het hydrogeologisch systeem van het stroomgebied van de Maas tussen Visé en Maasbracht. In: *Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht, commissie voor hydrologisch onderzoek, TNO, Rapporten en nota's*, nr. 15, pp. 37-50.

- V** **Van Rummelen F.H.** (1942) De Maasterrassen van Zuid-Limburg en hun wordingsgeschiedenis. *Geol. bureau Mijngebied - Med. beh. bij jaarverslag over 1940-1941*, 85-108. Heerlen.
- Van Straaten L.M.J.U.** (1946) Grindonderzoek van de Limburgse terrassen. *Med. Geol. Stichting*, serie C, VI, 2, pp 146.
- Vandenberghe J. and Gullentops F.** (1977) Contribution to the stratigraphy of the Weichsel Pleniglacial in the Belgian coversand area. *Geologie en Mijnbouw*, 56, 123-128.
- Vandenberghe J.** (1985) The Weichselian Late Glacial in a small lowland valley (Mark River, Belgium and the Netherlands). *Bulletin de l'AFEQ*, 22, 167-175.
- Vandenberghe J.** (1993) Changing fluvial processes under changing periglacial conditions. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl.-Bd. 88, 17-28.
- Vandormael C.** (1992) *Grondwaterkwaliteit in Limburg 1992*. Aminal, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, 114 p.
- Vanneste K., Meghraoui M. and Camelbeeck T.** (1999) Late Quaternary earthquake-related soft-sediment deformation along the Belgian portion of the Feldbiss Fault, Lower Rhine Graben system. *Tectonophysics*, 309, 57-79.

- W** **Wevers L.** (1974) *Bijdrage tot de studie van de hoofdterrasafzettingen in Limburg op basis van lichte mineralen*. Licentiaatsthesis K.U. Leuven.
- Wirix G.** (1960) *Grindonderzoek op het Kempisch Plateau*. Licentiaatsthesis K.U. Leuven.
- Wouters L. en Vandenberghe N.** (1994) *Geologie van de Kempen. Een synthese*. Niras. Brussel. pp 208.

- Z** **Zonneveld J.I.S.** (1947) Het Quartair van het Peelgebied en naaste omgeving. *Med. Geol. Stichting*, serie C, VI, 3, pp 223.
- Zonneveld J.I.S.** (1955) De Quartaire rivierterrassen van Zuid-Limburg. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap*, 329-343.
- Zonneveld J.I.S.** (1957) River terraces and Quaternary chronology in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 19, 277-285.
- Zonneveld J.I.S.** (1974) The Maas (and the Rhine) downstream of Maastricht. In: Macar P., Gullentops F., Pissart A., Tavernier R. & Zonneveld J.I.S.. *L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord méridionale*. SGB. Liège.