

**TOELICHTINGEN BIJ DE
GEOLOGISCHE KAART VAN BELGIE
VLAAMS GEWEST**

**KAARTBLAD 34
TONGEREN
1:50.000**

Kaart en tekst opgemaakt door:

S. CLAES, E. FREDERICKX en F. GULLENTOPS
K.U.Leuven, Afdeling Historische Geologie
W. FELDER
NITG-TNO, Vestiging Heerlen

Eindredactie:

G. DE GEYTER
Belgische Geologische Dienst

Ministerie van Economische Zaken
Bestuur Kwaliteit en Veiligheid
Belgische Geologische Dienst
Jennerstraat 13
B-1000 BRUSSEL

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
Administratie Economie
North Plaza B
Koning Albert II-laan 7
B-1210 BRUSSEL

2001
ISSN 1370-3803

S. Claes, E. Frederickx en F. Gullentops, K.U.Leuven, Afdeling Historische Geologie & W. Felder, NITG-TNO, Vestiging Heerlen, 2001 - Kaartblad 34 Tongeren. *Toelichtingen bij de geologische kaart van België - Vlaams Gewest*. Belgische Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel. 56 p., 17 fig., 2 tab. (basistekst opgemaakt in 1997).

Lijst van de bijlagen bij de geologische kaart op schaal 1:50.000 (gepubliceerd in 2000):

- Profielen 1 en 2 bij kaartblad 34 Tongeren
- Profielen 3 en 4 bij kaartblad 34 Tongeren
- Overlegfolie 1: Lokalisatie van de waarnemingspunten
- Overlegfolie 2: Diktekaart van het Quartair
- Overlegfolie 3: Reliëfkaart van de basis van het Quartair
- Overlegfolie 4: Isohypsen van de basis van de Formatie van Borgloon
- Overlegfolie 5: Isohypsen van de basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern

Prijs 1500 BEF - 37.20 Euro + portkosten
Verkoop geologische kaarten en toelichtingen:

Belgische Geologische Dienst
Jennerstraat 13
B-1000 Brussel
tel (32) 2 6270350 - fax (32) 2 6477359
postrekening 679-2005890-27
email: BGD.SGB@pophost.eunet.be

Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
North Plaza B
Koning Albert II-laan 7
B-1210 Brussel
tel (32) 2 5534600 - fax (32) 2 5534601
rekeningnr. 091-2205002-27

Verantwoordelijke uitgever
A. MAES
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie Economie
Markiesstraat 1
1000 Brussel

Printing by b.v.b.a. NELMA, Lubbeek

“De Belgische Geologische Dienst en ANRE zijn niet verantwoordelijk voor de nauwkeurigheid van de inhoud en voor de interpretatie, meningen en beweringen in dit boek; de verantwoordelijkheid ligt bij de auteurs.”

INHOUDSTAFEL

1. SITUERING VAN HET KAARTBLAD TONGEREN	7
1.1. Geografie	7
1.2. Geologie	10
2. OPBOUW VAN HET GEOLOGISCH GEGEVENSBESTAND	11
2.1. De gegevens	11
2.1.1. Aard van de gegevens	11
2.1.1.1. Lithologische gegevens	11
2.1.1.2. Gebruikte gegevens	11
2.1.2. Gegevensverdeling over het kaartblad Tongeren	12
2.1.3. Het gegevensbestand	14
2.2. Het verwerken van de gegevens naar een geologische kaart	14
3. DE GEOLOGISCHE KARTERING	15
3.1. Ter inleiding	15
3.2. Korte historiek van de geologische kartering	15
3.3. Lithostratigrafie	16
3.3.1. Quartaire sedimenten	16
3.3.1.1. Eolische afzettingen	16
3.3.1.2. Grinden	18
3.3.1.3. Terrassen	18
3.3.1.4. Vuursteeneluvium	18
3.3.1.5. Alluviale afzettingen	18
3.3.1.6. Zandleem	19
3.3.2. Tertiaire en Mesozoïsche sedimenten	19
4. LITHOSTRATIGRAFISCHE EENHEDEN	20
4.1. Tertiair	20
4.1.1. Formatie van Bolderberg (Midden-Mioceen - Onder-Mioceen)	20
4.1.1.1. Lid van Genk	20
4.1.1.2. Lid van Houthalen	21
Groep van de Rupel	21
4.1.2. Formatie van Eigenbilzen (Onder-Oligoceen)	21
4.1.3. Formatie van Boom (Onder-Oligoceen)	21
4.1.4. Formatie van Bilzen (Onder-Oligoceen)	21
4.1.4.1. Lid van Kerniel	24
4.1.4.2. Lid van Kleine Spouwen	24
4.1.4.3. Lid van Berg	24
Groep van Tongeren	24
4.1.5. Formatie van Borgloon (Onder-Oligoceen)	25
4.1.5.1. Lid van Alden Biesen	25
4.1.5.2. Lid van Henis	25
4.1.6. Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (Boven-Eoceen)	25
4.1.6.1. Lid van Neerrepn	25
4.1.6.2. Lid van Grimmeringen	26
4.1.7. Formatie van Heers (Midden-Paleoceen)	27
4.1.7.1. Lid van Gelinden	27
4.1.7.2. Lid van Orp	27
Groep van Haspengouw	27

4.1.8. Formatie van Opglabbeek (Midden-Paleoceen)	27
4.1.9. Formatie van Houthem (Onder-Paleoceen)	27
4.2. Krijt	28
4.2.1. Formatie van Maastricht (Maastrichtiaan)	28
4.2.2. Formatie van Gulpen (Maastrichtiaan-Campaniaan)	28
4.2.2.1. Eenheid van Haccourt (Maastrichtiaan)	28
4.2.2.2. Eenheid van Hallembaye (Maastrichtiaan - Campaniaan)	29
4.2.3. Formatie van Vaals (Campaniaan)	29
4.2.4. Formatie van Aachen (Santoniaan?)	29
4.3. Paleozoïsche gesteenten	29
4.3.1. Carboon	30
4.3.1.1. Namuriaan	30
4.3.1.2. Dinantiaan	30
4.3.2. Devoon	30
4.3.3. Cambro-Siluur	30
5. GEOLOGISCHE KAARTEN	30
5.1. Afdgedekte geologische kaart	30
5.2. Structuur	32
5.3. Profielen	32
5.3.1. Profiel 1	36
5.3.2. Profiel 2	36
5.3.3. Profiel 3	37
5.3.4. Profiel 4	37
5.4. Reliëfkaart van de basis van het Quartair	37
5.5. Isopachenkaart van het Quartair	37
5.5.1. Klasse 0-1m	40
5.5.2. Klasse 1-4m	40
5.5.3. Klasse 4-10m	40
5.5.4. Klasse 10-22m	40
5.5.5. Klasse meer dan 22m	40
5.6. Isohypsenkaart van de basis van de Formatie van Borgloon	40
5.7. Isohypsenkaart van de basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern	41
6. TOEGEPASTE GEOLOGIE	41
6.1. Nuttige delfstoffen	41
6.1.1. Paleozoïcum	42
6.1.1.1. Steenkoolwinning	42
6.1.1.2. Phtaniet, schiefers en kwartsiet	42
6.1.1.3. Kalksteen	42
6.1.2. Krijt	42
6.1.2.1. Formatie van Aachen	42
6.1.2.2. Formatie van Vaals	42
6.1.2.3. Kalkrijke Krijtformaties	42
6.1.3. Tertiaire formaties	43
6.1.3.1. Klei	43
6.1.3.2. Zand	43
6.1.3.3. Zandstenen	44
6.1.3.4. Septaria	44

6.1.4. Quartair	44
6.1.4.1. Leem	44
6.1.4.2. Zand	44
6.1.4.3. Veen	44
6.1.4.4. IJzer	44
6.1.4.5. Grind	44
6.2. Hydrogeologie	45
6.2.1. Algemeen	45
6.2.2. Formatie van Bolderberg, Maasgrind en Quartaire dekzanden	45
6.2.3. Zanden van Berg, Groep van Tongeren, Formatie van Heers, Krijt	45
6.2.4. Dinantiaan kalkstenen	46
6.2.5. Waterkwaliteit	46
7. EXCURSIEGIDS	47
7.1. Haccourt krijgt	47
7.2. Formatie van Maastricht en ingezakte zanden van Tongeren	47
7.3. Groeve van Elst	49
7.4. Kasteel van Alden Biesen	49
8. BIBLIOGRAFISCHE REFERENTIES	50
8.1. Belgische Geologische Dienst, Brussel, GeoDoc: deelkaartbladen	50
8.2. Kaartmateriaal	50
8.2.1. Geologische kaarten	50
8.2.2. Orohydrografische kaarten	51
8.2.3. Topografische kaarten	51
8.3. Publicaties en proefschriften	51
9. LIJST VAN DE FIGUREN	55

1. SITUERING VAN HET KAARTBLAD TONGEREN

1.1. Geografie

Het kaartblad Tongeren is voor het grootste gedeelte gelegen in het zuiden van de provincie Belgisch Limburg (fig. 1 en fig. 3). Het zuiden van het kaartblad is echter gelegen in de provincie Luik, het noordoosten in Nederlands Limburg. Ten einde het volledige Vlaamse grondgebied te karteren werden bij het kaartblad Tongeren enkele stukjes in het zuiden en zuidoosten, die behoren tot de provincie Limburg, maar die buiten het topografisch kaartblad Tongeren vallen, eveneens gekarteerd. De gedeelten van die op dit kaartblad, die tot Wallonië behoren, zijn eveneens gekarteerd. Het Nederlandse grondgebied van deze kaart werd buiten beschouwing gelaten. De Nederlandse geologische kaart van deze streek werd immers reeds eerder opgemaakt (Felder & Bosch, 1984).

De belangrijkste steden en gemeenten op Vlaams grondgebied zijn Tongeren in het zuidwesten, Bilzen in het noordwesten en Voeren in het zuidoosten. De grootste centra op Waals grondgebied zijn Visé en Bassenge (Bitsingen). De Nederlandse steden Maastricht, Gulpen, Valkenburg, Eijsden en Meerssen liggen eveneens op het geografisch kaartblad Tongeren.

Het Belgische grondgebied wordt doorsneden door de autosnelwegen E313 (Antwerpen - Luik), E25 (Luik - Maastricht), en de steenwegen N79 (Tongeren - Maastricht), N2 (Hasselt - Maastricht), N78 (Tongeren - Maaseik).

Maas en Albertkanaal zijn de belangrijke waterwegen van het kaartblad. De Maas doorstroomt de kaart van zuid naar noord en vormt tussen Visé en Maastricht en ten noorden van Maastricht de grens tussen België en Nederland. Ten westen en parallel aan de Maas ligt het Albertkanaal dat ter hoogte van het Briegdendok splitst in een westelijk gedeelte dat doorloopt tot Antwerpen en een oostelijk gedeelte (verbindingskanaal) dat in het noorden van de kaart op de Zuid-Willemsvaart aansluit. Naast de Maas zijn Demer, Jeker, Berwijn, Voer, Gulp en Geul de belangrijkste natuurlijke waterlopen. Enkel de Demer behoort tot het Scheldebekken.

De zeer diverse landschappen zijn een gevolg van de zeer complexe landschapsvorming tijdens de gehele geologische geschiedenis (Denis, 1992; Bless & Fernandez Narvaiza, 1993). De zandleemstreek sluit aan op de meer noordelijke zandstreek en wordt in het zuiden begrensd door de oostwest vloeiende Demer. De oostelijke grens wordt gevormd door het Kempens Plateau. Dit plateau ontstond tijdens de Vroeg-Quartaire ijstijden als een delta van de Maas en kwam later door differentiële erosie, mogelijk breukwerking en insnijding van de Maas tot uiting in het reliëf. Met een maximum van 102.5 m ligt het Kempens Plateau ± 50 m boven de zandleemstreek ten westen van het plateau en in het oosten ± 20 -30 m boven een helling die langzaam afloopt naar de Maas die nog slechts op +50 m topografische hoogte stroomt. De zuidelijke helling van het plateau die begrensd wordt door het Albertkanaal is zeer steil en gaat over in het heuvelige landschap van de leemstreek dat ± 20 m lager ligt. Verder naar het zuiden loopt de gemiddelde hoogte van de leemheuvels op tot 130 m in het westen en 160 m in de omgeving van Hallembaye. De heuvels zijn door hun eolische oorsprong hoofdzakelijk volgens een noordoost-zuidwestelijke strekking gericht, en doorsneden door recente alluviale erosie. De vallei wanden zijn asymmetrisch van vorm; de oostelijke wand is steiler dan de westelijke wand door de werking van vorst en dooi tijdens de laatste IJstijd.

In het oosten wordt de leemstreek begrensd door de Maasvallei. De overgang van leemplateau naar Maasvallei is steil door de grote resistentie van leem tegen erosie. In het noorden daarentegen waar er vooral zand wordt aangetroffen is de helling naar de Maasvallei veel minder steil.

Langs de oostzijde van de Maas wordt een typisch krijtlandschap aangetroffen. Tegen de Maas, in de omgeving van Visé, ligt een leemplateau op ongeveer 140 m. Dit plateau is het bovenvlak van verschillende terrassen van de Maas. Verder naar het oosten neemt de topografische hoogte toe naar het krijtplateau met een gemiddelde hoogte van 220-240 m.

De grote rivieren draineren elk een deel van het kaartblad. Het Bekken van de Demer strekt zich uit van het noordoosten naar het zuidwesten met als meest oostelijke begrenzing de waterscheidingskam met het Bekken van de Maas langs de lijn Eigenbilzen - Kleine Spouwen - Genoelselderen. De zui-

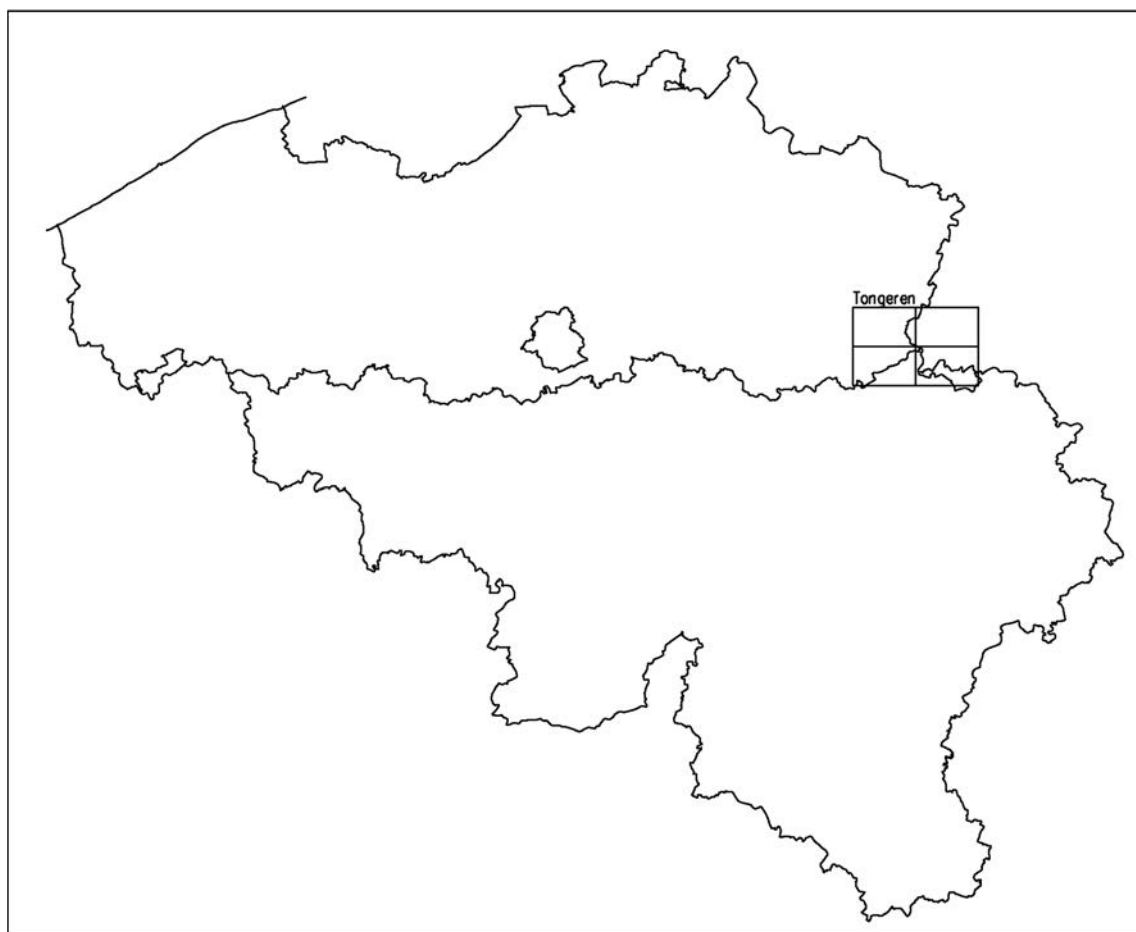


Fig. 1 - Situering van het kaartblad Tongeren in België.

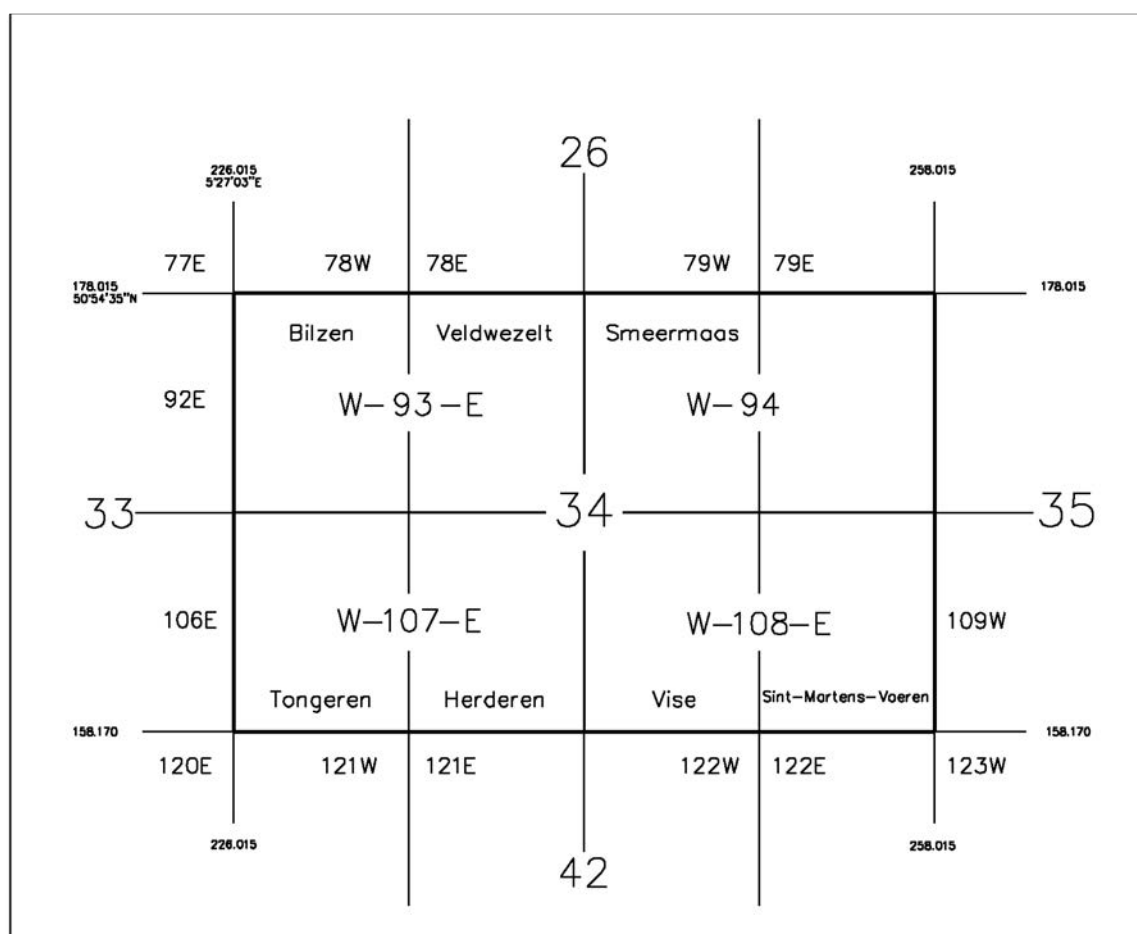


Fig. 2 - Nummering van geologische (BGD) en topografische (NGI) kaarten.

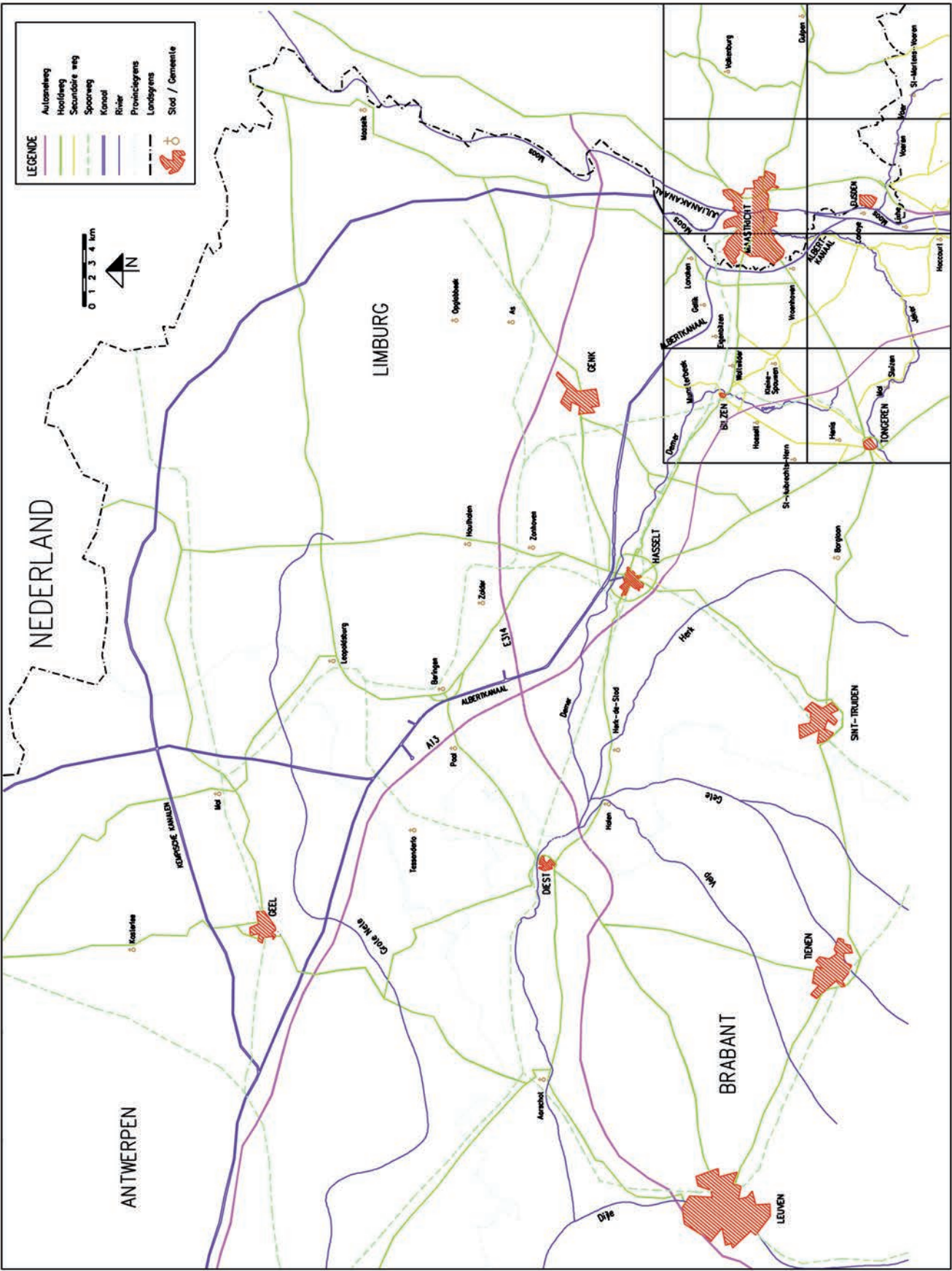


Fig. 3 - Algemene situering van het kaartblad Tongeren.

delijke begrenzing van het bekken wordt gevormd door de grens met het Bekken van de Jeker en situeert zich ter hoogte van de lijn Genoelselderen - Ketsingen - Riksingem. De Demer draineert door zijn zijbeken de zuidwestelijke rand van het Kempens Plateau.

Het Bekken van de Jeker oriënteert zich zoals de loop van de Jeker zelf, volgens de lengterichting van de leemheuvels. De algemene afhelling (afloop) beperkt zich tot het gebied ten zuiden van de Jeker; ten noorden van de Jeker zijn er slechts enkele kortere beekjes en blijft het bekken grotendeels beperkt tot de dalwand die de Jeker zelf heeft ingesneden in het leemplateau. In het oosten wordt het bekken begrensd door de steilrand van de Maas.

Het oostelijk krijtgebied wordt gedraineerd door de enkele parallelle noord - zuid stromende beken die in hun benedenloop naar het noordwesten tot westen draaien om zo uit te monden in de Maas. In dit geval zijn de Berwijn, de Voer met de Veurs, de Geul en de Gulp, die eigenlijk een zijbeek is van de Geul.

Het Bekken van de Maas is buiten zijn zijrivieren beperkt tot de brede vlakke alluviale Maasvlakte.

1.2. Geologie

Het kaartblad Tongeren bevindt zich op de oostrand in het Massief van Brabant en de zuidtip van het Kempens Bekken. Deze zakkingszone rust op dezelfde Cambro-Siluur sokkel als het Massief van Brabant, die door opeenvolgende subsidiefases werd bedekt door drie discordante sedimentaire sequenties: iedere afzetting is voorafgegaan door vervorming van de vorige groep. Tektonische fasen verantwoordelijk voor het ontstaan van de Ardennen en het Mid-Europese continent, nl. de Variscische en Kimmerische gebergtevormingsfase, en verantwoordelijk voor de inzakking van de Rijnslenk waren de oorzaak van lokale scheefstellingen, plooien en breuken. De meeste lagen hellen af naar het noorden zodat naar het noorden toe steeds jongere lagen dagzomen. Deze logische opeenvolging wordt op de kaart verstoord door het effect van breuken of diepe rivierinsnijdingen.

De Caledonische gesteenten van het Cambro-Siluur, die tijdens de Caledonische en Acadische vervormingsfasen intens geplooid waren, werden tijdens het Devoon en Carboon bedekt door sedimentaire pakketten. Deze Devoon en Carboon afzettingen kunnen door een actieve blokkentektoniek op de oostflank van het Massief van Brabant en het Hoog van Visé lateraal sterk in dikte verschillen.

Het kolenvoerende Boven-Carboon en de Perm-Trias-Jura lagen werden op het gekarteerde gedeelte van het kaartblad Tongeren niet bewaard.

Tijdens het Laat-Krijt kende het gebied ten noordwesten van de Ardennen-Eifel-as een nieuwe algemene transgressieve fase en werd bedekt met aanvankelijke continentale en kustnabije mariene zanden en kleien en later dikke pakketten krijt. Deze sedimentatie ging tijdens het Tertiair door, waarbij eustatische zeespiegelschommelingen en tektonische bewegingen zorgden voor een complexe opeenvolging van mariene en continentale zanden, kleien, mergel en krijt. De dikte van deze pakketten kent een algemene toename naar het noorden zodat de sedimentwig boven op het Paleozoïcum in het noordwesten van het kaartblad tot 250 m dik wordt. Lokaal kunnen breukbewegingen de dikte van het pakket nog beïnvloeden.

Tijdens het Plioceen eindigen de transgressieve fases en wordt het gebied voorgoed boven zeeniveau geheven. Een aanzienlijke erosie modelleert het landschap dat door de Quartaire bedekking, bestaande uit eolische lemen en zanden en uit alluviale zanden en grinden van de Maas, zijn huidig uitzicht krijgt (cf. Bless & Fernandez Narvaiza, 1993; Wouters & Vandenberghe, 1994).

2. OPBOUW VAN HET GEOLOGISCH GEGEVENSBESTAND

2.1. De gegevens

2.1.1. Aard van de gegevens

Voor de nieuwe geologische kaart werd hoofdzakelijk gebruik gemaakt van reeds bestaande gegevens. Deze gegevens kunnen van verschillende aard zijn: lithologisch, geotechnisch, geofysisch (boorgatmetingen, seismiek enz...).

2.1.1.1. Lithologische gegevens

De gegevens die ter beschikking zijn voor het kaartblad Tongeren zijn vooral van lithologische aard. Het zijn de basisgegevens bij het opmaken van de geologische kaart. Ze bestaan uit een objectieve beschrijving van hetgeen in ontsluitingen en boringen waargenomen wordt. Lithologie, textuur, kleur, mineralogie, fossielinhoud, dikte, diepte en dergelijke meer, van alle waargenomen gesteenten werden door generaties van karteergeologen beschreven. Mineralogisch en paleontologisch onderzoek en korrelgrootteanalyse van geselecteerde monsters laten een meer gedetailleerde beschrijving toe. De litho- en biostratigrafische interpretatie gekoppeld aan deze waarnemingen is dan veel nauwkeuriger.

2.1.1.2. Gebruikte gegevens

1. Archiefgegevens van de Belgisch Geologische Dienst (BGD).

Deelkaartblad archief BGD	Overeenkomstige topografische kaart
93W Bilzen	34/1
93E Veldwezelt	34/2
94W Neerharen	34/3
107W Tongeren	34/5
107E Herderen	34/6
108W Visé	34/7
108E St-Martens-Voeren	34/8
109W Gemmenich	35/5
121W Alleur	42/1
122E Herve	42/4

Tabel 1: Nummering van de oude geologische kaarten schaal 1:40.000 en de overeenkomstige topografische kaarten.

- Elk van de dossiers bevat tevens een topografische kaart (schaal 1:10.000) waarop de situering van de gegevens weergegeven is.
2. Terreinwaarnemingen van de Rijks Geologische Dienst (nu NITG-TNO). Deze gegevens zijn van groot belang voor de intekening van het Krijt in het zuidelijk gedeelte van de kaart. Gezamenlijk leveren deze dossiers de lithostratigrafische gegevens van het kaartblad Tongeren op schaal 1:50.000.
 3. De dossiers van de Belgisch Geologische Dienst van de aanpalende kaartbladen (fig. 2). Voor het opmaken van de geologische kaart werd een deel van deze randgegevens opnieuw geïnterpreteerd:

Deelkaartblad archief BGD	Overeenkomstige topografische kaart
78W Genk	26/5
78E Zutendaal	26/6
79W Rekem	26/7
92E Kortesseem	33/4
106E Borgloon	33/8
121E Luik	42/2
122W Dalhem	42/3

Tabel 2: Nummering van de aanpalende geologische en topografische kaarten.

- De Nederlandse geologische kaarten werden gebruikt ter controle van de kartering in het oosten van het kaartblad.
- Reeds bestaande kaarten en profielen waaronder de oude officiële geologische kaarten op schaal 1:40.000 (zie tabel 1). De nieuwe geologische kaart van Sint-Truiden (opgemaakt in 1995) kon eveneens gebruikt worden om dit aangrenzende kaartblad goed te laten aansluiten.
Bij de bibliografische referenties is een lijst gevoegd met alle geraadpleegde kaarten en profielen.
- Kanaalseismiek van het Albertkanaal als achtergrondinformatie voor bv. dikte van Tertiair, lokalisatie van breuken.
- Licentiaatsverhandelingen en doctoraatsproefschriften, evenals vele publicaties die op één of andere manier handelen over het betrokken gebied of zijn omgeving. In de bibliografie achteraan zijn deze werken opgenomen.
- Terreinonderzoek waarbij er enkele malen met de handboor op cruciale punten of plaatsen met weinig gegevens geboord werd.

2.1.2. Gegevensverdeling over het kaartblad Tongeren

Op overlegfolie 1 (fig. 4) wordt de verdeling van boringen en ontsluitingen uit de BGD en NITG dossiers weergegeven. Alle waarnemingspunten met gekende X- en Y-coördinaten werden in vier groepen geclassificeerd. Uit de gebruikte symbolen is tevens af te leiden welke stratigrafische eenheden op de betreffende waarnemingspunten aangetroffen worden:

- boring tot in het Quartair (zwart)
- boring tot in het Tertiair (rood)
- ⊕ boring tot in het Krijt (blauw)
- ⊕ boring tot in de Paleozoïsche Sokkel (groen)

In deze dossiers zijn ongeveer 2807 waarnemingspunten opgetekend. Op een oppervlakte van ongeveer 650 km² betekent dit ongeveer 4-5 waarnemingen per km². De gegevens zijn vrij gelijkmatig verspreid over het kaartblad, enkel in het zuiden van kaartdeel 34/5 (=107W) is de dichtheid van de waarnemingspunten opvallend kleiner.

Op het ganse kaartblad bereikt 34.6% (973 waarnemingen) de top van het Tertiair of oudere formaties niet. Deze boringen geven dus enkel informatie over de lithologie en de minimale dikte van het Quartair. De overige 65.4% (1834 waarnemingen), dit is ongeveer 2-3 waarnemingen per km², geven op één of andere manier informatie over het Tertiair of oudere formaties.

Van deze waarnemingen komt 41.8% (766 waarnemingen) tot in het Tertiair maar bereikt de basis niet. 46.5% (853 waarnemingen) bereiken het Krijt maar reiken niet tot in de paleozoïsche sokkel. 11.7% (215 waarnemingen) geven enkel informatie over de paleozoïsche sokkel. De geologische structuur bepaalt de ruimtelijk verdeling van Tertiair, Krijt of Sokkel gegevens: Tertiair in het noorden en westen, Krijt in het oosten en zuiden, Sokkel in de Maasvallei.

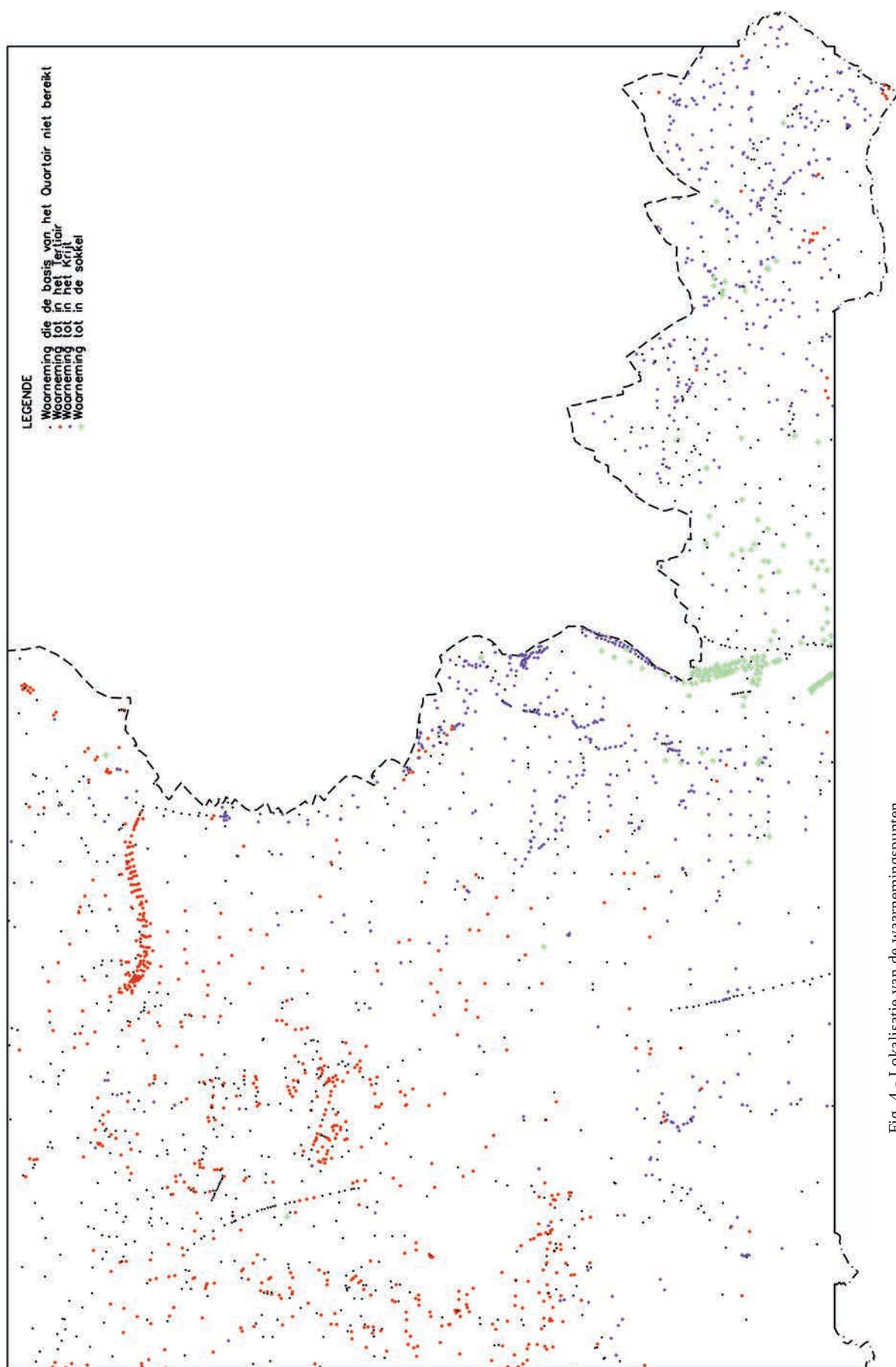


Fig. 4 - Lokalisatie van de waarnemingspunten.

De gegevens over de sokkel werden niet in detail geïnterpreteerd. Voor een overzicht van de Sokkelgesteenten wordt verwezen naar bestaande publicaties (Legrand, 1968; Bless *et al.*, 1976, 1980; Kimpe *et al.*, 1978; Duser & Hogenhuis, 1998) of naar de nieuwe kartering van het Waals Gewest.

2.1.3. Het gegevensbestand

Alle gegevens die gebruikt werden bij het opmaken van de nieuwe geologische kaart werden opgenomen in een digitaal gegevensbestand. Het bestand bestaat per kaartblad op 1:10.000 uit een reeks tabellen. Twee tabellen bevatten per gegevenspunt de vaste gegevens. Dit zijn onder andere, het nieuwe volgnummer van de waarneming, het oude nummer volgens het oorspronkelijk dossier, de topografische coördinaten, het soort waarneming e.a. De overige tabellen bevatten per punt de nieuwe interpretatie van de gegevens; dit zijn per kleinst onderscheiden eenheid, de diepte van de basis waarop deze voorkomt en de lithostratigrafische benaming ervan. Bij deze interpretatie werd gebruik gemaakt van de terminologie voorgesteld door Maréchal & Laga (1988) voor het Paleogeen en De Meuter & Laga (1976) voor het Neogeen. Voor het Krijt werd een eigen terminologie ingevoerd.

Nieuwe databank en oorspronkelijke boorbeschrijvingen kunnen geraadpleegd worden op de BGD of op de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van de Vlaamse Gemeenschap.

2.2. Het verwerken van de gegevens naar een geologische kaart

Vanuit het digitaal gegevensbestand werd voor elke lithologische eenheid een kaart gemaakt met alle puntgegevens die het basisoppervlak van elk van deze lagen weergeven. Aan de hand van deze puntgegevens werden lijnen van gelijke hoogte of diepte (of isohypsen) getekend, waardoor de verschillende lithostratigrafische grensvlakken konden worden gereconstrueerd. Deze contouring kan op verschillende manieren gebeuren, afhankelijk van het soort grensvlak dat dient voorgesteld te worden. Dit kan gaan van handcontouring tot computercontouring gebaseerd op geostatistische interpolatie formules.

In het geval van het basisvlak van het Quartair werden de isohypsen met de hand getekend. Wegens het onregelmatig karakter van dit vlak en het ontbreken van een trend, met uitzondering van de relatie tot de huidige topografie, is het voor dit soort vlakken met de bestaande software (nog) niet mogelijk een betrouwbare kaart te produceren. Automatische of computergestuurde contouring is wel mogelijk voor regelmatige vlakken, lithostratigrafische grensvlakken die quasi effen zijn. Zo'n vlak is bv. de Boomse Klei. De beste resultaten worden dan verkregen met gewone lineaire interpolatie. Voor niet effen vlakken die wel een zekere regelmaat of trend vertonen, zoals een golvend oppervlak of een geulvormig oppervlak, zijn geavanceerde interpolatietechnieken beschikbaar. In alle gevallen dienen de met computer gegenereerde contourlijnen manueel aangepast te worden. Er zijn immers plaatsen waar de ondergrond doorsneden wordt door breuken of waar bepaalde lithologische eenheden niet meer voorkomen.

Door de basisvlakken van de verschillende lithologische pakketten te laten snijden met het topvlak van de Tertiaire formaties wordt dan de afgedekte geologische kaart geconstrueerd. De nauwkeurigheid van deze kaart hangt natuurlijk af van het aantal en de spreiding van de waarnemingspunten, de nauwkeurigheid waarmee de lithologische gegevens beschreven werden, de juistheid van de nieuwe interpretatie en bovendien van de schaal waarop (1:25.000) en waarvoor (1:50.000) de kaart opge maakt werd. Met dit laatste dient zeker rekening gehouden te worden bij het opvragen van detailkaarten en het overbrengen van de gekarteerde lithostratigrafische grenzen.

3. DE GEOLOGISCHE KARTERING

3.1. Ter inleiding

De geologische kennis en het geologisch inzicht is door de jaren heen sterk gegroeid en veranderd. Ook deze nieuwe geologische kaart verschilt van alle vorige kaarten en vormt een stap in de ontwikkeling van die geologische kennis. Sinds de laatste officiële geologische kartering is er een grote hoeveelheid nieuwe gegevens bijgekomen. Daarentegen zijn vele oude ontsluitingen die in de literatuur beschreven werden en die zeer belangrijk waren bij het opmaken van de oude kaart, sinds lang verdwenen. Bij een nieuwe interpretatie kan er dus enkel gesteund worden op hetgeen ooit op papier vastgelegd werd. Hierbij is het dan ook van belang te weten wanneer en door wie een bepaalde beschrijving of interpretatie gemaakt werd. Om wegwijs te geraken in het doolhof van interpretaties en herinterpretaties is een kort historisch overzicht dan ook onmisbaar.

In de onderstaande tekst zullen een reeks stratigrafische termen gebruikt worden. Deze termen hebben zowel een chrono- als lithostratigrafische betekenis. Ze vormen er in feite een mengeling van. Sinds de jaren 50 zijn deze verschillende stratigrafische schalen duidelijk van elkaar onderscheiden met eigen definities en richtlijnen.

Indien in een historisch overzicht deze nieuwe terminologie zou gehanteerd worden, zou een groot deel van hetgeen in de oude literatuur bedoeld werd, verloren gaan. De nieuwe stratigrafische termen dekken immers niet dezelfde lading als de oude en vertonen juist niet diezelfde verwevenheid van chrono-, bio-, en lithostratigrafie. Daarom wordt in dit overzicht de terminologie gebruikt zoals die door de auteurs werd aangewend.

3.2. Korte historiek van de geologische kartering

In 1837 werd door M.H. Galeotti de eerste geologische kaart getekend op schaal 1:160.000. Ze werd vooral getekend op basis van fossielen. Galeotti constateerde dat de lagen jonger worden naar het noorden toe en besloot dat de opeenvolgende pakketten afgezet werden in een krimpende zee.

A. Dumont nam in 1837 de geologische kartering over. Hij voegde aan de indeling van Galeotti nieuwe systeemnamen toe: Brusseliaan, Diestiaan en, van belang voor het kaartblad Tongeren, het Landeniaan en Tongeriaan. Dumont beschikte reeds over de eerste topografische kaart en tekende nu ondermeer aan de hand daarvan de dagzomen van zijn systemen maar enkel daar waar ze waargenomen kunnen worden en niet waar ze bedekt zijn door leem of modern alluvium.

In 1853 werd zijn volledig werk uitgegeven, op schaal 1:160.000, met een aantal nieuwe systemen als het Heersiaan onder het Landeniaan. Het Tongeriaan van vroeger werd opgesplitst in Tongeriaan, Rupeliaan en Bolderiaan, die in het Mioceen werden geplaatst. De grote hoeveelheid nota's gebruikt bij de opmaak van dit werk blijven van onschatbare waarde want ze bevatten beschrijvingen van nu verdwenen ontsluitingen in holle wegen, kleine groeven en verse spoorweginsnijdingen.

In 1885 verschenen 42 kaartbladen op schaal 1: 20.000 vergezeld van een verklarende tekst. Ook op deze kaarten werd de ondergrond enkel ingetekend waar hij effectief waargenomen werd. Elders werd de aard van het Quartair en de vermoedelijke grenzen van het onderliggende Tertiair weergegeven.

In 1890 werd de kartering opnieuw hernomen. De schaal werd verkleind naar 1:40.000 en afgezien van het alluvium werd het Quartair weggelaten. De ondergrond werd dus overal gekleurd, ook waar er geen gegevens zijn. Een Aardkundige Raad werd ingesteld die de stratigrafische legende opstelt om een uniforme kartering te bekomen. De basisindeling werd de *étage*, voor het Tertiair overeenkomend met een sedimentatiecyclus. Hierbij werd het eenvoudig en doelmatig notatiesysteem van Rutot - Van den Broeck behouden waardoor aan iedere laag een plaats werd toegewezen in een ideale cyclus; a: basisgrind, b: transgressiezand, c: diepere zee, d: regressiezand en verder aparte letters voor speciale faciës.

Het kaartblad 93 (=34/1-2) Bilsen - Veldwezelt werd verwezenlijkt door Van den Broeck, Mourlon en Halet in 1905. Het kaartblad 94 (=34/3) Neerharen werd verwezenlijkt door Mourlon en Halet ook in 1905. Het kaartblad 107 (=34/4-5) Tongeren - Herderen werd vooral opgemaakt door Van den Broeck met de hulp van Forir in 1903. Het kaartblad 108 (=34/7-8) Visé - Fouron-Saint-Martin werd opgemaakt door Forir in 1896.

De Aardkundige Raad gaf in 1932 een nieuw Algemeen Stratigrafisch Register uit dat het Tertiair indeelt in chronostratigrafische eenheden op basis van fossielen, waarbij een aantal termen van draagwijdte veranderen. In 1947 startte met deze legende een nieuwe kartering op schaal 1:25.000. In Vlaanderen werden tijdens deze kartering geen kaarten opgemaakt.

De huidige kaart stelt de verspreiding voor van zuiver lithostratigrafische eenheden. Hun ouderdom, hun plaats dus in een chronostratigrafische en chronologische indeling wordt in de verklarende tekst wel vermeld maar verder niet besproken.

3.3. Lithostratigrafie

De stratigrafische beschrijving van de verschillende lithologische eenheden gebeurt van jong naar oud, dus van boven naar onder. Volgens het superpositieprincipe zijn de bovenste lagen ook de jongste sedimenten, dieper in de ondergrond worden er steeds oudere gesteenten aangetroffen. De verschillende gesteenten worden samen met de lithostratigrafische benaming, de profiel- en kaartnotatie, de chronostratigrafische positie en een symbool voor de lithologie, in de stratigrafische tabel voorgesteld. Voor de dagzomende pakketten worden tevens het symbool en de benaming overeenkomstig de oude officiële geologische kaart op 1:40.000 weergegeven (fig. 5).

3.3.1. Quartaire sedimenten

De lithologische eenheden van Quartaire ouderdom zijn allen van terrestrische oorsprong. Ze zijn in te delen in drie verschillende groepen naargelang hun oorsprong en afzettingwijze.

3.3.1.1. Eolische afzettingen

De sedimenten die de grootste verbreiding hebben op de kaart door hun allesbedekkende wijze van afzetting zijn de eolische afzettingen. Deze lemen en zanden werden tijdens de laatste twee ijstijden vanuit het noordoosten aangevoerd door een sterke wind die in stand gehouden werd door een sterk hogedrukgebied boven de ijskap, die op dat moment nagenoeg gans noordelijk Europa bedekte.

3.3.1.1.1. Leem

De eolische leem, die grote delen van het kaartblad bedekt is opgebouwd uit verschillende leempakketten die gescheiden worden door bodems en elk het gevolg zijn van een nieuwe influx van eolisch materiaal.

De vroegste leemafzettingen zijn meestal enkel te vinden in oplossingsgaten op de krijtplateaus of de Maasterrassen. De eerste leem die grote delen van het landschap bedekt is de Henegouwenleem van het Saale glaciaal. De leem is zandig en heeft een gebande structuur, met rode, beige en lichtgrijze kleuren. Er komen veelvuldig zwarte deeltjes in voor die duiden op een mangaanneerslag. Boven op deze lemen uit het Saale is tijdens het Eem op sommige plaatsen (Rocourt) een duidelijke bodem ontwikkeld. De Haspengouwleem, die deze bodem van Rocourt bedekt, is een gelaagde loess met een iets grijzer karakter dan de onderliggende. Er komen talrijke vorstbodems voor in het leempakket, waarin bovenaan de Bodem van Kesselt is ontwikkeld. Het volgende en dus jongere leempakket bestaat uit een bruine korrelige loess en bevat verschillende typische horizonten, waaronder enkele gleyige bodems, één enkele vulkanische aslaag en bovenaan een zeer specifieke bodem nl. de "tongenhorizont" van Nagelbeek. Aan de hand van deze typische horizonten kan deze loessafzetting

TIJD	LITHOSTRATIGRAFIE			LEGENDE	LEGENDE GEOL. KAART 1:40.000
	GROEP	FORMATIE	AANWEZIGE IDENTIFICEERBARE EENHEDEN	LITHOLOGIE	
Plio-Pleistoceen					
Plioceen					
Mioceen		BOLDERBERG	Genk Houthalen	BbGe BbHo	Bolderiaan Bd
Oligoceen	RUPEL	EIGENBILZEN		Eg	Rupeliaan R2d
		BOOM		Bm	R2c
		BILZEN	Kerniel Kleine Spouwen Berg	BiKe BiKs BiBe	R1d R1c R1b
		TONGEREN	Alden Biesen Henis Ransberg	BoDb BoHe BoRa	Tongeriaan Tg2o Tg2n Tg2m
	TONGEREN	ST-H.-HERN	Neerropen Grimmertingen	ShNe ShGr	Tg1d Tg1c
Paleoceen	LANDEN	HANNUT	Grandglise Lincet	HnGr HnLc	Landeniaan L1d L1c
		HEERS	Gelinden Drp	HsGe HsOr	Heersiaan Hsd Hsc
		OPGLABBEEK		Op	
		HOUTHEM		Ho	
Krijt		MAASTRICHT		Ms	Maastrichtiaan M
Maastrichtiaan					
Campaniaan		GULPEN		Gu	Senoniaan Cr4 Cr3 Cr2
		VAALES		Va	
Santoniaan		AACHEN		Ak	Cr2 Cr1

Fig. 5 - Stratigrafische kolom.

gedateerd worden als Weichseliaan, Boven-Pleniglaciaal. De leem wordt in de Belgische stratigrafie de Brabantleem genoemd. Het bovenste leempakket bestaat uit verstoven en verspoelde lemen uit het Holoceen met een sterk ontwikkelde recente bruine bodem.

3.3.1.1.2. Zand

Ten noorden van de Demer worden de Tertiaire gesteenten bedekt door zanden. Ze zijn meestal geel en zwaklemig en gelegen op een dun grindlaagje. De zanden zijn van Weichsel ouderdom, het grindlaagje eronder is ontstaan door erosie van het Kempens Plateau tijdens de Saale ijstijd en wordt het Pediment van Diepenbeek genoemd. Ook op het Kempens Plateau kunnen plaatselijk dekzanden te vinden zijn.

3.3.1.2. Grinden

Door de Maas met haar terrassen komen grofzandige en grindrijke alluviale afzettingen veelvuldig voor.

De algemene erosie na de terugtrekking van de zee, die de Formatie van Diest had gevormd tijdens het Laat-Pliocene en het Vroeg-Quartaire gaf aanleiding tot veel residuele grinden van Tertiaire formaties die nu terug te vinden zijn aan de basis van de Quartaire afzettingen.

Door oplossing van het krijt blijft er van de silexrijke pakketten een residu over van silex dat dagzoomt op de plaatsen waar de eolische bedekking zeer gering is. De residuele grinden en het vuursteeneluvium zijn mogelijk reeds pré-Quartaire van ouderdom.

3.3.1.3. Terrassen

Ongeveer een derde van de Quartaire afzettingen op het kaartblad wordt ingenomen door de terrasafzettingen van de Maas. Deze bestaan uit grofzandige en grindrijke afzettingen. Gebonden aan klimatologische en tektonische gebeurtenissen, zijn dit de oudste Quartaire afzettingen waaraan een relatieve ouderdom gehecht kan worden. De erosie van deze terrassen gebeurde in interglaciale condities terwijl de opvulling van de alluviale vlakte plaatsvond tijdens de ijstijden (cf Fontaine, 1935).

3.3.1.4. Vuursteeneluvium

In het zuiden van het kaartblad werden op het krijtplateau metersdikke vuursteenpakketten gevormd. Deze zijn het residu van een ontkalking die de top van het Krijt gereduceerd heeft tot een resterend silexpakket met een dikte die kan oplopen tot 15 meter. Waar er nog Tertiair materiaal rust boven op het Krijt is dit laatste ook ontkalkt. De exacte ouderdom van dit vuursteenresidu kan moeilijk bepaald worden. Vast staat dat de oplossing van het silexkrijt reeds in het Tertiair begonnen is. Daarom wordt het vuursteeneluvium op de afgedekte geologische kaart weergegeven.

3.3.1.5. Alluviale afzettingen

De alluviale afzettingen kennen een typische opbouw die gebonden is aan de Quartaire ontwikkeling in het loessgebied. De basis bestaat meestal uit een basisgrind dat veel silexen en residuele grinden uit het Tertiair bevat. Daarboven ligt meestal een pakket met grove zanden dat ook uit herwerkt Tertiair materiaal bestaat. Van zodra de eolische lemen waren afgezet, zijn er sporen van terug te vinden in de fluviatiele afzettingen. Deze leempakketten worden van elkaar gescheiden door veenlagen. De laatste grote leeminflux dateert van na de grote ontbossing in de Middeleeuwen. In alle rivierdalen, die de leemplateaus draineren, heeft het laatste leempakket een aanzienlijke dikte. In de beekdalen ten noorden van de Demer met een geringere sedimentlast, kunnen vrij dikke pakketten veen ontstaan zijn.

3.3.1.6. Zandleem

De overgangszone tussen de leemhoudende zanden ten noorden van de Demer en de echte lemen in het zuiden van het kaartblad wordt ingenomen door een smalle zandleemzone. Meestal is die zone door fluviatiele werking verspoeld tot fijngelaagde afwisselingen van lemen, zanden en kleien.

3.3.2. Tertiaire en Mesozoïsche sedimenten

Op basis van lithostratigrafische indeling van het Paleogeen, voorgesteld door Maréchal & Laga (1988), en van een aantal goed gedocumenteerde boringen en ontsluitingen op het kaartblad, werden de lithostratigrafische onderverdelingen gebruikt, die hieronder verder omschreven worden.

Het tektonisch kader van de Krijtafzettingen wordt gedomineerd door drie grote eenheden. Het Massief van Brabant, de Eifel-Ardennen en de Roerdalslenk. De reeds gevormde Roerdalslenk kende tijdens het Laat-Krijt een inversietektoniek en werd tot een horst opgeheven. Zuid-Limburg en de Ardennen die voorheen boven zeeniveau verheven waren geweest, kenden vanaf het Santoniaan een subsidientiefase zodat de Kempen en de Ardennen langzaam overspoeld werden. Detrietische afzettingen, Formatie van Aachen en Formatie van Vaals, werden gevormd in een aanvankelijk continentaal en kustnabij milieu. De oostelijke kern van het Massief van Brabant kende toen een zeer beperkte subsidentie. Tijdens het Laat-Campaniaan werd het Massief van Brabant definitief overstroomd en ontstonden er in het hele bekken dikke afzettingen, nl. het onderste gedeelte van de Formatie van Gulpen (eenheid van Hallembaye).

Tijdens het Vroeg-Maastrichtiaan werd er weinig of geen sediment afgezet in Zuid-Limburg want de streek werd door de inversietektoniek regelmatig boven zeeniveau verheven. In het begin van Laat-Maastrichtiaan werden de Kempen en Ardennen terug volledig overspoeld en werd opnieuw een dik pak sediment afgezet in de centrale zone nl. de eenheid van Haccourt van de Formatie van Gulpen. Zuid-Limburg kende weer een vertraagde subsidentie die zich pas inzette tijdens het midden van het Laat-Maastrichtiaan en aanleiding gaf tot de afzetting van vooral Laat-Maastrichtiaan gesteenten, nl. de Formatie van Maastricht. De inversie van de Roerdalslenk was in het midden van het Laat-Maastrichtiaan tot een einde gekomen zodat er op de buitenste zone van de slenk wat Laat-Maastrichtiaan sedimenten werden afgezet. Wanneer Zuid-Limburg zijn grootste subsidentie kende tijdens het laat Laat-Maastrichtiaan, lagen de toppen van de Ardennen reeds terug boven de zeespiegel. Zuid-Limburg zal tijdens het Daniaan boven de zeespiegel komen te liggen en een intense erosie kennen zodat de bovenste leden van de Formatie van Maastricht weggeërodeerd werden (Gullentops, 1986; Bless, 1989).

Een nieuwe sedimentatiecyclus zorgt voor de afzetting van de eerste Tertiaire sedimenten. De Formatie van Houthem werd als eerste afgezet in een marien milieu. De afzetting van de Formatie van Opglabbeek luidde een nieuwe periode van klastische sedimentatie in.

De eerste grote mariene transgressie tijdens het Tertiair zorgde voor de afzetting van de Formatie van Heers op het kaartblad Tongeren. In de zee werden de Mergels van Gelinden afgezet. Het ondiepere equivalent van het Gelindenfacies is het lid van de Zanden van Orp. In het Boven-Paleoceen transgredeert de zee een tweede maal. De mariene Formatie van Hannut, behorende tot de Landen Groep, komt enkel in het noordwesten van het kaartblad voor. De Tuffeau van Lincent werd in een marien milieu afgezet.

Door een zakking van de Rijnslenk breekt in het late Eoceen opnieuw een transgressie aan volgens een nieuwe zuidoost-richting. Lokaal is er een sterke subsidentie en de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern, behorend tot de Tongeren Groep, wordt afgezet en rust in het zuiden rechtstreeks op de Krijtformaties. Een duidelijk basisgrind is niet aanwezig. Eerst wordt in de zee het Lid van Grimmeringen afgezet dat bestaat uit een kleiig fijn zand met mica's en dat sterk glauconiethoudend is. Tijdens een hernieuwde opheffing van het gebied worden de Zanden van Neerrepn afgezet. Ze zijn iets grover en zandiger zijn dan deze van Grimmeringen en vertonen stromingsstructuren. In het Onder-Oligoceen begint de zeespiegel opnieuw te stijgen. De Formatie van Borgloon wordt afgezet.

Strandwallen worden gevormd (onderste af en toe zandige gedeelte van de Formatie van Borgloon) en achter de strandwallen ontwikkelt zich een lagune. In deze rustige sedimentatieomgeving kunnen de fluviomariene kleisedimenten van de Formatie van Borgloon afgezet worden: de Klei van Henis. Aangezien de dikte van de Henisklei groter is dan de maximale diepte van een lagune kan er verondersteld worden dat een lichte zeespiegelfluctuatie zorgde voor een opeenstapeling van verschillende lagunes. Wanneer er in dit rustige milieu een plotse sedimenttoevoer is door bv. verplaatsing van de riviermonden, worden grovere sedimenten aangebracht door de rivieren: de Zanden en Mergels van Alden Biesen. De transgressie breidt uit: mariene sedimenten worden afgezet (de Formatie van Bilzen) onder de vorm van glauconiethoudende zanden van een middelmatige korrelgrootte met mariene fossielen zoals de bekende *Glycymeris* (of *Pectunculus*). Deze zanden worden de Zanden van Berg genoemd. Op sommige plaatsen schuurden de Zanden van Berg de Alden Biesen Mergels uit (onderaan de Zanden van Berg zijn soms geremanieerde elementen uit Alden Biesen te vinden). Op die plaatsen is het Berg zand dan ook dikker. De transgressie van de Rupel Groep gaat stapsgewijs verder. De sedimenten worden fijner door dieper worden van de zee. Lokaal wordt de Klei van Kleine Spouwen of 'Nucula Klei' afgezet. Bij langzaam zakken worden bovenop de Klei van Kleine Spouwen meer naar de kust toe, grovere sedimenten afgezet: de Zanden van Kerniel (cf Gulinck, 1957; Gullentops, 1987, 1990).

Bij opnieuw sneller zakken van het gebied wordt een dik pak klei afgezet; dat meer silthoudend is bij tragere zeespiegelstijgingen: dit pakket wordt de Boomse Klei genoemd. De subsidentie tijdens de afzetting van de Boomse Klei was belangrijker dan deze tijdens de afzetting van de Tongeren Groep: de sedimenten van de Rupel Groep hebben een grotere verbreiding. Ongeveer gelijktijdig met de Boomse Klei wordt een meer zandige formatie afgezet: de Zanden van Eigenbilzen. Het eigenlijke ontstaan van deze zanden is nog niet duidelijk maar vermoedelijk gaat het hier om een lateraal facies van de Klei van Boom ofwel is het een afzetting ontstaan door de menging van zand, afkomstig van de uitmonding van een grote rivier in de zee, met de klei die in de zee afgezet is.

In het Midden-Mioceen heeft een nieuwe belangrijke transgressie plaats met onderaan het glauconietrijke Zand van Houthalen en daarna opnieuw een meer continentaal facies: het Zand van Genk, beide behorend tot de Formatie van Bolderberg.

4. LITHOSTRATIGRAFISCHE EENHEDEN

4.1. Tertiair

Op het kaartblad Tongeren kunnen 15 verschillende formaties onderscheiden worden. Van deze 15 dagzomen er 13 ergens op het kaartblad. Voor elk van deze formaties wordt hier een type beschrijving weergegeven met de hoofdkenmerken van de formaties en de leden, hun ouderdom, dikte en de isohypsen (lijnen van gelijke hoogte) van de basis van de verschillende formaties en leden.

4.1.1. Formatie van Bolderberg (Midden-Mioceen - Onder-Mioceen)

De Formatie van Bolderberg is op te delen in twee verschillende leden: het continentale Lid van Genk en het mariene Lid van Houthalen.

4.1.1.1. Lid van Genk

Dit lid bestaat uit bleekgele tot grijswitte micahoudende fijne zanden. Naar onder toe stijgt het kleigehalte en wordt het Lid van Genk bruin tot zwartbruin. Kenmerkend voor deze afzetting zijn de grote glimmers en de aanwezigheid van meerdere lignietlagen. Deze lagen zijn vooral bovenaan in het Lid van Genk goed ontwikkeld, naar onder toe worden ze dunner en uiteindelijk wordt er nog enkel lignietgruis aangetroffen tussen het witte zand. Onder de lignietbanken worden af en toe verkiezelde zandsteenbanken aangetroffen.

4.1.1.2. Lid van Houthalen

Dit lid bestaat uit een zeer glauconietrijk en micarijk bruingroen tot zwartgroen kleiig zand met veel grote schelpen. Onderaan in het zandpakket komen de schelpen soms geconcentreerd in banken voor (Gulinck, 1970).

De basis van het Lid van Houthalen wordt meestal gevormd door een grind dat bestaat uit zwarte vuursteenkeien, grove kwartskorrels, gerolde groenzwarte zandsteenfragmenten, gerolde fosfaatconcreties en herwerkte fossielen uit de onderliggende formatie. Naar boven toe neemt het glauconietgehalte af en komt er een beetje ligniet voor. De grens met de bovenliggende Zanden van Genk is niet altijd duidelijk aangezien er een geleidelijke overgang is tussen het mariene en continentale sedimentatiemilieu.

De Formatie van Bolderberg dagzoomt enkel in het noorden van het kaartblad, ten noorden van de breuk van Vroenhoven, en op enkele heuveltoppen in het westen in de omgeving van Tongeren. De dikte is hier maximum 25 m. Het onderscheid met de onderliggende Formaties van Eigenbilzen en/of Boom, is gemakkelijk te maken, ook als het basisgrind niet aanwezig is.

Groep van de Rupel

4.1.2. Formatie van Eigenbilzen (Onder-Oligoceen)

De Formatie van Eigenbilzen (fig. 6) bestaat uit een grijsgroen kleiig fijn zand met een beetje glimmers en weinig of geen fossielen in tegenstelling tot de bovenliggende zanden. De ritmische afwisseling tussen zand en klei is zeer karakteristiek voor de formatie. De overgang naar de onderliggende Klei van Boom is moeilijk vast te stellen. De geleidelijke horizontale en verticale overgang naar klei, de weliswaar zeldzame aanwezigheid van septaria en de ritmiciteit doen vermoeden dat het om een lateraal facies van de Boomse Klei gaat.

Op het kaartblad dagzoomt de Formatie van Eigenbilzen enkel in het noorden. Door de insnijding van de Zanden van Bolderberg in de onderliggende formaties, hier Eigenbilzen, komt deze formatie voor met een gereduceerde dikte: gemiddeld 5 m en maximum 10 m dik.

4.1.3. Formatie van Boom (Onder-Oligoceen)

De Formatie van Boom (fig. 7) bestaat hoofdzakelijk uit een vette blauwgrijze tot bruinzwarte klei, soms zandiger, soms afgewisseld met siltlaagjes. De klei is rijk aan mica's en pyriet. Het pakket is dooraderd met conchoïdale en verticale breukjes. De Boomse Klei wordt gekenmerkt door ritmische veranderingen in siltgehalte, organisch materiaal en carbonaatgehalte. De variatie in carbonaatgehalte zorgt voor het voorkomen van kalkknollen (septaria genoemd) in sommige lagen van de klei. Er zijn echter weinig boringen op het kaartblad waarin kalkniveaus beschreven zijn.

De klei is gemiddeld 10 m dik; naar het noorden toe kan ze 15-20 m dik worden. Ze is zeer goed te onderscheiden van de onderliggende Zanden van Berg. De basis van de Boomse Klei helt lichtjes naar het noorden. Op het kaartblad was het niet mogelijk het onderscheid tussen de leden Terhagen en Putte te maken.

4.1.4. Formatie van Bilzen (Onder-Oligoceen)

De Formatie van Bilzen (fig. 8) wordt eveneens aangetroffen in het noorden van het kaartblad en in het westen op de heuvels. Deze formatie bestaat uit twee zandpakketten gescheiden door een opvallend kleipakket. De formatie is dus opgedeeld in drie leden: het Zand van Kerniel, de Klei van Kleine Spouwen en het Zand van Berg. Alledrie worden ze beschouwd als een meer kustnabij facies van de Klei van Boom.

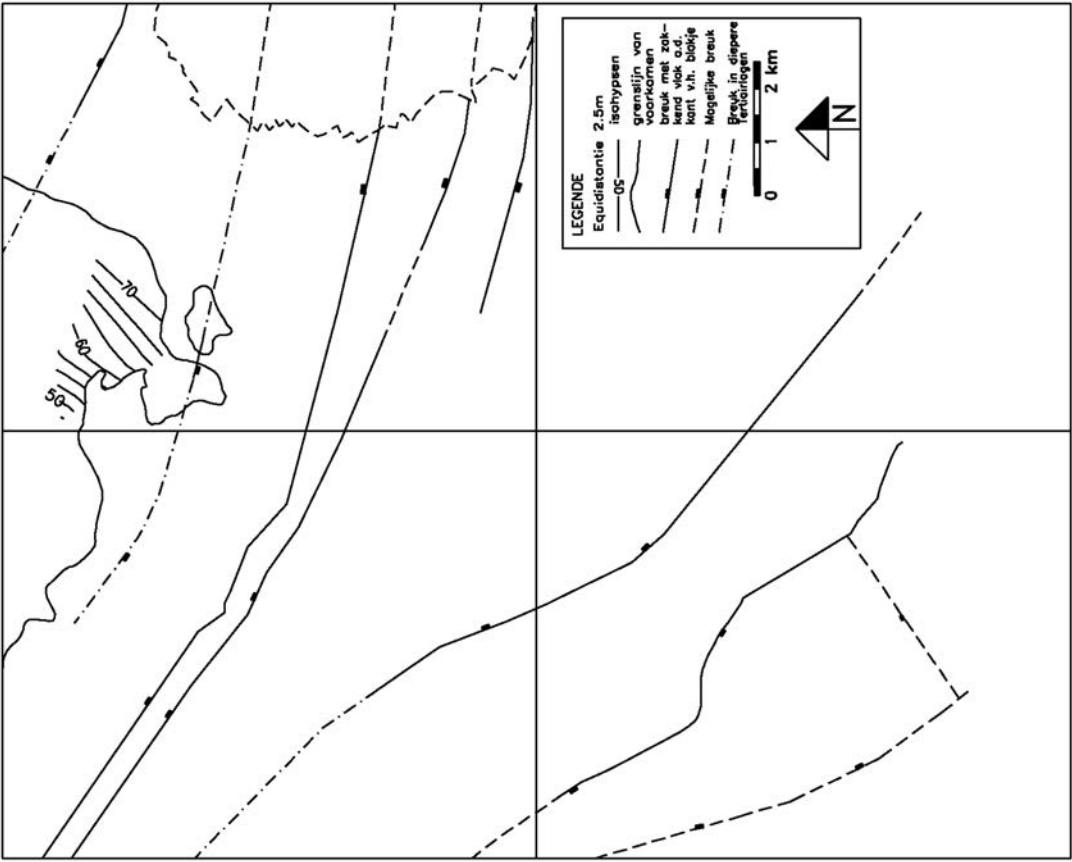


Fig. 6 - Isohypsens van de Formatie van Eigenbilzen.

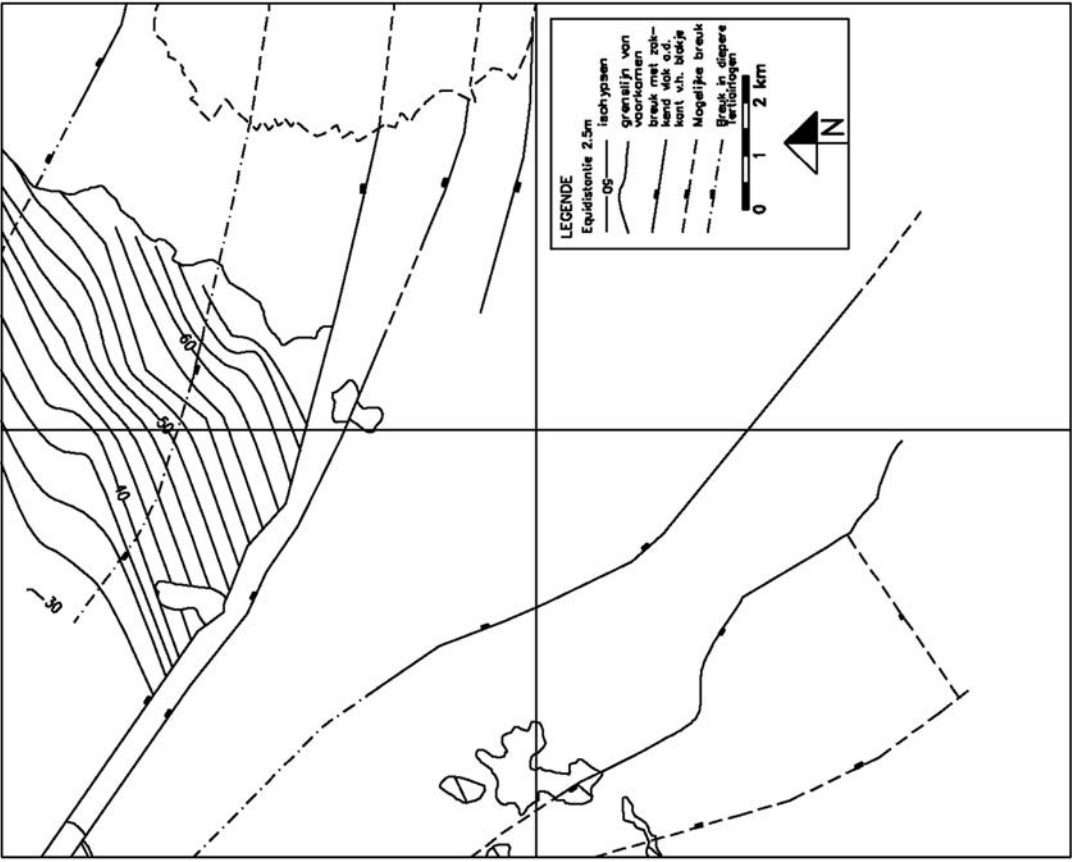


Fig. 7 - Isohypsens van de basis van de Formatie van Boom.

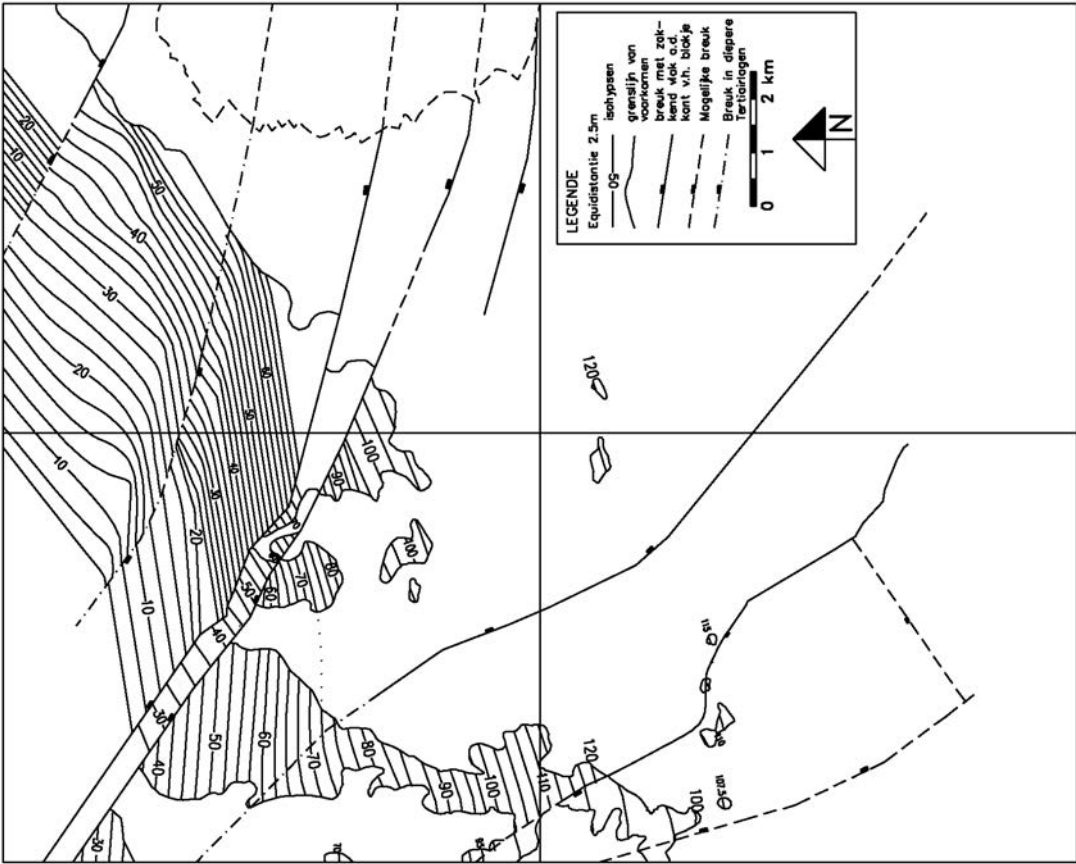


Fig. 8 - Isohypsens van de basis van de Formatie van Bilzen.

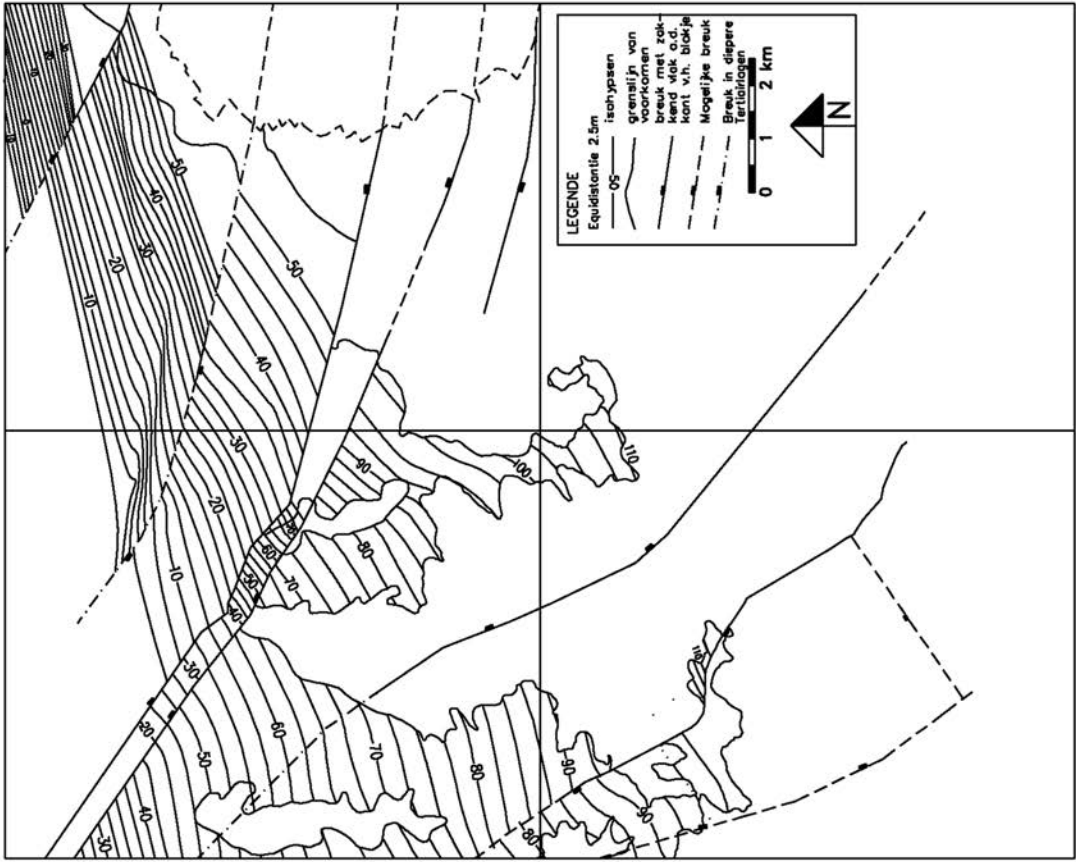


Fig. 9 - Isohypsens van de basis van de Formatie van Borgloon.

4.1.4.1. *Lid van Kerniel*

Het Zand van Kerniel is een grijswit tot geel middelmatig zand met een kleiige basis. Soms komt kwarts- en silexgrind voor. Het Zand van Kerniel is in een boorbeschrijving moeilijk te onderscheiden van de Zanden van Berg. Slechts wanneer de Klei van Kleine Spouwen eronder wordt aangetroffen is men zeker van de aanwezigheid van de Zanden van Kerniel.

De Zanden van Kerniel worden aangetroffen in het noorden van het kaartblad en in het westen op de heuveltoppen. In het noord-noordwesten van de kaart worden voor de Zanden van Kerniel diktes tot bijna 20 m aangetroffen, naar het zuiden toe neemt de dikte duidelijk af tot ongeveer 5 m. Ten zuiden van de breuk van Vroenhoven wordt de Formatie van Bilzen, en dus ook het Zand van Kerniel, enkel teruggevonden op de heuveltoppen in het westen.

4.1.4.2. *Lid van Kleine Spouwen*

De Klei van Kleine Spouwen is een groenig bruine tot geelgrijze zandige klei, vaak kalkhoudend met regelmatig voorkomen van het schelpje '*Nucula comta*'. Deze Nucula Klei lijkt zeer goed op de Klei van Boom. Vanuit een lithologische beschrijving is het onderscheid zeer moeilijk te maken zeker wanneer de typische Nucula schelpen ontbreken. Enkel wanneer het Zand van Kerniel erboven beschreven wordt, kan met zekerheid de aanwezigheid van de Klei van Kleine Spouwen bevestigd worden. De Klei van Kleine Spouwen komt op het ganse kaartblad voor, enkel in het westen van het kaartblad Sint-Truiden gaat deze klei lateraal over in de Klei van Boom.

Op het gehele kaartblad is de klei gemiddeld 6-7 m dik met een maximum van 10 m.

4.1.4.3. *Lid van Berg*

De Zanden van Berg zijn de onderste lithologisch eenheid van de Rupel Groep en worden aangetroffen onder de Kleine Spouwenklei. Ze bestaan uit een bleekgrijs soms bruinachtig half fijn tot grof licht kleiig zand dat vooral bovenaan veel mariene schelpen bevat o.a. de dikschalige *Glycymeris* (in de oudere literatuur '*Pectunculus*' genaamd) - (cf Cadée *et al.*, 1976).

De Zanden van Berg zijn minimum 3 m en gemiddeld 8 m dik.

De Belgische stratigrafie verdeelt het Oligoceen in Onder-, Midden- en Boven-Oligoceen. Het Lid van Berg zou nog tot het Onder-Oligoceen behoren (Hooyberghs, 1983), de leden van Kleine Spouwen en Kerniel werden afgezet in het Midden-Oligoceen. In het Boven-Oligoceen werd meer naar het noorden, nabij de Roermondslenk, de Formatie van Voort afgezet. In het zakkingsgebied van de slenk werden zij bijna volledig tegen erosie beschermd. In de Antwerpse Kempen werd die formatie daarentegen bijna volledig weggeërodeerd. In het basisgrind van de Neogene sedimenten vindt men herwerkte fossielen uit de Formatie van Voort terug. Dergelijke laterale dikte- en faciesveranderingen in de Rupel Groep wijzen op beginnende tektonische activiteit van de Roermondslenk gedurende het Onder- en Midden-Oligoceen. In de Roermondslenk zelf werkte tijdens het einde van het Midden-Oligoceen een inverse tektoniek aangezien de sedimenten buiten de slenk dikker zijn dan erbinnen. Op het kaartblad Tongeren wordt in het noorden van het kaartblad een breuk aangetroffen die de tektonische activiteit van het onder Midden-Oligoceen aantoonst: de Zanden van Berg zijn dikker ten noorden dan ten zuiden van de breuk. De grootste tektonische activiteit in relatie met de Roermondslenk heeft echter pas plaats in het Mioceen.

Groep van Tongeren

De formaties van de Tongeren Groep bestaan uit een continentale sequentie (Formatie van Borgloon) en een mariene sequentie (Formatie van Sint-Huibrechts-Hern). Chronostratigrafisch gezien behoren zij tot de overgang tussen het Eoceen en het Oligoceen. De continentale afzettingen van de Formatie van Borgloon zijn van Oligocene ouderdom terwijl de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern tijdens het Eoceen is afgezet.

4.1.5. Formatie van Borgloon (Onder-Oligoceen)

Op het kaartblad Tongeren bestaat de continentale Formatie van Borgloon (fig. 9) hoofdzakelijk uit het Lid van Henis; slechts in het westen van het kaartblad worden de brakwatersedimenten van het Lid van Alden Biesen afgezet bovenop de Henis Klei (cf van Hinsbergh *et al.*, 1973; Janssen *et al.*, 1976).

4.1.5.1. Lid van Alden Biesen¹

Het Lid van Alden Biesen bestaat uit een wit-geelachtig matig tot grofkorrelig zand met brakwaterschelpen o.a. *Cerithium* en enkele laagjes grijswitte compacte klei (mergel) en laagjes zwarte klei.

4.1.5.2. Lid van Henis

Het Lid van Henis bestaat uit een zwarte vette klei met resten van brakwaterschelpen zoals *Cerithium*, *Cytherea* en *Cyrena*. Af en toe worden zwarte lignietrijke horizonten aangetroffen. Soms wordt de klei afgewisseld met grijsgroen fijn micahoudend zand. Af en toe komen er kalkige nodulen voor.

Onderaan wordt er plaatselijk een groen zand aangetroffen, eveneens duidelijk van continentale oorsprong; er worden brakwater fossielen in aangetroffen. De lithologische beschrijving van dit zand lijkt sterk op het Zand van Boutersem. Hier wordt het aangeduid met naam Zand van Ransberg (zie fig. 5). Dit lid komt echter meer westelijk voor. Waarschijnlijk is het zandige pakket in de Henis Klei enkel een vorm van strandwallen in de lagunaire kleiafzetting.

Het volledige Lid van Henis komt in het noorden en noordwesten van de kaart overal voor. In het zuiden worden enkel oudere lagen aangetroffen. De dikte varieert tussen enkele meters in het westen en zuidwesten van de kaart tot 10-15 m in het noorden en noordoosten van de kaart. Over het ganse kaartblad helt de formatie enkele graden naar het noordnoordwesten.

De Formatie van Borgloon, in het bijzonder het Lid van Henis, vormt een uitstekend karteerbare laag. De overgang naar de mariene Formatie van Sint-Huibrechts-Hern is immers meestal duidelijk te herkennen. De isohypsenkaart van de basis van deze formatie (fig. 9) geeft een mogelijk scenario van de breukwerking in het Tertiair weer.

4.1.6. Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (Boven-Eoceen)

De Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (fig. 10) bestaat uit twee leden: het Lid van Neerrepen en het Lid van Grimmertingen. Uit sommige boringen of ontsluitingen op het kaartblad was een onderscheid tussen deze twee leden te maken, meestal echter was het verschil niet duidelijk uit de beschrijving. Zowel op de kaart als in de profielen werden bijgevolg deze twee leden niet afzonderlijk ingetekend.

De formatie bestaat algemeen uit zeer fijne zanden, glauconiethoudend, glimmerrijk met wisselend kleigehalte.

4.1.6.1. Lid van Neerrepen

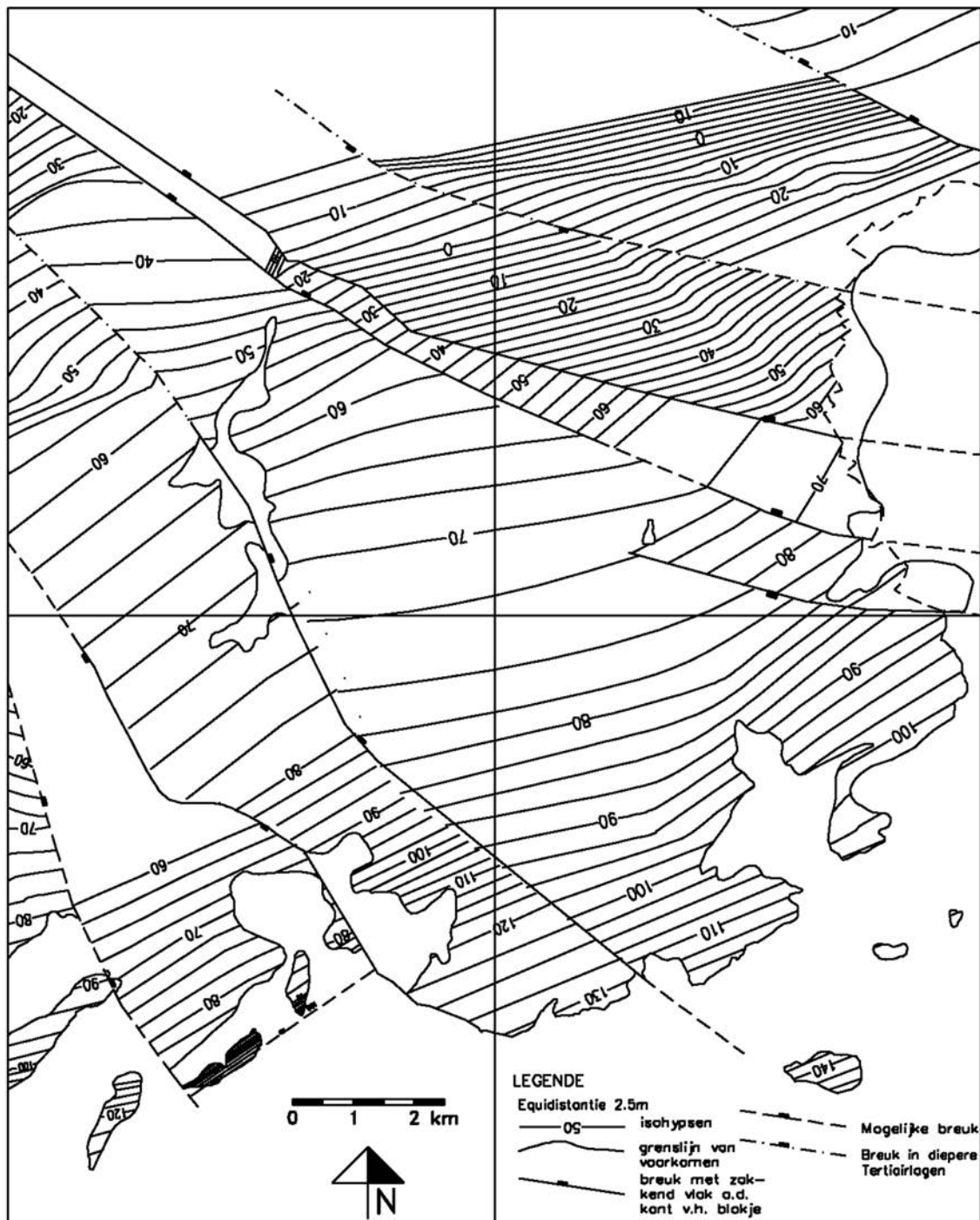
Dit bestaat uit een los fijn, groenig zand met veel glimmers, vaak gelamineerd.

¹ De term 'Mergels en Zanden van Alden Biesen' heeft verschillende schrijfwijzen. De schrijfwijze 'Oude Biesen' werd gebruikt in 1988 (Maréchal & Laga: Voorstel Lithostratigrafische indeling van het Paleogeen) en in de legende van de geologische kaart Tongeren. Deze schrijfwijze is niet weerhouden op de topografische kaarten. Hoewel er nog afwijkende schrijfwijzen gebruikt worden, is Alden Biesen momenteel het meest gebruikt.

4.1.6.2. Lid van Grimmertingen

Dit bestaat uit een kleverig zeer fijn zand, glauconiethoudend en glimmerhoudend. Onderaan wordt dit lid veel kleirijker. Soms is een basisgrind bestaande uit platte zwarte silexen aanwezig.

De Formatie van Sint-Huibrechts-Hern is de overheersende lithologische eenheid op het westelijk deel van het kaartblad. Enkele dolines in het krijt, gevuld met zanden van de Tongeren Groep, worden aangetroffen in het zuiden van het kaartblad. Door de oplossing van de onderliggende krijtgesteenten is het zand in de oplossingsholten bewaard gebleven op plaatsen waar het door erosie normaal reeds verdwenen is.



De formatie heeft een dikte van minimum enkele meters op sommige plaatsen waar zij dagzoomt en wordt tot 20-25 m dik in het noordnoordoosten. Aangezien deze formatie overal voorkomt en uitstekend te onderscheiden is van de onderliggende Formaties van Heers, Opglabbeek of Houthem is de isohypsenkaart van de basis van het mariene Tongeren van groot belang om de breukwerking in de Tertiaire lagen na te gaan.

De basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern is eveneens een belangrijk erosief oppervlak en markeert een belangrijke hoekdiscordantie met de onderliggende pakketten. Deze hoekdiscordantie wijst op tektonische activiteit voorafgaand aan de afzetting van de formatie. De breuken op het kaartblad wijzen eveneens in die richting en suggereren een voortzetting van de tektonische werking tijdens de afzetting van het mariene gedeelte van de Groep van Tongeren.

4.1.7. Formatie van Heers (Midden-Paleoceen)

In het Midden-Paleoceen werden het Zand van Orp en de Mergels van Gelinden afgezet. Deze twee afzettingen vormen samen de Formatie van Heers.

4.1.7.1. Lid van Gelinden

Het Lid van Gelinden bestaat uit compacte, gespleten witgrijze mergels. Ze bevatten een beetje glauconiet en zand. De mergels zijn vooral gekend vanwege het voorkomen van afdrukken van planten en bladeren. De bladeren zijn niet vervormd wat erop wijst dat ze samen met de oorspronkelijke kalkmodder afgezet waren in een kalme baai onder de golfslagbasis.

4.1.7.2. Lid van Orp

Het Lid van Orp bestaat uit fijn donkergroen tot grijsgroen sterk glauconiethoudend kleiig zand. Het zand is meestal enkele meters dik. Het Lid van Orp is niet overal aanwezig. De Formatie van Heers komt in het noordwesten van het kaartblad voor waar zij een maximale dikte heeft, en wigt uit naar het zuiden, tegen de breuk van Mal, en naar het oosten. De formatie komt dus enkel voor ten westen van de lijn Tongeren - Kleine-Spouwen - Eigenbilzen.

Groep van Haspengouw

Deze groep bestaat uit twee lithologisch totaal verschillende pakketten: de Formatie van Opglabbeek en de Formatie van Houthem.

De Formatie van Houthem sluit aan bij de kalkrijke sedimenten van het Boven-Krijt terwijl de Formatie van Opglabbeek de eerste klastische sedimenten bevat, afgezet vóór de Formatie van Heers.

4.1.8. Formatie van Opglabbeek (Midden-Paleoceen: Selandiaan)

De Formatie van Opglabbeek bestaat op het kaartblad Tongeren uit een zwarte plastische ligniethoudende klei (Lid van Opoeteren) en komt enkel voor in het noordoosten van het kaartblad ten noorden van de oost-west gerichte breuken (ten noorden van de lijn Eigenbilzen - Veldwezelt). Naar het westen toe wigt de formatie uit ongeveer ter hoogte van Eigenbilzen. Ze is enkele meters dik in het westen maar wordt in het oosten tot 20 m dik.

4.1.9. Formatie van Houthem (Onder-Paleoceen: Daniaan)

De Formatie van Houthem bestaat uit lichtgele soms grofkorrelige kalkarenieten die lithologisch bijna niet te onderscheiden zijn van de onderliggende Krijtsedimenten. De grens tussen het Tertiair en de onderliggende Krijtlagen wordt gevormd door een hardground die niet overal terug te vinden is. Deze horizont wordt gekenmerkt door een aanrijking aan glauconiet of door verkarsting.

De kalkige sedimenten van de Formatie van Houthem en de onderliggende Krijtsedimenten zijn voornamelijk paleontologisch van elkaar te onderscheiden (tenzij men over boorgatmetingen beschikt). Een paleontologische studie van enkele monsters uit boringen (uitgevoerd door W. Felder in 1996 ter ondersteuning van de kartering) toont aan dat in het oosten van het kaartblad de Formatie van Houthem nog voorkomt. Seismiek en logcorrelaties (Felder *et al.*, 1985) toonden aan dat in het zuidoosten van het Kempens Bekken de Formatie van Houthem overal boven de Krijtsedimenten wordt teruggevonden. Ook op de profielen van de kanaalseismiek werd een eerste sequentie gedefinieerd als de Formatie van Houthem (De Batist *et al.*, 1992).

De dikte van de Formatie van Houthem loopt op tot 30 m dik in het oosten van het kaartblad en neemt naar het westen af tot ongeveer 15 m. Naar het zuiden toe wigt de formatie uit en meer oostelijk verdwijnt ze tegen de breuk van Kanne aan. Meer naar het westen toe, ongeveer ten zuiden van Grote Spouwen, wigt ze eveneens uit.

4.2. Krijt

De lithologische onderverdeling die gevolgd werd voor het Krijt is opgesteld door W. Felder (1975). Het ontsluitingsgebied met de typelokaliteiten tussen Maastricht en Hallembaye werd verder beschreven in Felder & Felder (1981), Felder (1988). De Krijtstratigrafie voor boringen in Belgisch Limburg werd voorgesteld door Felder *et al.*, 1985. De Formatie van Gulpen wordt in deze Toelichting bij de kaart Tongeren echter opgedeeld in twee delen: een bovenste silexrijk gedeelte (de eenheid van Haccourt) en een onderste silexarm gedeelte (de eenheid van Hallembaye). Deze opdeling werd mogelijk door het voorkomen van stratigrafische hiaten in het ontsluitingsgebied.

In het zuidelijk gedeelte en oostelijk deel (de Voerstreek) van het kaartblad dagzomen de Krijtformaties. De basis van deze gesteenten op het noordelijk gedeelte van het kaartblad is niet exact gekend aangezien er weinig of geen boringen zijn die de basis van het Krijt bereiken. Naar schatting ligt de basis er op ongeveer 175 m onder zeeniveau (Legrand, 1968). De top van het Krijt ligt in het noordelijk gedeelte van het kaartblad op ongeveer 0 m ten opzichte van de zeespiegel. In het zuidelijk gedeelte van het kaartblad bevindt de basis van het Krijt zich echter veel minder diep: in het westen op ongeveer 20 m onder zeeniveau en in het oosten op ongeveer 150 m boven zeeniveau.

4.2.1. Formatie van Maastricht (Maastrichtiaan)

Net als de bovenliggende Formatie van Houthem bestaat deze formatie uit een grof geel en wit kalkareniet, traditioneel gekend als 'tufkrijt'. Naar het zuiden toe worden de kalkarenieten fijner. Onderaan komen silexbanken voor. Het onderscheid met de eenheid van Haccourt (silexrijke gedeelte van de Formatie van Gulpen) kan nog moeilijk gemaakt worden. De exacte basis werd bepaald volgens de samenstelling van de korrels die bestaan uit afbraakresten van organismen (bioklasten). In de formatie komen een aantal hardgrounds voor. Deze zijn kenmerkend voor een tijdelijke sedimentatiestop en bevatten een grote hoeveelheid fossielen. De boven- en ondergrens van de formatie worden respectievelijk gevormd door de Horizont van Vroenhoven en de Horizont van Lichtenberg.

De totale dikte van het pakket is ongeveer 60 m in het noorden. Naar het zuiden neemt de dikte af en de Formatie van Maastricht wigt uit iets ten noorden van de Jeker.

De ganse Formatie van Maastricht is afgezet in het Maastrichtiaan.

4.2.2. De Formatie van Gulpen (Maastrichtiaan-Campaniaan)

4.2.2.1. Eenheid van Haccourt (Maastrichtiaan)

(gedeelte van de Formatie van Gulpen met silexbanken)

Het krijt van de eenheid van Haccourt bestaat hoofdzakelijk uit een grijs hard bros compact krijt waarin 23 silexbanken geïdentificeerd kunnen worden. Op basis van deze silexbanken en de hardgrounds kan de eenheid verder onderverdeeld worden in twee leden: onderaan het Lid van Lixhe en

bovenaan het Lid van Lanaye. Deze leden zijn lithologisch nauwelijks van elkaar te onderscheiden en werden op het kaartblad niet ingetekend.

De dikte van de eenheid is 40 m in het noorden van het kaartblad, iets dunner in het zuidwesten van het kaartblad. In het zuidoosten van de kaart neemt de dikte af tot ongeveer 25 m waar de Kalksteen van Vijlen, een silexrijk krijt uit de eenheid van Hallembaye sterk ontwikkeld is.

De eenheid van Haccourt komt overal voor op de kaart en dagzoomt in het zuidwesten van de kaart. Ze behoort tot de Maastrichtiaan etage.

4.2.2.2. Eenheid van Hallembaye (Maastrichtiaan - Campaniaan)

(silexarme gedeelte van de Formatie van Gulpen)

De Eenheid van Hallembaye bestaat hoofdzakelijk uit een zuiver wit krijt met weinig silexen, meestal zeer fijn.

In het noorden van de kaart wordt de eenheid tot 60-70 m dik. In het zuiden neemt de dikte iets af: tot ongeveer 50 m. De eenheid van Hallembaye komt overal voor op het kaartblad en dagzoomt in het zuidoostelijk gedeelte van het kaartblad.

De eenheid kan opgesplitst worden in twee delen, met onderaan het algemeen voorkomende Lid van Zeven Wegen (het echte schrijfkrijt, ook bekend als Krijt van Heure-le-Romain), en naar boven toe het meer mergelige Lid van Beutenaken en het wat silexrijker Lid van Vijlen dat geulvormig is afgezet en lokaal alle voorgaande leden tot de basis van het Krijt toe kan afsnijden.

De formatie is gedeeltelijk afgezet in het Maastrichtiaan, gedeeltelijk in het Campaniaan. Dit illustreert duidelijk dat lithostratigrafische en chronostratigrafische grenzen niet altijd samenvallen.

4.2.3. Formatie van Vaals (Campaniaan)

De Formatie van Vaals bestaat hoofdzakelijk uit een glauconiethoudend kleiig zand met donker-groene kleinsten ("Smectiet van Herve") en gerolde kwartskorrels aan de basis. Binnen de formatie komen kalkknollen en onregelmatige kalksteenbanken voor.

De formatie neemt van west naar oost in dikte toe tot ongeveer 20 m langs de Maasvallei en 40 m in het zuidoosten. De formatie komt overal voor op het kaartblad maar dagzoomt enkel in de valleien van het zuidoostelijk gedeelte van de kaart en vormt de basis van de groeven langs het Albertkanaal.

4.2.4. Formatie van Aachen (Santoniaan?)

De Formatie van Aachen (Aken) dagzoomt niet op het kaartblad, maar komt voor in de ondergrond in het zuidoosten (fig. 16 - profiel 4) en wordt belangrijker op het aangrenzende kaartblad. De formatie bestaat uit een zandig marien gedeelte aan de basis met geulen die naar boven toe overgaan in een horizontale gelaagdheid. Bovenaan is de Formatie van Aachen van continentale oorsprong en bestaat ze eveneens uit klei en zand. Ze is te onderscheiden van de Formatie van Vaals door de afwezigheid van glauconiet.

Op het kaartblad wordt de formatie tot maximum 10 m dik.

In het centrale deel (Maasvallei) bestaat de formatie uit fijn slibrijk zand vol fijne plantenresten, afgezet als een modderstroom van herwerkte Carboonafzettingen. De dikte blijft er beperkt tot enkele meters, meestal is de formatie afwezig.

4.3. Paleozoïsche gesteenten

In het zuiden van het kaartblad dagzomen Carboongesteenten. De oudste gesteenten, die in de ondergrond aangetroffen worden, zijn van Cambrium ouderdom.

4.3.1. Carboon

In het Carboon is er een geleidelijke overgang tussen een marien en een continentaal sedimentatie-milieu. Het Dinantiaan bestaat voornamelijk uit mariene carbonaatgesteenten. De schievers van het Namuriaan zijn reeds afgezet in een delta onder sterk mariene invloed.

4.3.1.1. Namuriaan

De gesteenten van het Namuriaan dagzomen mogelijk in het zuiden van het kaartblad, naast Dinantiaangesteenten die met zekerheid zijn aangetroffen. In het oostelijke deel van het kaartblad komen zij vermoedelijk voor onder het discordantievlak van de basis van het Krijt in een noordnoord-oost - zuidzuidwest gerichte band. Een kleine ontsluiting van donkere schalies komt voor in de steile oever van de Veurs, ten oosten van Sint-Martens-Voeren.

4.3.1.2. Dinantiaan

In het zuiden van het kaartblad dagzomen zeker gesteenten van Dinantiaan ouderdom. Ze bestaan hoofdzakelijk uit dolomieten en kalkstenen op het Hoog van Visé, die elders totaal verkiezeld en verkarst kunnen zijn, waarop een dikke paleosol (tropische latosol) ontwikkeld is tijdens het Krijt. Deze afwijkende gesteenten hebben tot gevolg gehad dat de interpretatie van de Paleozoïsche gesteenten mettertijd sterk kan wijzigen (Bless, 1989b).

4.3.2. Devoon

De oudste gesteenten die op het kaartblad dagzomen op het Hoog van Visé zijn van Boven-Devoon ouderdom (Frasniaan) en bestaan hoofdzakelijk uit dolomieten, schalies en kalkstenen. Een gedetailleerde weergave van de Paleozoïsche gesteenten werd niet opgenomen in dit werk. Het Paleozoïcum van het kaartblad 34/7-8 Visé - Sint-Martens-Voeren (schaal 1:25.000) is wel gekarteerd op de nieuwe geologische kaart van het Waals Gewest.

4.3.3. Cambro-Siluur

Cambro-Siluur gesteenten, behorend tot het Massief van Brabant, komen voor onder de Krijtlagen op het Haspengouws plateau. Een beperkt aantal boringen heeft deze lagen aangeboord (Legrand, 1968; Duser & Langenaeker, 1992). Ten oosten hiervan, ongeveer volgens de westrand van de alluviale vlakte van de Maas, is het Massief van Brabant diep weggezonden en wordt het Cambro-Siluur bedekt door jong-Paleozoïcum. Geofysische kaarten geven een beeld van het contact tussen Massief van Brabant en Bekken van Visé-Puth (De Vos *et al.*, 1993).

5. GEOLOGISCHE KAARTEN

De nieuwe geologische kaart van België - Vlaams Gewest is een afgedekte geologische kaart. Dit wil zeggen dat de Quartaire continentale afzettingen, die discordant op de Tertiaire formaties liggen, niet op de kaart zijn weergegeven. De kaart geeft dus het voorkomen en de verbreiding van de verschillende lithostratigrafische eenheden onder de Quartaire bedekking weer.

5.1. Afgedekte geologische kaart (fig. 11)

Van jong naar oud dagzomen de volgende formaties op kaartblad Tongeren: de Formaties van Bolderberg, Eigenbilzen, Boom, Bilzen, Borgloon, Sint-Huibrechts-Hern, Heers, Formatie van

Legende

Cenozoïsche gesteenten: Tertiaire afzettingen

Bb	Formatie van Bolderberg
BbGe	Lid van Genk
BbHo	Lid van Houthalen
Eg	Formatie van Eigenbilzen
Bm	Formatie van Boom
Bi	Formatie van Bilzen
BiKe	Lid van Kerniel
BiKs	Lid van Kleine Spouwen
BiBe	Lid van Berg
Bo	Formatie van Borgloon
BoOb	Lid van Alden Biesen
BoHe	Lid van Henis
BoRa	Lid van Ransberg
Sh	Formatie van Sint-Huibrechts-Hem
ShNe	Lid van Neerpen
ShGr	Lid van Grimmeringen
Hn	Formatie van Hannut
HnGr	Lid van Grandglise
HnLi	Lid van Lincent

Hs	Formatie van Heers
HsGe	Lid van Gelinden
HsOr	Lid van Orp
Op	Formatie van Opglabbeek
Ho	Formatie van Houthem
Mesozoïsche gesteenten:	
Ms	Formatie van Maastricht
Gu	Formatie van Gulpen
<i>op deze kaart informeel ingedeeld in:</i>	
Hc	eenheid van Haccourt
Hm	eenheid van Hallenbaye
Va	Formatie van Vaals
Ak	Formatie van Aachen
Paleozoïsche gesteenten:	
H	Boven Carboon
Vi	Onder Carboon
De	Devoon
P	Paleozoïsche gesteenten

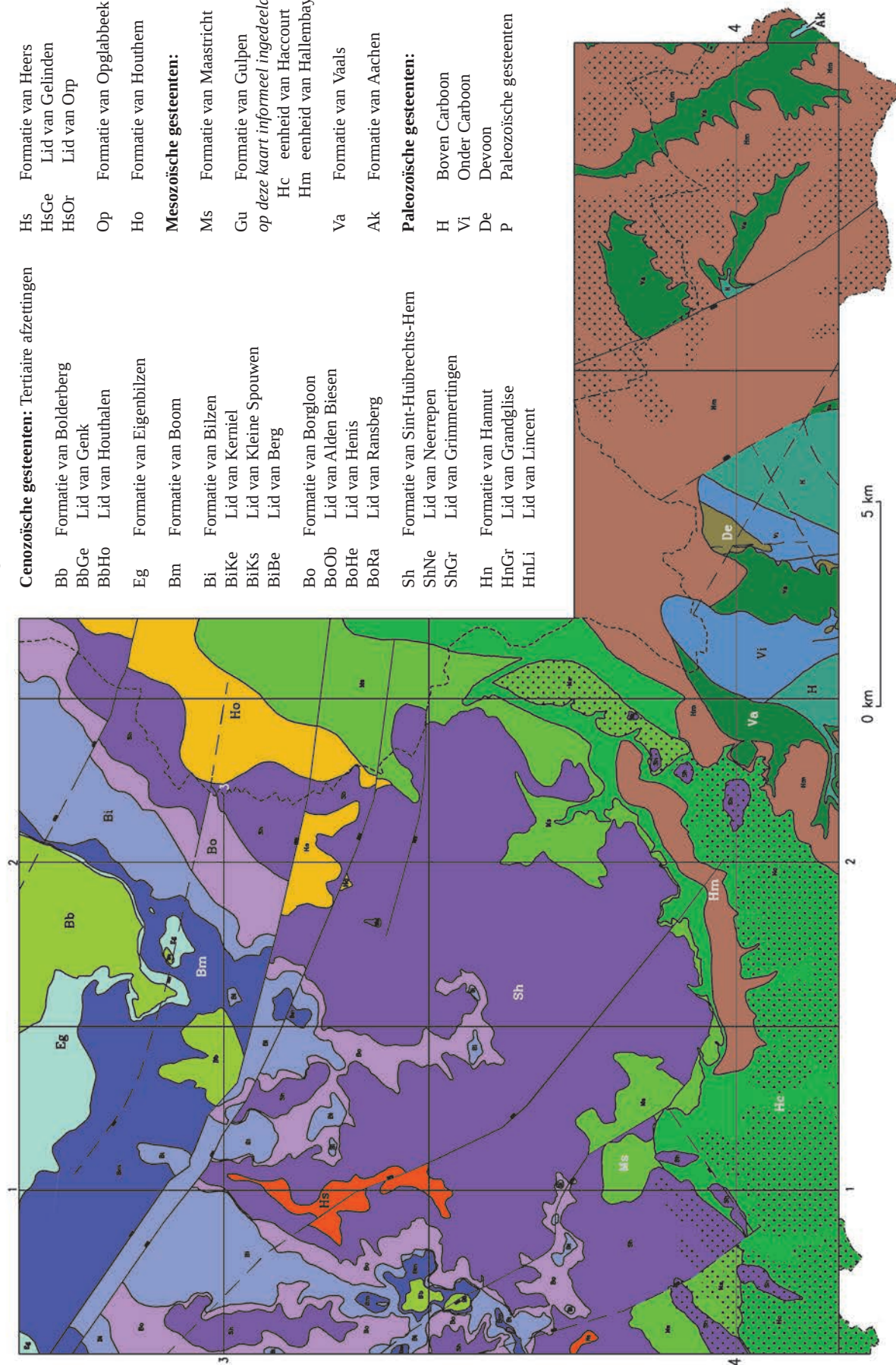


Fig. 11 - Afgedekte geologische kaart.

Houthem, Maastricht (met de eenheden van Haccourt en Hallembaye), Vaals en Aachen en de Paleozoïsche sokkel.

Op de bovenste helft van het kaartblad zijn de Formatie van Bolderberg en de Rupel Groep dominant aanwezig, meer in het oosten dagzomen enkele oudere pakketten van de Tongeren Groep. Het middelste gedeelte van het kaartblad bestaat bijna uitsluitend uit sedimenten van de Tongeren Groep met op de heuveltoppen jongere Tertiaire formaties. In het zuiden van het kaartblad worden enkel nog Krijtsedimenten aangetroffen en dagzomen de sokkelgesteenten in de omgeving van Visé en in de vallei van de Voer - Veurs.

De Formatie van Heers komt enkel in het westen van het kaartblad voor en wigt uit naar het zuid-zuidoosten. De Formatie van Houthem is in het noorden van de kaart aanwezig en eindigt wigvormig naar het zuiden toe. De Formatie van Maastricht wigt eveneens uit ten zuiden van Tongeren. De Formatie van Sint-Huibrechts-Hern rust bijgevolg in het westen op de Formatie van Heers, in het noordoosten op de Formatie van Houthem, in het zuiden, vóór de stad Tongeren, op de Formatie van Maastricht en in het zuiden, onder de stad Tongeren, op de eenheid van Haccourt.

5.2. Structuur

De Tertiaire lagen hellen over het algemeen naar het noorden, hun strekking is ongeveer noordwest - zuidoost gericht. Dwars op deze strekking is er een breuksysteem (fig. 12) ontwikkeld.

Op de kaart worden de dagzomende breuklijnen met een volle lijn voorgesteld. De breuken die enkel in de ondergrond voorkomen met een streppuntlijn. Enkele breuken zijn zeer speculatief omdat er slechts weinig gegevens voorhanden zijn: deze breuken worden met een stippellijn weergegeven. Aan de kant van het gezakte blok worden rechthoekjes op de breuklijn geplaatst.

Het grootste gedeelte van de breuken heeft een strekking van zuidoost - noordwest tot oost - west. Deze breuken zorgen ervoor dat de grenzen tussen verschillende lithologische eenheden een plotse sprong vertonen (Halet, 1925, 1932; Gulinck, 1960). Dit is vooral zeer opvallend in het noorden van het kaartblad waar de meest noordelijke Demerbreuk (breuk van Hees) het ganse kaartbeeld bepaalt; in het noorden is de Klei van Boom de dominante lithologische eenheid maar ten zuiden van de breuk dagzoomt plots de Formatie van Bilzen.

Het aantal gekarteerde breuken neemt toe naar het noorden en oosten. Hoe dichter men bij de Rijnslenk komt hoe sterker bloktektoniek de ondergrond beïnvloed heeft. De strekking van de breuken echter wijst erop dat niet alleen de slenk de richting en het aantal breuken op de kaart bepaald heeft. De bijna oost - west strekking van de meeste breuken op de kaart doet ons vermoeden dat de breuken van de sokkel en de algemene structuur in de sokkel (oost - west) een belangrijke invloed heeft gehad op de breukrichting. De sokkelbreuken sterven uit op verschillende niveaus in de Mesozoïsche of Tertiaire formaties.

5.3. Profielen

Om een duidelijk driedimensionaal inzicht te verschaffen in de ruimtelijke verbreiding van de geologische formaties werd gekozen om twee noord - zuid en twee oost - west profielen te tekenen. De profielen werden niet opgemaakt op basis van diepboringen aangezien op het kaartblad een te gering aantal diepe boringen ter beschikking was. De profielen werden getekend aan de hand van de isohypsenkaarten (fig. 6 tot fig. 10). Bij het op elkaar leggen van de isohypsenkaarten kan op elk willekeurig punt de diepte van de basis van elke formatie afgelezen worden. Aangezien de isohypsenkaarten de best mogelijke benadering van de basis van de verschillende formaties weergeven, mag er vanuit gegaan worden dat de ervan afgeleide profielen een goede benadering van de werkelijkheid zijn.

Als lengteschaal voor de profielen werd dezelfde lengteschaal als voor de afgedekte geologische kaart gebruikt (1:50.000). Zodoende kan men de profielen rechtstreeks op de kaart leggen en lokalisaties langs de profiellijn zonder omrekeningen overbrengen. Vermits de helling van de formaties van het Tertiair en het Krijt haast nooit 1° overschrijdt en vaak veel geringer is werd een hoogteoverdrij-

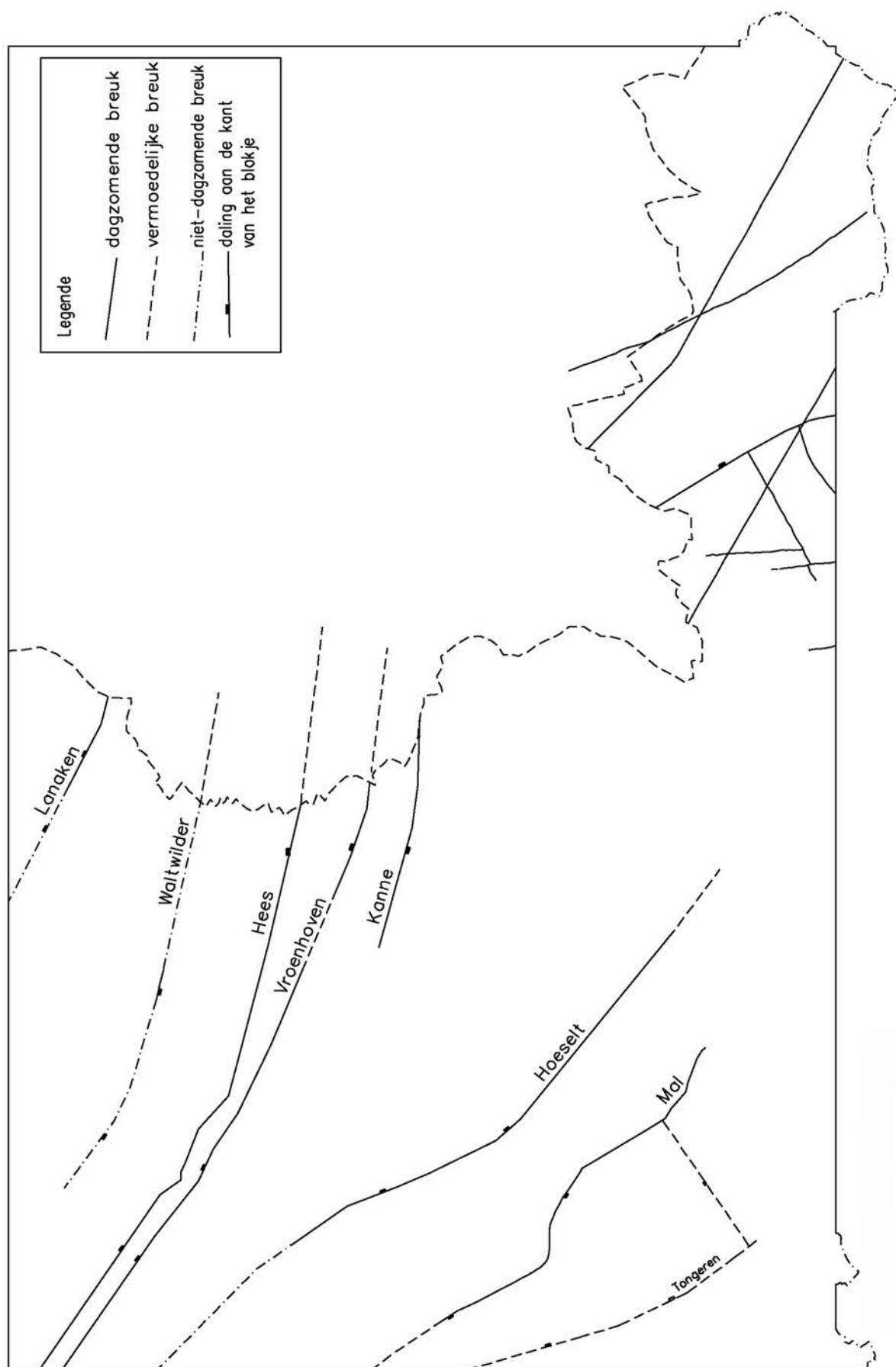
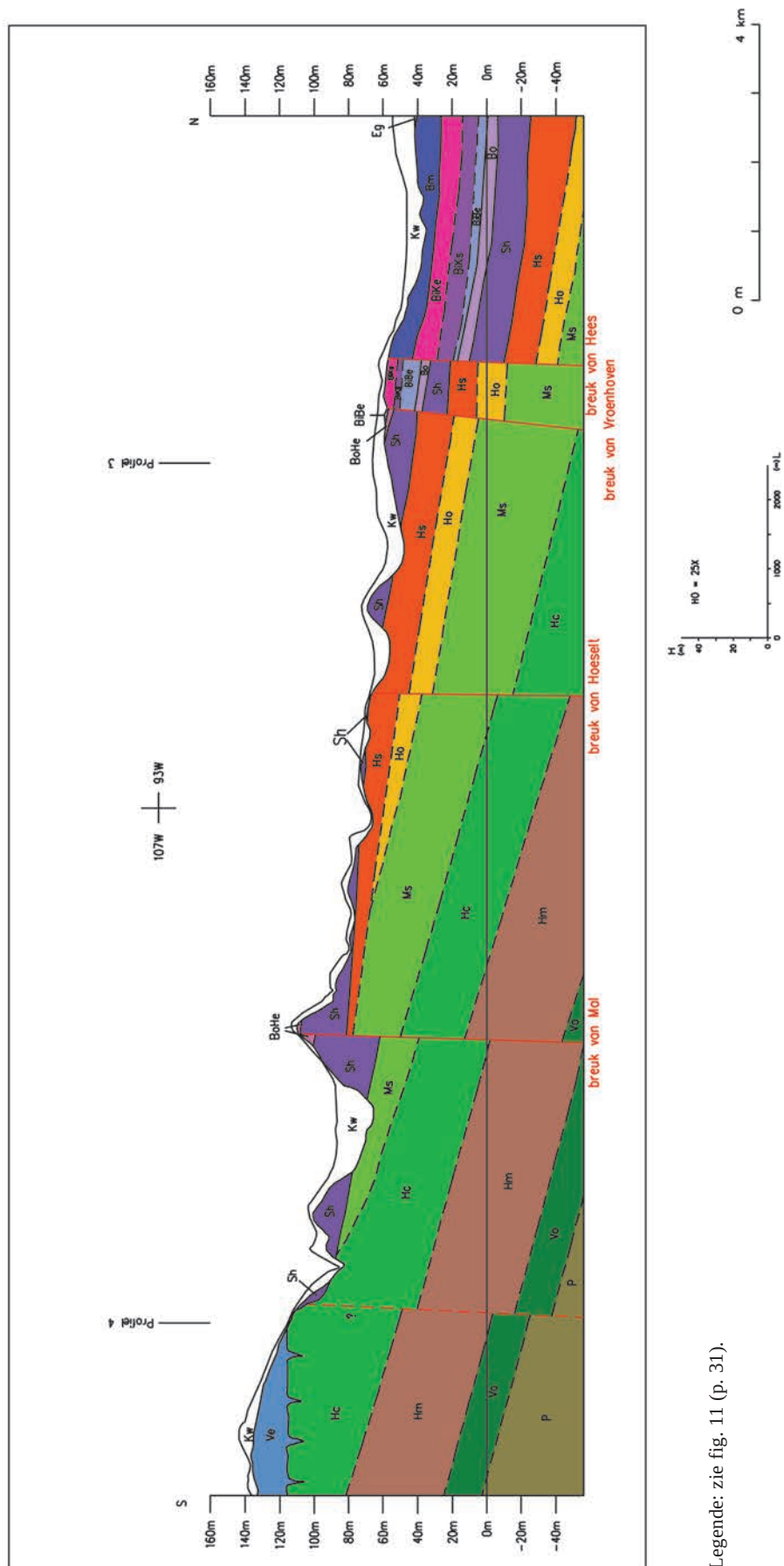
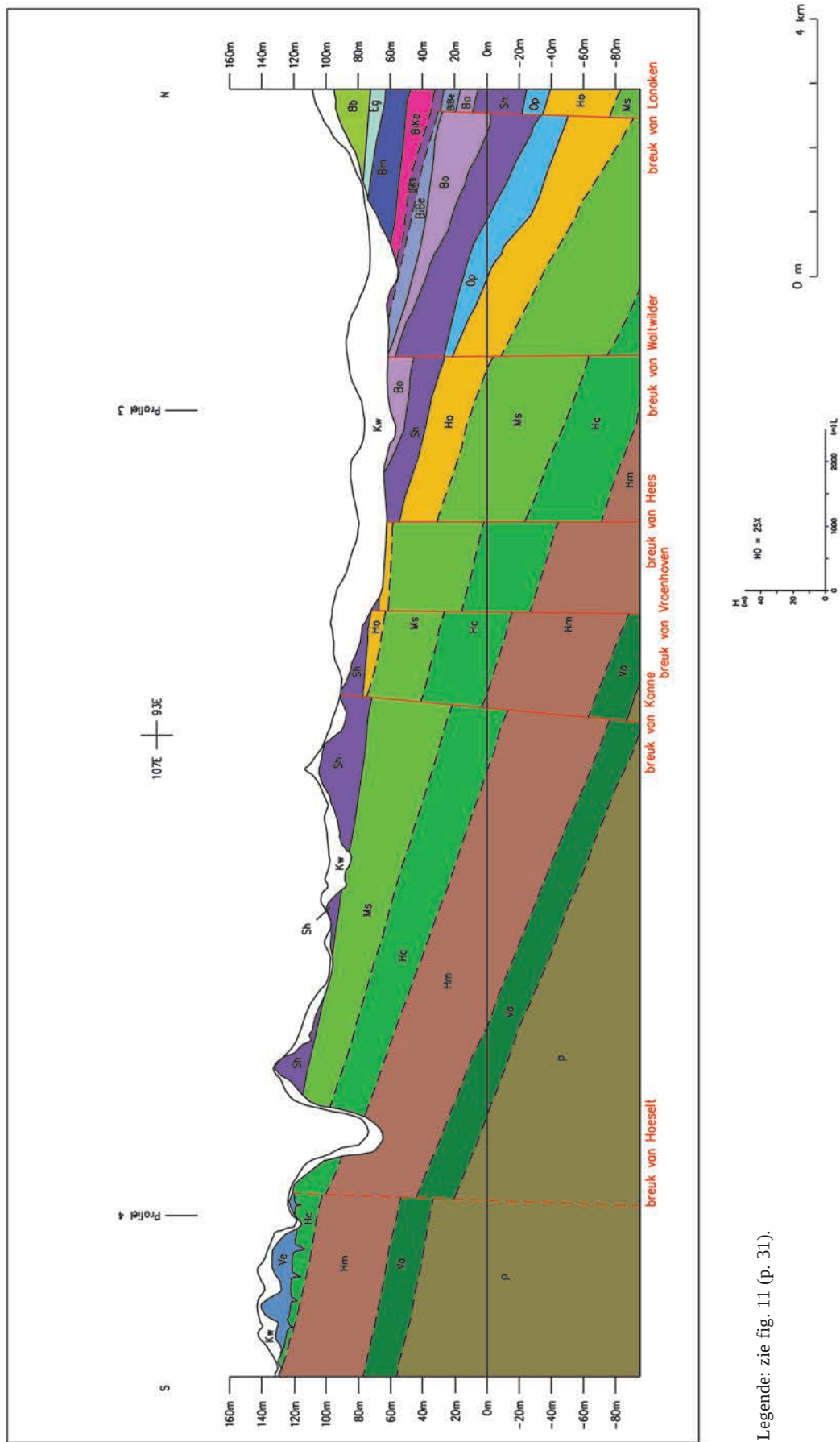


Fig. 12 - Lokalisatie van de breuken.



Legende: zie fig. 11 (p. 31).

Fig. 13 - Profiel 1 noord - zuid doorsnede.



Legende: zie fig. 11 (p. 31).

Fig. 14 - Profiel 2 noord - zuid doorsnede.

ving van 25 x ingevoerd voor de verticale schaal (= 1:2.000). Zo wordt de geologische structuur beter gevisualiseerd zonder storende artefacten te creëren.

5.3.1. Profiel 1

Profiel 1 (fig. 13) is een noord - zuid georiënteerd doorsnede en loopt op exact 4 km van de westrand van het kaartblad. Het profiel loopt net ten oosten van Tongeren en ten westen van Bilzen.

Op het profiel kunnen vier breuken waargenomen worden: in het noorden twee Demerbreuken, die op het profiel 1 als één breuk zijn ingetekend. De meest noordelijke (breuk van Hees) heeft een aanzienlijk breukbedrag (10-20 m) en beïnvloedt zo het ganse kaartbeeld. De meest zuidelijke (breuk van Vroenhoven) heeft een kleiner bedrag. Beide noordelijke breuken kunnen vervolgd worden tot Maastricht. Vanaf het zuiden wordt eerst de breuk van Tongeren aangetroffen, die enkel voorkomt in de oudste Tertiaire lagen: de Formaties van Houthem, Heers en Sint-Huibrechts-Hern. Deze breuk heeft een zakking naar het noordwesten met een breukbedrag tussen 5 m (op de profiellijn) en 10 m (meer naar het zuiden waar de sprong in de basis van Sint-Huibrechts-Hern aangetroffen wordt). De breuk van Mal die eveneens een aanzienlijk breukbedrag heeft (20 m), komt verder naar het noorden voor. De algemene onzekerheid over de breuken in het zuiden van de kaart is te wijten aan de dikte van het daar aanwezige leem- en vuursteeneluviumpakket (tot 20 m dik) dat er voor zorgt dat weinig boringen de Tertiaire lagen bereiken.

Op het profiel is er verder een opeenvolging van Tertiaire lagen te zien met in het noorden het dagzomen van de Formatie van Boom en over het algemeen in het zuiden de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern, terwijl in de valleien de Krijtformaties reeds ontsloten zijn.

In het noorden van het kaartblad komt de Formatie van Heers voor onder de Zanden van Sint-Huibrechts-Hern. Naar het zuiden toe wigt zij langzaam uit. De Formatie van Houthem wigt eveneens uit naar het zuiden toe ongeveer op de overgang van het kaartdeel 34/1 (93W) naar het kaartblad 34/5 (107W).

In het uiterste zuiden wordt er op de heuveltop vuursteeneluvium aangetroffen.

5.3.2. Profiel 2

Profiel 2 (fig. 14) is eveneens een noord - zuid doorsnede, gelegen op 12 km van de westelijke kaartrand. Het passeert net ten oosten van Bitsingen in het zuiden en ten westen van Veldwezelt in het noorden.

Op dit profiel zijn vijf verschillende breuken waar te nemen. In het noorden bevindt zich de breuk van Lanaken die niet tot in de top van het Tertiair gewerkt heeft. Dit suggereert een tektonische activiteit tot in de Rupel Groep. Tijdens de afzetting van Sint-Huibrechts-Hern heeft de breuk een inversie ondergaan.

Verder naar het zuiden kunnen achtereenvolgens de breuken van Waltwilder, Hees, Vroenhoven en Kanne aangetroffen worden. Met uitzondering van de breuk van Kanne hebben ze alle een zakking naar de slenk (naar het noordnoordoosten) toe. De breuk van Kanne echter zorgt voor de aanwezigheid van een kleine horst (zij zakt naar het zuiden). Al deze breuken zijn waarschijnlijk gerelateerd aan de slenktektoniek. Hun algemene richting is echter niet deze van de grote slenkbreuken maar eerder oost - west (rotatie) vermoedelijk onder invloed van de onderliggende Paleozoïsche structuren. De breukenkaart in Duser & Langenaeker (1992) en de sokkelkaart van de Nederlandse Rijks Geologische Dienst van Nederland (1995) laten eveneens verschillende sokkelbreuken zien, die tot in het Tertiair te vervolgen zijn.

In het noorden van het profiel dagzomen de Tertiaire formaties vanaf de Formatie van Bolderberg tot de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. De Formatie van Opglabbeek dagzoomt niet en komt enkel in het uiterste noorden van de kaart voor en eindigt tegen de breuk van Waltwilder aan; de Formatie van Houthem dagzoomt wel maar wigt eveneens uit ongeveer aan de grens van de kaartdelen 34/2 - 34/6 (93E-107E).

In het zuiden van het kaartblad dagzoomt de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern en discordant eronder dagzomen de verschillende Krijtformaties volledig tot in het zuiden. Op de heuvels volledig in het zuiden wordt opnieuw vuursteeneluvium aangetroffen.

5.3.3. Profiel 3

Profiel 3 (fig. 15) is een korte oost - west doorsnede op 5 km van de noordrand van het kaartblad gelegen. Het loopt net ten zuiden van Bilzen en ten zuiden van Veldwezelt tot aan de Nederlandse grens. Aangezien in het noorden van de kaart weinig of geen diepe boringen voorhanden zijn, is dit profiel minder diep dan de andere.

Op het profiel zijn drie breuken gelegen. In het westen wordt een breuk aangetroffen verbonden met de breuk van Hoeselt die zich enkel manifesteert in de onderste Tertiaire lagen (ze wordt afgeleid uit de isohypsenkaarten van o.a. van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern). Dit suggereert tektonische activiteit tijdens de afzetting van deze formatie. De breuk heeft een bedrag van slechts enkele meters met zakking naar het oosten. Verder naar het oosten zijn respectievelijk de twee Demerbreuken te vinden waarvan de meest westelijke Vroenhovenbreuk een klein bedrag heeft dat te wijten zou kunnen zijn aan verglijdingen. De meest oostelijke breuk van Hees is de belangrijkste Demerbreuk met een bedrag van ongeveer 20 m. Beide breuken vertonen een zakking naar het noorden.

De Formatie van Heers wigt uit naar het oosten toe en komt tegen de grens van Nederland niet meer voor. De jongste Tertiaire formatie op het profiel is de Formatie van Bolderberg, de oudste de Formatie van Houthem die van west naar oost voorkomt.

5.3.4. Profiel 4

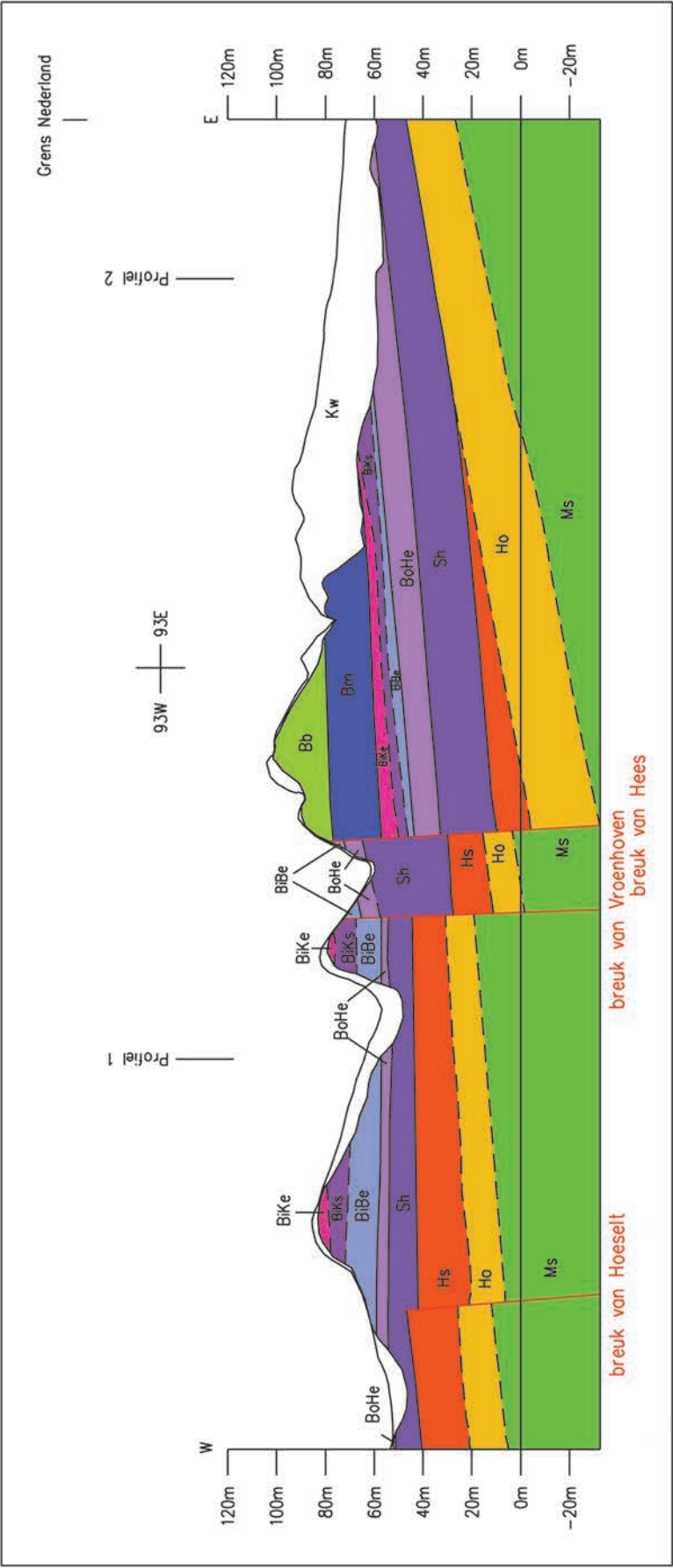
Profiel 4 (fig. 16) is gelegen in het zuiden van het kaartblad op 2.5 km afstand van de zuidelijke rand van het kaartblad en verloopt oost - west. Op het profiel zijn bijna alleen Krijtlagen terug te vinden, slechts op enkele heuveltoppen wordt nog marien Tongeren aangetroffen. Het verschijnen van de Formatie van Vaals en de onregelmatige basis van de Formatie van Gulpen over het oostelijk deel van het profiel is te wijten aan de 100 m diepe geulvormige insnijding door het Lid van Vijlen, tot in de Paleozoïsche Sokkel. Op dit gedeelte van de kaart zijn er weinig of geen diepe boringen, zodat de kaart getekend werd aan de hand van ontsluitingen. Deze laatste werden vooral door W. Felder in kaart gebracht en geïnterpreteerd. Dit gebrek aan boringen heeft voor gevolg dat er weinig isohypsenkaarten van dit gebied konden getekend worden. Een gevolg van het tekort aan boringen is een grote onzekerheid over het bestaan van breuken in de zuidelijke kaarthelft. Hellingsverschillen, geologische orgelpijpen,enz. doen vermoeden dat er breuken aanwezig zijn, doch de exacte ligging is onbekend. De breuken op de kaart moeten bijgevolg met omzichtigheid gehanteerd worden. Op verschillende heuveltoppen ligt er vuursteeneluvium. De Paleozoïsche Sokkel dagzoomt op verschillende plaatsen in diepe insnijdingen langs het profiel.

5.4. Reliëfkaart van de basis van het Quartair (zie overlegfolie 3)

Voor alle waarnemingspunten werd de topografische hoogte geplot op schaal 1:25.000. Aan de hand van de huidige topografie werden hoogtelijnen getekend met een interval van 10 m. Dan wordt het topografisch oppervlak verminderd met de dikte van het Quartair. Als basis voor het tekenen van de lijnen vooral in gebieden met een geringe dichtheid aan waarnemingspunten werd de algemene ontstaans- en afzettingsgeschiedenis van de Quartaire sedimenten in overweging genomen.

5.5. Isopachenkaart van het Quartair (zie overlegfolie 2)

De dikteverschillen in de Quartaire sedimenten zijn ontstaan uit een samenspel tussen hun type, de reeds bestaande Tertiaire topografie en de recente landschapsvorming. De isopachenkaart is opge-



Legende: zie fig. 11 (p. 31).

Fig. 15 - Profil 3 west - oost doorsnede.

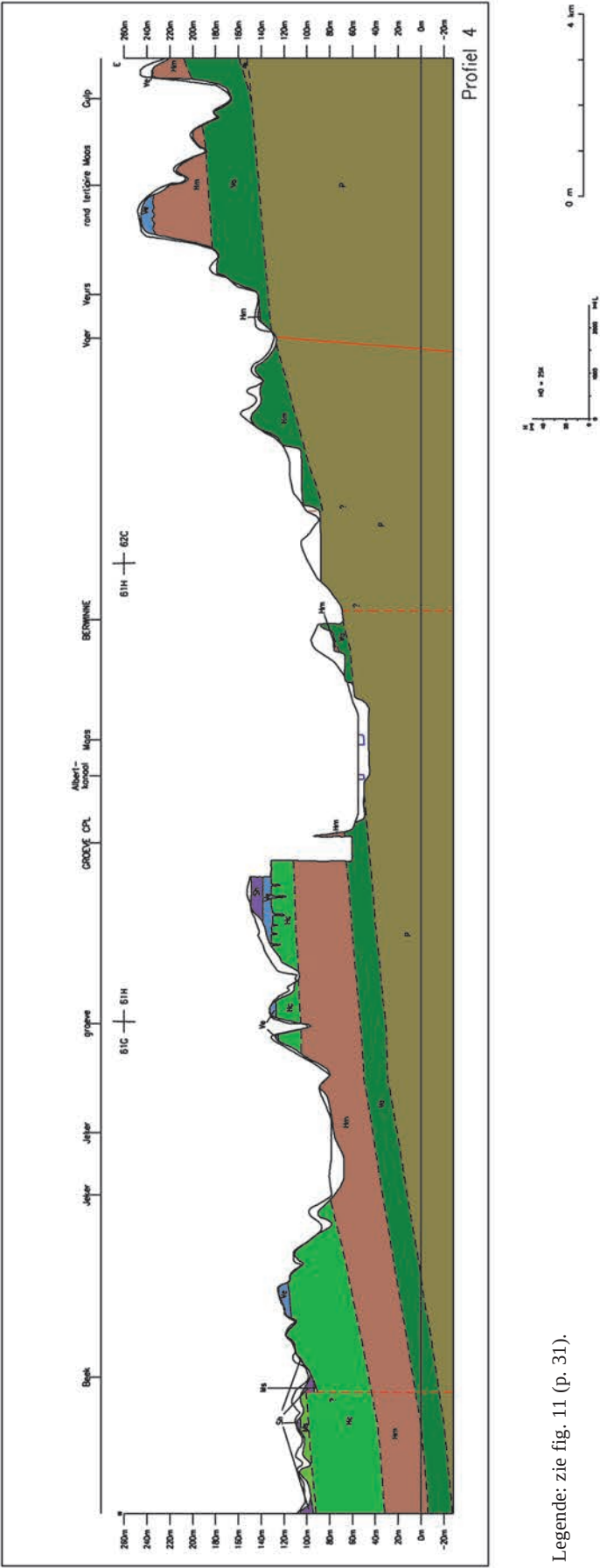


Fig. 16 - Profiel 4 west - oost doorsnede.

bouwd uit vijf dikteklassen gescheiden door vier isopachen (1 m - 4 m - 10 m - 22 m). Deze klassen zijn tot stand gekomen door een progradatie van 3 m vertrekkend met de lijn van 1 m. De basislijn van 1 m is gebaseerd op het gebruik van de bodemkaart met een gemiddelde profieldiepte van 1 m. De eerste sprong van 3 m tot de isopache van 4 m geeft de gemiddelde maximale diepte van een handboring en de diepte van de meeste boringen die het Quartair niet doorboren.

5.5.1. Klasse 0-1 m

De geringste dikte van de Quartaire afzettingen bevindt zich op de zeer steile hellingen van de valleien in de krijtformaties. Vaak vermeldt de bodemkaart enkel het voorkomen van een dunne bodem met een beginnend grindsubstraat op geringe diepte. Dit grindsubstraat bestaat waarschijnlijk uit vuursteeneluvium dat zowel van Tertiaire als Quartaire ouderdom kan zijn. Daar de hellingen vrij steil zijn mag er aangenomen worden dat dit eluvium tijdens het Quartair nog verplaatst werd en dat er dus altijd een minimum aan Quartaire afzetting aanwezig is. De dikte van het Quartair is dus nooit 0 m.

5.5.2. Klasse 1-4 m

Waar de hellingen iets minder steil zijn en er leem op de heuveltoppen ligt, is er constant transport van leem van de toppen naar de bodem van de valleien. Daardoor ligt er bovenop het vuursteeneluvium op de hellingen steeds leem.

In het oosten van de kaart, waar de terrassen van de Maas niet meer voorkomen, ligt op de heuveltoppen meestal 1 à 2 meter verweringsleem van het onderliggende krijt.

5.5.3. Klasse 4-10 m

Aangezien er minder boringen geplaatst werden die deze diepte bereiken, kan deze zone niet met eenzelfde nauwkeurigheid worden afgebakend.

De pakketten dikker dan 4 m en dunner dan 10 m worden voornamelijk aangetroffen aan de randen en in brede valleien bijv. aan de rand van en in de Jekervallei en in de brede Maasvlakte.

5.5.4. Klasse 10-22 m

Deze vrij dikke Quartaire afzettingen komen voor in de diepste delen van de valleien en op dit kaartblad meer uitgesproken op topografisch hoger gelegen plaatsen, zogenaamde leemruggen.

In de omgeving van Vroenhoven komen dikke pakketten Quartair voor die afgezet zijn door enkele oude meanders van de Maas.

5.5.5. Klasse meer dan 22 m

Quartaire diktes van meer dan 22 m werden op enkele plaatsen teruggevonden. Dit telkens op topografisch hoog gelegen plaatsen en daar waar duinen of windwallen voorkomen zoals in de omgeving van Mopertingen en Hees.

5.6. Isohypsenaart van de basis van de Formatie van Borgloon

De basis van de Formatie van Borgloon helt ongeveer 0.3° tot 0.4° naar het noorden.

De isohypsenaart van de basis van de Formatie van Borgloon vertoont enkele parallellen met de basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern: variatie van de helling van de basis in de verschillende breukblokken met een duidelijke toename van de helling ten noorden van de noordelijke Demerbreuk.

Een belangrijk verschil tussen beide isohypsenaarten is echter de breuk van Hoeselt die enkel de

basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern verplaatst heeft, toch in het westen van het kaartblad (zie fig. 15: Profiel 3). Vanaf de basis van Borgloon en erboven wordt deze breuk niet meer teruggevonden. Dit wijst op tektonische activiteit tijdens de afzetting van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern.

5.7. Isohypsenkaart van de basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern

De Formatie van Sint-Huibrechts-Hern komt op het westelijk deel van het kaartblad overal voor behalve in het zuiden waar de Krijtlagen dagzomen. Deze Formatie is dus uitermate geschikt om een algemeen beeld te geven van de breuken in de diepere Tertiaire lagen. In het uiterste zuiden immers rust de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern op die van Opglabbeek of Houthem. De basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern is vrij zeker te bepalen omdat het onderscheid met de onderliggende mergel of krijt steeds zeer duidelijk is.

De basis van Sint-Huibrechts-Hern ligt in het noorden op ongeveer 20 m onder zeeniveau en in het zuiden op ongeveer 120 m boven zeeniveau. Het basisvlak helt ongeveer 0.4° naar het noorden. De verschillende blokken kunnen onderling een verschil in helling vertonen. De helling varieert wel steeds tussen 0.3° en 0.5° .

De belangrijkste verandering van helling en strekking gebeurt aan de meest noordelijke Demerbreuk. Het is duidelijk waar te nemen dat de lagen ten noorden van de breuk een steilere helling hebben.

De breukbedragen kunnen sterk variëren volgens de breukrichting. De breuk van Hees illustreert dit. In Hees zelf is het bedrag van de breuk nog om en bij de 20 m, aan het Albertkanaal echter wordt zij bijna niet meer waargenomen omdat het zuidelijke blok van de breuk bijna vlak komt te liggen. De bloktektoniek moet niet altijd geïnterpreteerd worden als een gelijkmatige daling van gans het blok maar er kan een kanteling van een schol tussen twee breuken voorkomen waardoor het breukbedrag kan verdwijnen of zelf invers gaan werken. De breuken hebben een grote invloed op de algemene helling van de lagen: bij een mariene afzetting zou men een vrij constante helling verwachten doch door de breukwerking is er zelfs binnen de blokken een aanzienlijke hellingsvariatie waar te nemen. In het westzuidwesten van het kaartblad vertoont de basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern een belangrijke sprong (fig. 13). Deze sprong werd onrechtstreeks afgeleid uit de dagzoom van Krijtgesteenten veel hoger op de heuvels. Een sluitende verklaring voor dit plots omhoog komen van de basis werd nog niet gevonden: waarschijnlijk een oost - west verlopende breuk dwars op de breuken van Tongeren en Mal, ofwel is er door karstvorming de basis van Sint-Huibrechts-Hern plaatselijk ingezakt. Zowel in het oosten als in het westen van de sprong worden breuken aangetroffen: in het oosten de grote breuk van Mal en in het westen wordt de breuk van Tongeren vermoed. Alvast zeker is dat de natuurlijke loop van de Jeker sterk beïnvloed werd door die breuken: de Jeker die oorspronkelijk een oost - west verloop had, heeft zich ingesneden in de gemakkelijk te eroderen zanden van de Tongeren Groep en verlegde zo zijn loop met een bocht richting Tongeren.

6. TOEGEPASTE GEOLOGIE

6.1. Nuttige delfstoffen

Hoewel er op het kaartblad veel formaties voorkomen die in het verleden nuttige delfstoffen hebben geleverd, zijn de meeste van deze toepassingen verlaten of vervangen door producten uit andere regio's, met uitzondering van het gebruik van krijtgesteenten voor de cementindustrie. Hier zullen echter ook de nuttige delfstoffen worden vermeld, die in het verleden ontgonnen werden.

6.1.1. Paleozoïcum

6.1.1.1. Steenkoolwinning

In de regio waren er belangrijke steenkoolontginningen. Alle steenkoolwinningen lagen echter ten zuiden van het kaartblad, waar de Westfaliaan A- en B-gesteenten voorkomen.

In het verleden werden ook minder rijke lagen van het steenkoolterrein uitgebaat, zoals op de hoogvlakte van Herve waar uit het Namuriaan anthracietkolen werden gedolven.

6.1.1.2. Phtaniet, schiefers en kwartsiet

De phtanieten en de schiefers uit het Paleozoïcum werden gebruikt als toetssteen (om het gehalte van goud, zilver of andere metalen vast te stellen door middel van de kleur van de streek) en om bouwstenen te vervaardigen voor de bouw van doorbrandovens. De kwartsietbanken die voorkomen in de vloer van de koollagen of vegetatiebodems in het Steenkoolterrein werden eveneens gebruikt om bouwstenen voor ovens te vervaardigen. De ruwe grondstof wordt Ganister genoemd, de bouwstenen Dinasbrikken. Meer algemeen werden de regelmatige zandsteenbanken als bouwsteen gebruikt.

6.1.1.3. Kalksteen

Dinantiaan- en Frasniaan kalkstenen van het Hoog van Visé werden lokaal in kalkovens gebrand, waarvan nog duidelijke getuigen te zien zijn langs de rechter Maasoever tussen Visé en Argenteau. Kaolinietlagen in de paleosol die zich tijdens het Krijt op verkiezelde bovenlagen van de Dinantiaankalksteen heeft ontwikkeld, werden in de vallei van de Berwijn kleinschalig als pijpjaarde ontgonnen.

6.1.2. Krijt

6.1.2.1. Formatie van Aachen

De Formatie van Aachen dagzoomt niet op het kaartblad en werd er ook niet ontgonnen. Meer ten oosten van het kaartblad werden de meer kleirijke horizonten van de terrigene afzettingen van de Formatie van Aachen (Klei van Hergenrath) uitgebaat ter vervaardiging van bakstenen, dakpannen, vuurvaste potten en porseleinaarde.

6.1.2.2. Formatie van Vaals

De Formatie van Vaals is een grote bron van glauconiet dat een uitgebreid toepassingsgebied heeft. Glauconietrijke lagen, zowel van secundaire als Tertiaire oorsprong, werden wel eens gebruikt als meststof. De kleirijke pakketten en het verweringsproduct ("djelle") van de Formatie van Vaals werden gebruikt ter vervaardiging van koolagglomeraten.

6.1.2.3. Kalkrijke Krijtformaties

6.1.2.3.1. Toepassingen in het verleden

De belangrijkste en de enige nog steeds actief uitgebate minerale delfstoffen op het kaartblad zijn de krijtlagen van de Formaties van Gulpen, Maastricht en Houthem. Het 'tufkrijt' uit de Formatie van Maastricht (vooral Lid van Nekum) werd van oudsher als bouwsteen uitgebaat. De tufkrijtgesteenten zijn schijnbaar broze stenen die een kleine drukweerstand hebben. Door het contact met de buitenlucht echter wordt er een laag calciumcarbonaat gevormd aan de buitenkant van de steen waardoor de kern van de buitenlucht wordt afgesloten en de steen in zijn geheel veel sterker wordt.

Historische ondergrondse uitbatingen zijn nu nog terug te vinden in de grote groeve van de cement-

producent ENCI (Eerste Nederlandse Cement Industrie) te Maastricht en in talrijke verspreide gangenstelsels op zowel Belgisch als Nederlands grondgebied.

De gangenstelsels die achterbleven na de uitbatingen worden nu nog gebruikt voor het kweken van paddestoelen.

Verkiezeld krijt werd in de oostelijke Voerstreek op grote schaal gebruikt als bouwsteen.

Er bestaan nog tal van andere toepassingen van het krijt die veelal aan een bepaalde lithologische eigenschap van het krijt en dus aan een bepaalde formatie of lid gebonden zijn bv. uit het silexloze gedeelte van de Formatie van Gulpen (Cp3bc) werd de zogenaamde *Blanc de Meudon* gemaakt. Deze gezuiverde kalk werd gebruikt als spiegel- en zilverpoets, als grondstof ter vervaardiging van schoenpoets en voor de productie van Calciumcarbide. De fosfaatrijke lagen uit het bovenste gedeelte van de Formatie van Gulpen (Cp4) werden in de groeve van Rocourt uitgebaat voor de productie van meststoffen en als fosforbron voor de metaalnijverheid. De zogenaamde tufsteen van de Formatie van Maastricht (M) werd gebruikt ter vervaardiging van slijpstenen, als grondverbeteraar, om wit hout te schuren en in de ruitglasnijverheid. Overigens heeft het krijt nog verschillende toepassingen in allerhande industrietakken: vette kalk voor de suikerraffinage, onderhoud van ledergoed, koolzuuranhydriet, kunstmatig salpeterzuur, vloerstenen voor stijfelmakerijen, linoleum, verf, stopverf, vernis, rubber, was, toeslagstof bij de bereiding van papier, behangselpapier en karton.

Samen met de krijtblokken werd als bijproduct silex of vuursteen gewonnen. Naast de gekende toepassingen als vuurstenen voor geweren en tondeldozen, werden de vuurstenen ook gebruikt voor de verharding van wegen, de bekleding van balmolens en als kiezelbron voor plateelbakkerijen (plateel: platte schotel of schaal). Eén werkplaats, uniek voor West Europa, is nog in uitbating te Eben-Emael.

6.1.2.3.2. *Tegenwoordige toepassingen*

Tegenwoordig heeft de cementindustrie grote uitbatingen van de krijthoudende formaties. De drie grootste groeves bevinden zich aan de rand van de Maas. Te Hallembaye heeft CPL (Ciments Portland Liégeois) een van haar grote uitbatingen, te Lixhe is er een vestiging van CBR (Cimenteries et Briqueteries Réunies) en te Maastricht is ENCI gevestigd.

Aan het krijt worden zandige klei, gips, en andere toeslagstoffen toegevoegd zodat men na verhitting portlandcement verkrijgt.

6.1.3. Tertiaire formaties

6.1.3.1. *Klei*

De Tertiaire formaties zijn interessant als leveranciers van kleien, die vooral gebruikt worden in de steen- en pannembakkerijen en in de cementindustrie (cf Ottenburgs & Symons, 1991). De belangrijkste kleilagen zijn de Klei van Henis uit de Formatie van Borgloon en de Klei van Boom.

De Klei van Kleine Spouwen (Meerhem) uit de Formatie van Bilzen werd vroeger evenals de groene Henis Klei (Grote Spouwen, oude groeve Francart te Tongeren) van de Formatie van Borgloon uitgebaat, voor de plaatselijke dakpannen industrie.

6.1.3.2. *Zand*

Uit verschillende Tertiaire formaties kunnen zanden gewonnen worden. Uit de grofkorrelige zones van de Formatie van Bolderberg kan zand gewonnen worden dat vooral gebruikt wordt bij het onderhoud van wegen. Grote groeves worden aangetroffen te Waltwilder en Amelsdorp.

De zuivere witte zanden van Kerniel en Berg uit de Formatie van Bilzen zijn een belangrijke zandbron voor de bouwindustrie. Ontginningen zijn er te Hoeselt, Opbosch, Kruys en Schalkhoven.

De groene glauconietrijke zanden van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern worden op de rechteroever van de Demer in verschillende groeves (Rijkhoven, Kleine Spouwen, Grote Spouwen, Weert) uitgebaat voor wegeaanleg.

De fossielrijke zanden van het Lid van Alden Biesen, die dagzomen op het domein van het gelijknamige kasteel werden daar uitgebaat als grind voor de aanleg van de wandelwegen in de tuinen van het kasteel.

6.1.3.3. Zandstenen

In het Kernielzand (ten Noorden van Hoeselt) en de Zanden van Bolderberg (Waltwilder) ontstonden door verwerking limonietzandstenen en kwartsieten die na erosie terug te vinden zijn aan de basis van het Quartair en plaatselijk gebruikt werden in verscheidene constructies (cf Gulinck, 1961).

6.1.3.4. Septaria

De septaria uit het Lid van Henis, die sporadisch te vinden zijn in de nabijheid van Grote Spouwen, werden gebruikt in de cementindustrie.

6.1.4. Quartair

6.1.4.1. Leem

Vroeger werd de leem uit het Quartair, indien hij kalkhoudend was, gebruikt voor de productie van veldbakstenen. Deze leem werd baksteenaarde genoemd. Verschillende exploitaties zijn nog actief.

6.1.4.2. Zand

De dekzanden ten noorden van de Demer en de alluviale zanden van de Demer zelf zijn vooral uitgebaat voor particulier gebruik.

6.1.4.3. Veen

Waar het veen in de Demer meer dan 6 m dik was (Bukkenslinde) werd het ontgonnen om er brandblokken van te maken.

6.1.4.4. IJzer

Het in de valleien veelvuldig voorkomende ijzeroer of moerasijzererts was een belangrijke grondstof (naast het limoniet uit de Formatie van Diest) voor de Limburgse ijzerindustrie. Het moerasijzererts werd daarnaast ook gebruikt als bouwsteen en is het terug te vinden in verschillende kerken in de streek van Tongeren.

6.1.4.5. Grind

Het grind van de Maasvallei met zijn verschillende terrassen en op het Kempens Plateau wordt gebruikt bij het maken van beton en als toeslag voor de fundering van wegen.

De grinden aan de basis van de dekzanden in de vlakte ten noorden van de Demer, Pediment van Diepenbeek, werden uitgebaat te Heesveld en Eyck voor de aanleg en het onderhoud van wegen en voor grindfilters in grondwaterputten. De alluviumgrinden van de Demer werden te Rijkhoven en Leten ontgonnen voor de wegenbouw en als ballaststenen voor de spoorwegen.

6.2. Hydrogeologie

6.2.1. Algemeen

Door de aanwezigheid van de vrijwel ondoorlatende Formatie van Boom kunnen de Mesozoïsche en Tertiaire lagen van het kaartblad in twee belangrijke watervoerende pakketten worden ingedeeld. De bovenste aquifer wordt gevormd door de zanden van de Formatie van Bolderberg en de Quartaire dekzanden en grinden van de Maas. Onder de Formatie van Boom vormen de Tertiaire formaties van de Tongeren Groep, de Formatie van Heers, de Formatie van Opglabbeek en het Krijt een tweede watervoerend pakket.

De verschillende watervoerende lagen binnen een pakket worden onderling gescheiden door continue of onderbroken weinig of slecht doorlatende lagen. Ze hebben elk hun eigen karakteristieken afhankelijk van de mineralogische samenstelling van de laag, hun ontsluitingszone en de invloed van de menselijke activiteiten op de infiltratie van neerslagwater in de voedingszones (Loy & De Smedt, 1978; De Smedt, 1992).

6.2.2. Formatie van Bolderberg, Maasgrind en Quartaire dekzanden

De Formatie van Bolderberg vormt met zijn fijne zanden één freatische watervoerende laag met de dekzanden en de grinden van het Kempens Plateau. Door de aanwezigheid van lignietlagen kan de watervoerende laag lokaal een semi-freatisch- of spanningskarakter krijgen.

Hoewel de grinden op het Kempens Plateau een continue laag vormen met de Formatie van Bolderberg, worden zij als een aparte watervoerende laag beschouwd omwille van het grote contrast in permeabiliteit (permeabiliteit bedraagt 1250 m/dag voor het grind tegenover 6 m/dag voor de fijne zanden). Door de steile helling van de randen van het plateau ligt de watertafel in de randzones zeer diep en ontstaat er een sterke gradiënt van het plateau naar de voet van de helling aan de rand van het plateau. Alhoewel binnen de grinden een stromingsrichting naar het noorden wordt gemeten door de algemene afhelling van het plateau naar het noorden, veroorzaakt de sterke gradiënt een aanzienlijke laterale stroming volgens de helling. Zo ontstaan talrijke bronnen aan de voet van de helling van de plateaurand.

De zanden van de Formatie van Bolderberg vormen samen met de bovenliggende zanden van de Formaties van Diest, Kasterlee en Mol een zeer belangrijke aquifer in het noorden van Limburg. De afwezigheid van de Formatie van Diest en de helling van de lagen naar het noorden zorgen ervoor dat deze aquifer op het kaartblad Tongeren slechts 10-20 m dik is op de heuveltoppen terwijl die meer naar het noorden tot 100 m dik kan worden.

6.2.3. Zand van Berg, Groep van Tongeren, Formatie van Heers, Krijt

De ontsluitingszone van de watervoerende pakketten onder de Formatie van Boom beslaat het grootste gedeelte van de kaart. Op hydrologisch vlak zijn die watervoerende pakketten ook belangrijker. Daar er verschillende kleirijke lagen tussen de zandige lagen voorkomen kan dit watervoerend pakket onderverdeeld worden in verschillende aquifers, elk met eigen karakteristieken.

Onder de Klei van Boom vormt het Zand van Berg samen met de Zanden en Mergels van Alden Biesen een spanningslaag die onderaan begrensd wordt door de Klei van Henis. Deze watervoerende laag wordt meer naar het noorden veel geëxploiteerd ondanks zijn lage opbrengst.

De kleirijke zanden van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern vormen een semi-permeabele laag die de onderliggende aquifers beschermt tegen insijpelende vervuiling; de zandige zones kunnen watervoerend zijn maar het veelvuldig voorkomen van verschillende kleirijke lagen zorgt voor de bescherming.

De Mergels van Gelinden zijn in hun ontsluitingszone door een grote spleetporositeit watervoerend. Naarmate deze mergels dieper begraven zijn neemt de porositeit snel af en verliest de laag zijn water-

voerend karakter. Deze aquifer wordt onderaan begrensd door de slibrijke zanden van het Lid van Orp en plaatselijk door de continentale afzettingen van de Formatie van Opglabbeek.

De basis van het watervoerend pakket onder de Formatie van Boom wordt gevormd door de krijtaquifer bestaande uit het korrelkrijt of kalkareniet van de Formaties van Houthem en Maastricht en het fijne krijt van de Formatie van Gulpen. Deze aquifer wordt onderaan begrensd door de kleirijke zanden van de Formatie van Vaals en de harde gesteenten van het Paleozoïcum. De Formaties van Houthem en Maastricht zijn door een grote spleetporositeit en de korrelgrootte van de bioklasten sterk doorlatend. Ook hier verdwijnt de spleetporositeit met de toenemende diepte maar de grove korrels zorgen ervoor dat de doorlatendheid aanzienlijk blijft: de permeabiliteit bedraagt tussen 1.8 m/dag en 4.6 m/dag. De formaties van Houthem en Maastricht zijn dan ook de belangrijkste aquifer op het kaartblad. De onderliggende krijtlaag van de Formatie van Gulpen heeft een veel kleinere korrelgrootte en is bijgevolg enkel in zijn ontsluitingszone een belangrijke watervoerende laag: de formatie heeft hier een grote secundaire spleetporositeit en een permeabiliteit tot 150 m/dag. Belangrijke waterwinningen in de krijtaquifer zijn te Waltwilder, Eben-Emael, Bitsingen, Rukkelingen-Jeker, Bas-Slins, Diets-Heur en Rutten.

In het oosten van de kaart in de streek van Voeren en het Plateau van Herve neemt het kleigehalte in de Formatie van Vaals zodanig af dat deze formatie eveneens een belangrijke watervoerende laag wordt samen met de zanden van de Formatie van Aachen.

6.2.4. Dinantiaan kalkstenen

De verkarste Dinantiaankalksteen kan in Voeren en Visé een belangrijke rol spelen in de watervoorziening. Kwaliteitsproblemen (radon, zware metalen) noopten reeds tot stopzetting van winningen en tot permanente waakzaamheid. De onregelmatige verbreiding van de karst maakt de inplanting van succesvolle waterboringen onzeker. Naar het noordwesten toe krijgt deze aquifer een artesisch karakter. Diep convectief watertransport doorheen het Dinantiaan leidt tot thermale bronnen, waarvan de bekendste op Vlaams grondgebied gelegen is in de Elvenschans (Navagne) te Moelingen (Dusar & Hogenhuis, 1998).

6.2.5. Waterkwaliteit

De grinden van het Kempens Plateau leveren water dat een lage concentratie aan ionen heeft maar dat vrij agressief is. Door de afwezigheid van kalk in deze afzettingen wordt de zure regen niet gebufferd en verkrijgt het grondwater een lage pH. Vaak is het water uit de grinden van het Kempens Plateau zeer ijzerrijk.

Het water uit de grinden van de Maasvallei heeft een iets hogere pH dan dat van het Kempens Plateau omdat het beïnvloed wordt door infiltrerend water van de Maas. Door de grote permeabiliteit van deze grinden en hun ondiep voorkomen wordt de aquifer in de grinden op het Kempens Plateau als kwetsbaar en in de Maasvallei zelfs als uiterst kwetsbaar omschreven (De Coster & De Smedt, 1986). De Miocene zanden van de Formatie van Bolderberg zijn evenals de grinden grotendeels ontkalkt en hebben daardoor vaak een erg zuur karakter. De aanwezigheid van organische CO₂ uit de lignietlagen kan eveneens bijdragen tot een verlaging van de pH. Door de grote ontsluitingszone van deze watervoerende lagen ten noorden van het kaartblad en door de geringe bedekking met Pleistoceen dekzand, wordt de ganse ontsluitingszone van de Formatie van Bolderberg als zeer kwetsbaar geclassificeerd.

Het Lid van Berg levert water met een neutrale pH en een verhoogde concentratie aan K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺ door ionenuitwisseling van infiltrerend water met de bovenliggende Formatie van Boom. De gebieden waar het Lid van Berg dagzoomt zijn als zeer kwetsbaar geclassificeerd, de gebieden waar de Klei van Boom dagzoomt als weinig kwetsbaar.

Het water uit de krijtaquifer levert hard maar neutraal tot licht alkalisch water. In de ontsluitingszone wordt in het freatische water een verhoogde concentratie aan stikstof, sulfaat, nitraat en

chlorides vastgesteld, hoogst waarschijnlijk te wijten aan de agrarische en industriële activiteiten en de bewoning in dit gebied. De drainerende werking van de Jeker en het voorkomen van mergellagen tussen de krijtlagen zorgen ervoor dat de concentraties van deze ionen in het water waar de aquifer afgesloten is tot normale waarden is teruggevallen. Verder afgelegen van de voedingszone wordt het water ook brakker en iets minder hard. Door de bedekking van de krijtaquifer door verschillende soorten van afzettingen hebben de verschillende zones waar de krijtaquifer dicht bij de oppervlakte ligt, een verschillende kwetsbaarheid. Zo zijn bv. de gebieden waar de Formatie van Borgloon dagzoomt ‘weinig kwetsbaar’, deze waar de leembedekking meer dan 5 m bedraagt ‘kwetsbaar’, deze waar ze minder dan 5 m bedraagt ‘zeer kwetsbaar’ en de gebieden waar het krijt dagzoomt onder zeer geringe Quartaire bedekking ‘uiterst kwetsbaar’. Vermits in de Voerstreek haast geen Quartaire bedekking bestaat is de krijtaquifer daar veel kwetsbaarder. Het intense reliëf zorgt meestal voor een lage watertafel wat de kwetsbaarheid van de ontsluitingszone iets vermindert. Gebieden waar de watertafel echter zeer ondiep ligt zijn uiterst kwetsbaar. De occasionele problematische vervuiling van het Dinantiaanwater is niet antropogeen, maar wel natuurlijk, te wijten aan mineralisaties en uraniumhoudende lagen in de overgangszone tussen Viséaankalksteen en Namuriaanschiefer. Waar de Dinantiaanaquifer een artesisch karakter krijgt, stijgt ook het zoutgehalte. In de thermale bron van Moelingen blijft dit echter mineraalwater kwaliteit (De Coster & De Smedt, 1986; Vandormael, 1992).

7. EXCURSIEGIDS

7.1. Haccourt krijt

Vertrekkend vanuit Tongeren in de richting van Sluizen rijden (fig. 17), de kerk van Sluizen voorbij rijden en de baan volgen tot aan de linkerzijde, achter een grasveldje, een ontsluiting van krijtgesteenten te zien is. De wand bestaat uit een fijn wit krijt met de talrijke donkere silexbanken. De ontsluiting behoort tot de Formatie van Gulpen, de eenheid van Haccourt.

7.2. Formatie van Maastricht en ingezakte zanden van Tongeren

Terug rijden in de richting van de kerk van Sluizen tot aan een café aan de rechterzijde. Op de parking is er een ontsluiting van krijt. Deze ontsluiting is topografisch hoger gelegen en toont de topzone van het krijt. In de wand is een grofkorrelig gelig krijt ontsloten met weinig of geen silex. Wanneer de wand naar rechts gevolgd wordt, is een schuin afhellende laag silex te zien. Verder naar het midden van de wand zitten de zanden van St-Huibrechts-Hern (gele zanden met glimmers) ingesloten in het krijt. Door oplossing van het krijt is er een oplossingsholte ontstaan, waarin zanden van de Formatie van St-Huibrechts-Hern zijn ingezakt en bewaard gebleven.

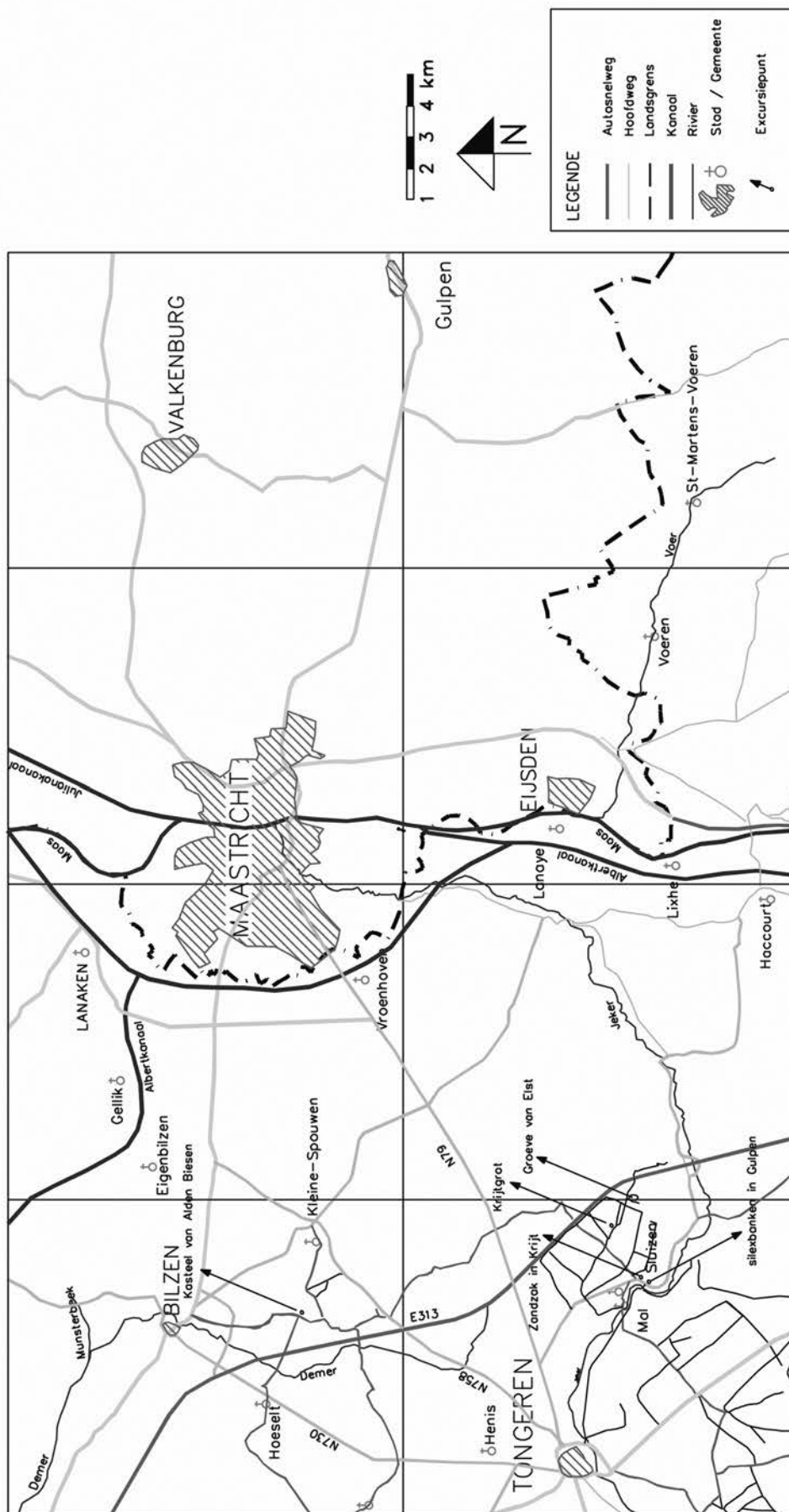
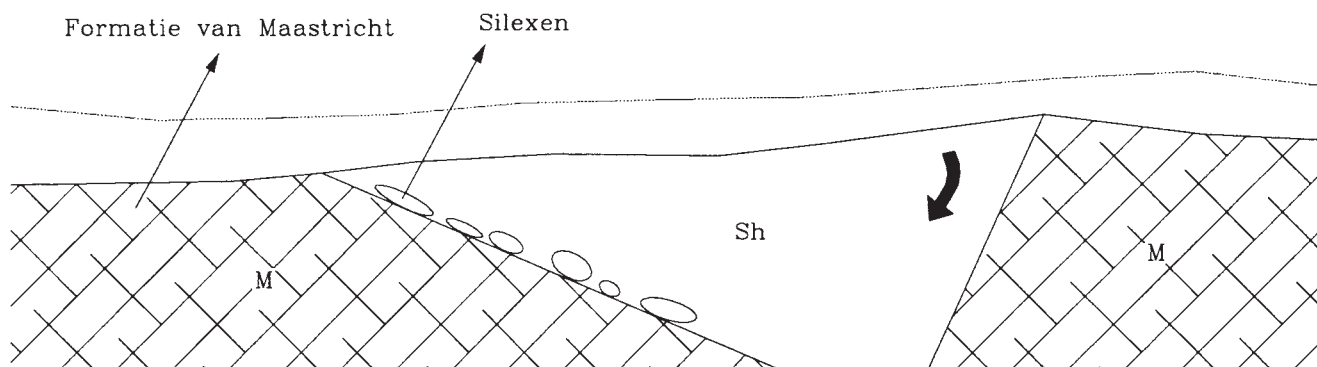


Fig. 17 - Lokalisatie van de excursiepunten.



7.3. Groeve van Elst

Opnieuw in de richting van de kerk van Sluizen rijden en voor de kerk rechts afslaan. Aan een kapelletje naar rechts rijden. Bij de volgende splitsing opnieuw rechts aanhouden. Het tweede straatje rechts na de splitsing is het wegje naar de groeve.

De groeve heeft een hoogte van ongeveer 20-30 m waarvan de wanden hoofdzakelijk uit de mariene zanden van de Formatie van St-Huibrechts-Hern bestaan. Meer naar boven is het Quartair basisgrind te zien (dit is vooral goed zichtbaar in de rechter groevewand). De zanden onder het Quartair zijn geel-witte fijnkorrelige zanden met glimmers, weinig of geen glauconiet en weinig schelpenresten. De wand lijkt vrij homogeen. Er is echter een lichte kleurovergang op te merken: onderaan een groenere tint die vanaf een scherp af te lijnen grens, overgaat naar een meer gele tint in de zanden. Ook kunnen geulstructuren waargenomen worden aan de overgang tussen geel en groen. Deze kleurverandering is mogelijk een indicatie voor de overgang tussen de Zanden van Neerrepn bovenaan en de Zanden van Grimmertingen onderaan. De geul zou kunnen wijzen op het tijdelijke ondiepe karakter van de zee. Wanneer de golf- en stroomwerking echter kans zag om geulen te vormen heeft er misschien een erosiefase tijdens de afzetting van de Tongeren Groep plaats gehad en is er een hiaat in de afzetting van St-Huibrechts-Hern nl. tussen Neerrepn en Grimmertingen. Vooraan in de groeve komen er een aantal keien met een oppervlakkige groene laag voor. Deze groene laag is een glauconietcoating ontstaan door het boven water liggen van de keien.

In de kuil van de groeve is er op enkele plaatsen dagzomend krijt te vinden; de basis van de Formatie van St-Huibrechts-Hern is hier bereikt. Bij het rondwandelen kunnen af en toe keien van de basis van Bolderberg (eivormige blauwe silexkeien) aangetroffen worden. Dit wijst erop dat de verbreiding van de zee tijdens de afzetting van de Formatie van Bolderberg zeker tot hier kwam. De roodere kleur van de bovenste laag van het Tertiair laat toe te veronderstellen dat sinds de transgressie van de Bolderberg Formatie geen enkele mariene transgressie meer zo ver zuidelijk is doorgedrongen. De rode kleur wijst op langdurig droogliggen van de bodem.

7.4. Kasteel van Alden Biesen

Het kasteel van Alden Biesen is de typelokaliteit van de Zanden en Mergels van Alden Biesen. Vroeger waren hier prachtige ontsluitingen van deze mergels maar momenteel is alles overgroeid of onder het wegdek verdwenen. In de noordwestelijke hoek van het park van het kasteel zijn oude achtvormige vijvers aan te treffen en oude ontginningsputten. In de wand van deze putten vindt men soms een ontsluiting van deze 'mergels' van Alden Biesen. Een overvloed aan brakwaterschelpen wordt erin aangetroffen. Naar het einde van het park toe kan men bemerken dat de paadjes bezaaid liggen met schelpen van het Zand van Alden Biesen. Het Quartair is hier volledig afwezig en de Zanden van Alden Biesen dagzomen.

8. BIBLIOGRAFISCHE REFERENTIES

8.1. Belgische Geologische Dienst, Brussel, GeoDoc: deelkaartbladen

93W (Bilzen), 93E (Veldwezelt), 94W (Neerharen), 107W (Tongeren), 107E (Herderen), 108W (Visé), 108E (Sint-Martens-Voeren), 121E (Liège), 122W (Dalhem), 122E (Herve), 109W (Gemmenich)

8.2. Kaartmateriaal

8.2.1. Geologische kaarten

CLAES S. & WILLEMS D. (1997) - Geologische Kaart van België, Vlaams Gewest, Kaartblad Sint-Truiden (33) 1:50.000, Belgische Geologische Dienst - Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie.

DUMONT, A. (1853) - Carte géologique de la Belgique, à l'échelle de 1/160.000.

FORIR H. (1896) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 108 Visé - Fourn-Saint-Martin (planchettes 7-8 de la feuille XXXIV de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

FELDER, W.M. & BOSCH, P.W. (1984) - Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving. Rijks Geologische Dienst 1/50.000.

FORIR H. (1902) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 121 Alleur - Liège (planchettes 1-2 de la feuille XLII de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

FORIR H. (1896) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 122 Dalhem - Herve (planchettes 3-4 de la feuille XLII de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

FORIR H. (1896) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 109 Gemmenich - Botzelaer (planchettes 5-6 de la feuille XXXV de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving: Pré-Kwartair, 1:50.000. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 1984.

MATTHIJS J. (1996) - Geologische Kaart van België, Vlaams Gewest, Kaartblad Hasselt (25), 1:50.000, Belgische Geologische Dienst - Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie.

MOURLON M. & HALET F. (1905) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 94 Neerharen (planchette 3 de la feuille XXXIV de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

RUYTERS, H.M.J.; BOSCH, P.W.; KISTERS, P.J.M. & FELDER, W.M. - Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving: Paleozoïcum, 1:50.000. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 1995.

VAN DEN BROECK E. (1903) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 107 Tongres - Herderen (planchettes 5-6 de la feuille XXXIV de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

VAN DEN BROECK E., MOURLON M. & HALET F. (1905) - Carte géologique de la Belgique 1:40.000 n° 93 Bilsen - Veldwezelt (planchettes 1-2 de la feuille XXXIV de la carte topographique) Institut cartographique militaire, Bruxelles.

8.2.2. Orohydrografische kaarten

Tongeren (34) 1:50.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
Bilzen - Veldwezelt (34/1-2), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Smeermaas (34/3-4), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
Tongeren - Herderen (34/5-6), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
Visé - Sint-Martens-Voeren (34/7-8), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
Gemmenich - Botzelaer (35/5-6), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
Dalhem - Herve (42/1-2), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
Alleur - Liège (42/3-4), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.

8.2.3. Topografische kaarten

Tongeren (34), 1:50.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Bilzen - Veldwezelt (34/1-2), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Smeermaas (34/3-4), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Tongeren - Herderen (34/5-6), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Visé - Sint-Martens-Voeren (34/7-8), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Gemmenich - Botselaar (35/5-6), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Dalhem - Herve (42/1-2), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Alleur - Liège (42/3-4), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Genk - Zutendaal (26/5-6), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1976.
Rekem (26/7-8), 1:25.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.

Bilzen (34/1), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Veldwezelt (34/2), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Smeermaas (34/3), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Tongeren (34/5), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Herderen (34/6), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Visé (34/7), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Sint-Martens-Voeren (34/8), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1988.
Gemmenich (35/5), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1985.
Liège (42/2), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1984.
Dalhem (42/3), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1984.
Herve (42/4), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1985.
Genk (26/5), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1991.
Zutendaal (26/6), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.
Maasmechelen (26/7), 1:10.000. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel, 1992.

8.3. Publicaties en Proefschriften

AARDKUNDIGE RAAD (1932) - Algemeen Stratigraphisch Register van de Uitvoerige Aardkundige Kaart van België. Ministerie van Nijverheid, Arbeid en Maatschappelijke Voorzorg.

BLESS M.J.M. (1989) - Event-induced changes in Late Cretaceous to Early Paleocene ostracode assemblages of the SE Netherlands and NE Belgium. *Annales de la Société géologique de Belgique*, **112**: 17-30.

BLESS M.J.M. (1989b) - Geological investigations around the eastern end of the Brabant Massif: historical overview. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **98**: 201-208.

BLESS, M.J.M.; BOUCKAERT, J.; BOUZET, Ph.; CONIL, R.; CORNET, P.; FAIRON-DEMARET, M.; GROESSENS, E.; LONGERSTAEY, P.J.; MEESSEN, J.P.M.Th.; PAPROTH, E.; PIRLET, H.; STREEL, M.; VAN AMEROM, H.W.J. & WOLF, M. (1976) - Dinantian rocks in the subsurface North of the Brabant and Ardenno-Rhenish massifs in Belgium, the Netherlands and the Federal Republic of Germany. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, **27**, 3: 82-195.

BLESS, M.J.M.; BOUCKAERT, J. & PAPROTH, E., eds. (1980) - Pre-Permian around the Brabant Massif in Belgium, the Netherlands and Germany. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, **32**-1/14, 179 p.

BLESS M.J.M.; DJAIZ, R.; FELDER, P.J.; JAGT, W.M. & ROEBROEKS, W. (1987) - "Session extraordinaire of the two Belgian Geological Societies on the Late Cretaceous and Quaternary" in the Liège - Maastricht - Heerlen area, 12-14 june 1987. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **96**: 309-332.

BLESS M.J.M. & FERNANDEZ NARVAIZA C. (1993) - Onder de Euregio - De verbinding tussen landschap en geologie in de Euregio Maas-Rijn. Belgische Geologische Dienst, *Mémoires pour servir à l'explication des Cartes géologiques et minières de la Belgique*, **34**, 181 p.

BLESS M.J.M. & FERNANDEZ NARVAIZA C. (1996) - De Euregio Maas-Rijn op drift. Belgische Geologische Dienst *Professional Paper* 1996/1, nr **280**, 48 p. 21 fig., 26 kaarten.

CADEE, M.C.; VAN HINSBERGH, V.W.M. & JANSSEN A.W. (1976) - Een profiel door Tertiaire en Kwartaire afzettingen tussen Tongeren en Waltwilder (België, provincie Limburg). *Mededelingen Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie*, **13-2**: 35-58.

DE BATIST, M.; VERSTEEG, W.; VAN LINT, J. & VAN RENSBERGEN, P. (1992) - Structureel ondiepwater seismisch onderzoek. Renard Centre for Marine Geology, vol. **1-5**.

DE COSTER, D. & DE SMEDT, P. (1986) - Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in Limburg. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. 32 p.

DE MEUTER, F.J. & LAGA, P.G. (1976) - Lithostratigraphy and biostratigraphy based on benthonic foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **85**: 133-152.

DENIS, J. (1992) - Geografie van België. Gemeentekrediet, Brussel, 622 p.

DE SMEDT, P. (1992) - De hydrologie. In Denis, ed., *Geografie van België*. Gemeentekrediet, Brussel, p. 442.

DE VOS, W.; CHACKSFIELD, B.C.; D'HOOGHE, L.; DUSAR, M.; LEE, M.K.; POITEVIN, C.; ROYLES, C.P.; VANDENBORGH, T.; VAN EYCK, J. & VERNIERS, J. (1993) - Image-based display of Belgian digital aeromagnetic and gravity data. Belgische Geologische Dienst *Professional Paper* 1993/5, nr **263**, 8 p., 14 fig.

DUSAR M. & HOGENHUIS J.E.J. (1998) - De Elvenschans te Moelingen, een thermale bron in Limburg bedreigd? Verduidelijking vanuit nieuwe geologische prospecties. *LIKONA Jaarboek* 1997: 23-35.

DUSAR M. & LANGENAEKER V. (1992) - De oostrand van het massief van Brabant, met beschrijving van de geologische verkenningsboring te Martenslinde. Belgische Geologische Dienst *Professional Paper* 1992/5, nr **255**, 22 p.

FELDER P.J. (1994) - Bioklasten-onderzoek van Boven-Krijt en Dano-Montiaan afzettingen van boringen van de Belgische Kempen. Belgische Geologische Dienst *Professional Paper* 1994/8, nr **275**, 240 p.

FELDER, P.J.; BLESS, M.J.M.; DEMYTTENAERE, R.; DUSAR, M.; MEESSEN, J.P.M.Th. & ROBASZYNSKI, F. (1985) - Upper Cretaceous to Early Tertiary deposits (Santonian-Paleocene) in Northeastern Belgium and South Limburg (The Netherlands) with reference to the Campanian-Maastrichtian. Belgische Geologische Dienst *Professional Paper* 1985/1, nr **214**, 151 p.

FELDER, W.M. (1975) - Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. In: W.H. Zagwijn & C.J. van Staalduinen (eds): *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*, Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 63-72.

FELDER, W.M. (1988) - Lithology and stratigraphy of Upper Cretaceous of the Belgium-Dutch borderland west of the river Meuse. *IAS 9th European Regional Meeting*, Excursion Guidebook, Leuven-Belgium, p. 99-134.

FELDER, W.M. & FELDER, P.J. (1981) - Geologische excursie naar de omgeving van Kanne 28 maart 1981. Het Krijt in de groeven CBR te Lixhe, prov. Luik, België, en ENCI te Maastricht, prov. Limburg, Nederland. *Belgische Vereniging voor Geologie - Société géologique de Belgique*, session extraordinaire, 61 p.

FONTAINE, A.(1935) - Caractéristiques de la Meuse pléistocène sous les bâtisses de Kesselt, Hees, Mopertingen, Eygenbilsen, etc. son raccourci, Hees, Veldwezelt, Lanaken. - les incertitudes typiques de la géomorphologie en zone limoneuse. - Rappel sur le Démer *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **45**: 271-290.

GALEOTTI, M.H. (1837) - Mémoire sur la constitution géognostique de la province de Brabant. Hayez impr., Bruxelles, 173 pp.

GULLENTOPS, F. (1986) - The Maastrichtian Sea Level Rise. *Annales de la Société géologique de Belgique*, **109**: 363-365.

GULLENTOPS, F. (1987) - Waarheen met het Tongrien? *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **96**: 357-368.

GULLENTOPS, F. (1990) - Sequence Stratigraphy of the Tongerian and early Rupelian in the Belgian type area. *Tertiary Research*, **11** (2-4): 83-96.

GULINCK, M. (1957) - Le Tongrien supérieur du sondage n°123 de Mechelen-aan-Maas. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **66**: 346-351.

GULINCK, M. (1960) - Observations sur la faille du Démer. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **69**: 40-41.

GULINCK, M. (1961) - Note sur le Boldérien d'Opgrimbie (Campine) et remarque sur les gres "erratiques" du Limbourg. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **70**: 297.

- GULINCK, M. (1970) - On the occurrence of the fossiliferous Houthalen Sands. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **79**: 115-118.
- HALET, F. (1925) - Les failles de la région du Haut Démer. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **35**: 120-148.
- HALET, F. (1932) - La Géologie du flanc occidental de la vallée de la Meuse à l'Ouest de l'enclave du Maastricht d'après les sondages d'étude du Canal Albert. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **42**: 20-148.
- HOOYBERGHS, H. (1983) - Contribution to the study of Planctonic Foraminifera in the Belgian tertiary. *Aardkundige mededelingen*, **2**, 84 p., 22 plates. Leuven University Press.
- JANSSEN, A.W.; VAN HINSBERGH, V.W.M. & CADEE, M.C. (1976) - Oligocene deposits in the region North of Tongeren (Belgium) with the description of a new lithostratigraphical unit: the Atuatuca Formation. *Mededelingen Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie*, **13-3**: 75-115.
- KIMPE, W.F.M.; BLESS, M.J.M.; BOUCKAERT, J.; CONIL, R.; GROESSENS, E.; MEESSEN, J.P.M.Th.; POTY, E.; STREEL, M.; THOREZ, J. & VANGUESTAINE, M. (1978) - Paleozoic deposits East of the Brabant Massif in Belgium and the Netherlands. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, **30-2**: 38-103.
- LEGRAND, R. (1968) - Le Massif de Brabant. Belgische Geologische Dienst, *Mémoires pour servir à l'explication des Cartes géologiques et minières de la Belgique*, **9**: 148 p., 5 pl.
- LOY, W. & DE SMEDT, P. (1978) - Permeabiliteit van enkele formaties in België. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **87**: 253-260.
- MARECHAL, R. & LAGA, P. (ed.) (1988) - Voorstel lithostratigrafische indeling van het Paleogeen. Nationale Commissies voor Stratigrafie. Commissie: Tertiair. Belg. Geol. Dienst, Brussel, 208 p.
- OTTENBURGS, R. & SYMONS, F. (1991) - Study of the relationships between the Physico-chemical, mineralogical and field variables of Belgian clays and loess-loams by means of principal factor, cluster and canals analysis. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, **100**: 203-218.
- RUTOT, A. & VAN DEN BROECK, E. (1878) - Session extraordinaire de 1878. Excursion géologique dans le Limbourg. Compte rendu des journées du 29 et du 30 septembre. *Annales de la Société géologique de Belgique*, **5**: 141-155.
- VAN DEN BROECK, E. & RUTOT, A. (1883) - Explication de la feuille de Bilsen. Musée d'Histoire naturelle de Belgique, Service de la Carte géologique du Royaume, Bruxelles, 212 p.
- VANDORMAEL, C. (1992) - Grondwaterkwaliteit in Limburg 1992. AMINAL, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, 114 p.
- VAN HINSBERGH, V.W.M.; JANSSEN, A.W. & VAESSEN, L.M.B. (1973) - Een profiel door Oligocene en Kwartaire afzettingen ten westen van het dorp Kleine Spouwen (België, provincie Limburg). *Mededelingen Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie*, **10-1**: 9-28.
- WOUTERS, L. & VANDENBERGHE, N. (1994) - Geologie van de Kempen. Een synthese. Niras, Brussel, 208 p.

9. LIJST VAN DE FIGUREN

Fig. 1: Situering van het kaartblad Tongeren in België	8
Fig. 2: Nummering van geologische (BGD) en topografische (NG1) kaarten	8
Fig. 3: Algemene situering van het kaartblad Tongeren	9
Fig. 4: Lokalisatie van de waarnemingspunten	13
Fig. 5: Stratigrafische kolom	17
Fig. 6: Isohypsens van de basis van de Formatie van Eigenbilzen	22
Fig. 7: Isohypsens van de basis van de Formatie van Boom	22
Fig. 8: Isohypsens van de basis van de Formatie van Bilzen	23
Fig. 9: Isohypsens van de basis van de Formatie van Borgloon	23
Fig. 10: Isohypsens van de basis van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern	26
Fig. 11: Afgedekte geologische kaart	31
Fig. 12: Lokalisatie van de breuken	33
Fig. 13: Profiel 1 noord - zuid doorsnede	34
Fig. 14: Profiel 2 noord - zuid doorsnede	35
Fig. 15: Profiel 3 west - oost doorsnede	38
Fig. 16: Profiel 4 west - oost doorsnede	39
Fig. 17: Lokalisatie van de excursiepunten	48

