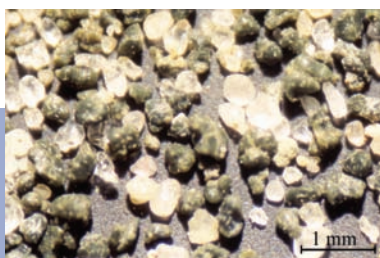


Toelichting
bij de **Quartairgeologische Kaart**



Kaartblad
25
HASSELT



Kaart en tekst opgemaakt door :
E. Frederickx en S. Gouwy
o.l.v. Prof. dr. em. F. Gullentops, Prof. dr. E. Paulissen
en Prof. dr. N. Vandenberghe

Katholieke Universiteit Leuven

1996



Vlaamse overheid
Dienst Natuurlijke Rijkdommen

INHOUDSOPGAVE

1. ALGEMENE SITUERING VAN HET KARTERINGSGEBIED	3
1.1. Geografie	3
1.1.1. Situering.	3
1.1.2. Geomorfologie	4
1.2. Geologie	5
2. OPBOUW VAN HET GEOLOGISCH GEGEVENSBESTAND EN VAN DE GEOLOGISCHE KARTERING	6
2.1. Gegevens	6
2.1.1. Aard van de gegevens	6
2.1.2. Gegevensbestand	6
2.2. Verwerken van de gegevens	8
2.2.1. Diktekaart	8
2.2.2. Profieltypekaart	8
2.2.3. Profielen	8
3. GEOLOGISCHE KARTERING	9
3.1. Ontwikkeling van de geologische kennis	9
3.1.1. Historiek van het Quartair	9
3.1.2. Historiek van het kaartblad Hasselt	12
3.2. De diktekaart	16
3.2.1. Inleiding	16
3.2.2. De invloed van het Quartair op het reliëf	16
3.2.2.1. Reliëfnivellering door het Quartair	16
Eolische dek	16
Alluviale opvullingen	16
3.2.2.2. Reliëfvorming door het Quartair	16
Eolisch	16
Fluviatiele erosie	16
3.2.3. Bespreking van de diktekaart	16
3.2.3.1. Dikte van het Quartair van 0 tot 1m	16
3.2.3.2. Dikte van het Quartair van 1 tot 4m	16
3.2.3.3. Dikte van het Quartair van 4 tot 10m	16
3.2.3.4. Dikte van het Quartair >10m	17
3.3. De profieltypekaart	17
3.3.1. Beschrijving van de lithologie	17
3.3.1.1. Grindvoorkomens	17
3.3.1.1.1. residueel grind	17
3.3.1.1.2. pediment	17
3.3.1.1.3. terrasgrinden	17
3.3.1.1.4. dalbodemgrind	18
3.3.1.2. Alluviale afzettingen	18
3.3.1.2.1. Rivieralluvium	18
Afzettingen van de rivieren ten Z van de Demer (Gete, Herk, Velp):	18
Alluviale afzettingen van de Demer:	18
Alluviale afzettingen van de rivierstelsels ten N van de Demer (Mangelbeek, Zwartebeek, Winterbeek):	19

3.3.1.2.2. Beekalluvium	19
De beekjes ten N van de Demer	19
Het beekalluvium ten Z van de Demer	20
3.3.1.2.3. Colluvium	20
3.3.1.2.4. Bedekt alluvium	20
3.3.1.3. Eolische afzettingen	20
3.3.1.3.1. Dekpakket	20
zandafzettingen:	21
zandleemafzettingen:	21
lemig zandafzettingen	21
windwallen.....	22
3.3.1.3.2. Duinen	22
Afzettingen van Maas en Rijn op het Kempens Plateau:	23
3.3.1.4. Veen	24
3.3.1.5. IJzeroer	24
3.3.2. Bespreking van de profieltypen	25
3.3.2.1. Dalopvullingen:	25
3.3.2.1.1. De rivierafzettingen	25
Profieltypes in de riviervlaktes ten Z van de Demer:	25
Profieltypes in de alluviale vlakte van de Demer:	26
Profieltypes in de riviervlaktes ten N van de Demer	27
3.3.2.1.2. Het beekalluvium	27
3.3.2.1.3. Het colluvium	28
3.3.2.1.4. Het bedekt alluvium.....	28
3.3.2.2. Eolische afzettingen:	28
3.3.2.2.1. Profielpytypes bij duinen.....	28
3.3.2.2.2. Profielpytypes bij de zandafzettingen	29
3.3.2.2.3. Profielpytypes bij de zandleemafzettingen	29
3.3.2.2.4. Profielpytypes bij de afzettingen van lemig zand.....	29
3.3.2.3. Profielpytypes op het Kempens Plateau	29
3.3.3. De profielen	30
4. TOEGEPASTE GEOLOGIE	35
4.1. Oppervlakedelfstoffen	35
4.1.1. Grind	35
4.1.2. Zand	35
4.1.3. Leem	35
4.1.4. Veen	35
4.1.5. IJzeroer.....	35
4.2. Hydrologie	35
4.3. Onderzoek van zware mineralen	36
4.4. Geoëlektrische metingen	39
4.5. Tektoniek	41
5. EXCURSIEGEGEVENS OP HET KAARTBLAD HASSELT	43
5.1. Groeve Remo	43
5.2. Groeve Frederix	47
5.3. Groeve Holsteen	48
6. ALGEMENE BIBLIOGRAFIE	50

1. ALGEMENE SITUERING VAN HET KARTERINGSGBIED

1.1. Geografie

1.1.1. Situering.

Het kaartblad Hasselt ligt op de overgang tussen Laag- en Midden-België nl. in de provincies Limburg, Antwerpen en Brabant. Het blad wordt omringd door 8 andere kaartbladen : Leuven (32), Aarschot (24), Lier (16), Mol (17), Maaseik (18), Rekem (26), Tongeren (34) en St-Truiden (33).

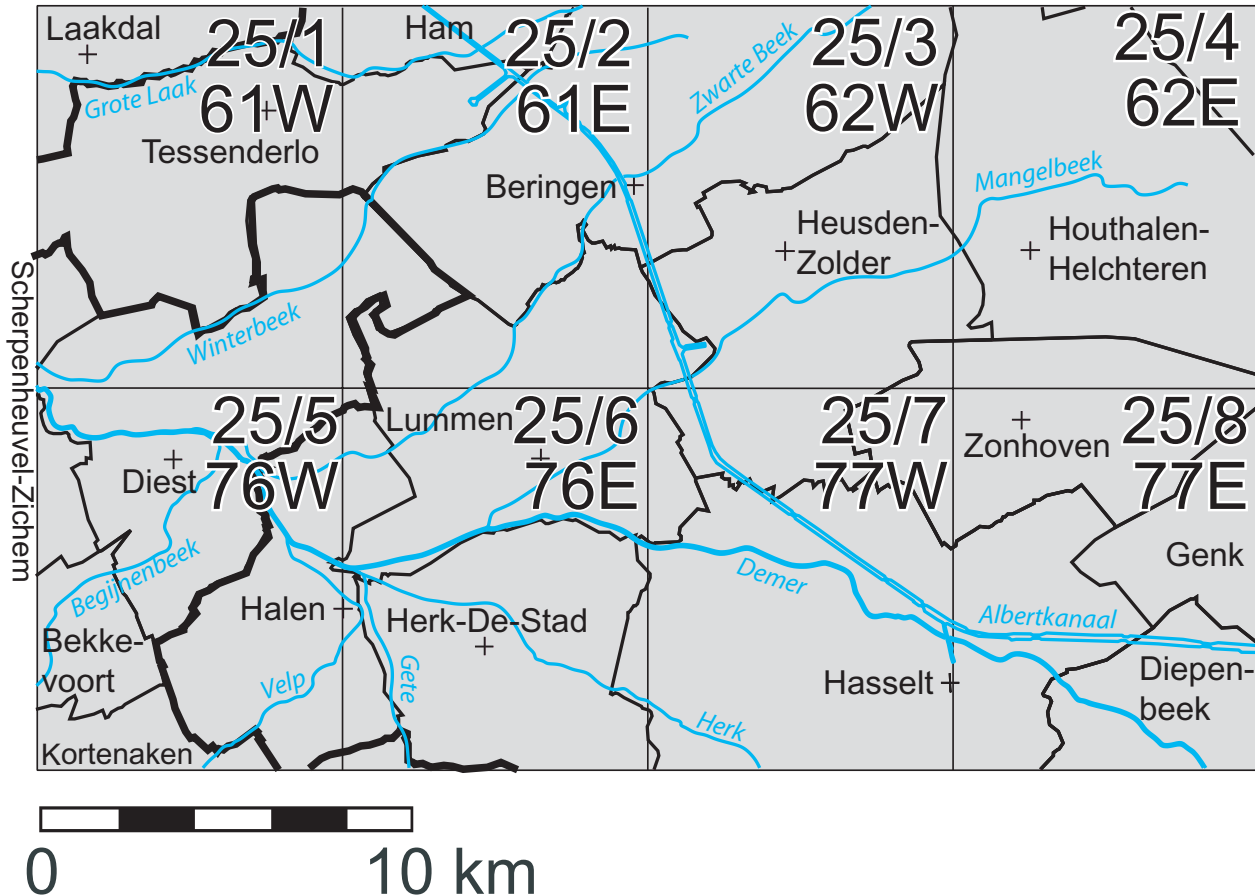


Fig. 1a en 1b : Situering van het karteringsgebied

De voornaamste gemeenten en steden die op dit kaartblad voorkomen zijn : Diest, Halen, Herk-de-Stad, Hasselt, Kermt, Zonhoven, Laakdal, Tessenderlo, Paal, Beverlo, Hulst, Heusden, Zolder, Koersel, Beringen, Helchteren en Houthalen.

De concentratie van de bevolking in deze wooncentra gaf aanleiding tot het aanleggen van belangrijke verbindingswegen : de E313 van Antwerpen naar Luik, de A2 van Leuven naar Aken, de Ring rond Hasselt,

snelwegen tussen Hasselt en Eindhoven : - Diest
- Luik
- Maastricht
- Genk
snelwegen tussen Diest en - Leuven
- Aarschot
- Tienen
- Beringen

Het gebied wordt gedraineerd door rivieren die behoren tot het Scheldebekken, uitgezonderd de Dommel en de Bolliserbeek die naar de Maas vloeien. De belangrijkste waterloop op het zuidelijke deel van de kaart is de Demer, die van oost naar west stroomt en als zijrivieren de Velp, de Grote Gete en de Herk heeft.

Het noordelijk deel van het kaartblad wordt hydrografisch gedomineerd door de Winterbeek en de Mangelbeek. Vele rivieren en beken werden gekanaliseerd (Demer bij het Schulens meer, de Zwarte beek, de Mangelbeek,...) en een groot aantal kleine kanaaltjes werd aangelegd ter ontwatering van moerassige gronden.

Het Albertkanaal (Antwerpen - Luik) als belangrijke weg voor de binnenscheepvaart loopt doorheen dit gebied.

Het spoorwegverkeer situeert zich vnl. rond Hasselt van waaruit spoorlijnen vertrekken naar Mol, Aken, Hamont, Leopoldsburg, Aarschot en Landen, met daarnaast nog een verbinding tussen Diest en Antwerpen en een spoorverbinding tussen het Albertkanaal en de vroegere steenkoolmijnen van Beringen-Houthalen.

De industrie in het gebied is vnl. geconcentreerd in Hasselt en langs het Albertkanaal in Tessenderlo.

Het bodemgebruik verschilt in het noorden van het gebied t.o.v. het zuidelijke deel:

- het noorden beschikt over een belangrijk bosareaal (vnl. naaldwoud op het plateau) en heidelandschap (natuurgebied), weide (tot 70% van het grondgebruik in Paal) en akkerland zijn ook goed vertegenwoordigd.
- in het zuiden komen meer akkerland en weiden (in de alluviale vlakten) voor, terwijl het bosareaal (loofbos) er beperkt is. Hoogstamboomgaarden en moderne laagstamfruitaanplantingen worden aangetroffen in de omgeving van de dorps- en gehuchtskernen.

1.1.2. Geomorfologie

Op het kaartblad Hasselt kunnen 8 geomorfologische eenheden onderscheiden worden:

- De meest opvallende eenheid is **het Kempens Plateau**. Het is een enorme waaivormige vlakte die zich voor een klein gedeelte op het kaartblad bevindt. De vlakte verbreedt van Z naar N en kent een lichte afhelling naar het noorden (van 78m op het kaartdeel Kermt-Hasselt tot 72m in het noorden van het blad Beringen-Houthalen). Op de topografische kaart is een relatief bruuske overgang waar te nemen van het Plateau naar de lager gelegen gebieden in het westen (die op ongeveer 45m hoogte liggen). Deze overgang is ook opmerkelijk in het landschap. Afgezien van de algemene afhelling van het plateau zijn op het plateau praktisch alle morfologische elementen verbonden met dalinsnijdingen en eolische reliëfs, zowel accumulatieliëfs, de duinen, als komvormige deflatievormen die kunnen omgevormd zijn tot vennen. De westelijke plateaurand is sterk doorsneden door valleien die zich ontwikkeld hebben loodrecht op de plateaurand. Ze zijn opvallend breed, op vele plaatsen moerassig en worden doorkruist door afwateringskanaaltjes. Het brongebied van de voornaamste beken is gelegen in het huidige vennengebied ten oosten van Houthalen. De rivierinsnijdingen geven de plateaurand zijn onregelmatige vorm. Hellingserosie heeft de afhelling van de westelijke plateaurand gevormd.
- Aan de voet van het Kempens Plateau bevindt zich **het Pediment of Glacis van Diepenbeek-Beringen**. Dit is een NW-ZO gerichte strook die continu afhelt in ZW richting. De hoogte varieert er van 50m in het NE tot 35m in het ZW en neemt zachtjes af in ZW richting. De zachte helling van dit erosieglacis verbindt in het Z de alluviale vlakte van de Demer met de steilere helling van de rand van het Kempens Plateau. Het oppervlak van dit gebied is zeer licht golvend door insnijdingen van de rivieren die het plateau draineren. Deze pedimentvorming is verantwoordelijk voor het feit dat op de hellingen van het Plateau, plateaugronden worden aangetroffen. De rivieren hebben er brede en zeer vochtige alluviale vlaktes met talrijke vijvercomplexen.
- Een derde morfologische eenheid is **het Heuvelland van Lummen**. Dit ligt ten westen van de Glacis van Diepenbeek-Beringen en ten N van de Demervallei. Het is een heuvelend landschap, waarvan het oppervlak vnl. gemodelleerd werd door de tertiaire ondergrond en het rivierstelsel. De rivieren die in het Heuvelland van Lummen vloeien, lopen parallel aan de strekking van de heuvels die NO-ZW is. Deze zone gaat naar het ZW over in **het Hageland** dat eenzelfde morfologie kent. Het Hageland ligt slechts voor een klein gedeelte op de kaart. De toppen van de heuvels van het Hageland zijn iets hoger gelegen dan deze van het Heuvelland van Lummen, nl. op gemiddeld 70m, terwijl die in Lummen slechts een hoogte van 50m bereiken.
- Het Heuvelland van Lummen en het Hageland worden van elkaar gescheiden door een vijfde eenheid nl. **de Demervallei**. Die volgt een OZO-WNW richting dwars over het kaartblad. De Demer kronkelt zich in een brede alluviale vlakte en werd op vele plaatsen gekanaliseerd. De Demervlakte is drassig en bevat veel beekjes, afwateringskanaaltjes en enkele vijvers. Aan de rand van de Demervallei komen enkele lage reliëfvormen voor, o.a. ten N van Halen en ten W van Hasselt. Deze langgerekte lage ruggen worden windwallen genoemd en zijn langwerpige 2-3m boven de omgeving uitstekende wallen die tot 1 à 2km lang kunnen zijn. Ze werden gevormd door materiaal dat door de wind uit de toenmalige brede rivierbedding geblazen werd.
- In het ZW van het kaartblad erodeert de Demer door de zuidelijke rand van de Formatie van Diest. Die zuidrand die zeer rechtlijnig verloopt is op basis van de opeenstapeling van de pakketten te bestempelen als **een Cuestafront**. In functie van de resistentie van de samenstellende elementen ontwikkelt zich een typische helling. De zuidhelling van de heuvelrij die het meest zuidelijke voorkomen van de Formatie van Diest aangeeft, is iets steiler dan de NW helling omdat zich daar een helling ontwikkeld heeft in een resistente laag (Formatie van Diest) op een minder resistente laag (Formatie van Bolderberg). De noordhelling is enkel in de Formatie van Diest gevormd. Vbn. de Molenberg ten NO van Loksbergen of de ZO helling van de Kolenberg te Zelem of de ZO rand van de Willekensberg te Lummen.

- De Bolderberg kan als restheuvel beschouwd worden, die door erosie van het cuestafront is afgesneden. Deze cuesta is de zesde morfologische eenheid.
- In de Demervallei kan een speciale zone met een afwijkende morfologie onderscheiden worden, **de Depressie van Halen-Schulen**. Dit is een gesloten depressie van ongeveer 3km lang gesitueerd tussen Halen en Schulen en 2m lager ligt dan de alluviale vlakte stroomafwaarts de depressie. Het is tevens het confluëntiegebied van Gete, Herk, Velp, Mangelbeek en Demer. Deze depressie wordt omringd door rivieren: in het N de gekanaliseerde Demer, in het Z en W de afgeleide Herk en in het O door de Oude Herk. De depressie van Halen-Schulen was een heel moerassig gebied dat thans voor een groot gedeelte ingenomen wordt door het Schulens Meer. Het gesloten karakter van deze depressie wordt veroorzaakt door oeverwallen van de Gete en de Herk.
- Ten zuiden van de Demer situeert zich een gedeelte van **Vochtig Haspengouw**. Het gebied stijgt langzaam vanaf de alluviale vlakte van de Demer. Deze zone heeft geen geaccentueerd reliëf zoals het Hageland maar kan beschreven worden als een glooiend landschap (heuvels tot 40m hoog). De beekjes staan loodrecht op de rivieren en eroderen in de zachte hellingen. Het geheel vertoont een microreliëf, veroorzaakt door de zacht ingesneden riviertjes. Lokaal kan dit reliëf zeer gemarkeerd zijn, wat getuigt van een resistent substraat. Dit deel van Vochtig Haspengouw wordt gedraineerd door de Gete, de Herk en de Velp, rivieren die een brede, op sommige plaatsen moerassige alluviale vlakte ontwikkeld hebben, met veel beekjes en afwateringskanaaltjes.

1.2.Geologie

De ondergrond van het kaartblad behoort tot het Kempens Bekken, een subsidentiegebied ten N van het Brabant Massief, dat vnl. uit kwartsieten en fylladen van Caledonische ouderdom bestaat. Het Kempens Bekken werd tijdens 3 belangrijke subsidentiefasen opgevuld met een sedimentpakket dat naar het N toe dikker wordt. De Z-grens van dit bekken bevindt zich iets ten Z van dit kaartblad, nl. daar waar onder het pakket van Mesozoïsche en Cenozoïsche afzettingen enkel de Caledonische gesteenten voorkomen. Deze lagen werden geplooid en gebroken tijdens de Caledonische gebergtevormingsfase. Ze vormen in de Kempen de sokkel op welke de jongere sedimenten zijn afgezet.

Een eerste subsidentiefase begon in het Midden-Devoon en liep door tot en met het Westfaliaan (Boven-Carboon). De meest zuidelijke verbreiding van deze sedimenten vormt de rand van het Kempens Bekken. Op het einde van de Westfaliaan tijd werden de lagen in het zuiden van het land geplooid en opgeschoven in de Asturische fase van de Hercynische of Varistische vervormingsfase, terwijl het Brabant Massief en het Kempens Bekken slechts verticale bewegingen ondergingen. Hierdoor werden de Paleozoïsche lagen langs steile breuken in blokken opgedeeld en lichtjes scheefgesteld. Op het eind van het Westfaliaan bereikten deze afzettingen hun grootste diagenetische evolutiegraad, waardoor ze nu als zandstenen, schiefers, kalkstenen en dolomieten teruggevonden worden. De steenkoollagen die tot in 1992 werden ontgonnen in Beringen, Heusden-Zolder en Houthalen-Helchteren behoren ook tot dit pakket. Na deze periode bleef het gebied van het kaartblad Hasselt gedurende lange tijd als een continentaal blok boven de zeespiegel uitsteken en was het blootgesteld aan erosie.

In een tweede subsidentiefase komen boven deze top Westfaliaan discordantie, sedimenten van Boven-Perm tot en met Onder-Jura voor. Ze werden afgezet aan de rand van subsidentiebekkens die zich ten N en ten O bevonden. Deze lagen bleven volledig bewaard in de diepste punten van de Centrale Slenk, een NNW-ZZO gerichte slenkzone in het NO van de Kempen waarvan de beide randen afgelijnd worden door breuken. Deze breuken ontstonden bij de opheffing van het Brabant Massief in de Kimmerische fase (laatste fase van de Varistische orogenese) tijdens het Jura. Bij deze opheffing kwamen de lagen in het Kempens Bekken lichtjes scheef te staan en werden ze blootgesteld aan erosie. Zo is te verklaren dat enkel in het NO van het kaartblad nog sedimenten van het Boven-Perm en het Onder-Trias bewaard zijn.

Tijdens een derde fase van subsidentie, die aanvangt in het Boven-Krijt werden opnieuw sedimenten in het Kempens Bekken afgezet. Ze liggen discordant op de Perm- en Triasgesteenten in het N en op de Devoon- en Carboonafzettingen op de rest van het kaartblad. Het materiaal dat in deze periode werd afgezet, bestaat vnl. uit mariene sedimenten. De in hoofdzaak mariene sedimentaire cycli volgen elkaar op tot op het eind van het Tertiair, wanneer het gebied weer boven de zeespiegel uitrijst. Dit pakket dekt de steenkoolterreinen toe en wordt beschreven als de dekterreinen. Het is een naar het N toe wigvormig verdikkend pakket (350m in het SW tot meer dan 700m in het NO van de kaart). De dikte is sterk bepaald door de werking van de Centrale slenk. Op het einde van het Tertiair (voor dit kaartblad vanaf het Midden-Pliocene) ontwikkelt zich een rivierstelsel op de vrijgekomen regressievlakte. Met het terugschuiven van de zee, gaan de rivieren zich dieper insnijden. Dit in combinatie met de hellingserosie, zal het moderne reliëf gaan vormen. Op dit oppervlak worden tijdens het Quartair de laatste sedimenten afgezet. Deze zijn van eolische oorsprong (het zand- en zandleemdek dat voornamelijk tijdens de laatste ijstijd aangebracht werd) of bestaan uit rivierafzettingen waarin zich in het Holocene venen ontwikkelen.

2. OPBOUW VAN HET GEOLOGISCH GEGEVENSBESTAND EN VAN DE GEOLOGISCHE KARTERING

2.1. Gegevens

2.1.1. Aard van de gegevens

Voor de opmaak van de Quartair geologische kaart van het kaartblad Hasselt, werd in hoofdzaak gebruik gemaakt van de herinterpretatie van de archiefgegevens van de Belgische Geologische Dienst, nl. van de dossiers 61 E&W Paal en Tessenderlo, 62 E&W Houthalen en Beringen, 76 E&W Herk-de-Stad en Diest en 77 E&W Hasselt en Kermt. Daarnaast werd ook een beroep gedaan op gegevens van de oude geologische kaarten, de bodemkaarten, de recente Tertiair kaart van Hasselt (1995) voor de omschrijving van het onderliggende Tertiaire substraat en de recente breukenkaart van de Kempen van de hand van Demyttenaere en Laga (1988) voor de lokalisatie van de breuken. Deze gegevens werden aangevuld met bestaande geologische en geomorfologische literatuur omtrent dit gebied, en met de bestaande profielen langs het Albertkanaal opgenomen door Halet bij de aanleg van deze waterweg. Voor bijkomende informatie werden door Geosurvey N.V. op dit kaartblad enkele geoëlektrische metingen genomen.

2.1.2. Gegevensbestand

Alle gegevens die verwerkt werden zijn opgenomen in een gegevensbestand dat geraadpleegd kan worden.

De X- en Y-Lambertcoördinaten van de gegevenspunten worden gedigitaliseerd vanuit de archiefkaarten van de Belgische Geologische Dienst op schaal 1/40.000. Deze brengen we aan, in een Lotus worksheetfile, waarin ook alle andere gegevens betreffende deze punten worden gestockeerd. In zo'n gegevensbestand worden de volgende kolommen opgenomen: X-enY-Lambertcoördinaten, volgnummer in het archief van de B.G.D., soort boring, totale diepte van de boring, dikte van het Quartair, beschrijving van de lithologie van het Quartair, bestaande interpretatie, eigen interpretatie. De gegevens werden onder de volgende codes opgetekend:

Soort boring (vermeld op de boorbeschrijving)

1 ontsluiting	5 kernboring	9 artesische put
2 inspoelingsboring	6 gestoken boring	10 Edelman boor
3 handboring	7 lepelboor	11 zuigboor
4 droge boring	8 sondering	

Beschrijving van de lithologie van het Quartair

1 .leem

L bruine ontkalkte leem	Lv veenhoudende leem	Lkz zandige, kleirijke leem
Lc kalkrijke leem	Lg gleyige leem	Lvz zandige, veenhoudende leem
Lz zandige leem	Ls leem met schelpen	Lzc zandige, kalkrijke leem
Lk kleirijke leem		

2. zand

Z zand	Zlk kleirijk, leemhoudend zand	rZl roestig, leemhoudend zand
Zl leemhoudend zand	Zlv veenhoudend, leemhoudend zand	rZk roestig, kleirijk zand
Zk kleirijk zand	Zlc kalkrijk, leemhoudend zand	rZkv roestig, kleirijk, veenhoudend zand
Zc kalkrijk zand	Zls leemhoudend zand met schelpen	rZv roestig, veenhoudend zand
Zv veenhoudend zand	Zkc kalkrijk, kleihoudend zand	Zgv veenhoudend, grindhoudend zand
Zy ijzerhoudend zand	Zkv veenhoudend, kleirijk zand	Zgy ijzerhoudend, grindhoudend zand
rZ rood (roestig) zand	Zky ijzerhoudend, kleirijk zand	Zyv ijzerhoudend, veenrijk zand
Zg grindhoudend zand	Zkg grindhoudend, kleirijk zand	
Zs zand met schelpen	Zks kleirijk zand met schelpen	

3. klei

K klei	Kc kalkrijke klei	Kzv veenhoudende, zandige klei
Kl leemhoudende klei	Kv veenhoudende klei	Kzs zandige klei met schelpen
Kz zandige klei	Klz zandige, leemhoudende klei	

4. Alluviaal materiaal en opvulgronden

La alluvium	Laks kleirijk alluvium met schelpen	V veen
Las leem met schelpen	Lakv veenhoudend, kleirijk alluvium	Vl leemhoudend veen
Lav veenhoudend alluvium	Lakz zandig, kleirijk alluvium	Vk kleirijk veen
Laz zandig alluvium	Layz ijzerhoudend, zandig alluvium	Vz zandig veen
Lak kleirijk alluvium	Layv ijzerhoudend, veenhoudend alluvium	Vkz zandig, kleirijk leem
Lay ijzerhoudend alluvium	Lakvc kalkrijk, veenhoudend, kleirijk alluvium	S slib, modder
Lazs zandig alluvium met schelpen		H herwerkt materiaal
Lavz veenhoudend, zandig alluvium		O opvulgrond

5. grind

G grind
Gq kwartsieten

Interpretatie

Lz zandleem	Col colluvium
Zl lemig zand	bAll beekalluvium
Z zand	rAll leemhoudend alluvium van de rivieren ten zuiden van de Demer
D duinen	dAll alluvium van de Demer
mt maasterras	ndAll zandrijk alluvium van de rivieren ten noorden van de Demer
Gd dalbodemgrind	

2.2. Verwerken van de gegevens

De informatie verkregen uit de beschrijving van de gegevenspunten wordt geïnterpreteerd in een opeenvolging van verschillende lithologische pakketten. De indeling in die lithologieën is gebaseerd op de criteria vermeld onder de beschrijving van de lithologieën. Het opmaken van de Quartair kaarten gebeurt manueel, op een schaal van 1/25.000, om een gedetailleerd beeld te kunnen geven van de afzettingen.

2.2.1. Diktekaart

Een eerste essentieel onderdeel in de beschrijving en kartering van het Quartair, is het opstellen van een diktekaart, ter aanduiding van de grote diktevariëaties van het Quartair pakket. De gegevens van de B.G.D. werden via een Rockware programma op kaart uitgeplot. Daarop werden de volgende zones afgebakend: 0-1m, 1-4m, 4-10m en >10m. De eerste diktegrens plaatsen we op 1m omdat tot op deze diepte de bodemkaart veel informatie kan verschaffen. Voor de verdere indeling werd voor een geometrische progressie van 3 geopteerd. Dit leidt tot de grenzen op 4m ($1+3^1$) en 10m ($1+3^1+3^2$). Het zou niet verantwoord zijn om vb. om de drie meter een isopach te nemen, omdat het aantal diepe boringen afneemt met de diepte en de onnauwkeurigheid van de isopachlijnen groter zou worden. De meeste handboringen gaan slechts tot op 4m. Gegevens over de dikkere pakketten komen van de enkele diepere boringen en ev. uit publicaties en thesissen, die dan weer handelen over een bepaald gedeelte van het kaartblad.

2.2.2. Profieltypekaart

Als tweede onderdeel van de Quartairkartering wordt de profieltypekaart samengesteld. De lithologische kenmerken vormen een tweede variabele van de Quartaire afzettingen. De grote verscheidenheid in de opbouw van deze afzettingen maakt het irrelevant alleen de aard van de bovenste Quartaire laag aan te duiden. Hetzij voor een wetenschappelijke verklaring, hetzij voor het aanbieden van zo nuttig mogelijke informatie aan de gebruiker is het dan ook essentieel een beeld te verschaffen van de opbouw van het Quartaire pakket. De profieltypekaart is samengesteld op basis van de verticale opeenvolging van de lithologische eenheden die onderscheiden werden. Daarvoor werden eenheden gebruikt die haalbaar zijn op de gebruikte schaal (anders zou het een onoverzichtelijk geheel worden). De profieltypes zijn een combinatie van de volgende lithologische en genetische eenheden: alluviale afzettingen, dekzanden, grindafzettingen, oud alluvium, veen, ijzerrijk alluvium en duinafzettingen.

2.2.3. Profielen

Om een beter zicht te krijgen op de opbouw van het Quartair dek werden enkele profielen doorheen het kaartblad getrokken. Hier werden echter geen rechte profielen genomen maar wel profielen die de kortste weg volgen tussen de gegevenspunten. Omdat bij de eerste methode veel gegevens op een rechte lijn vereist zijn, ofwel een extrapolatie van gegevens van boringen die zich op een zekere afstand van het getrokken profiel bevinden nodig is, kan dit hier niet worden toegepast. Er zijn te weinig boorpunten om voldoende gegevens ter beschikking te hebben bij het trekken van een recht profiel zodat een te grote afstand tussen de punten overbrugd moet worden zonder enig gegeven over de tussenliggende zone. Op deze manier wordt de fout op de profielen heel groot. Extrapolatie is bij Quartair kartering niet verantwoord, omdat de dikte van het Quartair dek heel veranderlijk kan zijn op enkele 10 talen meters afstand. Vandaar dat ervoor gekozen werd profielen te trekken die niet recht doorheen het kaartblad lopen, maar van het ene gegevenspunt naar het andere. Daarbij werden de lijnen waar de gegevenspunten het dichtst bijeen lagen gevolgd (zoals boringen langs de snelwegen). Het is op deze manier wel iets moeilijker om een goed beeld te krijgen van het geheel, maar de fout op de profielen wordt er aanzienlijk door verkleind.

3. GEOLOGISCHE KARTERING

3.1. Ontwikkeling van de geologische kennis

3.1.1. Historiek van het Quartair

	J. Desnoyer (1829) (Tertiaire récent= Quaternaire)	A. Dumont (1849)	A. Rutot (1885)	M. Murlon (1892)	A. Renier (1922)
Groupe Quaternaire	3. Q. supérieur = Moderne				Cenozoïcum * Quartair • Holoceen
	2.Q. inférieur = Diluvium	Boven-Diluvium • Campiniaan (marien) • Hesbayaan (continentaal) Onder-Diluvium (basale grint afzettingen)	• Assise Flandrienne (continentaal) • Assise Hesbayenne (continentaal) • Assise Campinienne (continentaal + marien)	• Flandriaan • Hesbayaan • Campiniaan • Moséaan	• Pleistoceen
Groupe Tertiaire • Plioceen • Mioceen	1.				* Tertiair

Fig. 2: Historiek van het Quartair.

1829

J. Desnoyers onderscheidt een tricyclisch Quartair, hetgeen ook wel 'Tertiair récent' genoemd werd. Het eerste member van dit 'Tertiair récent' kwam overeen met de Plioceen en Oligoceen formaties, welke tegenwoordig volledig als Tertiair beschouwd worden. Het tweede en derde member (Q inférieur en Q supérieur) krijgen respectievelijk de namen Diluvien en Moderne en omvatten het huidige Quartair.

In **1849** wordt het Diluvien verder opgesplitst (A. Dumont) in Onder Diluvien, bestaande uit basale grindafzettingen, en Boven Diluvien. Dit laatste omvat het mariene Campinien (zand) en het meer continentale Hesbayan (leem), twee formaties die als laterale faciës van dezelfde ouderdom beschouwd worden. (Het Hesbayan zou een topografisch hoger gesitueerde deltaïsche zoetwater afzetting zijn, terwijl het Campinien de mariene tegenhanger was.)

1880

E. Van Den Broeck pleit voor een eolische origine van het bovenste gedeelte van het Hesbayan.

1885

A. Rutot en E. Van Den Broeck wijzigen de betekenis van de term 'Campinien', door die op te splitsen in een Boven Flandrien (zanden van Vlaanderen en de Kempen) en een

Onder Campinien. De reden hiertoe was het ontdekken van een grijs lemig pakket onder de Zanden van de Kempen, welke tot dan volgens Dumont enkel een zandige dunne mantel in Vlaanderen en de Kempen omvatte. Het oorspronkelijke Campinien onderging dus een tweevoudige verandering:

- lithologisch was het niet meer de zandige mantel, maar het onderliggende lemige pakket
- chronologisch werd het ouder

Dit leidde tevens tot het onderscheiden van twee verschillende lagen in Dumonts 'Hesbayan', nl. een bovenste geel homogeen leempakket en een onderste grijs leempakket. Het laatste dan equivalent zijn met de nieuw geïdentificeerde Kempense leem. Aan deze pakketten werden de nieuwe termen 'Assise Campinienne Q1', 'Assise Hesbayenne Q2' en 'Assise Flandrienne Q3' toegekend. De Flandrien zanden werden nu beschouwd als niet-mariene alluviale afzettingen,

volgend op de Hesbayen leem. Het Campinien gaat uiteindelijk de eerder gebruikte term ‘Diluvien’ vervangen door het onderbrengen van het onderste grijze leempakket in het Campinien, zoals ook alle zanden en grinden die op plateau’s van verschillende hoogte liggen.

1892

Door de steeds wijzigende betekenis van de term ‘Campinien’ was het mogelijk een nieuwe naam toe te voegen aan de geologische kaart van België. Murlon introduceerde het ‘Moséen’, welke zowel alle plateau afzettingen als de mariene afzettingen rond Antwerpen van Rutot’s Campinien verving, waarbij het grijze leempakket van zowel het Campinien als het Hesbayen gebied weer bij het Hesbayen gevoegd werd. Dit sluit nu ook de grijze lemige afzettingen binnen de zanden van Vlaanderen in. Enkel de dikke grindafzettingen van de Maas op het Kempens Plateau, de zogenaamde Mol zanden en de Kempense kleien, bleven Campinien.

1896

In de tweede legende van de geologische kaart van april 1896 ondergingen het Moséen, het Hesbayen en het Campinien geen grote veranderingen. De inhoud van het Flandrien daarentegen werd aanzienlijk vergroot, als resultaat van het in kaart brengen van de Flandrien afzettingen in de kustvlakte en het zandige gebied ten noorden van Gent.

1899

A. Rutot introduceert de term ‘Brabantien’ als indicatie voor de bovenste eolische gelige leemafzettingen. Deze term werd echter nooit in de legendes gebruikt.

1900

Bij de derde publicatie van de legende werden de Kempense kleien en de Mol zanden bij het Moséen gebracht.

1909

In de vierde editie van de geologische legende werden geen veranderingen aangebracht in de quartaire stratigrafische schaal. Moséen en Flandrien werden beide beschouwd als afzettingen van mariene transgressies, veroorzaakt door subsidentie. Campinien en Hesbayen werden gezien als continentale afzettingen, gedeponeerd na fases van valleinsnijdingen gedurende periodes van opheffing.

In **1910**, op het Xle Geologische Congres in Stockholm, deelt A. Rutot de 5 perioden van zijn systeem in volgens de toenmalig gekende klimaatsfluctuaties. Daar de Günz glaciatie als Pliocene werd beschouwd, werd een driedelige glaciële onderverdeling naar voor geschoven.

Onder Quartair	Moséen	Mindel glaciatie
Midden Quartair	Campinien- Hesbayen	Riss glaciatie
Boven Quartair	Brabantien Flandrien	Riss-Würm interglaciaal Würm glaciaal

Het was ook de periode dat het terrassenconcept meer aandacht kreeg in de Belgische literatuur.

Rutot (**1919**) herkende eerst 3, later 4 terrassen op 100m, 60m, 30m en 3-10m hoogte in het Maasbekken. Zijn pogingen om de Quartaire afzettingen te relateren aan de terrassen leidde tot een nieuw voorstel voor de stratigrafische legende voor het Quartair in België. Het systeem van ‘Moséen, Campinien, Hesbayen, Brabantien en Flandrien’ werd gereduceerd tot

- Quaternaire supérieur
- Quaternaire moyen
- Quaternaire inférieur

1920

A. Rutot beschouwt de Zanden van Mol, welke kiezeloolietlaagjes bevatten, als fluviatiele afzettingen en relateert hen aan de oölitische afzettingen van de hoge plateau’s van de Maas.

1922

De term ‘Cenozoïcum’, welke Tertiair en Quartair omvat, de benaming Holocene voor het Moderne en de benaming Pleistoocene voor het tot dan zogenaamde Quartair, worden ingevoerd (A. Renier).

In **1925** werd de onderverdeling van het Pleistoocene in Onder en Boven Pleistoocene aanvaard, welliswaar met een geografisch onderscheid voor de nomenclatuur van het Boven Pleistoocene tussen kustvlakte en binnenland.

In **1943** wordt een nieuwe start gegeven aan het onderzoek van het Quartair, wanneer Tavernier een nieuwe poging tot classificatie onderneemt. Het belangrijkste punt in zijn benadering was de invloed van de noordelijke glaciaties. Het zwaartepunt lag nu bij een vernieuwd inzicht in de geomorfologische-genetische concepten van de afzettingen, herkend in de vroegere onderverdelingen, zodat nieuwe namen en afzettingen geïntroduceerd werden. Het Moséen bevatte in Taverniers classificatie de Mol zanden, Kempense kleien en alle plateau terrasafzettingen (inclusief de oölitische kwartsgrinden en alle hoogterras residuele grinden). Het Campinien (het Kempens Hoogterras en alle hoge terrassen in Zuid-België) werd nu gerelateerd met het eerste gedeelte van het Riss. Het tweede gedeelte werd verbonden met de eolische leem van het Hesbayen en de middelterrassen.

Tavernier zorgt voor een verdere onderverdeling van het Flandriaan in Onder-Flandriaan, welk de Würm glaciale afzettingen omvat en een Boven-Flandriaan of Post Glaciaal, grotendeels gedomineerd door de twee Flandriaan transgressies ('Assise de Dunkerque' en 'Assise de Calais').

1948

Tavernier onderscheidt voor het eerst, in de leemafzettingen van het Würm, drie assises die drie stadialen vertegenwoordigen:

- Ergeron inférieur
- Ergeron moyen
- Ergeron supérieur

gescheiden door twee interstadialen.

1949

G. Manil neemt die onderverdeling over bij de beschrijving van quataire afzettingen in Mazy.

1954

Nieuw onderzoek, onder meer het ontdekken van 3 lösspakketten, elk gescheiden door een bodemhorizont en als geheel boven de Oostendse zanden gelegen, leidde tot het aannemen van een Riss-Würm ouderdom voor deze laatste. Dit verving de term Eemien, die sinds dan enkel gebruikt wordt voor de Nederlandse dekzanden.

Het Onder-Flandrien wordt vervangen door Würm I, II en III. In diezelfde periode verscheen Gullentops werk waarin hij een nieuwe inhoud gaf aan termen zoals Brabantien en Hesbayen en ook nieuwe namen creëerde zoals 'Hennuyen'. Het Brabantien staat voor het gelige eolische deel van de loess, Hesbayen voor het bruin-grijs midden deel (in het begin van de eeuw waarschijnlijk Campinien genoemd).

Niet enkel de lithologische facies werden gedetermineerd, ook bepaalde grenshorizonten werden geïntroduceerd.

Twee bodemhorizonten: Kesselt bodem (bruin, zwak ontwikkeld) en de Rocourt bodem (rood, sterk ontwikkeld) maken de grens uit tussen resp. Brabantien-Hesbayen en Hesbayen-Hennuyen. Deze bodems zijn een continue expressie van resp. het Riss-Würm interglaciaal en een interstadiale fase in het Würm.

1967

Het Laat Pleistoceen wordt lithostratigrafisch verder opgedeeld. Boven de Rocourt bodem ligt een grijze solifluctie laag waarvan de top de A horizont van een steppe bodem is, welke zich vormde na de initiële solifluctie. Vroeger (1963) kreeg deze bodem reeds de naam Warneton bodem.

1970

Bastin neemt een drieledige onderverdeling van de Würmafzettingen aan, met daarin vijf interstadialen.

1976

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

Gent Formatie:

- het bovenste gedeelte van de Zanden van Vlaanderen (q4l, q4sl)
- Ertvelde dekzanden
- Zelzate bodem
- Lembeke venige klei

Gembloux formatie:

- q3n, q3m en q3ms van het Hesbayaan van de geologische kaart
- Brabantiaan
- Kesselt bodem
- Hesbayaan

3.1.2. Historiek van het kaartblad Hasselt

Kaartblad jaar Auteur schaal	Diest - Herk-de-Stad 1895 M. Van den Broeck 1:40.000	Tessenderlo - Paal 1897 M. Murlon 1:40.000	Beringen - Houthalen 1898 M. Murlon 1:40.000	Kermt - Hasselt 1904 M. Murlon 1:40.000
Holoceen	Système Quaternaire Moderne dunes ale e alt alm alfe	Quaternaire supérieur ou Moderne dunes e alm alt t alfe	Quaternaire supérieur ou Moderne e alm alt t alfe	Quaternaire supérieur ou Moderne dunes e alm alt t alfe
Pleistocene	Système Quaternaire Diluvien Flandrien q4l q4sl q4 Hesbayen q3o q3ms q3m Campinien q2o q2m	Quaternaire inférieur ou Diluvien Flandrien q4	Quaternaire inférieur ou Diluvien Campinien q2s q2n Moséen q1s	Quaternaire inférieur ou Diluvien Flandrien q4 4l Hesbayen q3m q3ms Campinien q2s q2n Moséen q1s

Fig. 3: Historiek van het kaartblad Hasselt.

Godwin-Austin (**1866**) beschouwde de Kempense duinen als fossiele mariene duinen die een duinenrij vormden die parallel lag aan de Bolderiaan kust

1879: Een gedeelte van Limburg zou bedekt zijn met eolische zanden (duinen) afkomstig van oude mariene duinen, die zich naar het binnenland zouden verplaatst hebben (Ubaghs).

1895

In dit jaar verscheen de eerste uitgave van de geologische kaart van het kaartblad Diest - Herk-De-Stad, op schaal 1:40.000. De auteur van deze kaart was M. Van den Broeck. Hij deelde het Quartair als volgt in:

- Système Quaternaire supérieur of Moderne, bestaande uit:
 - duinen
 - ale: leem of lemig zand herwerkt van de hellingen
 - e: detritisch materiaal
 - alm: modern alluvium van de valleien
 - alt: weinig alluvium en veen
 - alfe: ijzerhoudend alluvium
- Système Quaternaire inférieur of Diluvien
 - Flandrien:
 - * q4l: leem, dikwijls zandig
 - * q4sl: kwartsrijk zand met lemige zones
 - * q4: kwartsrijk zand met grind aan de basis
 - Hesbayen:
 - * q3o: keien, grind en zand
 - * q3ms: gestratificeerd zand
 - * q3m: grijze, kleiige leem
 - Campinien:
 - * q2o: herwerkt Tertiair zand
 - * q2m: silex keien

1897: De geologie van het kaartblad Tessenderlo - Paal werd door M. Murlon opgetekend op schaal 1:40.000. De legende die hij gebruikt is dezelfde als deze voor het kaartblad Diest - Herk-De-Stad, wat betreft het Quaternaire supérieur, behalve dat hij op dit blad geen leem of zandige leem onderscheidt en een aparte onderverdeling maakt voor het veen. Van het Diluvien werd hier enkel het Flandrien waargenomen, beschreven als ‘sable supérieur ou remanié de la Campine, souvent graveleux avec cailloux de silex jauni et de quartz blanc et noir ainsi que des roches primaires à la base’.

1898: De geologische kaart (1:40.000) van Beringen - Houthalen, opgesteld door M. Murlon, kreeg voor het Moderne dezelfde legende mee. Van het Onder Quartair of Diluvien werden twee eenheden aangetroffen, nl. het Campinien en het Moséen. Het Campinien werd onderverdeeld in:

- q2s: wit-geel-grijs, kwartsrijk zand, grindrijk met keien
- q2n: grof zand, grind en keien van silex, kwarts en primaire gesteenten

en het Moséen:

- q1s: wit, kwartsrijk zand, groenig geel en grijsachtig, grof

1904: Als laatste van de 4 kaartbladen werd in 1904 een eerste versie van de geologische kaart van Kermt - Hasselt uitgegeven (M. Murlon), op schaal 1:40.000. De legende voor het boven Quartair blijft dezelfde als voor het kaartblad Diest - Herk-De-Stad. Het Diluvien is hier het meest uitgebreid:

- Flandrien:
 - * q4: herwerkt zand van de Kempen
 - * q4l: zandige leem
- Hesbayen:
 - * q3m: grijze, kleiige leem met keien aan de basis
 - * q3ms: kwartsrijk zand, lichtjes glauconiethoudend, met sporen van schelpjes (Kermt)
- Campinien:
 - * q2s: wit-geel-grijs, kwartsrijk zand, grindrijk
 - * q2n: grof zand, met grind en keien van silex, kwarts en primaire gesteenten
- Moséen:
 - * q1s: groenig geel, grijs, wit kwartsrijk zand, grindrijk

In **1913** onderzocht Kürtz de oppervlaktegrinden over een relatief groot gebied van het Kempens Plateau en onderscheidde 160 typische Rijngesteenten en 80 typische Maasgesteenten. Als meest westelijke grens voor de Rijnafzettingen stelde hij de lijn Tüddern-Luyckgestel voor.

Keilhack (**1917**) vergelijkt de Belgische inlandse duinen met continentale duinen in Duitsland en beschouwt ze als rivierduinen daterend uit het Boreaal. Ze zouden onafhankelijk zijn van de lössafzettingen.

Lévy (**1921**) stelt dat de landduinen enerzijds gevormd werden vanuit de tertiaire formaties en anderzijds vanuit de rivierdalen. Hij neemt aan dat ze meestal ZW-NO gericht zijn en van postglaciale ouderdom zijn.

In zijn ‘Opmerkingen over de morfologie van België’ van **1931** beschrijft Ch. Stevens een ‘cuvette’ in de alluviale vlakte van de Demer tussen Halen en Schulen.

Nogmaals in **1931** bespreekt Stevens de betekenis van de morfologie van de Kloosterberg en de Parelsberg. Hij vermeldt dat de zuidhelling gemodelleerd werd door de oude loop van de Zwartebeek via de Lange Beek.

In **1932** schrijft Stevens de depressie van Halen-Schulen toe aan een late tektonische activiteit, waarvoor hij diverse argumenten aanhaalt :

- een synclinale in de sokkel en aan de top van het Krijt (Rutot, 1884)
- een synclinale aan de basis van het Pliocene (Halet)

Hij sluit evenwel niet uit dat de depressie te wijten kan zijn aan een ‘accident sédimentaire’. Het kleine verhoog naast de depressie zou een alluviale waaier van de Gete zijn. Stevens vermeldt ook dat de depressie in de Middeleeuwen niet dominant was, op die plaats was toen een dorp gevestigd.

1932: Tweede atlas van België. Quartair geologie (R. Marechal).

1934: Stevens vermeldt de aanwezigheid van de fossiele loop van de Zwartebeek (waar nu de Begijnebeek - Lange Beek stroomt). De toenmalige loop werd afgesneden door de Grote Gete. De Demer zou volgens Stevens op een tektonische depressie in de sokkel rusten omdat de origine van de vallei niet te verklaren zou zijn door normale erosiewerken.

1936: Vanaf het moment dat twijfel begint te rijzen omtrent de mariene origine van de inlandse duinen, wordt de hypothese van de fossiele mariene duinen verworpen. Maar een andere vormingswijze kende men niet. Men nam dan algemeen aan dat continentale duinen tot het Holoceen behoorden, een veronderstelling die ook gedeeld werd door Cornet en Halet.

1943: L. Peeters beschouwt de continentale duinen van België van de Boreaal of Subboreaal-periode in het Holoceen. De voorwaarden die hij stelt voor duinvorming zijn:

- droog klimaat
- constante dominante windrichting
- sterke wind
- geen of weinig vegetatie

Daaruit concludeert hij dat de duinen niet recent kunnen zijn. De mineralogische samenstelling van de duinzanden van de Kempen toont aan dat de zanden een kort traject afgelegd hebben en van de dekzanden van de Kempen afkomstig zijn. De zanden zijn volgens hem goed gesorteerd maar bevatten toch veel fijn materiaal (gevoerde verwerking).

Zonneveld (**1947**) vermeldt dat ter hoogte van de lijn Tüddern-Luykgestel de Maaszanden zouden aansluiten op de zanden van de Formatie van Sterksel (in Nederland).

1956: De volgende Quartair geologische opbouw werd gebruikt bij het opstellen van de verklarende tekst horende bij de pedologische kaarten (Scheys 1956, Scheys & Baeyens 1960, Baeyens 1967; 1968; 1970 en 1971):

Holoceen: recent alluvium in de valleien
 recent colluvium langs de valleiranden
 veen in de valleien met gering verval
 stuifzand in de landduinen

Post- Pleistoceen: eolische of semicolluviale vermenging van Tertiair en Pleistoceen materiaal

Pleistoceen: dekzand onder de vorm van zand en lemig zand
 grindafzettingen van de Maas (Mindel).

1957: F. Gullentops stelt dat de heuvels van het Hageland relictten zijn van tertiaire (Diestiaan) zandbanken, gevormd voor de Diestiaankust en vergelijkt deze heuvels met de Vlaamse Hoofden voor de recente Belgische kust.

Edelman en Maarleveld (**1958**) vonden dat de duinzanden minder leem bevatten dan de dekzanden. Ze namen aan dat de wind tijdens het pleniglaciaal uit het NW kwam en tijdens het Tardiglaciaal een W-ZW richting aannam.

1960: G. Wirix onderzocht de grinden en zware mineralen van het Kempens Plateau en besluit dat de zware mineralen van de Rijn zuidelijker voorkomen dan de Rijngrinden. Dit verklaart hij door ofwel zandige overstromingen of door een grotere gevoeligheid van het zandonderzoek.

De Ploey (**1961**) plaatst de duinen van de Antwerpse Noordenkempen in de Formatie van Beerse als granaatrijke H-stuifzanden, welke rusten op de Formatie van Wildert en jonger zijn dan de stuifzanden van de Formaties van Meer en Kalmthout (recentere verwaaiingen). Hij brengt de afzettingen overeen met de gekende Tardiglaciaal stratigrafie:

- Dryas 1 of Oudste Dryas (14.500 - 11.400) koude periode
- Bølling (11.400 - 10.600) eerste opwarming
- Dryas 2 of Oude Dryas (10.600 - 10.000) nieuwe verkoeling
- Allerød (10.000- 8.800) nieuwe opwarmingsfase
- Dryas 3 of Jong Dryas (8.800 -8.300) laatste afkoeling

1963: Patijn besluit dat de westelijke rand van het Kempens Plateau samenvalt met de Breuk van Rauw.

Van der Lijn (**1963**) vermeldt in zijn Keienboek dat verschillende van de typische gesteenten vermeld door Kürtz in beide rivieren voorkomen en zo hun rol als gidsgesteente verliezen. De typische Rijngesteenten die hij definieert zijn:

grauwacke-agaat, chalcedoon, Naheporfier, Trachiet, basalt, malefier, Bundsandstein, rode Devoon zandsteen. Deze typisch voor de Maas zijn: hoekige silex, porphyroïde van Mairus, Revinienkwarsiet en Burnotconglomeraat.

1970: Eerste atlas van België (R. Marechal en R. Tavernier)

1973: I. Mathys verklaart dat de depressie van Halen -Schulen uitgeschuurd is in de goed erodeerbare Bolderiaan zanden. De depressie is volgens hem niet ontstaan door tektoniek maar uit een samenspel van de structuur van de ondergrond en de confluentie van het riviernet. Hij situeert in het Goerendal een oude Demerloop die door accumulatie herleid werd tot de huidige loop. Hij herkent windwallen en verlaten zijvalleien aan de rand van de depressie.

1974: L. Wevers stelt op basis van onderzoek van de lichte mineraalfraction in de plateau-afzettingen, dat de Rijninvloed merkbaar is tot ten N van de lijn Houthalen - Neeroeteren.

1976: Paepe en Vanhoorne beschouwen het Kempens Plateau als een 'fan shaped deposit' en situeren de vorming ervan in het Menapien (Elster).

1977: J. De Ploey beweert op basis van waarnemingen in Kalmthout dat de deflatie heel dikwijls gebeurt op natte duinzanden, gedurende of juist na een hevige regenbui. Duinvorming kan dus volgens hem onder zowel natte als droge omstandigheden.

In **1981** worden door F. Gullentops, E. Paulissen en J. Vandenberghe windwallen beschreven langs de Dijle, de Demer, de Nete en de Gete (Fig.). Ze worden beschreven als eolische zandlemige accumulaties, uitgeblazen uit de riviervlakte. De wallen worden onderbroken door kleine zijbeekjes. De wallen zijn het best ontwikkeld aan de zuid- en westzijde van de alluviale vlaktes. Gedurende het Brabantiaan waren de alluviale vlaktes dus goede lokale bronnen van eolisch materiaal, waarvan de grove fractie later de windwallen vormde.

1981: De afzettingen op het Kempens Plateau worden aanzien als de afzettingen van een 'braided river', fundamenteel verschillend van de afzettingen van de huidige Maas. Op basis van de fluviatiele karakteristieken wordt aangenomen dat de afzettingen periglaciaal zijn. De grindafzetting wordt geplaatst in de Elster glaciatie.

3.2. De diktekaart

3.2.1. Inleiding

Vooraleer aan te vangen met de beschrijving van de diktekaart moet duidelijk besteld worden dat dit slechts een hypothetische kaart is. Het is reeds vroeger gebleken dat de dikte van het Quartair heel sterk kan variëren van plaats tot plaats. De kaart geeft wel een goed beeld maar om detailinformatie te verkrijgen over een bepaald deel van de kaart moet toch ter plaatse een grondige studie doorgevoerd worden. De gegevens van de B.G.D. werden geherinterpreteerd en aangevuld met de gegevens van de pedologische kaart.

3.2.2. De invloed van het Quartair op het reliëf

3.2.2.1. Reliëfnivellering door het Quartair

Eolische dek

Uit de profielen, de bodemkaart en de boringen blijkt dat de eolische mantel heel dun is op steile hellingen en soms op heuveltoppen, terwijl dit veel dikker is op de zwakke hellingen (meestal de westelijke hellingen) en in de depressies. Het reliëf aan de top van het Tertiair wordt door deze afzettingen differentieel afgezwakt.

Alluviale opvullingen

Reliëfnivellering in de dalen kan ook veroorzaakt worden door afzetting van colluvium, beekalluvium en rivieralluvium. De dalen worden opgevuld en de hellingen worden zwakker. Deze opvullingen kunnen dan 10m bedragen.

3.2.2.2. Reliëfvorming door het Quartair

Eolisch

Het Quartair kan ook reliëfopbouwend zijn langs de rivieren door de vorming van windwallen waardoor het Quartair een aanzienlijke verdikking ondergaat. Ook de vorming van duinen is een voorbeeld van reliëfvorming in het Quartair.

Fluviatiele erosie

De erosie in de bovenloop van beekjes zorgt ervoor dat deze dieper worden en eventueel hellingsopwaarts achteruitschreden vb. de beekinsnijdingen aan de rand van het Kempens Plateau.

3.2.3. Bespreking van de diktekaart

3.2.3.1. Dikte van het Quartair van 0 tot 1m

Het Quartair komt niet overal voor of is niet overal een dikke afzetting. Deze zones bevinden zich meestal op de topografische hoogtes, waar ofwel tertiaire formaties dagzomen of het quartaire dek heel dun is. Ook op steile hellingen worden deze opgemerkt. Op de bodemkaart vallen deze zones veelal samen met het 'Zafe' bodemtype: een zandgrond met weinig humus, ontwikkeld op een gelige-groenige stenige ondergrond (Tertiair, zand van de Formatie van Diest), of met bodems met geelachtig of groenachtig materiaal of kleisubstraat op geringe diepte. Voorbeelden van interfluvia waar een heel dun pakket Quartair aanwezig is, zijn de Willekensberg in Lummen, de Luienberg in Assent en de Blaasberg in Diest. Ook op de steile hellingen van de Hermansberg in Assent, de Kluisberg in Rijnrode en de Blakenberg en Bokkenberg tussen Webbekom en Loksbergen worden slechts dunne pakketten Quartair teruggevonden. Meestal zijn de steilere oosthellingen van de heuvels met een dunner pakket bedekt dan de zachtere westhellingen. Deze zones worden met een oranje omlijning aangeduid op de diktekaart.

3.2.3.2. Dikte van het Quartair van 1 tot 4m

De tweede grens werd op 4m vastgelegd, omdat nog goede handboringen verricht kunnen worden tot op 4m diepte. Deze zone komt overeen met o.a. beekalluvia, de randen van rivieralluvia, soms op topografische hoogtes en op zachte hellingen. Deze zone is de overgang tussen 0-1m en 4-10m. Voorbeelden van het voorkomen van deze zone zijn: beekalluvia op het kaartdeel Hasselt, bepaalde plaatsen op het Kempens Plateau, de gebieden tussen de heuvels in het Heuvelland van Lummen en het Hageland. Deze gebieden bevinden zich op de diktekaart tussen de oranje en blauwe lijnen.

3.2.3.3. Dikte van het Quartair van 4 tot 10m

Omdat er minder boringen beschikbaar zijn die deze diepte bereiken, is het ook moeilijker om deze zone met dezelfde nauwkeurigheid af te bakenen. De pakketten dikker dan 4m en dunner dan 10m worden vooral aangetroffen aan de randen van de brede valleien en op dit kaartblad nemen deze valleien ook grote delen van het Kempens Plateau in. De plaatsen waar duinen voorkomen, waar ondiepe tertiaire valleien opgevuld zijn met quartair materiaal en waar windwallen waargenomen worden, kunnen ook in deze zone opgenomen worden. Deze zone situeert zich tussen de blauwe en de paarse lijnen.

3.2.3.4. Dikte van het Quartair >10m

De 10m grens wordt via geometrische progressie bepaald (4+2x3). De dikste quartairafzettingen komen voor in de valleien (Demer, Velp, Gete), oude verlaten insnijdingen van rivieren (valleien van de tegenwoordige Zwartebeek, Winterbeek, de alluviale vlakte van de Demer) en geulinsnijdingen binnen de terrasafzettingen op het Kempens Plateau. De zones met een Quartair pakket dat dikker is dan 10m bevinden zich binnen de paarse lijnen. Omdat de geulinsnijdingen binnen de terrasafzettingen op het plateau niet met zekerheid kunnen gesitueerd worden, worden ze met een paarse streepjeslijn aangegeven.

3.3. De profieltypekaart

3.3.1. Beschrijving van de lithologie

3.3.1.1. Grindvoorkomens

3.3.1.1.1. residueel grind

Op het contact van het Tertiair met het Quartair wordt meestal een residuele grindlaag aangetroffen. Ze bestaat uit gerolde, kleine en zwarte silexen (met dikwijls ook blauwe gerolde vuursteenkeien, geremaniëerde grinden van de Ardennen en gesilicifieerde schelpfragmentjes). Deze gerolde silexen kwamen oorspronkelijk voor op de tertiaire stranden. Ze werden overdekt door nieuwe afzettingen en bevonden zich dus bij een transgressie aan de basis van de nieuwe formatie. vb. de basis van de Rupelgroep (basis van de Formatie van Boom en de Formatie van Bilzen) wordt gekenmerkt door platte zware schuifkeien afkomstig van de Boulonnais. Deze keien werden door de golfslag op het zandstrand van de Boulonnais (Noordzee) afgesleten, de vlakste keien werden door de kustdrift meegevoerd. De basis van de Formatie van Bolderberg bestaat uit blauwe rolkeien, afkomstig van de toenmalige krijtkliffen in Zuid-Limburg.

De basis van de zanden van Diest remaniëerde de vorige zanden in diepe geulen. Het emersiestrand werd echter gekenmerkt door minder perfect gerolde tot grillige keien. Ze vertonen afgesleten delen en ruwe plaatsen, waarop de slagkegels veroorzaakt door botsing van de keien nog goed te zien zijn. Dit getuigt van een snel transport en een belangrijke stroming. Sinds die tertiaire afzettingen weggeërodeerd zijn, zijn die rolkeien aan de oppervlakte komen te liggen en hebben ze verwerings in diverse klimaten meegemaakt. De meeste keien zijn door de vorstwering stukgesprongen in scherpe fragmenten. Veelal komen gebleekte keien voor, die bij doorslag een bleke kring vertonen (cacholong ring). Allereerst kan een grindafzetting dus ontstaan zijn door het wegeroderen van tertiaire lagen: **residueel grind of restgrind**.

vb. resten van het basisgrind van de Formatie van Bolderberg (grind van Elsloo) zijn nog terug te vinden op het kaartdeel Kermt - Hasselt ten W van Hasselt en ten Z van de Demer. Niet enkel het basisgrind maar ook resten van de interne grinden van de Formatie van Bolderberg (grind van Opgrimbie en grind van Terlamen) kunnen teruggevonden worden op het kaartdeel Kermt - Hasselt, ten N van Zonhoven. Als deze voorkomens vergeleken worden met de tertiaire kaart dan valt op te merken dat de resten van de interne grinden juist ten Z van hun dagzoom aan de top van het Tertiair aangetroffen worden. Deze grinden bestaan uit onregelmatige, platte, afgeronde silexen, bruinzwarte zandsteenbrokjes en gesilicifieerde schelpen.

vb. grote blauwzwarte vuursteenkeien (dikke eivormige of kleine platte) vormen het basisgrind van de Formatie van Diest. Restgrinden van deze formatie worden aangetroffen ten Z van de zuidelijke grens van de formatie nl. ten Z van Halen.

3.3.1.1.2. pediment

In een uitgestrekte zone (enkele kms breed) aan de basis van een helling kunnen grinden geconcentreerd worden in een dunne afzetting die als **pediment of glacis** beschreven wordt. Het sediment wordt door rivieren en beekjes of door het proces van hellingserosie hellingsafwaarts getransporteerd en aan de voet van de helling in een brede band .

vb. het Glacis of Pediment van Diepenbeek-Beringen, aan de basis van de W-rand van het Kempens Plateau. Op de bodemkaart komen grinden voor tot in Beringen.

3.3.1.1.3. terrasgrinden

De grinden kunnen ook verzameld worden op vervlakkingen langs rivierdalen, waarin de rivier in een volgende fase ingesneden is. Deze afzettingen worden **terrasgrinden** genoemd. Deze weerstandsbiedende laag kan aanleiding geven tot reliëfsinversie. Deze grinden zijn afkomstig van het Kempens Plateau.

vb. mogelijk terrasgrind langs de Demer ten N van Kuringen.

3.3.1.1.4. *dalbodemgrind*

Tenslotte wordt nog een vierde soort grindafzetting onderscheiden, nl. **het dalbodemgrind**. Dit is een rivieraccumulatie van grind in de oudere of recente rivierdalen. De grinden zijn herwerkt vanuit de hierboven besproken accumulaties en restgrinden.

vb. profiel door de Demer, profiel langs de autoweg.

3.3.1.2. *Alluviale afzettingen*

3.3.1.2.1. *Rivieralluvium*

Afzettingen van de rivieren ten Z van de Demer (Gete, Herk, Velp):

Deze rivieren zijn ingesneden in de Formatie van Boom. Hun beekjes voeren materiaal aan uit de Formaties van Boom, Bolderberg, Diest en Eigenbilzen. Aan de basis van de alluviale afzettingen komt meestal een pakket herwerkt materiaal van de Formatie van Boom voor met daarop een fijn grijs zand (uit de Formatie van Eigenbilzen) ev. vermengd met enkele silexkeitjes (uit de Formatie van Bolderberg). Het bovenste gedeelte van de rivierafzetting bestaat uit lemig zand of zandleem dat afkomstig is van het zandlemig dekpakket op de interfluvia. In deze sedimenten kan ook nog leem vermengd zijn dat door de rivier aangevoerd werd vanuit het leemgebied ten zuiden van het kaartblad.

Voor de lithologische onderverdeling van deze afzettingen wordt gebruik gemaakt van de benamingen in eerste instantie voorgesteld door P. De Smedt (1973) bij de beschrijving van het Dijle alluvium in de streek rond Leuven en aangevuld door P. Diriken (1982).

De **Formatie van Arenberg** die deze afzettingen omvat, wordt opgedeeld in leden:

- het **Lid van Kortesse** omvat alle basale essentieel detritische sedimenten, gekenmerkt door eolische en fluviale structuren.
- het **Lid van Rotselaar**: dit omsluit alle venen gelegen tussen de grove fluviale zanden onderaan (laatglaciaal of pleniglaciaal) en de venige kleien bovenaan. Deze veengroei kan reeds in de Allerød een aanvang genomen hebben. Met mogelijk een korte onderbreking in het Jongere Dryas is de veengroei continu tot in het Atlanticum. Tot dit lid behoren ook alle beddingssedimenten voor zover ze te onderscheiden zijn van de onderliggende fluviale zanden.
- het **Lid van Korbeek-Dijle** bevat alle lemen en kleiige lemen, soms sterk venig, die rusten op het Lid van Rotselaar en mogelijk afgedekt zijn met een bodem. Ze liggen onder lemen en zandige lemen. Ze kunnen afgezet zijn vanaf het Atlanticum tot aan de massale ontbossingen (Vroege Middeleeuwen).
- het **Lid van Rotspoel** omvat alle lemen en zandige lemen die nu meestal in de valleien aan de top liggen en afgezet zijn sinds de ontbossingen (Middeleeuwen). Intern vertonen zij een horizontale gelaagdheid en een discontinuïteit in alluvatie. Deze alluvatie vindt zijn oorsprong in een menselijke ingreep op het landschap.

Alhoewel de lithostratigrafische benamingen van het alluvium van de Dijle worden gebruikt moet toch opgemerkt worden dat de afzettingen van de rivieren ten Z van de Demer op het kaartblad Hasselt afzettingen kennen die iets zandiger zijn dan deze van de Dijle omdat deze laatste in een leemrijker gebied stroomt dan de rivieren in kwestie die in de zandleemstreek vloeien.

Alluviale afzettingen van de Demer:

De Demer erodeert in het oostelijk deel van het kaartblad in de Formaties van Boom, Eigenbilzen en Bolderberg. Op het westelijk kaartdeel stroomt hij door de Formatie van Diest. Het alluvium van de Demer is een vermenging van de alluviale afzettingen van de rivieren ten N en ten Z van de Demer. De zijrivieren van het N voeren materiaal aan dat afkomstig is van het Kempens Plateau (zand en grind), gele dekzanden en grof zand van de Formatie van Diest. De zijrivieren vanuit het Z brengen tertiair materiaal aan (grijs zand van de Formatie van Bolderberg, grijs Eigenbilzen Zand, silexkeien en schelpenfragmentjes van de Bolderberg, Klei van de Formatie van Boom) en lemig materiaal van het dekpakket.

vb. boring 236 Diest, in deze alluviale vlakte ten N van Diest

0,00m - 1,00m: vaste bruine leem

1,00m - 2,00m: grijsgele vaste leem met zoetwaterschelpen (*Helix*)

2,00m - 2,50m: leemachtig geel zand

2,50m - 3,00m: grijsbruine leem met plantaardige stoffen

3,00m - 3,50m: zeer fijn geel zand

3,50m - 4,00m: fijn bruin zwart zand met vivianiet
 4,00m - 4,50m: grijze zandige leem
 4,50m - 5,00m: fijn kwartsachtig grijsgroen zand
 5,00m - 6,00m: fijn grijsgeel zand
 6,00m - 7,00m: kwartsachtig grijsgeel zand
 7,00m - 12,00m: grof kwartsachtig grijsgeel zand met gerolde vuurstenen

Alluviale afzettingen van de rivierstelsels ten N van de Demer (Mangelbeek, Zwartebeek, Winterbeek):

Deze stelsels hebben hun bronnen in het Kempens Plateau en kunnen van dit plateau zandig materiaal met grinden aanbrengen, vermengd met gele dekzanden. Deze rivierstelsels zijn in de Formatie van Diest ingesneden, zodat aan de basis van de alluviale afzetting een pakket herwerkt Zand van Diest te vinden is (ten zuiden van het meest zuidelijke voorkomen van de Formatie van Diest is het in de Formatie van Bolderberg ingesneden). Op verscheidene plaatsen heeft zich op deze zanden een ijzerrijk alluvium of een veenlaag gevormd.

Voor de opdeling van deze afzettingen in lithostratigrafische eenheden werd gebruik gemaakt van de door Paulissen en Munaut benoemde geologische eenheden, geïntroduceerd bij een studie van de afzettingen in een sectie door de vallei van de Kleine Nete bij Herentals. De twee eenheden die duidelijk litho-, bio- en chronostratigrafisch van elkaar onderscheiden kunnen worden zijn:

Het **Lid van Vuilvoort** wordt beschreven als afzettingen, opgebouwd uit een veenlaag die zich uitstrekt doorheen de ganse vallei en die naar onder toe aangerijkt wordt in fijn homogeen alluviaal materiaal. Deze eenheid komt overeen met een periode van fluviatiele stabiliteit gedurende het Allerød. De afzettingen van dit lid overdekken de zeldzame getuigen van een oudere fluviatiele evolutie.

Het **Lid van Addernesten** wordt gekenmerkt door laagjes van fijn zand die een duidelijke horizontale en subhorizontale gelaagdheid tonen. Dit lid wordt opgebouwd door fluviatiele accumulaties die gedateerd zijn als van het Jong Dryas. Deze opvullingen kunnen gerelateerd worden met een versnelde erosie in het bekken, veroorzaakt door het verdwijnen van de bosvegetatie.

Op de Quartair kaart kan door gebrek aan bruikbare gegevens geen onderscheid gemaakt worden tussen deze beide leden.

3.3.1.2.2. Beekalluvium

Dit wordt van rivieralluvium onderscheiden door de locatie van het beekalluvium in ondiepe smalle valleien (tot ong. 4m diep) met een permanente waterloop, terwijl het rivieralluvium zich bevindt in diepere en bredere valleien (dieper dan 4m).

De samenstelling van het beekalluvium is sterk afhankelijk van het substraat waarin de beekjes eroderen en van de omliggende lithologie. De samenstelling van het rivieralluvium wordt bepaald door het substraat van het brongebied van de rivier en de omliggende lithologie van de beekjes die in de rivier uitmonden. Het beekalluvium ten N en ten Z van de Demer werd om deze reden afzonderlijk besproken.

De beekjes ten N van de Demer

De beekjes hebben een alluvium dat zandig is (herwerkt zand van de Formatie van Diest, vermengd met dekzand) vb. boring 168 Paal , een zijbeekje van de Grote Beek - Winterbeek, ter hoogte van Hulst

0,00m - 0,30m: bruin zand
 0,30m - 0,50m: geelgroen zand
 0,50m - 1,00m: lichtgroen zand met vegetatieresten
 1,00m - 1,30m: groen zand met rode limonietlaagjes
 1,30m - 1,50m: groen zand
 1,50m - 2,00m: geelbruin zand
 2,00m - 2,30m: geelgroen zand
 2,30m - 2,50m: groen zand, licht glauconiethoudend
 2,50m - ... : Formatie van Diest

Deze beekjes zijn ingesneden in de Formatie van Diest of in de Formatie van Bolderberg (ZO deel van het gebied ten N van de Demer).

Het beekalluvium ten Z van de Demer

Dit beekalluvium is daarentegen opgebouwd uit herwerkt Tertiair vermengd met zandleem van de deklagen op het interfluvium. vb. boring 152 Diest, de Yzerenbeek ter hoogte van Loksbergen.

0,00m - 1,00m: bruine zandige leem

1,00m - 1,60m: gevlechte, vettige zandige leem

1,60m - 2,10m: zandige leem

2,10m - 4,00m: grijsbruine kleiige leem met daaronder zandige leem met keien

4,00m - 4,50m: Formatie van Eigenbilzen

Deze beekjes zijn ingesneden in de Formaties van Boom, Eigenbilzen of Bolderberg (O-deel van de kaart) of in de Formatie van Diest (W-deel van de kaart).

3.3.1.2.3. Colluvium

Dit zijn hellingsafzettingen in kleine smalle dalen met kleine permanente of tijdelijke beekjes. Deze dalen zijn ingesneden in het dekpakket en opgevuld met materiaal van dit pakket, in het N met zandig materiaal en in het Z met zandleem. Waar de deklaag dun is, eroderen deze dalen tot in het Tertiair.

vb. profiel 2, dalen ingesneden tot in het Tertiair, colluvia ten N van Waanrode.

3.3.1.2.4. Bedekt alluvium

Onder deze naam worden alle oude alluviale afzettingen gerangschikt die na hun depositie overdekt werden met eolisch materiaal. Die oude rivierlopen zijn diep ingesneden (tot 20m dik pakket alluvium) in het Tertiair en werden opgevuld met herwerkt tertiair materiaal (materiaal van de Formatie van Bolderberg in de oude Demerloop onder het Albertkanaal, zie Fig. 12). Enkele van deze zones van bedekt rivieralluvium zijn nog in het reliëf te onderscheiden, het zijn nu ondiepe valleien ingenomen door beekjes of vijvers, vb. de Leugebeek in het verlengde van de Zwartebeek naar de Begijnebeek ten Z van Diest en de vijvers in de Goerenvallei. Andere zijn niet meer in het landschap zichtbaar maar werden ingenomen door andere structuren vb. het Albertkanaal tussen Viversel en Hasselt.

Vb. boring 191 Kermt, in de oude Demerloop. Deze loop is ingesneden doorheen de Formatie van Bolderberg tot in de formatie van Eigenbilzen

0,00m - 2,50m: grijsgeel kwartsrijkzand

2,50m - 3,00m: grijsgeel zand met gerolde silexen en kwartsen

3,00m - 4,00m: grijsgeel kwartsrijk zand

4,00m - 5,00m: grijs zand

5,00m - 8,50m: grijs zand met sporen van leem

8,50m - 9,00m: grijs zand met witte kwartskeien

9,00m - 9,50m: grijs zand met zwarte silexen

9,50m - 14,00m: grijs zand met af en toe gerolde silexkeitjes, kwartskeitjes en kwartsieten

14,00m - 15,50m: grijs zand, lichtjes glauconiethoudend met gerolde silexen en kwartskeitjes

Hiervan kunnen de onderste 11,50 beschouwd worden als herwerkt tertiair materiaal. De bovenste 4m zijn wellicht herwerkt zand van de Formatie van Bolderberg vermengd met gele dekzanden.

3.3.1.3. Eolische afzettingen

3.3.1.3.1. Dekpakket

Het dekpakket op het kaartblad Hasselt is een afzetting van wisselende dikte dat het ganse gebied als een mantel overdekt. Het pakket is gemiddeld 2 tot 4m dik, maar is meestal heel dun (minder dan 1m) op heuveltoppen en kan op sommige plaatsen (in de dalen) een heel dik pakket vormen (tot 10m). De dikke (3 à 4m dik) zand- en zandleem afzettingen bevinden zich op de ZW flanken van de heuvels van het gebied. Op het Kempens Plateau zijn de dekzanden heel dun en op meerdere plaatsen zelfs afwezig. Deze zanden werden meestal rechtstreeks op het Tertiair afgezet ofwel op oude alluviale afzettingen gedeponneerd. Op het Kempens Plateau werden deze op de grindrijke zanden gedeponneerd

en worden aan de basis verstoord door cryotubaties (zie excursiepunten). Ten N van de Demer bestaat het dekpakket hoofdzakelijk uit zand met iets lemiger zand naar de Demervallei toe. Ten Z van de Demer bestaat de dekmantel uit zandleem.

Deze afzettingen zijn van eolische oorsprong. Gedurende de Weichsel ijstijd werd dit materiaal door de N-NO winden die kwamen van over de ijskap, uit het morenepuin geblazen en tot in onze streken getransporteerd. Het leem, dat het lichtst is, werd het verst getransporteerd en bedekt het zuidelijk deel van het kaartblad. Het zand werd iets noordelijker afgezet.

Op het kaartblad Hasselt wordt daarom een onderscheid gemaakt tussen de eolische zandafzettingen ten N van de Demervallei, de eolische zandleemafzettingen ten Z van de Demer en de lemige zandafzettingen die de overgang vormen tussen deze beide en zich ook grotendeels ten N van de Demervallei bevinden.

zandafzettingen:

- Formatie van Dilsen:

Deze formatie bestaat uit fijne geelgroene zanden die op het einde van het Saale glaciaal als een eolische dekmantel afgezet werden, en waarin zich een Eem bodem ontwikkelde. Deze formatie is niet aangeduid op de kaart, omdat ze slechts op 1 plaats waargenomen werd (Excursieverslag, Groeve Remo, profiel A).

- Formatie van St-Lenaarts:

Vanaf het einde van het Eem interglaciaal nam enerzijds de erosie-activiteit toe en anderzijds werden lokaal stuifzanden afgezet, die grotendeels verspoelden naar de lager gelegen plaatsen. De opvulling van de dalen werd bepaald door de verhouding van de vervoerscapaciteit van de smeltwaterstromen tot de hoeveelheid aangevoerde stuifzanden. Als deze laatste de transportcapaciteit overtrof werden de dalen volledig opgevuld en dus gefossiliseerd. De Ploey beschrijft deze zanden als B-stuifzanden (zanden met een dominantie in zware mineralen van metamorfe mineralen, toermalijn en ubiquisten). Deze kunnen enkel aan de hand van profielen worden aangetoond en zijn niet waar te nemen op de kaart van Hasselt. Deze afzettingen komen meestal voor op plaatsen met zanddeposities van meer als 4m dik.

- Formatie van Wildert:

Deze zanden worden door De Ploey (1961) omschreven als een complex van zwak lemige allochtone H-zanden (zanden met dominantie in zware mineralen van granaat, epidoot en hoornblende). Granulometrisch beschouwd zijn de H-dekzanden fijner dan de B-stuifzanden van de Formatie van St-Lenaarts. Ze kunnen gedefinieerd worden als fijne zwak lemige zanden, die zich kenmerken door hun parallelle gelaagdheid, die echter wel gedifferentieerd voorkomt. De zandkorrels van de Formatie van Wildert blijken meer afgerond te zijn dan deze van de Formatie van St-Lenaarts. De ronde korrels botsen over het ganse oppervlak en worden dus mat, wat dus verwijst naar een eolisch transport.

- Formatie van Hechtel en de Formatie van Bouwel:

Bovenaan wordt de Formatie van Wildert op bepaalde plaatsen begrensd door stuifzanden van de Formatie van Hechtel of van de Formatie van Bouwel. Een gemiddeld 2 tot 4m dikke mantel van deze fijne geelgrijze kwartsrijke zanden werd over het gebied ten N van de Demer afgezet en fossiliseerde het substraatrelief uitgezonderd in de grote dalen. Uiteindelijk ontstond een zwak golvend landschap. Aan de basis van deze formatie wordt dikwijls een grindvloer aangetroffen die getuigt van een deflatieperiode.

vb. boring 231 Paal, een boring in de dekzanden ten O van Tessenderlo

0,00m - 2,00m: grijsgeelachtig fijn zand

2,00m - 3,00m: bleekgroen fijn zand

3,00m - 5,00m: groen fijn zand enkele kleine keitjes

zandleemafzettingen:

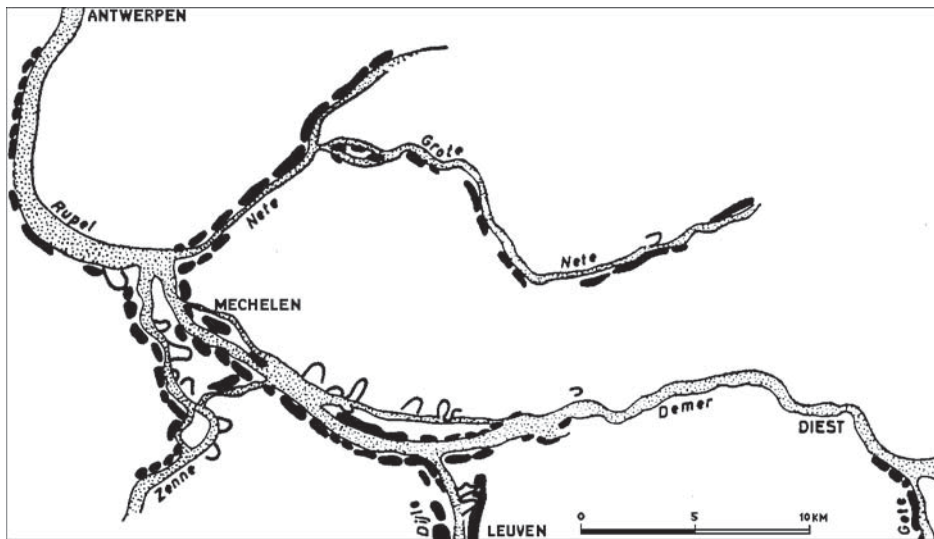
Aan deze afzetting wordt geen formatienaam gegeven. Deze zandlemen worden beschouwd als de overgangszone tussen het voorkomensgebied van de dekzanden en de lössafzettingen. De afzetting kan op deze manier beschouwd worden als een afwisseling van fijne laagjes van de Zanden van Wildert met de Haspengouw leem.

lemig zandafzettingen

Deze eolische afzettingen kunnen op hun beurt dan weer gezien worden als de overgang tussen de zandleem en de zandafzettingen. Deze bestaan voor een groter gedeelte uit de Zanden van Wildert dan de zandleemafzettingen. Aan deze afzettingen wordt ook geen naam gegeven.

windwallen

Op sommige plaatsen is het zandleempakket relatief dikker en vormt een langwerpige afgeronde duinachtige rug aan de rand van de riviervlakte. Deze structuren zijn goed waar te nemen op de topografische kaart omdat ze enkele meters boven het omgevend reliëf uitsteken. Deze zandlemen zijn door de heersende NO-winden opgewaaid uit de alluviale



vlaktes van de rivieren waarlangs ze zich uitstrekken. De afzettingen zijn typisch iets grover dan het omliggende substraat. Deze zandlemen zijn het best te vergelijken met de Windwalzanden van Zammel. Deze ruggen kunnen enkele kms lang worden en zijn 2 à 3m hoog.

vb. windwallen langs de W-zijde van alluviale vlakte van de Gete, ten Z van Halen

vb. windwallen langs de Demer, ten W van Halen en ten N van Kermt

Fig. 4 : Eolische winterwallen, ontwikkeld aan de ZW-zijde van de alluviale vlaktes in het Ruppelbekken (F. Gullentops)

3.3.1.3.2. Duinen

De duinafzettingen op het kaartblad zijn leemvrije duinzanden, opgewaaid vanuit de dekzanden. Ze worden onderverdeeld in twee formaties:

- De **Formatie van Hechtel** vormt de typische paraboolduinen eventueel overgaand in lengteduinen.

In deze formatie kunnen 5 zones onderscheiden worden.

Een eerste onderste zandlaag, die zich meestal enkel aan de westelijke zijde van de duin ontwikkeld heeft, vertegenwoordigt de oudste en de belangrijkste duinfase. De duin is samengesteld uit laagjes, begrensd door horizontale of subhorizontale oppervlakken. Een afzetting van dunne horizontale bandjes vormt de top van de duin. Een dunne laag van grof zand vormt de basis van elke zandlaag van fijn tot middelfijn zand. Naar de O-kant van de duin toe, zijn de zanden onder de vorm van 'foreset beds' afgezet. Dit is een duin die gevormd werd door winden die dominant vanuit het westen kwamen.

Op deze zandlaag volgt een complex bestaande uit weinig zand dat de topografie van de duin volgt. Naar de top van de duin toe gaat dit complex lateraal over in een wittige horizon. Er is een directe relatie tussen de morfologie van dit complex en de oude topografie. Voor deze horizon wordt de naam **Bodem van Opgrimbie** gebruikt.

Tijdens een tweede duinfase wordt op deze bodem een nieuw zandpakket afgezet. Gedurende deze fase hadden de winden een Z-W richting. Deze duinfase was minder belangrijk dan de eerste, daar de afzetting veel dunner is.

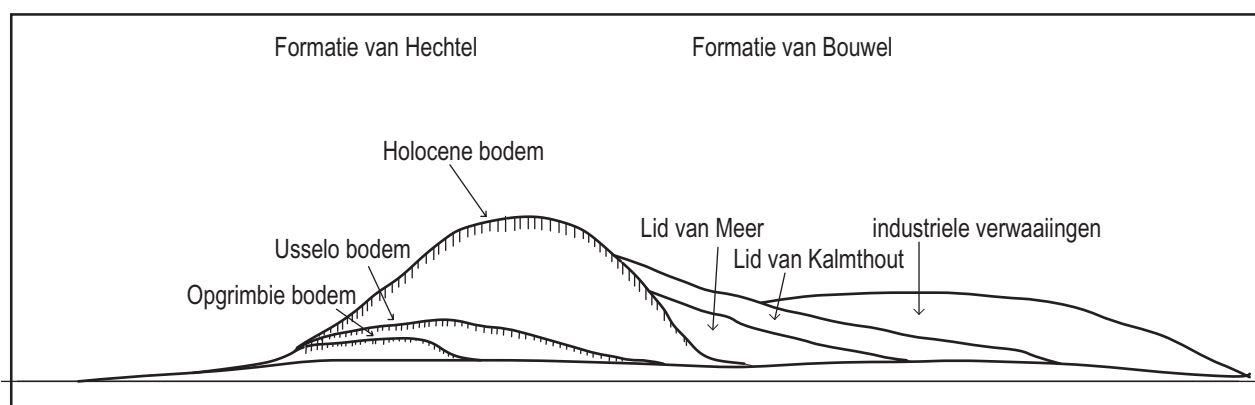


Fig. 5 : Duinafzettingen

De tweede duinfase werd gekenmerkt door een accumulatie van zand aan de noordelijke zijde van de duin en een deflatie aan de zuidelijke kant.

Bovenop deze duin ontwikkelt zich opnieuw een complex van weinig zand, dat naar de top van de duin overgaat in een bleke horizon. Dit wordt de **Bodem van Usselo** genoemd.

Gedurende een derde duinfase wordt een fijn zand afgezet dat de derde zandlaag vormt.

Op deze afzetting heeft zich een podzolbodem ontwikkeld, die het einde van deze duinfase aangeeft.

Dit duinencomplex is van Tardiglaciale ouderdom. De 3 accumulatiefasen komen overeen met de 3 stadiale periodes van het Tardiglaciaal: het Oudste Dryas, het Oude Dryas en het Jong Dryas. Het zand waaruit de duinen opgebouwd zijn, is afkomstig van het dekzand dat in het Würm afgezet werd. Gedurende de koudere periodes verwaaid dit zand en accumuleerde in duinen. In de interstadialen werd het klimaat warmer en vochtiger zodat een goed ontwikkelde plantengroei de verwaaiingen kon tegenhouden. In deze periodes Allerød en Bølling konden zich bodems ontwikkelen. De laatste bodem gevormd na de derde duinfase is van Holocene ouderdom.

De Formatie van Hechtel omvat de oude duinen.

- De **Formatie van Bouwel** bestaat uit de verstuiwingen van deze oude duinen. Deze duinen worden meestal teruggevonden aan de O-zijde van de restanten van de oude duinen. Ze werden over het algemeen gevormd door westenwinden en hebben niet echt een karakteristieke vorm. De formatie wordt in volgende leden opgedeeld:

Het **Lid van Meer** bestaat uit zanden met een roze kleurige tint, die verwaaid zijn uit de Jong Dryas duinen voordat de Holocene bodem zich gevormd heeft. Deze afzetting vormde zich in het Neolithicum.

Het **Lid van Kalmthout** is een middeleeuwse verstuiwing en is opgebouwd uit grijze zanden. Dit lid werd gevormd toen de Holocene bodem reeds ontwikkeld was in de Jong Dryas duinen zodat het zand dat verstoven werd humusrijk was. Deze zanden vertonen bovenaan geen bodemprofiel.

Als laatste zijn er nog de recente, industriële verwaaiingen.

Het typeprofiel waarvan de bespreking gebruikt werd voor deze lithostratigrafische indeling van de oude duinen is een laatglaciale duin in het dekzandgebied te Opgrimbie, bestudeerd door E. Paulissen en A. Munaut.

De oude duinen zijn heel goed herkenbaar aan hun vorm. Zo zijn die op te merken op het Kempens Plateau ter hoogte van Helchteren in de Witte Bergen, en ten O van Houthalen.

Voorbeelden van recente duinvorming zijn beschreven op de Kalmthoutse heide en in Lommel waar recente verstuiwingen voorkomen door vernietiging van de plantengroei in de windschaduw van de zinkfabriek. Op het kaartblad zijn deze te vinden in de Witte Bergen, waar duinen zonder begroeiing, zoals de naam aangeeft, gemakkelijk door de wind verplaatst worden.

Afzettingen van Maas en Rijn op het Kempens Plateau:

Op het Plateau worden twee afzettingen beschreven:

- de Zanden van Lommel

de Zanden van Lommel zijn grove niet verweerde grijze zanden met een weinig grindinhoud,

- de Zanden van Winterslag

de Zanden van Winterslag zijn grove grindrijke zanden. De zanden hebben een gemiddelde dikte van ongeveer 4m met erosieve geulen, die tot 6m diep kunnen zijn, aan de basis. Die geulen zijn opgevuld met herwerkt Tertiair materiaal dat bedekt is met een laag grof en grindrijk zand. Die zanden zijn Maasafzettingen die vooral naar de basis toe een belangrijk deel van lokaal materiaal geremaneëerd hebben. Het contact tussen de grindrijke zanden en de daar bovenop liggende dekzanden wordt door cryoturbaties verstoord. In het Midden-Pleistoceen confluëerden Rijn en Maas ter hoogte van Helchteren. De Zanden van Winterslag en Lommel zijn daar nu de getuigen van. De zanden van Lommel zijn mineralogisch hoofdzakelijk Rijnzanden, in de grindfractie domineren de Maaselementen. Op het Kempens Plateau komen afzettingen van grindrijk zand voor die meer dan 10m dik zijn. Deze zouden niet verklaard kunnen worden als geulstructuren omdat Maas en Rijn geen erosierivieren waren. Een mogelijke verklaring voor deze dikke Quartaire zones, zou kunnen gezocht worden in de tektoniek. In de periode van de afzetting van deze Maas en Rijn sedimenten was er een verhoogde tektonische activiteit in het gebied. De reden waarom deze rivieren in Belgische Limburg gestroomd hebben kan een tektonische daling van de westelijke schol van de Centrale Slenk zijn. De Breuk van Rauw zou overeenkomen met het meest westelijke voorkomen van deze deposities. Voordien confluëerden Rijn en Maas meer oostwaarts. Deze westelijke schol kon opgedeeld zijn in kleinere horst-slenk structuren die, opgevuld met fluviaat afzettingen, Quartaire diktes tot 20m zouden kunnen verklaren. Na deze afzettingen schoven Rijn en Maas op in NO richting. Deze fase hangt zeer waarschijnlijk ook samen met een tektonische activiteit van de Centrale Slenk. (zie hoofdstuk over tektoniek).

De afzettingen van Rijn en Maas bedekken niet het volledige Kempens Plateau. Aan de westrand komt een zone voor waar geen grindrijke zanden aangetroffen worden (zie excursies, Groeve Frederix).

3.3.1.4. Veen

Veen kan omschreven worden als een grondsoort waarvan de vaste bestanddelen bijna geheel bestaan uit organisch materiaal waarin een plantenstructuur is te herkennen. Over het algemeen wordt overal waar plantengroei mogelijk is de jaarlijkse produktie van afgestorven bladeren, stengels,... (biomassa) op vrij korte tijd afgebroken, zodat er nauwelijks ophoping van organisch materiaal plaats kan vinden. Meestal is er een laag humus te zien. Veen ontstaat daar waar de afbraak langzamer verloopt dan de toename van de biomassa.

Er zijn twee typen veen: laag- en hoogveen, onderscheiden op basis van de vorming van het veen t.o.v. de ligging van de grondwaterspiegel. Laagveen ontwikkelt zich aan de rand van ondiepe vaarten en plassen. In het ondiep gedeelte van de plas kan zich riet vestigen, dat een grote biomassa van slecht verterende stengels geeft. Tussen de stengels is er weinig waterbeweging zodat er een zuurstoftekort kan optreden en de stengels gaan rotten. Door de verlanding van dit deel van de plas kunnen er zich grassen, zeggesoorten en andere moerasplanten groeien. Naarmate het laagveen dikker wordt, kunnen de eerste planten die typerend zijn voor hoogveen er zich vestigen. Dat zijn meestal bepaalde veenmossen die kussens vormen. Aangezien veenmos zeer snel groeit, sluiten de kussens zich aan tot hele velden die aan de randen aanwezige vegetaties verstikken.

Op het kaartblad Hasselt wordt geen onderscheid gemaakt tussen hoog- en laagveen omdat hiervoor onvoldoende gegevens voorhanden zijn.

3.3.1.5. IJzeroer

Op het kaartblad Hasselt kwamen in de jaren '30 nog exploitaties van ijzeroer voor ter hoogte van Diest, Zelem, Lummen, Viversel, Houthalen, Zolder, Koersel, Oostham en Tessenderlo. Dit gebied komt overeen met het voorkomen van de Formatie van Diest. Van alle tertiaire formaties op dit kaartblad blijkt enkel deze formatie voldoende ijzer te leveren voor de vorming van ijzeroer. Deze ijzerafzettingen worden gevormd in de hydromorfe en vaak structuurloze bodems, die zich ontwikkeld hebben in de Holocene lemigzandige alluviale afzettingen. Tijdens de winter staan de valleibodems dikwijls gedurende verscheidene weken blank en in de zomer daalt de grondwatertafel tot amper 1 tot 1,5m beneden het maaiveld zodat het ganse profiel dan ook vrij vochtig blijft.

In dit profiel zijn 2 zones te onderscheiden:

- de bovenste horizonten, die droog vallen in de zomer (vnl. oxiderende omstandigheden) worden gekenmerkt door roestbruine kleuren en talrijke ronde ijzeroxide nodules. Onderaan deze zone (op 30cm tot 70cm diepte) zit het moerasijzererts als discontinue banken met een dikte tussen 20 en 50cm.
- de onderste zone is donkergrijs, daar deze ook tijdens de zomer zeer vochtig is en dus gedurende gans het jaar in reducerende omstandigheden verkeert.

Genese: Het ijzeroer ontstaat door het neerslaan van ijzer dat in oplossing gebracht werd door de oxidatie van glauconiet van de Formatie van Diest. Dit glauconiet werd geoxideerd boven de grondwatertafel. Het regenwater doorstroomt het Tertiair, bereikt het freatisch peil en komt weer boven onder de constant gedraineerde laag, waar het veen zich op vormt. Het water laat er zijn lading ijzer achter.

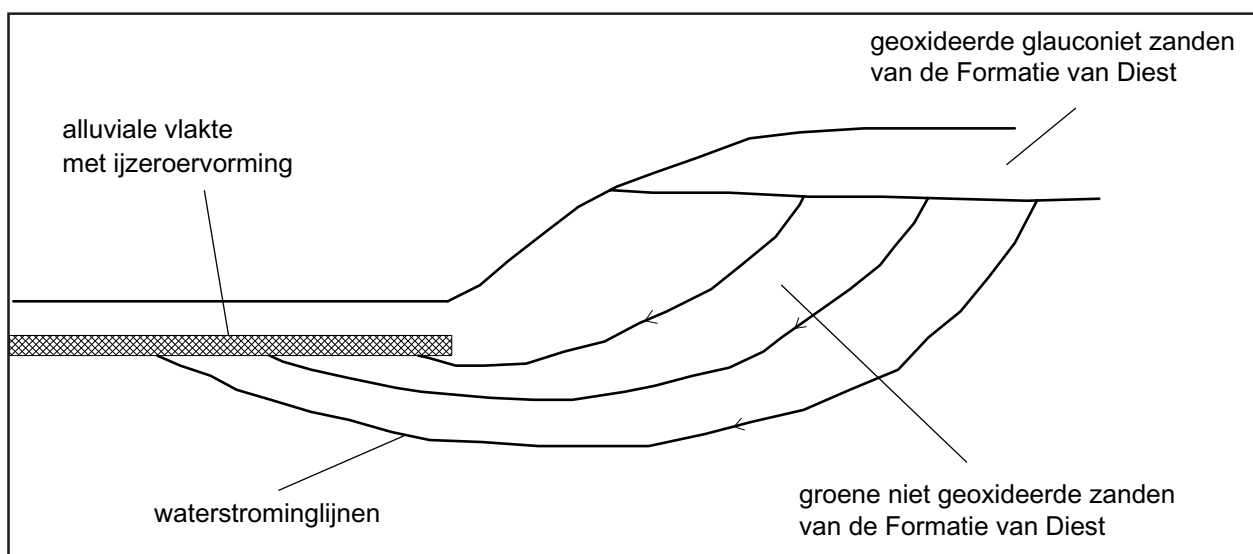


Fig. 6 : Vorming van ijzeroer

- Vergelijking met de oude lithologische indeling

In het hoofdstuk over de historiek werden reeds de verschillende visies van de samenstelling van het Quartair aangehaald. Om de evolutie van het Quartair voor de verschillende kaartbladen van Hasselt te schetsen, werd een lithostratigrafische overzichtstabel met de verschillende visies opgemaakt (Fig 3).

Deze afkortingen werden door de verschillende auteurs gebruikt:

ale	geremaniëerd leem en lemig zand op de dalhellingen
alm	modern vallei alluvium
alt	veenrijk alluvium
alfe	ijzerrijk alluvium
t	veen
q4l	zandige leem op minder dan 1m overgaand naar zand q4
q4sl	kwartsrijk zand met geïnterstratificeerde leemzones
q4	kwartszand met grind aan de basis
q3o	keien, grind en zand (oud alluvium)
q3ms	gestratificeerd zand, lichtjes glauconiethoudend met sporen van schelpjes
q3m	grijze of bruine kleiige leem met Helix en Succinéés
q2o	herwerkt tertiair zand
q2m	silexkeien van de heuveltoppen
q2s	grove witte gele en grijze kwartszanden met enkele keien
q2n	grof zand, grind en silex- en kwartskeien
q1s	wit kwartszand, geelgroenig en grijsachtig, licht micahoudend

3.3.2. Bespreking van de profieltypen

Uitgaande van de voorgaande lithostratigrafische eenheden kunnen diverse profieltypes samengesteld worden. De voorbeelden die reeds gegeven werden bij de bespreking van de lithostratigrafie zijn natuurlijk ook van toepassing op de daarbij horende profieltypen. De volgende profieltypen kunnen onderscheiden worden:

3.3.2.1. Dalopvullingen:

3.3.2.1.1. De rivierafzettingen

De rivierafzettingen kunnen als eerste soort van dalopvullingen beschouwd worden. Het is noodzakelijk een onderscheid te maken tussen het alluvium van de rivieren ten N van de Demer, deze ten Z van de Demer en dat van de Demer zelf, omwille van het verschil in samenstelling van het alluvium zoals bij de bespreking van de lithologie duidelijk is gebleken.

Profieltypes in de riviervlaktes ten Z van de Demer:

Hier wordt een onderscheid gemaakt tussen 3 types:

RSd: een opeenvolging van het Lid van Rotselaar, bedekt door het Lid van Korbeek-Dijle en een dunne afzetting van het Lid van Rotspoel. Dit profieltype komt voornamelijk voor aan de randen van de alluviale vlaktes, wat te zien was op de oude stafkaarten: de zones liggen tussen de valleiwand en de oeverwallen langs de rivier, daardoor zijn ze iets drassiger en werden vnl. als weidegrond gebruikt.

vb. een brede zone aan de rand van de Getevallei, de volledige Velpevallei

RSD: een opeenvolging van het Lid van Rotselaar, het Lid van Korbeek-Dijle en een dikke afzetting van het Lid van Rotspoel. Deze dikke afzetting wordt verklaard door het fenomeen van oeverwallen.

vb. de vallei van Herk die omdat die zo smal is ongeveer volledig ingenomen wordt door de oeverwallen.

vb. in de vallei van de Gete kunnen rond de oude niet gekanaliseerde loop oeverwallen gesitueerd worden. De oude loop van de Gete kan gelokaliseerd worden aan de hand van de oude gemeentegrenzen die vroeger meestal langs een beek of rivier werden vastgelegd en enkele meanders in zijbeekjes die vroeger duidelijk deel uitmaakten van de oude loop.

Een voorbeeld van een boring waarin het **RSD** type tot uiting komt is boring 214 op het kaartblad Herk-de-Stad, in de vallei van de Gete ten O van Halen.

0,0m - 7,0m: grijs lemig zand

7,0m - 12,0m: donkergrijze leem met humus

12,0m - 14,0m: grijs fijn zand met gerolde silexkeien

Het eerste pakket wordt in het Lid van Rotspoel geplaatst, de laag van 7,0m tot 12,0m wordt als het Lid van Korbeek-Dijle en het Lid van Rotselaar geïnterpreteerd. Het onderste gedeelte (12,0m -4,0m) is herwerkt zand van de Formatie van Bolderberg.

Een voorbeeld van het **RSd** type is boring 36 in de Gete vallei:

0,0m - 1,0m: bruinachtige, fijne leem

1,0m - 1,50m: grijze zandige leem, doorspikkeld met ijzerrijke concreties

1,50m - 2,0m: grijs alluvium

2,0m - 3,50m: grijs zandig alluvium

3,50m - 4,50m: grijs kleiig alluvium met vivianiet en schelpenfragmentjes

4,50m - 6,0m: alluviaal zand met hout en schelpjes

6,0m - 7,50m: veen, hout en zand

7,50m - 8,20m: kleiig grijs alluvium en grof zand

De eerste 3,50m kunnen als Lid van Rotspoel geïnterpreteerd worden, de daaronder liggende 1m als het Lid van Korbeek-Dijle liggende op het Lid van Rotselaar tot 7,50m diep.

Het derde (**RSd1**) en het vierde profieltype (**RSd2**) die op het kaartblad onderscheiden worden hebben dezelfde opeenvolging als beide vorige maar werden aangevuld met respectievelijk een recent ontwikkelde veenlaag en een ijzerrijke alluviale afzetting (ijzeroer). Verscheidene zones in de alluviale vlakte van de Gete en in de Depressie van Halen-Schulen zijn hier voorbeelden van.

Het profieltype **RSd** wordt in een middenblauwe kleur op kaart aangeduid, **RSD** in een iets groenere tint van blauw. De types **RSd1** en **RSd2** worden met een raster ingetekend.

Profieltypes in de alluviale vlakte van de Demer:

D: zoals reeds beschreven onder de onderscheiden lithologieën is het alluvium van de Demer een vermenging, een combinatie van afzettingen die teruggevonden worden in de rivieren ten N en ten Z van de Demer. Vandaar dat dit

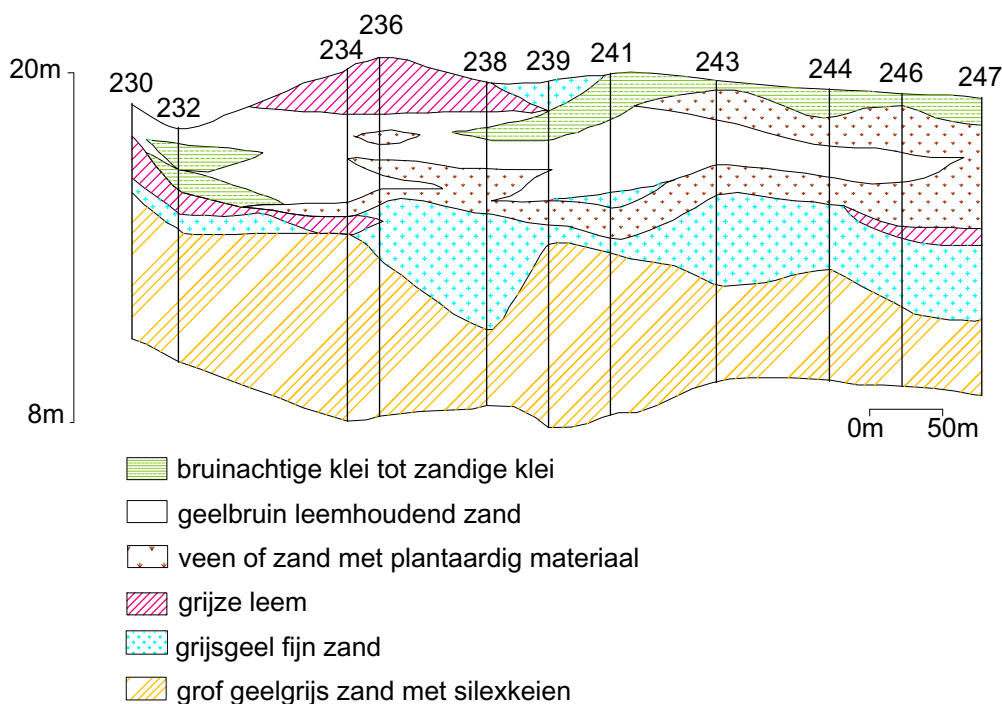


Fig. 7 : Profiel door het Demeralluvium ter hoogte van Diest

alluvium niet als een aparte lithologie benoemd werd maar slechts als een apart profieltype beschouwd wordt. Het Demeralluvium wordt in het lichtblauw ingekleurd.

Profieltypes in de riviervlaktes ten N van de Demer

RND: omdat in het rivieralluvium ten N van de Demer de 2 beschreven formaties niet op voldoende plaatsen herkend kunnen worden, kan slechts 1 algemeen profieltype samengesteld worden voor deze alluviale afzettingen. De 2 bijkomende profieltypes **RND1** en **RND2** zijn een combinatie van respectievelijk rivieralluvium met daarop een veenlaag en rivieralluvium met een ijzerrijke toplaag. Veen en ijzeroer kunnen ook in eenzelfde profiel voorkomen.

Dit rivieralluvium wordt in het donkerblauw ingekleurd. **RND1** en **RND2** worden met een raster aangeduid.

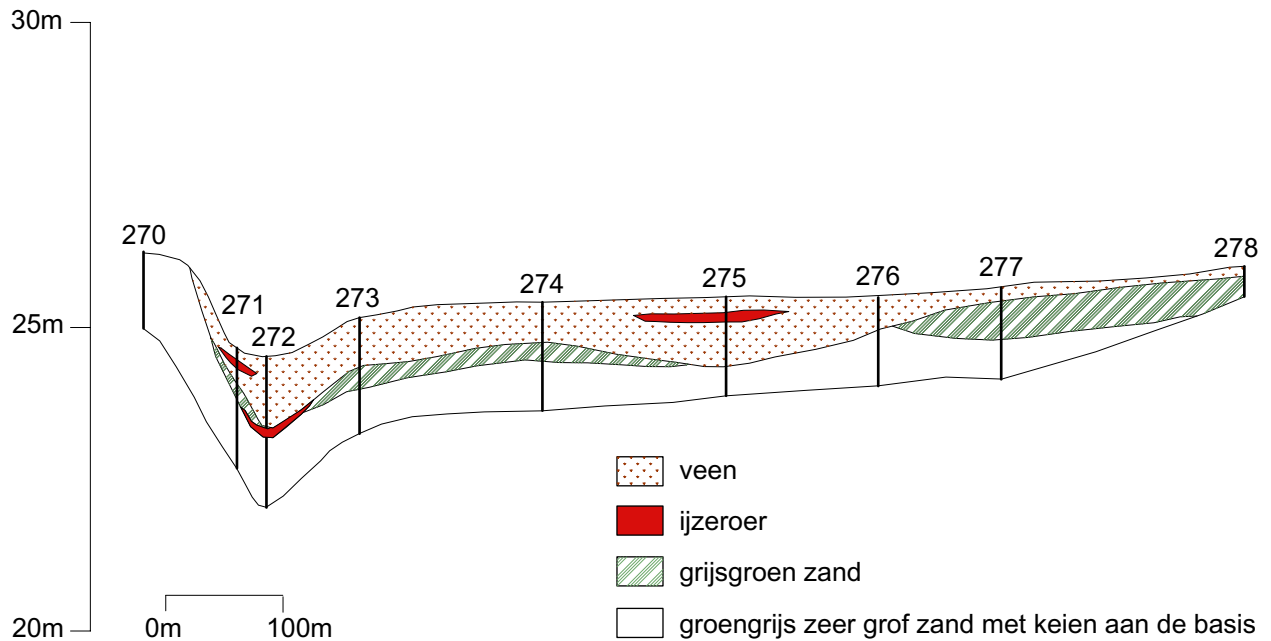


Fig. 8 : Profiel door de vallei van de Winterbeek ten noorden van Paal

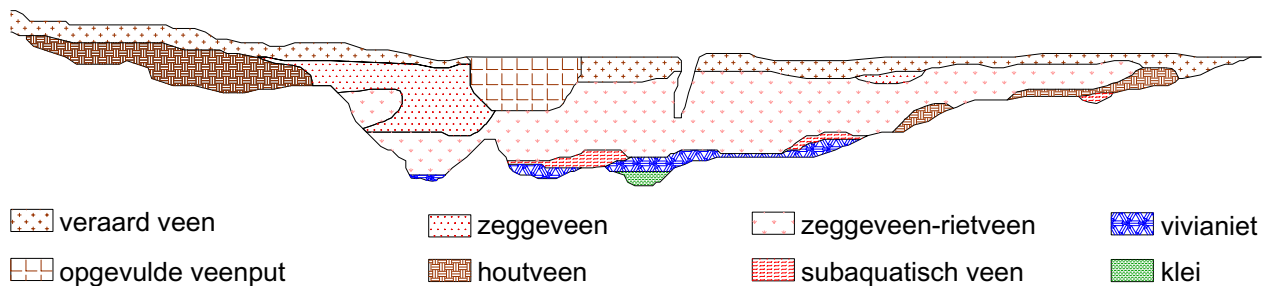


Fig. 9 : Typeprofiel Zwarte beek ten noorden van de Demer

3.3.2.1.2. Het beekalluvium

Een tweede soort dalopvulling is het beekalluvium. Voor deze afzettingen werd geen onderscheid gemaakt tussen beekopvullingen ten N en ten Z van de Demervallei. De profieltypes die hieronder onderscheiden worden, zijn:

B: beekalluvium zonder veen of ijzeroer

B1: beekalluvium met veenontwikkeling

vb. in de Begijnebeek of de Betserbeek in het Z, en de Roosterbeek nabij het natuurreservaat 'Den Teut' in het N

B2: beekalluvium met ijzeroer

vb. de beken ten N van de Demer hebben op enkele plaatsen een ijzerrijk alluvium zoals in de Rijselsestraatvliet ten W van Paal.

Een derde combinatie nl. beekalluvium met veen en ijzeroer komt op dit kaartblad niet voor.

Op enkele plaatsen vermenigt het beekalluvium zich met het rivieralluvium. Dit wordt teruggevonden bij de overgang van beekafzetting naar rivierafzetting. Het werd echter niet als bijkomend profieltype op de kaart aangeduid, omdat dit de duidelijkheid van de kaart niet ten goede zou komen en ook omdat omtrent deze zones niet voldoende gegevens ter beschikking zijn om de grens tussen de alluvia te trekken. De grens die op de kaart ingetekend is moet dan ook als een overgangszone geïnterpreteerd worden. Omdat de breedte van de zone niet gekend is werd ze met een lijn vastgelegd. Dit is analoog voor de overgang van colluvium naar beekalluvium.

Deze profieltypes worden in een paarse kleur aangeduid met een raster voor **B1** en **B2**.

3.3.2.1.3. *Het colluvium*

Het colluvium wordt als derde soort dalopvulling onderscheiden. Hier wordt eveneens geen onderscheid gemaakt tussen colluvium ten N en ten Z van de Demer.

C: colluvium zonder ijzeroer of veen

Het colluvium wordt altijd in het lichtgroen op kaart gezet, ongeacht het substraat waarin het zich gevormd heeft.

3.3.2.1.4. *Het bedekt alluvium*

De vierde soort dalopvulling is het bedekt alluvium. Hieronder worden 6 profieltypes onderscheiden naargelang de aard van de bedekking:

AZ, **AZL** en **ALz**: alluvium bedekt door een pakket van zand, zandleem en lemig zand. Deze types worden in het lichtroze ingekleurd en met een verschillende raster aangeduid naargelang het soort bedekking (zie legende van de kaart)

AR, **AB** en **AC**: alluvium gelegen onder een afzetting van huidig rivieralluvium, beekalluvium en colluvium. Deze opeenvolging wordt met een raster in het huidige alluvium ingetekend.

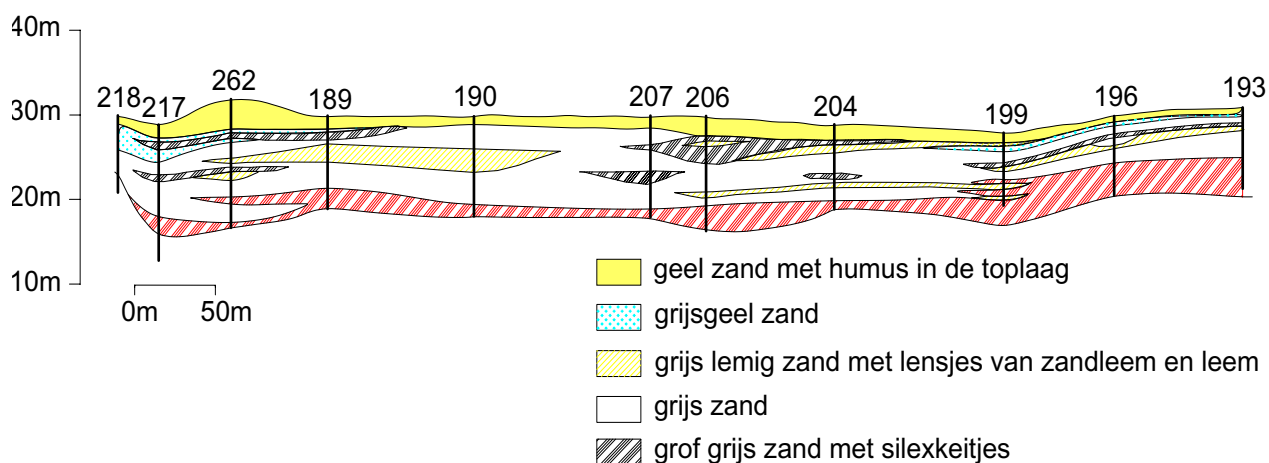


Fig. 10 : Oude loop van de Demer langs het albertkanaal

3.3.2.2. *Eolische afzettingen:*

3.3.2.2.1. *Profieltypes bij duinen*

Bij de duinafzettingen worden 2 profieltypes onderscheiden:

D: afzettingen die meestal bestaan uit oude duinen (van de Formatie van Hechtel). Deze zijn hoofdzakelijk meer dan 4m hoog en worden gekenmerkt door een paraboolachtige of langwerpige vorm.

d: afzettingen die meestal bestaan uit jonge duinen (Formatie van Bouwel), verwaaiingen van de oude duinen. Deze zijn hoofdzakelijk minder dan 4m hoog, zijn veel uitgestrekter en hebben een onregelmatige vorm.

De fout op deze indeling is dat er echter ook oude duinen voorkomen die minder dan 4m boven de omgeving uitsteken en jonge duinen die heel hoog kunnen zijn. Het is echter niet mogelijk om op basis van de gegevens van de bodemkaart en uit de boringen te kunnen besluiten of de duinen in kwestie nu jonge of oude zijn of om de duinen meer in detail onder te verdelen. Vandaar dus deze veronderstelling op basis van de vorm en de hoogte van de duinen.

Het **D** type wordt in het geelbruin op de kaart ingekleurd als de duinen zich op het Kempens Plateau bevinden en in het grijsbruin als dit type niet op het Kempens Plateau ligt.

Het **d** type wordt met een raster aangeduid en krijgt de kleur van het substraat waarop de duin gevormd is.

Deze afzetting wordt zoals de veenvormingen en de ijzeroerafzettingen in de profieltypes gecombineerd met de andere afzettingen.

3.3.2.2.2. Profieltypes bij de zandafzettingen

z: een eerste profieltype is opgebouwd uit een dun (<1m dikte) pakket zand, de tertiaire ondergrond dagzoomt hier of bevindt zich op geringe diepte. Dit type wordt in het geel op kaart gebracht en met een raster ingetekend ter aanduiding van de geringe dikte.

Z: dit type bestaat uit een dik pakket (>1m dikte) zand, de dikte gaat maximaal tot 4 à 5m. De tertiaire ondergrond bevindt zich hier op grotere diepte. Dit type wordt in dezelfde gele kleur aangeduid.

vb. het **z** type vinden we terug op de Blaasberg en de Kalenberg ten N van Diest, het **Z** type in een groot gebied ten N van Hasselt.

3.3.2.2.3. Profieltypes bij de zandleemafzettingen

Bij de zandleemafzettingen kunnen dezelfde twee profieltypes onderscheiden worden:

zl: een dun pakket zandleem (<1m dikte), tertiaire ondergrond op geringe diepte, in het donkergroen ingekleurd op de kaart en met eenzelfde raster als **z** ingetekend.

Zl: een dik pakket zandleem (>1m dikte) op het Tertiair substraat. Dit type wordt in het donkergroen aangeduid.

vb. in de streek ten Z en ten ZW van Hasselt komt het **Zl** type veelvuldig voor, het **zl** type kan aangetroffen worden op de Luienberg en de Kloosterberg ten Z van Diest.

3.3.2.2.4. Profieltypes bij de afzettingen van lemig zand

De zone van lemige zandafzettingen wordt beschouwd als de overgang tussen de zandzone en de zandleemzone, vandaar dat ook bij de afzettingen van lemig zand dezelfde 2 profieltypes besproken worden.

lz: een dun pakket lemig zand (<1m dikte) op tertiaire ondergrond, wordt in het licht rozerood op kaart gezet en met hetzelfde raster aangeduid.

Lz: een dik pakket lemig zand (>1m dikte) op Tertiair substraat, wordt in het licht rozerood ingekleurd op de kaart.

vb. de Houterenberg en de Rodenberg ten Z van Tessenderlo als vbn van het **lz** type, in het gebied ten Z en ZW van Paal komt vooral het **Lz** type voor.

Naast deze 6 profieltypen kan nog de combinatie voorkomen tussen de dikke zand-, zandleem- en lemig zandafzettingen en de 2 onderscheiden duintypes. De manier van intekenen op de kaart werd reeds bij deze laatste besproken.

Een laatste type dat kan besproken worden bij eolische afzettingen is **G:** een opeenvolging van een grinddepositie met daarop het dekpakket (>1m dikte). De grinden die op deze manier aangeduid worden zijn meestal residuele grinden of grinden van een glacijs of pediment, de dalbodemgrinden worden bij de alluviale afzettingen gerekend. De grindrijke zanden van het Kempens Plateau worden afzonderlijk beschouwd. De grinden worden met een aparte raster ingetekend op de kleur van het omliggende substraat (zie kaartlegende).

vb. grindaanduidingen aan de rand van het Kempens Plateau, grinden rond de Bolderberg

3.3.2.3. Profieltypes op het Kempens Plateau

De verschillende profieltypes die te onderscheiden zijn op het Kempens Plateau zijn zowel voor Rijn als Maas:

R, M : Rijn- of Maasafzettingen zonder dekzand of duinen (of met dekzand of duinen <1m dikte).

Deze beide zijn in 2 verschillende bruintinten ingekleurd (zie legende bij de kaart).

RD, Rd, MD, Md: Rijn- of Maasafzettingen onder oude of jonge duinen. De jonge duinen worden met hetzelfde raster aangeduid als de jonge duinen die niet op het Kempens Plateau liggen. De oude duinen krijgen op het Plateau een donkerder tint in vergelijking met deze die zich niet op het Plateau bevinden (dekzand <1m dikte).

vb. duinen op de Zanden van Lommel zijn terug te vinden in de Witte Bergen, ten N van Helchteren

vb. op de Begijneheide ten O van Houthalen hebben zich duinen op de Zanden van Winterslag gevormd.

RZ, MZ, RZL, MZL : Rijn- of Maasafzettingen met een eolisch dekpakket van zand of lemig zand (>1m dikte). Deze types worden in het donkergeel voor het zand en in het donkerrood voor het zandleem aangeduid.

Op deze laatste types kunnen nog jonge of oude duinen voorkomen (D of d).

r, m: profieltype waarin de Rijn- en Maasafzettingen ofwel heel dun zijn (<1m dikte) ofwel afwezig zijn. Het Tertiair bevindt zich op geringe diepte of dagzoomt. Dit type wordt met het raster voor Tertiair op geringe diepte aangeduid op de kleur van het Kempens Terras.

Het colluvium en rivieralluvium dat zich op het Kempens Plateau bevindt wordt met een donkerder tint aangegeven, het beekalluvium op het Kempens Plateau wordt met een lichtere tint aangeduid dan de reeds gebruikte kleur voor dit type dat niet op het Kempens Plateau ligt. Op deze manier worden alle afzettingen op het Kempens Plateau duidelijk onderscheiden van de rest van het kaartblad.

3.3.3. De profielen (legende p 6-7)

Om een duidelijk beeld te krijgen van de opeenvolging en afwisseling van de quartaire pakketten, werden 5 profielen doorheen het kaartblad getrokken. Deze werden niet zo rechtlijnig genomen, zoals reeds eerder verklaard, maar volgens reeds bestaande trajecten of langs lijnen waar een dichter net van boorpunten voorkomt.

Zo werd profiel 1 langsheen de snelweg E313 - E 314 getrokken en de profielen 3 en 5 langs de A2.

De profielen 2 en 4 op het kaartblad Diest - Herk-De-Stad werden langs van goede gegevens voorziene lijnen genomen.

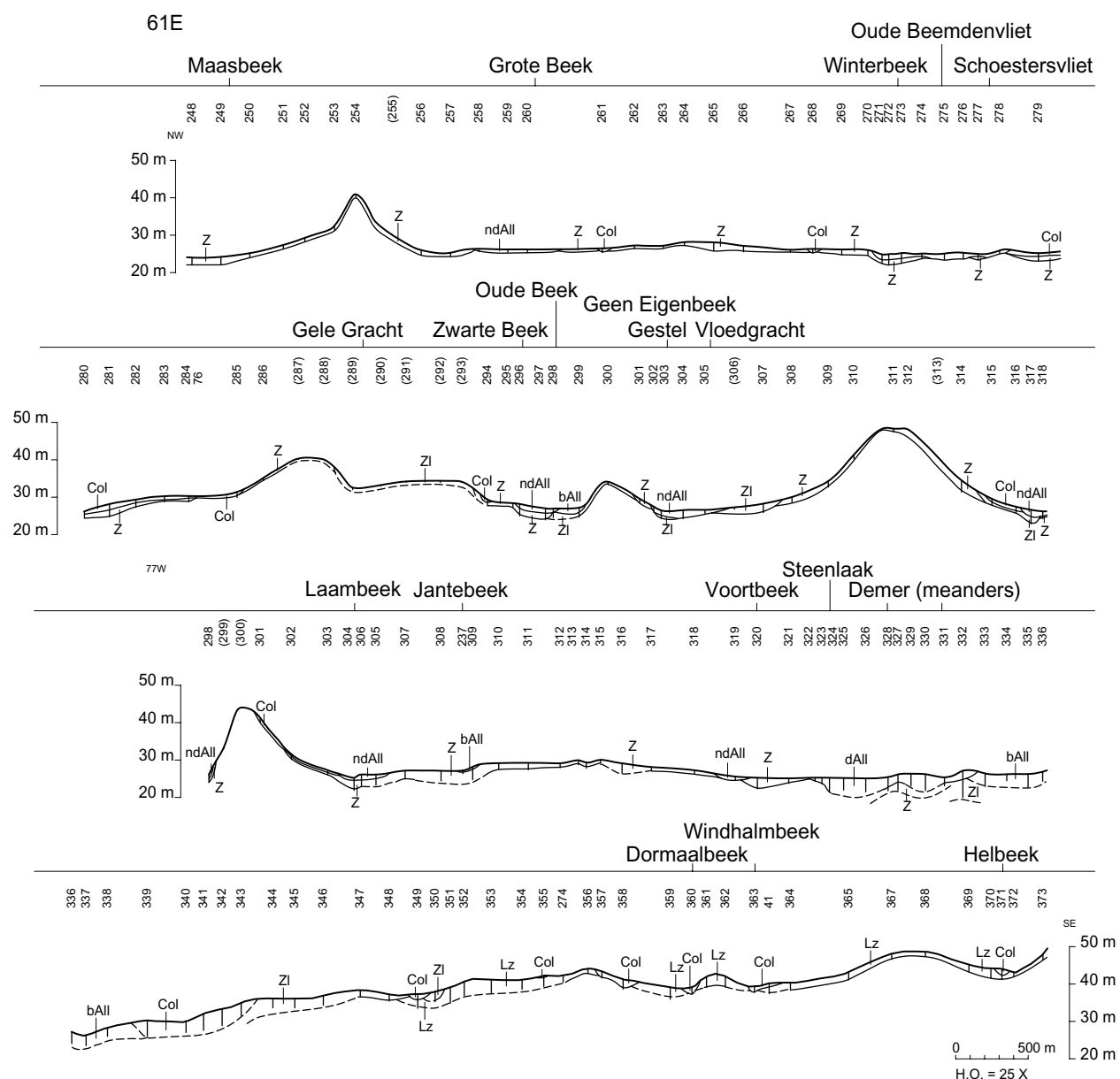


Fig. 11 : profiel 1

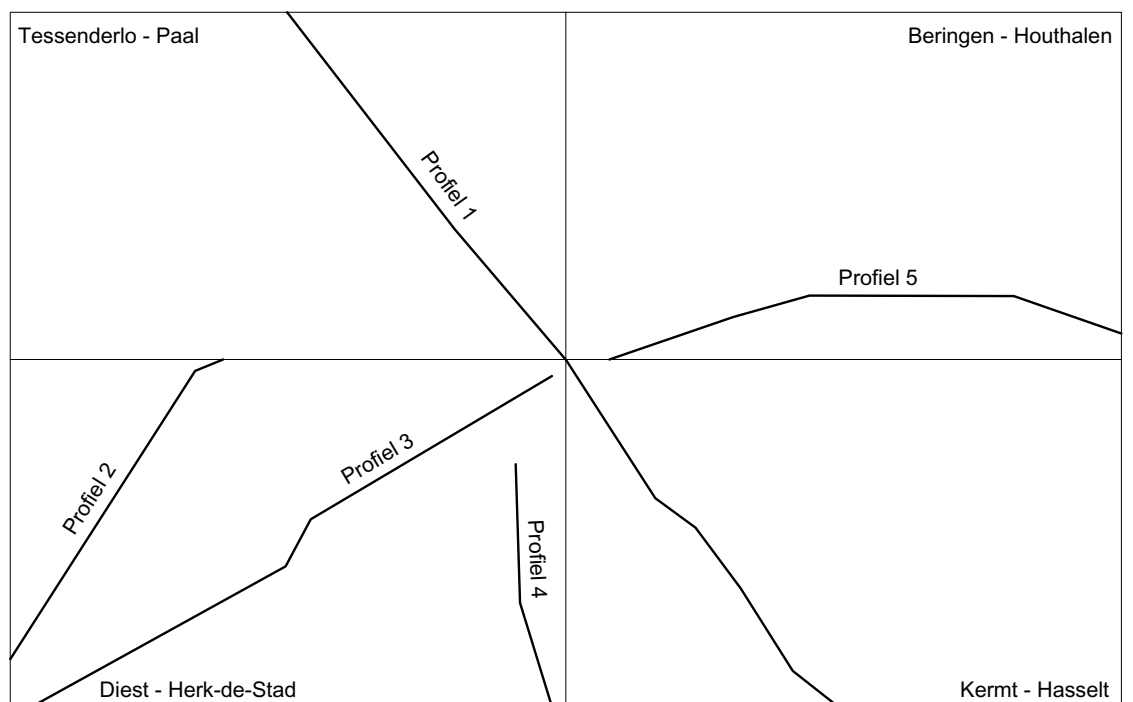


Fig. 12 : Overzicht profielen

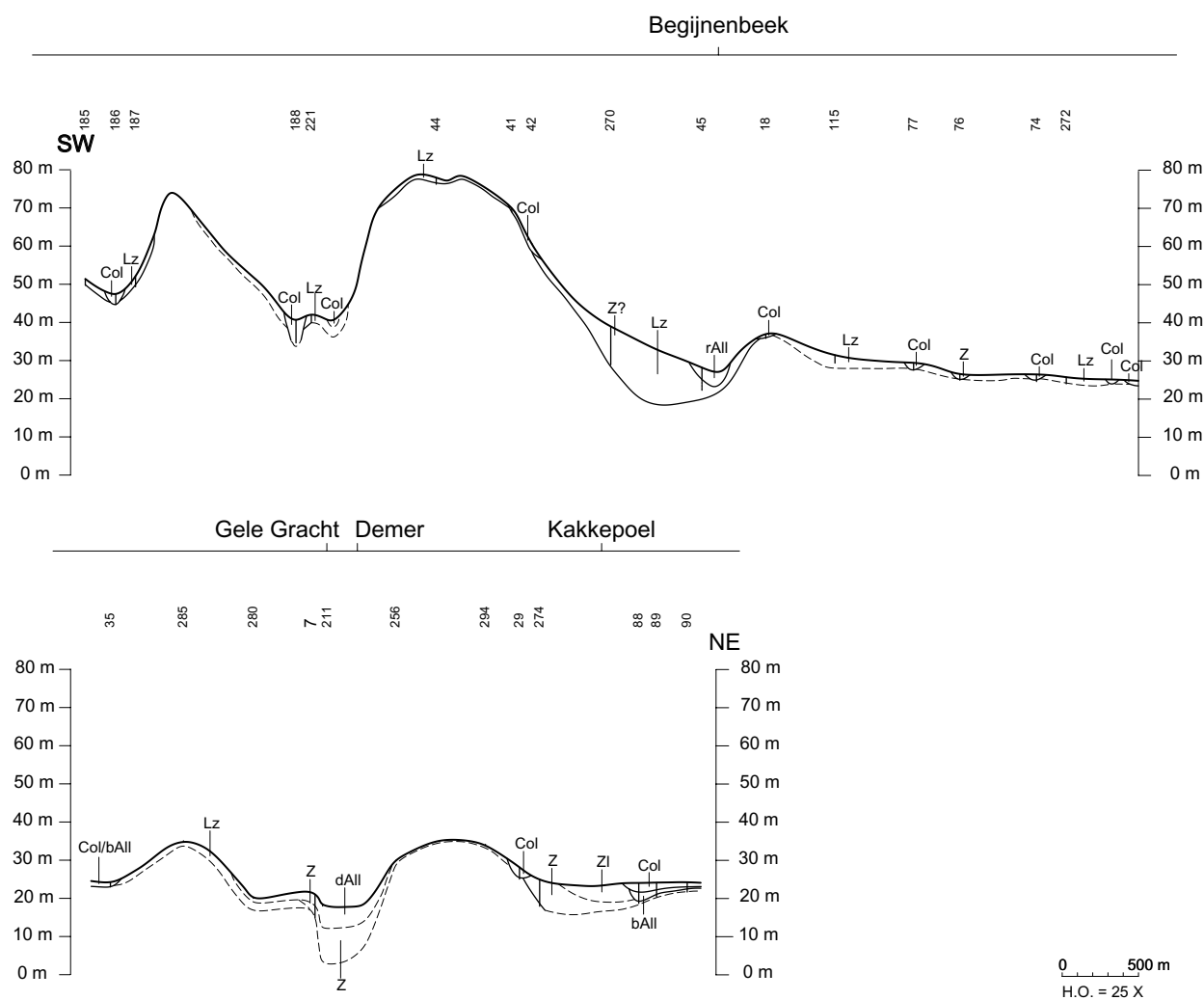


Fig. 13 : profiel 2

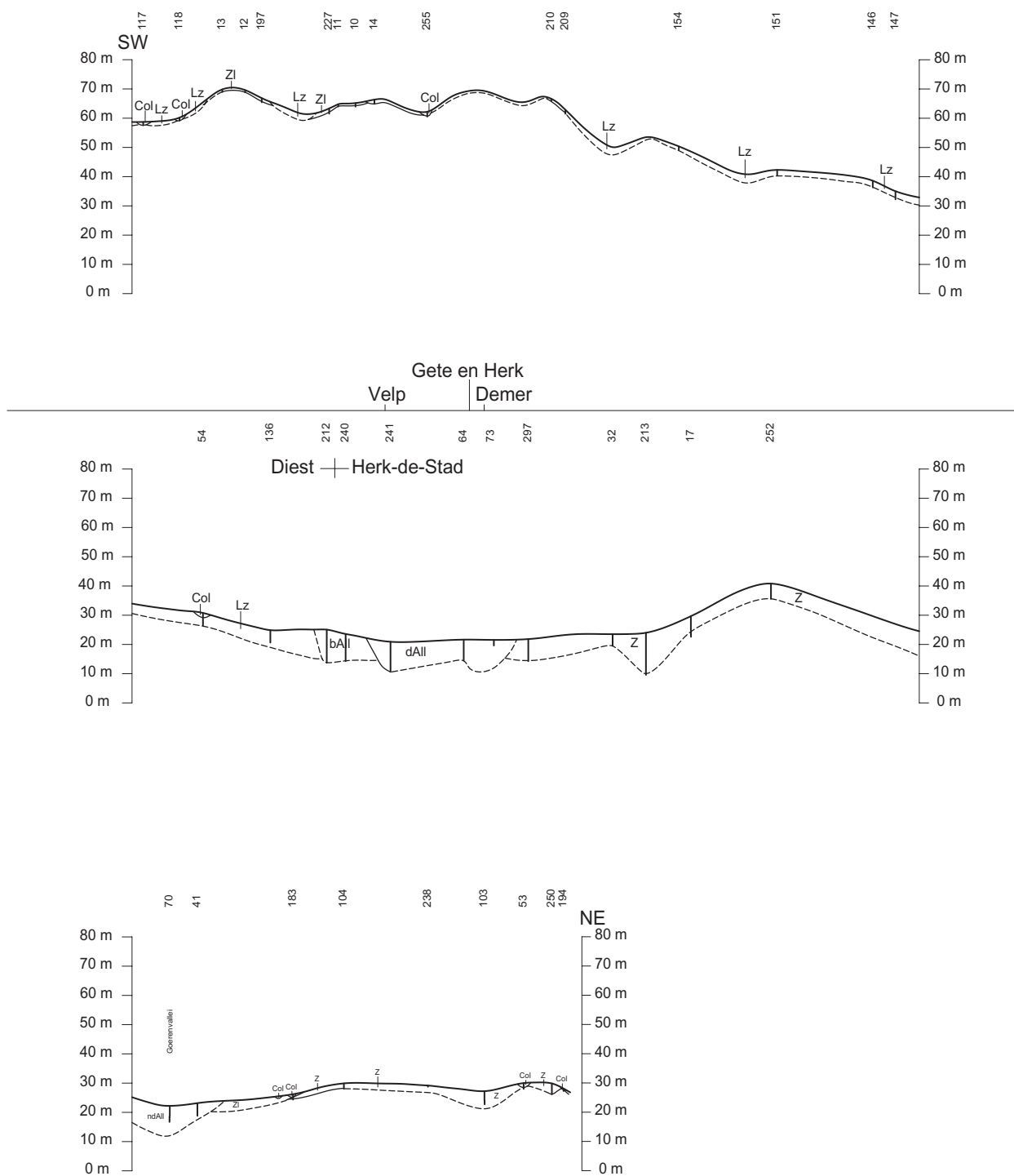


Fig. 14 : profil 3

0 500 m
H.O. = 25 X

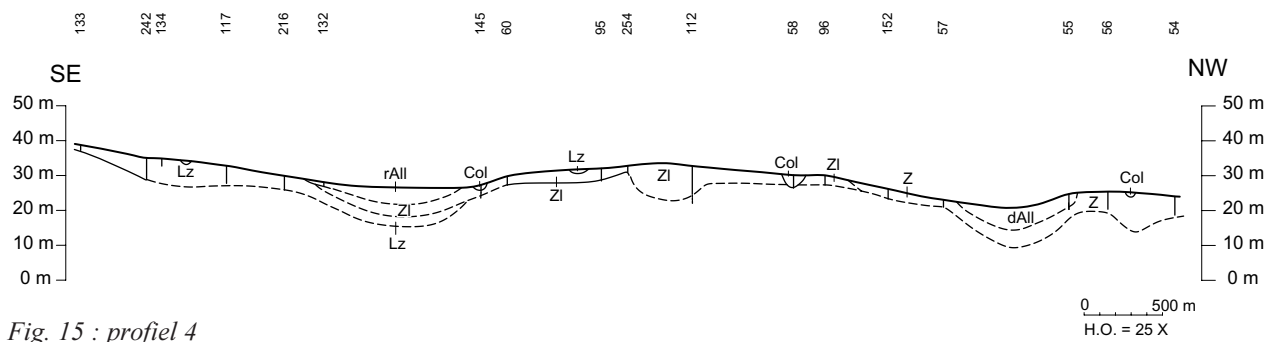


Fig. 15 : profil 4

0 500 m
H.O. = 25 X

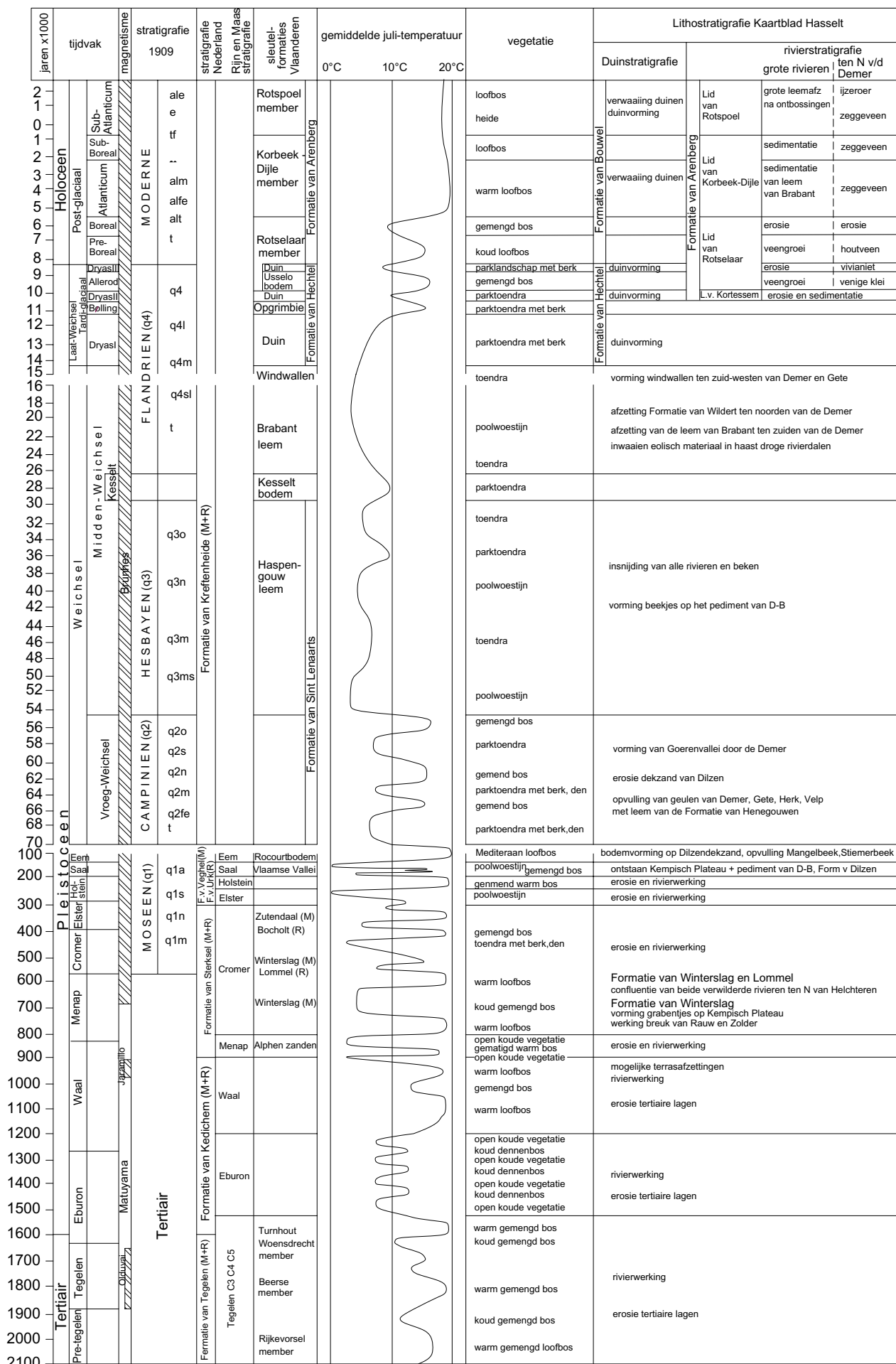


Fig. 17 : Stratigrafische tabel

4. TOEGEPASTE GEOLOGIE

4.1. Oppervlakedelfstoffen

4.1.1. Grind

Het grind dat op het Kempisch plateau ontgonnen wordt, behoort tot de Grinden van Zutendaal. Doordat er zich door verschillende bodenvormingfases, vooral door de vorming van de Rocourtbodemp, een bruine kleifilm rond de keien heeft afgezet, is dit grind van mindere kwaliteit ten opzichte van het veel zuivere grind in de Maasvallei. Daar de westelijke verbreidingsgrens van het grind van Zutendaal ten oosten van het kaartblad ligt zijn er op het kaartblad Hasselt geen grindwinningen. Het wordt dan ook enkel als bijproduct ontgonnen uit de zandgroeves.

4.1.2. Zand

Een drietal verschillende zandsoorten worden uitgebaat voor gebruik in de wegenbouw en civiele bouw.

De duinzanden, die weinig siltig materiaal bevatten worden verwerkt in mortel. De dekzanden die siltiger zijn worden gebruikt in de wegenbouw. De terrasafzettingen die op het kaartblad uit de zanden van de Formatie van Lommel en de Formatie van Winterslag bestaan, werden uitgebaat in twee grote groeven te Helchteren en Houthalen .

4.1.3. Leem

De leem werd ontgonnen voor de vervaardiging van bakstenen. Door het geringe kalkgehalte zijn de stenen geel gekleurd.

4.1.4. Veen

De dikke veenlagen die ten noorden van de Demer in de valleien voorkomen, werden in het verleden intensief uitgebaat. Aanvankelijk werd het veen vooral ondiep uitgebaat omdat de watertafel zeer snel werd bereikt. Later werd het diepere veen gewonnen door middel van sleepnetten, het zogenaamde ‘veentrekken’. Vanaf 1895 werd er gebruik gemaakt van een veensteekmachine en sprak men van veen ‘baggeren’. Het gedolven veen werd gedroogd op legakkers op een bodem van rietafval. Verschillende veenlagen werden op elkaar gestapeld en aangestampt. Nadat de laag tot 1/3 van zijn initiele dikte was teruggebracht, werden hieruit de geel- of grijsbruine turven gesneden met de zogenaamde ‘veenbijl’. Elke turf van 7x7x17cm was een goed alternatief, voor het vroeger gebruikte hout, om aan de groeiende vraag van de steeds groeiende steden naar brandstof tegemoet te komen. De eigenaren van de veenlanden konden dan ook aanzienlijke rijkdommen verwerven waarin de uitdrukking ‘ten steeckt op eenen torf niet, als men in het venne is’ zijn oorsprong vond. Door de opkomst van steenkool en aardolie verdween geleidelijk de veenwinning als bron van brandstof.

4.1.5. IJzeroer

Het ijzeroer heeft een tweeledige toepassing gekend, als ijzererts en als bouwsteen. Als ijzererts werd het reeds tijdens de Romeinse tijd ontgonnen. De restanten hiervan zijn nog te vinden onder de vorm van ovens en ijzerslakken. Halfweg de 19de eeuw werd ertsexploitatie grootschaliger. Het gewassen erts werd nu verwerkt in de metallurgische industrie te Luik en in Duitsland. Kort voor de eerste wereldoorlog werden deze ontginningen stopgezet.

Als bouwsteen is het ijzeroer slechts lokaal gebruikt geweest. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de mindere kwaliteit van de blokken. Deze zijn zeer poreus en weinig coherent, ten opzichte van andere bouwstenen zoals de ijzerzandsteen uit de Formatie van Diest. Slechts waar het ijzeroer dikke banken vormde, zoals in de alluviale vlakte van de Demer ten noorden van Schulen, werd het ijzeroer samen met de ijzerzandsteen verwerkt als bouwsteen in verscheidene kerken.

Omwille van zijn poreuze structuur en de reactiviteit van zijn oppervlak werden de ijzeroerblokken vroeger ook gebruikt voor de zuivering van lichtgas.

4.2. Hydrologie

De hydrologie van het kaartblad wordt gedomineerd door de aanwezigheid van het Kempisch plateau, de waterscheiding tussen het Maasbekken en Scheldebekken en de algemene helling van de tertiaire lagen.

Het grondwater in de tertiaire formaties kan in twee grote groepen van aquifers opgesplitst worden. De neogene zanden van het Diestiaan en het Bolderiaan worden onderaan begrensd door de niet doorlatende Boomse Klei. Deze zanden zijn door hun geringe quartaire bedekking, enkele meters dekzand, en de hoge watertafel erg kwetsbaar. Daar de Zanden van Diest plaatselijk door de Boomse Klei snijden staan deze in contact met de onderliggende Zanden van Berg, wat de kwaliteit van het water niet ten goede komt. Ook de talrijke breuken die het volledige Tertiair doorsnijden, stellen de verschillende aquifers met elkaar in contact. De tertiaire aquifers onder de Boomse klei en de aquifer van het Krijt ondergaan naar het noorden toe een sterke verzilting, vanaf Beringen, wat ze voor drinkwaterproductie onbruikbaar maakt.

De stroming van het oppervlaktewater en freatisch water wordt ten westen van de waterscheiding-lijn tussen Maas en Schelde gecentraliseerd naar de Demer die als hoofdrivier het kaartblad van het zuidoosten naar het noordwesten doorloopt. Ten zuiden van de Demer voeren de grote bijrivieren zoals de Herk, de Gete en de Velp leemrijk water aan. De grote ontbossingen halfweg de zeventiende eeuw verhoogden de oppervlakkige afvoer van het neerslagwater, wat een versterkte erosie van het leempakket tot gevolg had. Dit fenomeen verklaart de sterke toename aan leemrijk sediment in de Vlaamse rivieren, hier meer specifiek de Demer. Doordat het leempakket, dat weinig doorlatend is, hier rechtsreeks op de Boomse Klei gelegen is, zal het weinige percolerend water niet in staat zijn onderliggende aquifers aan te vullen en zal nog als freatisch water en oppervlaktewater naar de grote rivieren afgevoerd worden.

De beken ten noorden van de Demer draineren de vlakte aan de voet van het Kempens Plateau of hebben hun bronnen in het Plateau zelf, zoals de Stiemberbeek, Mangelbeek en de Zwarte Beek. Deze beken hebben allen een kleine sedimentlast en een zeer brede vallei in de vlakte voor het Kempens Plateau. Het water is dan ook van matige tot goede kwaliteit met naast de invloed van huishoudelijke en industriële afvalwaters een belangrijke organische belasting door de sterke veengroei in hun alluviale vlaktes.

De dikke alluviale sedimenten van de Demer, die bestaan uit grove zanden en grinden vormen naast het Kempens Plateau een belangrijk Quartair grondwaterreservoir. De kwaliteit van het water is sterk afhankelijk van het onderliggende tertiaire substraat. Zo is het water, waar het substraat gevormd wordt door de Formatie van Diest, zacht en ijzerrijk.

Het belangrijkste quartaire grondwaterreservoir bevindt zich in de Maas- en Rijnafzettingen van het Kempisch Plateau. Het Kempisch Plateau is met zijn grofkorrelige, grintrijke sedimenten, met hydraulische geleidbaarheden van 10^{-3} m/s tot 10^{-2} m/s, en een zeer dunne dekmantel, 0 tot 4 m, een ideale doorlatende filter voor meteorisch water. Door zijn radiale topografie met het hoogste punt in het zuiden, is er een elliptisch stromingspatroon ontstaan dat graviteitsgedreven is en verschillende onderliggende Tertiaire- en Krijtaquifers voedt. Er kunnen vier groepen van stromingspatronen onderscheiden worden die boven elkaar voorkomen en elk een eigen bewegingsrichting hebben. Het diepste systeem, dat zich in de Krijtaquifer bevindt, wordt gevoed door water dat al de tertiaire formaties percoleert en na enkele duizenden jaren de Maas bereikt. Het tweede niveau wordt gevormd door de tertiaire formaties die een lang suprareginaal, 70 tot 90 km, stromingspatroon vormen waarbij het water in noordelijke richting stroomt en in de maasvallei in Nederland terug opwelt. Het freatisch niveau vormt het derde systeem en weerspiegelt het beste de invloed van de topografie op de piëzometrie. De stroomdraden lopen hier van de insijpelingszone op het Plateau naar de voet van het Plateau waar ze uitmonden in talrijke bronnen. Dit water is mineraalrijk, meestal ijzerrijk, door het verblijf in de glauconietrijke zanden van de Formatie van Diest. In de beekdalletjes komt het opwellen van dit grondwater overeen met een sterke groei van Holpijp en een grotere dikte van het totale veenpakket. Het vierde niveau bestaat uit de vele vennen die gevoed worden door het insijpelend regenwater. Ze zijn de brongebieden voor de vele beekjes die op het Plateau hun brongebied hebben. Naast deze bronzones worden deze beekjes uiteraard ook gevoed door de grondwaterstromingen in hun valleihellingen. Het mineraalarme en zuurstofrijke water dat door zijn korte verblijf periode niet in evenwicht kon komen met de bodem zorgt dan ook voor het typische hellingveen.

4.3. Onderzoek van zware mineralen

Op het Kempens Plateau komen alluviale afzettingen voor van Rijn en Maas. Op basis van de boorbeschrijvingen kan geen onderscheid gemaakt worden tussen deze beide. Daarom is het noodzakelijk de terreinwaarnemingen aan te vullen met een bijkomend onderzoek. Aan de hand van zware mineralen is het nl. wel mogelijk de zanden te definiëren als afkomstig van de Rijn of van de Maas.

De zware mineralen typisch voor Maasafzettingen zijn:

- Minettes (ijzerhoudende oxiden)

kleine ijzeroëliet bolletjes, donkerbruin, door aantasting zijn ze chocoladebruin geworden. Afkomstig van de ijzerertsen uit het bekken van de Franse Maas

- Hoornblende

prismatische vorm, bruingrijs aangelopen, met typisch de aanwezigheid van een schuin breukelement

- Granaat

roze kleur, kunnen ook vol insluitsels zitten of kleurloos zijn

Maasafzettingen met Minettes worden als Maas aangeduid, Maasafzettingen zonder Minettes als Maas (-)

De typische Rijn mineralen:

- gesausuritiseerde veldspaten

deze zijn microthermaal omgezet in microkristallijne epidoot-zoëriet, zijn melkachtig wit van kleur (onder een binoculair), of hebben een vuil uitzicht (bij doorvallend licht)

- groene epidoot

grasgroen van kleur, kan soms kleurloos zijn (zoïziet), is niet te onderscheiden van kleurloze granaten onder het binoculair

- chloriet

hoofdzakelijk te herkennen aan de groene kleur

- groene hoornblende

glasglans, groenbruine kleur

De mineralen typisch voor het Tertiair:

- stauroliet

botergeel, strogeel gekleurd, scherpe hoekige vorm met zwarte insluitsels, de kleur is typisch

- Distheen

platte latjes die op hun splijting liggen, hebben ook dwarssplijtingen, zijn kleurloos en hoogstens vol met zwarte insluitsels

- Andalousiet

kleurloos tot licht rose mineraal

De mineralen van de Tertiaire formaties zijn residu's van een zeer sterke verwerking (Distheen wordt niet door Rijn of Maas aangebracht).

Resultaten:

<i>staalnummer</i>	<i>Rijn of Maas</i>	<i>staalnummer</i>	<i>Rijn of Maas</i>
H 35	Maas	H 80-2	Maas (-)
H 41-2	Maas	H 98-4	Maas (-)
H 42-2	Maas (-)	H 100	Maas
H 43-2	Maas + Rijn	B 108-4	Maas
H 49-2	Maas	B 110-2	Maas
H 51-2	Maas (-)	B 110-3	Rijn
H 52-2	Maas (-)	B 112	Rijn
H 53-2	Rijn (+Maas)	H 116-1	Maas
H 54-3	Rijn	H 160-2	Maas (-)
H 57-3	Rijn	H 181	Maas
H 57-4	Rijn	H 188	Maas
H 58-4	Rijn	H 190	Rijn (+Maas)
H 69-5	Maas	H 193	Maas
H 69-7	Maas (+Rijn)	H 256	Maas (-)
H 78-3	Rijn (?)	H 301	Rijn (+Maas)

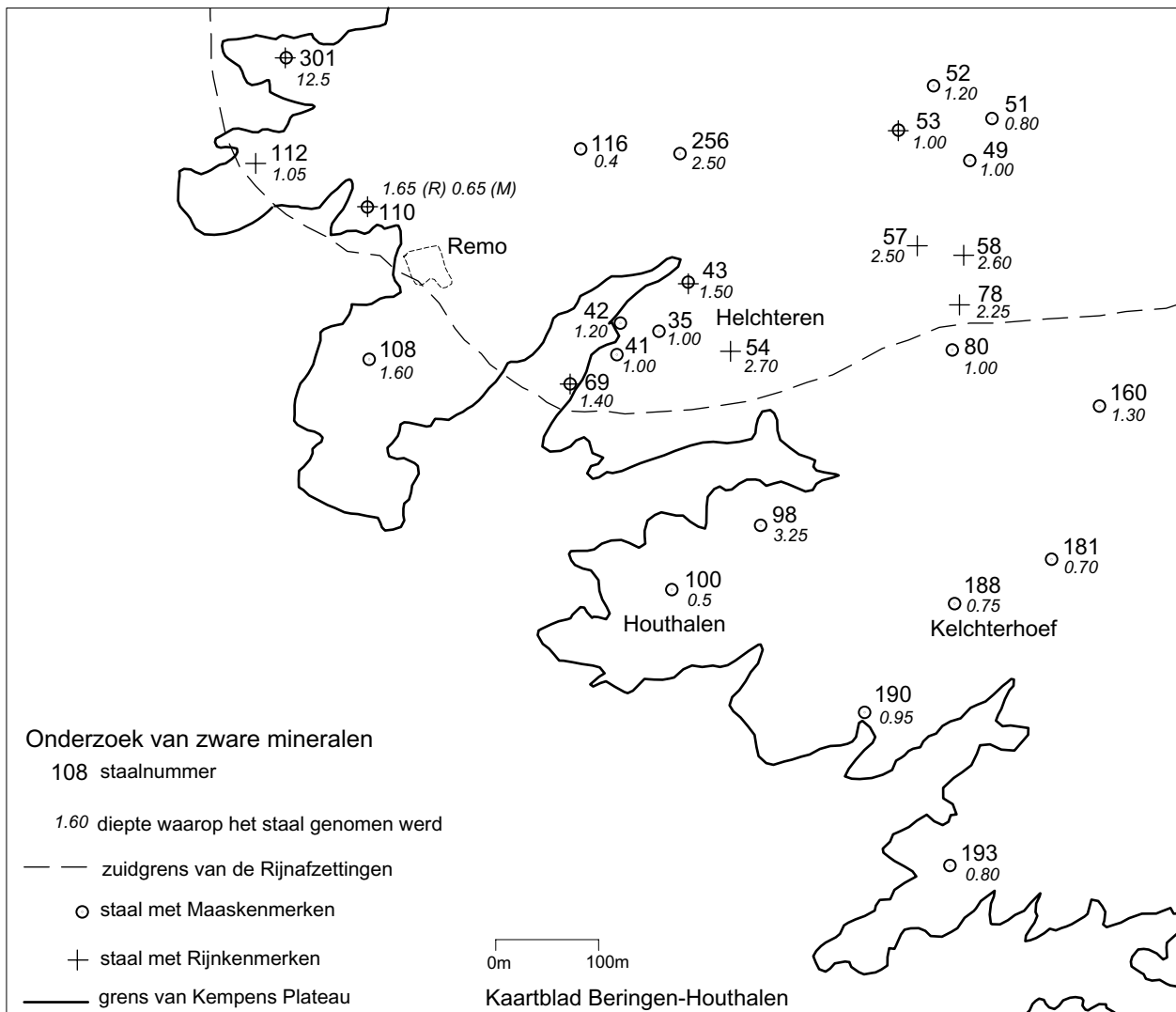
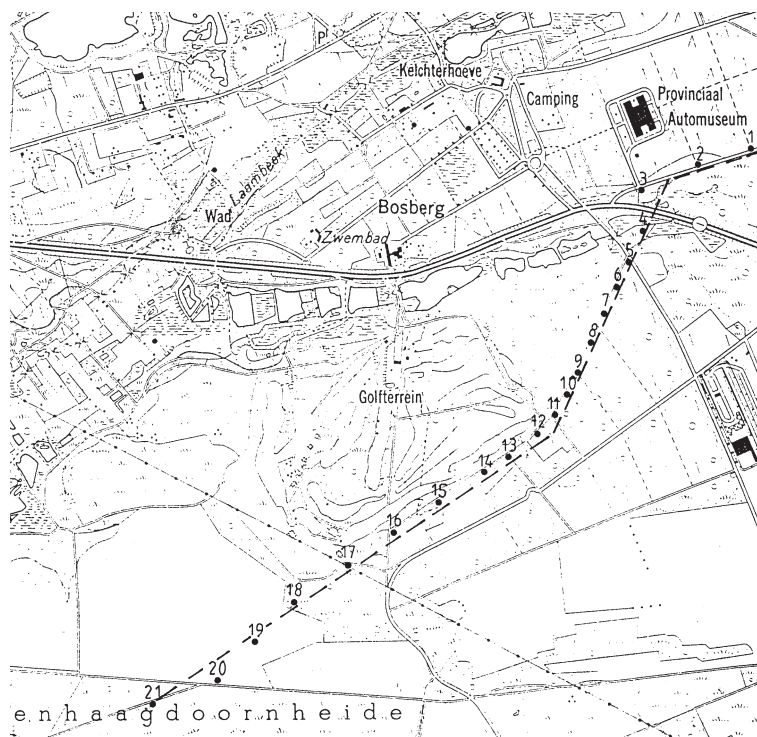


Fig. 18 : Resultaten van het onderzoek op zware mineralen

Besluit

Aan de hand van deze resultaten kan een hypothetische grens getrokken worden die het meest zuidelijke voorkomen van de Rijnsedimenten aangeeft. De Maasafzettingen komen zowel ten zuiden als ten noorden van deze grenslijn voor. In 1 staal (B 110-2 en 3) kan duidelijk gezien worden dat de Maassedimenten bovenop deze van de Rijn voorkomen. De stalen die gebruikt werden voor analyse en die als typisch Rijn gedetermineerd werden liggen steeds iets lager (meer dan 2m diep) dan de typisch Maasstalen (rond de 1m diep). Op basis van deze twee opmerkingen zouden de Rijndeposities onder deze van de Maas liggen en ouder zijn. De Rijn stroomde in het noorden van het kaartblad tot aan de opgetekende grenslijn, terwijl de Maas er in een latere periode vanuit het zuiden overheen vloeide.

4.4. Geoëlektrische metingen



In het kader van deze kartering en de Tertiair kartering van het kaartblad Hasselt werden twee geoëlektrische profielen uitgevoerd door Geosurvey n.v.

Een eerste profiel is gesitueerd dwars door het Albertkanaal ten zuiden van Stokrooie. Het profiel betrachtte de exacte locatie te bepalen van de breuk van Beringen en een beeld te geven van de geul van de oude Demer.

Het tweede profiel is gesitueerd op het Kempens Plateau tussen Domein Kelchterhoeve en de autosnelweg E314 (Lummen- Aachen) (zie geografisch kaartje). Hier werd getracht de geulstructuren in het plateau weer te geven en het contact tussen de Formatie van Bolderberg en de Formatie van Diest vast te leggen. Indien de breuk van Helchteren tijdens het Quartair actief geweest was moest dit ook te zien zijn.

Vermits de resistiviteit van verschillende formaties gemeten werd, kunnen deze profielen gebruikt worden als referenties ter bepaling van de haalbaarheid van toekomstige profielen.

Fig. 19 : Situering geo-elektrisch profiel Helchteren

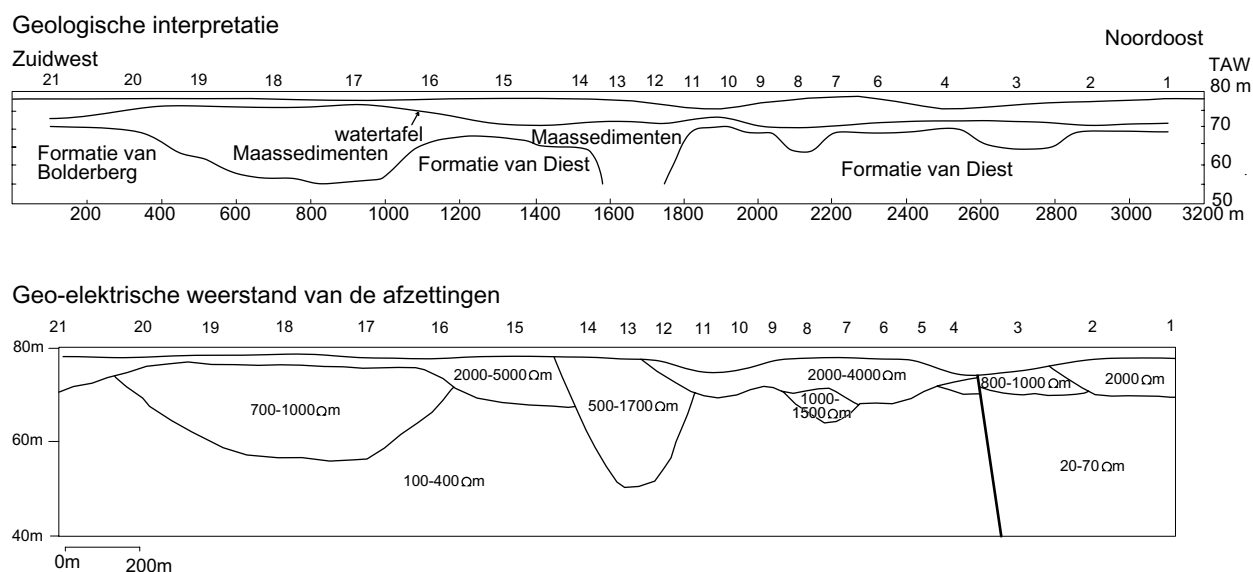


Fig. 20 : Profielen van geo-elektrische sonderingen Helchteren

Voor de twee profielen werd de resistiviteit van volgende afzettingen gemeten:

Duinzand (droog): 2000 - 5000 Ωm

Plateau zand en grind (droog): 1000 - 2000 Ωm (nat) : 750 - 1000 Ωm

Demeralluvium: 100 - 200 Ωm

Dekzand (droog en nat): > 300 Ωm

Formatie van Diest (nat): < 20 - 200 Ωm

Formatie van Bolderberg: - Lid van Genk (nat) : 200 - 500 Ωm

- Lid van Houthalen (nat) : 80 - 200 Ωm

Formatie van Eigenbilzen (nat): 40 - 80 Ωm

Formatie van Boom: < 40 Ωm

Om de resistiviteiten, die per formatie na gegevensverwerking bekomen werden, te toetsen op hun waarde werden ze vergeleken met de door J. Vandenberghe (Vandenberghe, 1976; Vandenberghe, 1977; Vandenberghe, 1979; Vandenberghe, 1982) bekomen resultaten. Door middel van een mini-elektrische opstelling (Wenner-opstelling met een elektrodenafstand van 10 cm) heeft hij rechtstreeks op de ontsloten formaties, in groeves, de resistiviteit kunnen meten. Zo bekomt hij de volgende waarden voor de verschillende formaties :

Duinzand (droog) : 2500 - 4000 Ωm

grove, grindrijke fluviatiele zanden (nat) : 350 - 415 Ωm

medium fluviatiele zanden (nat) : 200 - 250 Ωm

fijne fluviatiele zanden (nat) : 62 - 112 Ωm

leem (droog) : 300 -700 Ωm (nat) : 43 - 62 Ωm

lemige eolische zanden (droog) : 630 -1700 Ωm (nat) : 115 -140 Ωm

siltige klei : 14 - 33 Ωm

zandleem : 37 - 46 Ωm

recent alluvium : 23 - 26 Ωm

Formatie van Diest : 32 -49 Ωm

Formatie van Boom : 6 -16 Ωm

infra-Boom zanden (zanden van Berg) : 25 - 52 Ωm

Vermits de profielen die door Geosurvey n.v. worden opgesteld, vooral gebaseerd zijn op mathematische gronden werden ze door ons met de uitgebreidere kennis van de geologie herinterpreteerd. De door Geosurvey n.v. opgestelde profielen werden bekomen na interpolatie van de mathematische sonderingen die na een tweetal omvormingen bekomen werden uit de op terrein gemeten resistiviteiten. Deze twee omvormingen houden in dat men vertrekkende van de gemeten resisteiten door iteratieve berekeningen een 4-tal modellen

(5-, 6-, 7- en 8-lagen model) van de ondergrond opstelt, die elk de gemeten curve met 3% afwijking benaderen. Deze modellen worden dan tegen elkaar uitgemiddeld waarbij elk van de curves een aparte weging meekrijgt. Deze weging is gebaseerd op zuiver mathematische gronden zodat hier de voeling met de geologie deels verloren gaat en men artefacten creëert die geologisch niet verklaarbaar zijn.

Daarom werden de profielen door ons vertrekkende van de verschillende lagenmodellen en met de geologie van het gebied in het achterhoofd de profielen hertekend. Het profiel van Stokrooie kwam zodoende grotendeels overeen met de interpretatie van Geosurvey n.v.

Daar het profiel van Helchteren haast volledig uit Quartair materiaal bestaat zal het in detail besproken worden.

Volgende resitiviteiten werden aan de verschillende formaties toegekend :

Plateau afzettingen : (droog) 2000 - 5000 Ωm grindrijk grof zand van 2 tot 8m dik +bovenliggend duinzand

Ingesneden geulen : 700 - 1000 Ωm en 1700 Ωm : zeer zuivere zanden

Ingesneden geulen : 1000 - 1500 Ωm

Formatie van Diest : 100-400 Ωm , ten oosten van de breuk van Helchteren : 20 - 70 Ωm

Het profiel van Geosurvey n.v. werd door hun als volgt geïnterpreteerd. In het zuidwesten van het profiel komt er nog een kleine wig Bolderiaan voor die gekoppeld is aan van resistiviteiten 200 Ωm tot 500 Ωm . Naar het noordoosten wordt het substraat gevormd door de Formatie van Diest die verfijnt naar het oosten. De twee grote geulen zouden te wijten zijn aan de erosie door de Maas. De grens tussen de zeer hoge resistiviteiten en de zeer lage resistiviteiten onderaan wordt gevormd door de watertafel. Deze is gemiddeld 5 meter onder het topografisch oppervlak gelegen.

Eigen interpretatie :

Vermits de het zuidwestelijke deel van het profiel niet ver van de rand van het Plateau gelegen is, moet de water tafel hier zeer laag gelegen zijn. Aan de voet van het Plateau bevindt de watertafel zich op +55m T.A.W.. In sondering 21 moet de watertafel zich dan ook op maximaal 63m T.A.W. bevinden, in sondering 20 waarschijnlijk op 65m T.A.W.. Naar het oosten toe zal de watertafel stijgen tot op 5m onder het topografisch oppervlak. Deze lage watertafel verklaart ook deels de zeer hoge resitiviteiten gemeten in 20 en 21.

De basis van het profiel wordt waarschijnlijk gevormd, van sondering 21 tot 18, door de Formatie van Bolderberg en, van sondering 18 tot 1, door de Formaite van Diest.

De geulen boven dit tertiair substraat worden opgebouwd uit zeer zuivere zanden, af te leiden uit de zeer hoge resistiviteiten. Daar de Maas een verwilderde rivier was toen het Kempens Plateau werd afgezet kon deze niet zulke diepe geulen eroderen, zodat deze een andere oorzaak moeten hebben. De meest westelijke geul (sonderingen 17, 18 en 19) is zeer breed en de hellingen zijn zeer zwak hellend. De opvulling bestaat waarschijnlijk uit zanden van de Formatie van Kasterlee, die lokaal uit zeer zuivere glauconietloze zanden kunnen bestaan (zie verder : beschrijving Groeve Frederix). De oostelijke helling van de geul kan dan geïnterpreteerd worden als een flank van een Diestiaanheuvel die zich uitstrekt over het hele profiel. De geul in het midden van het profiel (sonderingen 12 en 13) is veel minder breed en de hellingen zijn zeer sterk hellend. Het gaat hier om een kleine grabenstructuur die gevormd wordt door de breuk van Helchteren (oostelijke geulflank) en een kleine vertakking van de breuk (westelijke flank). De opvulling van de geul bestaat afhankelijk van de periode waarin ze gewerkt heeft uit zanden van de Formatie van Kasterlee of uit Maasafzettingen.

Vermits er op andere plaatsen op het Kempisch Plateau ook nog boringen voorkomen met Maasafzettingen tot een diepte van 20m, nemen we aan dat het ook hier gaat om Maassedimenten.

De twee kleine geulen met zeer hoge resistiviteiten in sondering 8 en 9 kunnen wel geïnterpreteerd worden als geulen van de Maas. Zoals uit terreinwaarnemingen gebleken is, zijn deze meestal niet veel dieper dan 5m.

De sprong in de resistiviteit van de sedimenten van Formatie van Diest tussen sondering 3 en 4 is vermoedelijk ook een gevolg van breukwerking. De breuk die hiervoor in aanmerking komt is de breuk van Winterslag. In het bovenliggend Quartair is er geen effect te zien van deze breukwerking zodat de werking ervan zich beperkt heeft tot het Tertiair.

4.5. Tektoniek

De voorwaarden om te bewijzen dat er zich tijdens het Quartair breukwerking heeft voorgedaan zijn gebonden aan de aard van de formaties of de aard van de topografie. Wanneer de quartaire formaties gevormd worden door mariene afzettingen met een vlakke basis, vergelijkbaar met de tertiaire afzettingen, zijn sprongen in de basis van de formaties waarschijnlijk breukgebonden. Ook flexuren of veranderingen in gradiënten op isohypsenkaarten kunnen een indicatie zijn van breukwerking. De voornaamste veronderstelling is dus dat men een formatie beschouwt met een quasi continue helling en een vlakke basis. De quartaire formaties van het kaartblad wordt echter niet gevormd door mariene afzettingen, maar zijn allen continentaal.

Een zeer recente breuk, van quartair ouderdom, uit zich vaak in de topografie. In gebieden die een niet al te grote graad van erosie hebben ondergaan kan een duidelijk topografisch hoogteverschil nog te correleren zijn met een sprong in de onderliggende tertiaire lagen. Voorwaarden hiervoor zijn dat er genoeg contrast is tussen de verschillende pakketten in de tertiaire formaties en de gegevens afdoende zijn, zodat men met zekerheid de breuk onder het topografisch hoogteverschil kan lokaliseren. Daar er zich tijdens de Saale ijstijd in de omgeving van het Kempens Plateau een zeer sterke denudatie heeft voorgedaan zijn eventueel voorkomende breuken waarschijnlijk niet meer topografisch zichtbaar. Bovendien is de basis van de Zanden van Diest ten noorden van de dagzoomlijn zo onregelmatig dat het moeilijk vast te stellen is of er zich breuken in voordoen. Nu zijn er op het kaartblad toch wel enkele significante sprongen in het reliëf die de aanwezigheid van een breuk doen vermoeden. Zo hebben we de westrand van het Kempens Plateau die altijd geïnterpreteerd werd als een louter erosief fenomeen. Deze zou ontstaan zijn door de differentiële erosie van het met grind bedekte, moeilijk erodeerbare Kempens Plateau en de relatief makkelijk erodeerbare tertiaire lagen.

Daar men niet uitsluit dat een breuk de westelijke verbreiding van de Rijn- en Maasafzettingen heeft beïnvloed is het niet onwaarschijnlijk dat er zich iets verder ten westen van de huidige rand van het Kempens Plateau een breuk bevond die na de afzetting van het plateau, een aanzet heeft gegeven tot de vormingen van het topografisch verschil tussen de vlakte van het Kempens Plateau en de vlakte ten westen van het plateau. Dit is eens te meer plausibel als men weet dat bijna de volledige zone tot 1 km ten oosten van de huidige westrand, ongeveer samenvallend met één van de verlengingen van de breuk van Rauw, van het Kempens plateau bedekt is door een zeer dun pakket Maas- en Rijnafzettingen, dat in sommige gevallen zelfs volledig ontbreekt, en er dus geen verschil is in erodeerbaarheid tussen de formaties op het Plateau en die ten westen ervan. Alhoewel er in de Maas- en Rijnafzettingen er op verschillende niveau's grindlaagjes voorkomen bestaan deze toch grotendeels uit vrij zuivere grove zanden, sterk vergelijkbaar met de Zanden van Diest. Bovendien worden de toppen van de Diestiaanheuvels tegen erosie beschermd door een reeds vroeg gevormde ijzerzandsteenkap. Daar er op het terrein geen rechtstreekse aanwijzingen te vinden zijn voor deze breukwerking durven we deze hypothese niet als waar bestempelen maar blijft ze wat ze is.

Een andere breuk die een mogelijke werking heeft gekend in het Quartair is de breuk van Beringen. Deze geeft ten noorden van de Diestiaan dagzoom de grens aan tussen de vlakte voor het Plateau en de eerste hoge Diestiaanheuvels, waaronder de Bolderberg. Ook deze hypothese is uit de boringen moeilijk te bewijzen maar is door de grote overeenkomst met de werking in het Tertiair niet ondenkbaar. Ten zuiden van de dagzoom van de zanden van Diest is de breuk te herkennen in een sprong in de basis van het oude Demeralluvium. Het voorkomen van de breuk wordt ook bevestigd door het geoelektrisch profiel van Stokrooie

(opgesteld door Geosurvey n.v. Leuven en ter inzage op de BGD) waarop de breuk ook waar te nemen is. De verplaatsing in de top van de formatie van Boom langs de breuk bedraagt volgens het profiel zeker 15m. Het profiel geeft ook aan dat de breuk zou doorlopen tot in het Quartair. Indien men geen breukwerking zou veronderstellen, zou de huidige topografie enkel te wijten zijn aan erosie. Deze zeer intense erosie zou het topografisch niveau met 25m moeten verlaagd hebben. Vermits in het diepste deel van de Demeralluvium, ten noorden van Hasselt, de basis van het alluvium uit herwerkt tertiair bestaat, zonder quartaire bijmenging van materiaal van het Kempens Plateau, moet dit alluvium reeds afgezet zijn voor de afzetting van het Plateau. Dit wil zeggen dat het ook reeds moet bestaan hebben voor de erosie tijdens het Saale. Samen met de huidige diepte, 20m, en de dikte van het weggeërodeerde pakket, 15m, komt men dan in totaal tot een geuldiepte van 35m wat toch wel onwaarschijnlijk is voor een rivier in een vlak reliëf.

Als aangenomen wordt dat het huidige topografisch verschil tussen Kempens Plateau grotendeels te wijten is aan breukwerking, dan hoeft niet zo'n grote diepte voor de Demer verondersteld te worden. Het volstaat dan aan te nemen dat de Demer voor de afzetting van het Plateau niet dieper was dan de Demer tijdens de diepste insnijding tijdens de Saale-ijstijd, zodat er ten westen van de breuk geen alluvium meer bewaard is met herwerkt Tertiair en dat met een breukbedrag van 15m ten oosten van de breuk de vroeg kwartaire loop wel bewaard heeft. De verlaging van het topografisch niveau ten gevolge van de erosie tijdens de Saale ijstijd zou dan slechts 5m bedragen.

Deze hypothese veronderstelt dat de westelijke begrenzing van het Kempens Plateau ook breukgebonden is. Daar de breuken van Rauw en Voortheide niet in aanmerking komen (ze zijn binnen de vlakte van het Kempens Plateau gelegen) moet er dus een andere breuk te vinden zijn ten westen van deze twee. De breuk van Zolder komt hiervoor in aanmerking. Halet beschrijft in zijn opname van de geul van het stuk kanaal, dat de aansluiting op het Albertkanaal moest voorzien, ten zuiden van Zolder (dossier BGD : Houthalen 62E nr. 222) een grind dat het Pediment van Diepenbeek-Beringen kan zijn. Dit pediment is verder naar het westen niet meer terug te vinden, zodat een sprong van drie meter verondersteld kan worden. Deze sprong is gelegen op de plaats waar de breuk van Zolder zou dagzomen. Ten oosten van dit punt klimt het reliëf sterk naar de vlakte van het Kempens Plateau. Daar deze werking echter tegengesteld is aan de voornaamste beweging in het Tertiair, kan de vraag gesteld worden of deze sprong van drie meter geen laat-quartaire gebeurtenis is, en dat ze niets te maken heeft met de vorming van de 20m hoge Plateaurand.

De breuk die volgens de tertiaire informatie nog het meeste geschikt is om de rand van het Kempisch Plateau te verklaren, is de breuk van Korspel. Het bedrag op de breuk van Korspel bedraagt ongeveer 12 m ten opzichte van het Kempens Plateau. Het voorkomen van deze breuk in het Quartair is echter niet te bewijzen aan de hand van de informatie uit de boringen. Een topografische verlaging van 7,5m in de westflank van een Diestiaanheuvel 750m ten zuiden van het profiel en een plotse verspringing in de loop van de Mangelbeek zijn de enige aanwijzingen voor de doorkomst van de breuk van Korspel

De breuk van Helchteren is niet aantoonbaar aan de hand van boringen in het Kempisch Plateau vermits de Maas- en Rijnafzettingen zijn opgebouwd uit geulafzettingen met sterk wisselende diktes. Ten oosten van de breuk van Helchteren is heeft het topografisch niveau wel een andere afhelling te wijten aan een kanteling van het oostelijke blok langs de breuk van Helchteren. Het verschil van helling uit zich in de loop van de rivieren langs beide kanten van de breuk. De rivieren ten oosten van de breuk stromen naar het noordoosten of het noorden (Bolissenbeek en Dommel), deze ten westen van de breuk stromen allen naar de Demer. Uit de tertiair kartering is gebleken dat er in de basis van Diest op de plaats van de breuk een flexuur in de isohypsen te zien is. Het geoëlektrische profiel van Helchteren toont ook een diepe geul (sondering 11, 12 en 13), tot 30m, met sedimenten met hoge weerstanden. Deze geulen moeten zeer zuivere zanden bevatten. Daar de gekende tertiaire formaties gemiddeld lagere resistiviteiten hebben, glauconietrijke zanden van de Formatie van Diest, moeten deze sedimenten van quartaire oorsprong zijn. Vermits de Maas een sterk verwilderde rivier was toen hij de plateausedimenten afzette, konden er niet zulke diepe geulen gevormd worden. Deze dikke pakketten Maasedimenten moeten dan ook het gevolg zijn van breukwerking. Gezien de ruimtelijke ligging gaat het om de breuk van Helchteren die naar boven toe vertakt. Het voorkomen van meerdere boringen met een quartaire dikte van meer dan 15m bewijst het feit dat het niet om alleenstaande punten gaat maar dat het fenomeen zich over het gehele Kempisch plateau voordoet.

5. EXCURSIEGEGEVENS OP HET KAARTBLAD HASSELT

5.1. Groeve Remo

Deze groeve is gelegen op het Kempens Plateau in de zone waar de Rijn- en Maassedimenten het Plateau opbouwen. In de groeve is een grote geul van Rijnsedimenten te zien die aan de oostrand zijn diepste punt bereikt en naar het westen toe halfweg de groeve sluit. De strekking van de stroomrichting is Z-N, het profiel van de doorsnede van de geul is dus O-W georiënteerd. Er werden 5 profielen opgenomen in de groeve, telkens werden ook verscheidene stalen genomen van de ontsloten formaties. De schematische voorstelling van de profielen, hun ligging en de positie van de staalname zijn in de bijgevoegde figuren weergegeven.

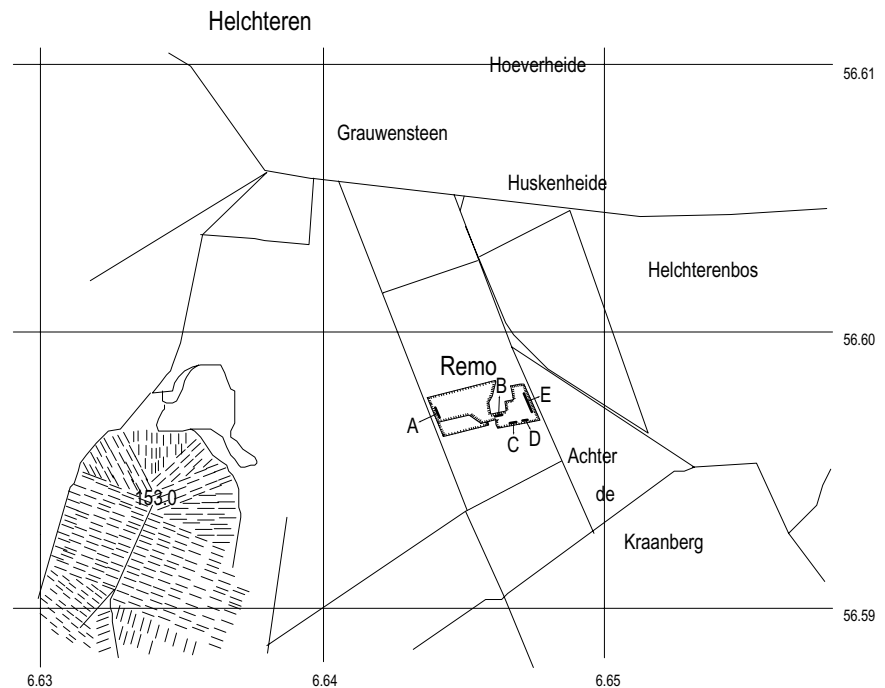


Fig. 21a : Situering groeve Remo

Profiel A

Profiel A werd opgenomen op de westwand van de groeve. Dit profiel bevat bovenaan dekzanden boven een bodem die een sterk profiel vormt in de onderliggende dekzanden. Mogelijk gaat het hier om de Eem-bodem die gevormd is op de dekzanden van Dilzen met daarboven de dekzanden van Wildert. Onder de beide dekzanden bevindt zich een pakket van groengele gekruistgelaagde rivierafzettingen die sporadisch driekanters bevatten. Deze zanden behoren waarschijnlijk tot een Rijngeul die parallel loopt aan de grote geul die de oostelijke kant van de groeve vormt. Onder de gekruistgelaagde zanden komen groene glauconiethoudende zanden voor die mogelijk tot de Formatie van Kasterlee zouden kunnen behoren.

Beschrijving van de genomen stalen :

- A0 : roestbruin fijn zand
10YR6/6, 125-180µm
- A1 : geel-groen fijn zand
5Y7/6-5Y5/6, 125-180µm
- A2 : roestbruin-geel half fijn zand
10YR8/6-10YR6/6, 180-250µm
- A3.5 : groen-geel halfgrob zand
5Y6/4, 180-710µm
- A3 : donker geel-groen half fijn zand
5Y6/4-5Y5/6, 125-250µm
- A4 : groen-grijs fijn zand, glauconiethoudend
10Y6/2-5Y5/2, 125-180µm
- A5 : groen-grijs half fijn zand, glauconietrijk
10Y6/2-5Y5/2, 180-250µm
- A6 : groene zandige klei, glauconietrijk
10Y5/4-10Y4/2

profiel A

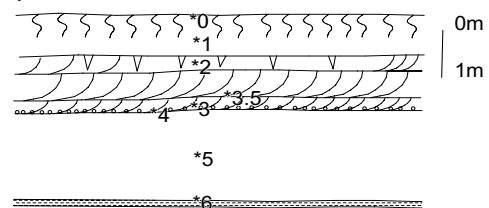


Fig. 21b : Profiel A

Profiel B

Profiel B is opgenomen halfweg in de groeve in een wand die OW gericht is. Het profiel is opgebouwd uit een dik pakket van fluviatiele zanden die geelgroen zijn en verschillende grindlagen bevatten die de basis vormen van horizontaal gelaagde pakketten. Het profiel is dus opgenomen loodrecht op de stromingsrichting. Onder deze fluviatiele zanden bevindt zich een pakket van glauconiethoudende relatief fijne zanden die mogelijk tot de Formatie van Kasterlee behoren.

Beschrijving van de genomen stalen :

- B1 : geel-groen grof fluviatiel grind en zand
5Y7/6-5Y5/6, 355-700µm met grindjes van 2mm tot 10cm
- B2 : grijs-groen halfgrof zand, middelmatig gelaagd
5Y7/2, 180-350µm
- B3 : geel-groen halffijn zand
5Y7/6-10YR6/6, 180-250µm
- B4 : gelaagd peper en zout gespikkeld halfgrof zand
5Y8/4-5Y7/2, 250-355µm
- B5 : roestbruin grof fluviatiel kleirijk zand
5YR5/6-10YR6/6, 355-500µm

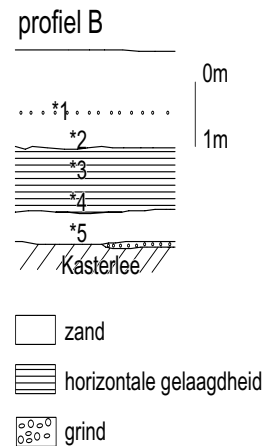


Fig. 21c : Profiel B

Profiel C

Dit profiel werd opgenomen op de zuidrand van de groeve, 30m ten oosten van profiel B. Bovenaan het profiel is een diepe beïnvloeding te zien van vorstverschijnselen. De bovenste 20cm zijn volledig gebarsten waaronder cryoturbate zakken het profiel verstoren. Het vorstprofiel is gevormd in dekzanden die bovenop fluviatiel zanden gelegen zijn. De basis van het profiel wordt gevormd door glauconiethoudende fijne zanden van de Formatie van Kasterlee. Op het contact tussen de fluviatiele zanden en het tertiaire zand komt een grindlaagje voor.

Beschrijving van de genomen stalen :

- C1 : kleirijk groen-bruin roestig zand
5YR5/6-10Y6/2
- C2 : groen-bruine roestige zandige klei met vegetatieresten
5YR5/6-10Y6/2
- C3 : wit-geel fijngelaagd halfgrof zand
10YR6/6-5Y6/4, 250-355µm
- C4 : wit-geel zand
5Y6/4-10YR7/4
- C5 : bruinroestig kleirijk halfgrof zand
10YR6/6 tot 5YR5/6, 250-355µm
- C6 : grof grindhoudend kleirijk halffijn zand
5YR5/6-5Y5/6, 180-250µm

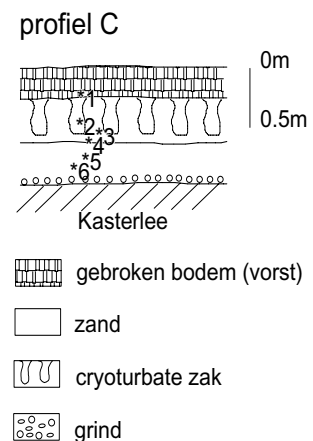


Fig. 21d : Profiel C

Profiel D

Dit profiel bevindt zich op een 30m ten oosten van profiel C op de zuiddrand van de groeve en is opgebouwd uit drie pakketten. Het bovenste pakket bestaat uit fluviatiel zand en grinden van de Rijn. De basis van het profiel wordt gevormd door de reeds eerder vermelde zanden van de Formatie van Kasterlee. Tussen deze twee bevindt er zich een dun pakket met fijn grijs zand met gecacholoniseerde silexen. De grens met de bovenliggende Rijnaafzetting wordt gevormd door een grindlaagje, de ondergrens met het onderliggende pakket is eerder diffuus. 50cm onder de grens met het Rijnpakket is een kleilaagje gelegen met daaronder een wortelzone (mogelijk een tertiaire bodem).

Beschrijving van de genomen stalen :

- D1 : geel-groen zuiver halffijn los zand
5Y7/6-5Y6/4, 180-250µm
- D2 : wit-geel halffijn los zand
5Y8/4, 180-250µm
- D3 : geel-groen fijn zand
5Y6/4-10YR6/6, 125-250µm

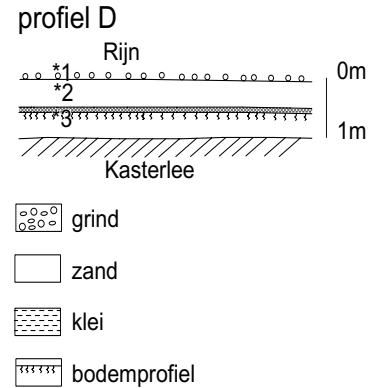


Fig. 21e : Profiel D

Profiel E

Profiel E is opgenomen op de oostrand van de groeve en bestaat volledig uit Rijn-sedimenten die een ongeveer 1km brede geul vormen waarvan enkel het oostelijke deel te zien is. De bovenste zone vertoont een profiel van intense vorstwerking met diepe cryoturbate zakken. De Rijnsedimenten bestaan uit verschillende cycli van gekruistgelaagde zanden die begrensd worden door grindlaagjes. Uit de gekruiste gelaagdheid blijkt duidelijk een stromingsrichting naar het noorden.

Beschrijving van de genomen stalen :

- E1 : geel-bruin grof zand
5Y6/4, 710-1000µm korrels tot 2000µm
- E2 : grijs-geel grof zand
5Y7/2, 500-710µm korrels tot 5000µm
- E3 : geel-bruin grof zand
5Y6/4, 500-1000µm korrels tot 5000µm
- E4 : grijs-bruin grof zand
5Y6/4, 500-710µm
- E5 : grijs-bruin grof zand
5Y7/2, 500-710µm
- E6 : grijs-bruin halfgrof zand
5Y6/4-5Y7/6, 250-500µm

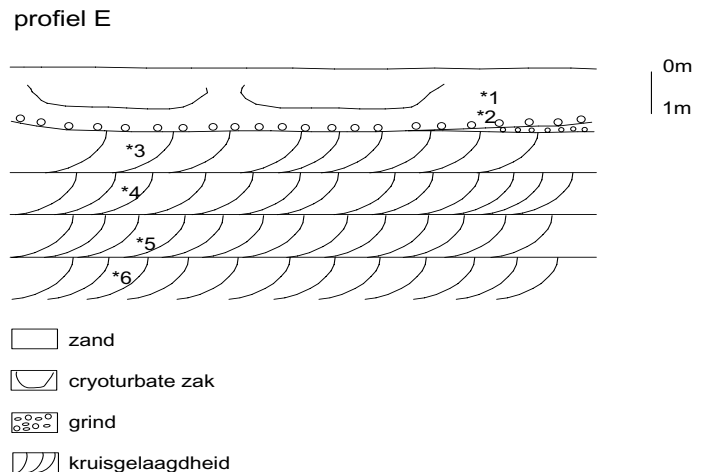


Fig. 21f : Profiel E

Korrelgrootte analyse op stalen van Groeve Remo

Groeve REMO, Houthalen

N°	diepte	Promil gewichtsverdeling zandfractie in µm										Procent fijn	
		1000	710	500	355	250	180	125	90	63	Middel	32	<32
a0	-0.25	1	4	16	54	132	292	300	165	37	201	0.6	5.4
a1	-0.75	9	5	11	25	73	257	327	226	66	185	1.4	7.4
a2	-1.35	0	2	12	49	128	268	261	203	76	190	1.4	2.5
a3	-1.7	1	1	3	13	66	287	352	225	51	169	0.5	4.4
a3.5	-1.8	13	26	35	58	110	238	272	192	57	229	1.1	3.9
a4	-2.1	1	0	2	23	318	347	269	37	3	224	0.2	11.8
a5	-3.2	0	0	1	4	65	369	457	98	6	178	0.3	16.1
a6	-4.2	3	8	16	45	201	561	144	18	4	240	0.2	19.8
b2	-1.5	1	0	4	67	415	383	105	17	8	254	0.5	7.8
b3	-2	3	1	3	43	368	422	130	24	5	245	0.4	5.4
b4	-2.5	5	0	3	71	550	321	38	8	3	276	0.3	4.3
b5	-3	9	9	123	458	254	120	21	4	2	388	0.1	14.3
c1	-0.4	0	0	2	14	61	373	264	197	90	170	8.5	35.0
c2	-0.65	0	2	1	1	17	177	378	285	139	141	13.3	46.9
c3	-0.7	0	3	49	227	498	194	21	6	3	319	0.4	4.3
c4	-0.8	0	1	12	136	542	266	34	7	3	288	0.2	4.9
c5	-0.9	0	0	2	83	544	314	46	8	3	271	0.3	8.2
c6	-1	13	18	82	167	381	294	33	8	4	331	0.5	17.6
d1	-0.2	0	1	1	6	62	333	513	77	6	178	0.4	5.1
d2	-0.4	0	0	3	24	232	589	134	17	2	226	0.1	2.2
d3	-0.8	0	0	2	16	123	522	304	30	3	203	0.2	8.9
e1	-0.75	213	125	239	258	117	26	12	7	3	652	0.4	5.8
e2	-1.25	298	103	216	243	98	23	11	5	4	708	0.4	4.0
e3	-2	189	135	251	214	123	66	14	6	3	630	0.3	6.9
e4	-3	10	57	339	384	76	67	52	12	3	469	0.3	3.2
e5	-4.25	48	53	202	370	238	62	15	7	3	465	0.4	4.3
e6	-5	1	2	34	206	434	269	43	8	3	302	0.3	4.4

5.2. Groeve Frederix

Deze groeve is gelegen ten zuidwesten van groeve Remo en is opgebouwd uit groene en grijze glauconiethoudende zanden. De groeve is slechts tijdelijk te bezoeken geweest vermits ze zal gebruikt worden als stort en er op de wanden een plastic folie zal aangebracht worden. De bodem van de groeve wordt gevormd door een kleilaag. De groeve is ongeveer 14m diep en bestaat onderaan voor 5m uit zanden van de Formatie van Diest met daarboven de zanden van de Formatie van Kasterlee. Bovenop ligt er behalve wat dekzand, geen kwartair materiaal. De grens tussen de beide tertiaire formaties kon op het terrein niet vastgesteld worden. Daarom werden er stalen genomen met een interval van 1m. Hierop werden in het labo korrelgrootte-analyses uitgevoerd door droge zieving met als fijnste maasbreedte 63µm.

Beschrijving genomen van de stalen :

- | | |
|---|---------------------------------------|
| A1 : groene zandige klei
5Y5/6-5YR5/6 | |
| A2 : groen-grijs zand, glauconiethoudend
5Y6/4-5YR6/4 | |
| A3 : groen-grijs zand, glauconiethoudend
10YR6/2-5Y7/2 | |
| A4 : geel-groen zand, glauconiethoudend
5Y6/4 | |
| A5 : groen kleirijk zand, glauconiethoudend
5Y5/2 | |
| A6 : groene zandige klei
5Y4/4 | |
| A7 : groen-geel kleirijk zand
5Y6/4-10Y6/2 | |
| A8 : roestbruin zand
10YR6/6-10YR5/4 | |
| A9 : geel-bruin zand
10YR6/6 | |
| A10 : wit-groen zand
5Y72-10Y8/2 | A15 : roestgeel zand
10YR6/6-5Y7/6 |
| A11 : wit-groen zand
5Y7/2-10Y8/2 | A16 : roestgeel zand
10YR6/6 |
| A12 : geel-wit zand
5Y7/2 | A17 : lichtgeel zand
5Y8/4-5Y6/4 |
| A13 : lichtgeel zand
5Y8/4 | A18 : grijs-geel zand
5Y7/2 |
| A14 : geel-groen zand
5Y7/2-10Y7/4 | A19 : geel-bruin zand
10YR7/4 |

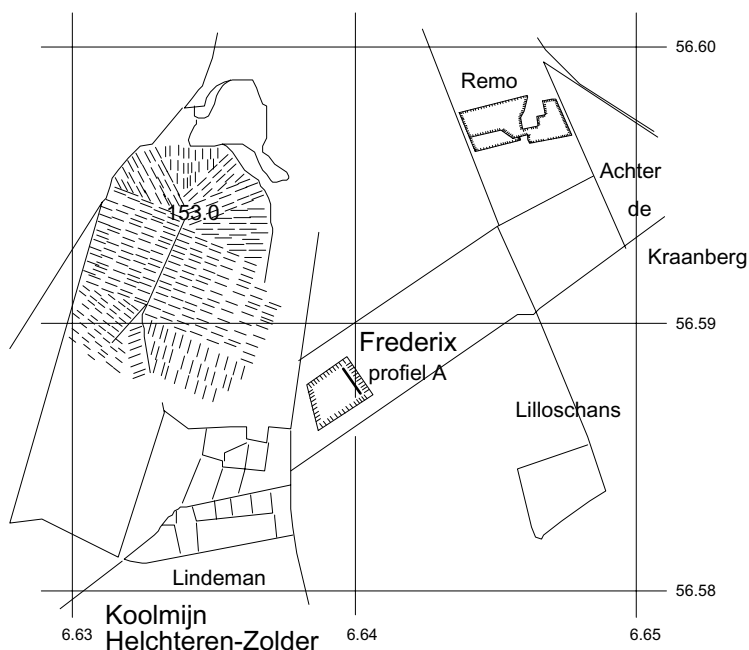


Fig. 22a : Situering groeve Frederix

profiel A

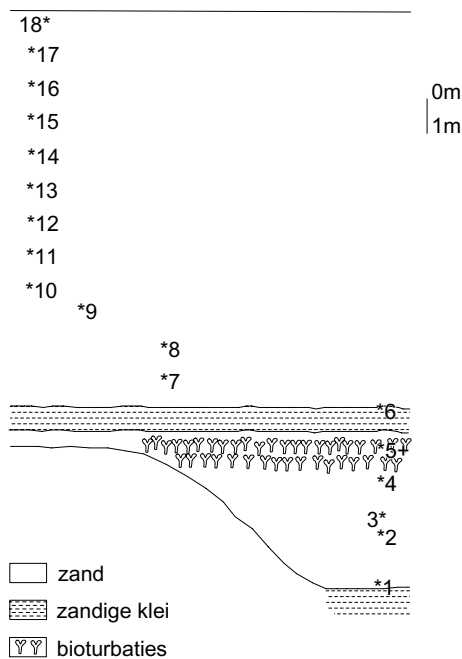


Fig. 22b : Profiel A

5.3. Groeve Holsteen

Deze groeve is gelegen in de omgeving van de archeologisch-geologische site van de Holsteen. De groeve bevindt zich op de helling van de rand van het Kempens plateau. In de groeve komt enkel materiaal van de Formatie van Bolderberg voor. Enkel bovenaan het meest oostelijke deel van groeve vlak boven een grindniveau met uitsluitend tertiaire silexen komen in de bovenliggende zone witte kwartsen en kwartsitisch materiaal voor. Dit materiaal is zeker Kwartair en behoort tot het afzettingssysteem van de Maas. Dat het materiaal op zijn oorspronkelijke afzettingspositie ligt is niet zeker. Waarschijnlijk is zijn huidige positie sterk beïnvloed door hellingserosie. Bovenaan de wanden is er mooie diepe podzol bodem te bekijken.

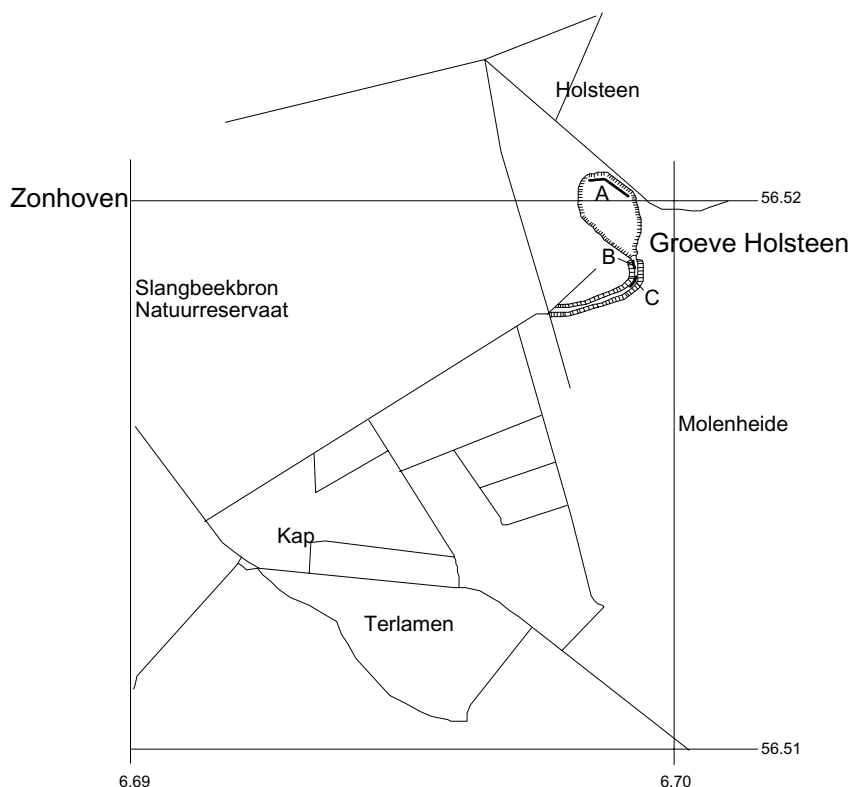


Fig. 23a : Situering groeve Holsteen

Profiel A

Er werd in de groeve een profiel opgenomen over de hele oppervlakte van de wand. Het 14m hoge profiel wordt bovenaan begrensd door een grindpakket met grote silexkeien. Daaronder ligt een 9m dik pakket van gekruistgelaagde zanden die van fluviatile of kustnabije origine zijn. Deze zanden worden onderaan begrensd door een fijn grindpakket met kleine silexkeien. Het onderste pakket bestaat uit haast homogene mariene zanden. Ook hier werden stalen genomen om de exacte positie van de zanden binnen de Formatie van Bolderberg te bepalen. Vermoedelijk behoren ze tot de zanden van Genk en komt het bovenste grindpakket overeen met het grind van Terlamen.

Beschrijving van de genomen stalen :

- A1 : witte halffijne zanden
N9, 180-250µm
- A2 : wit-geel halffijn tot halfgrof zand
10YR8/2, 180-355 µm
- A3 : geel-wit halfgrof zand
10YR8/2-10YR8/6, 355-500µm
- A4 : grijs-bruin halffijn tot halfgrof zand
5Y8/1, 180-355 µm
- A5 : grijs-geel zuiver halffijn zand
10YR8/2, 180-250µm
- A6 : geel-wit zuiver halfgrof zand
10YR8/2-10YR8/6, 250-355µm
- A7 : roestbruin kleihoudend fijn zand
10YR6/6, 90-180µm
- A8 : geel-bruin halffijn zand
10YR8/6-10YR6/6, 125-180µm

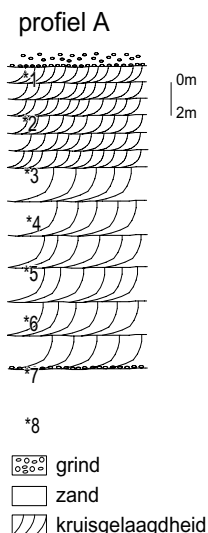


Fig. 23b : Profiel A

Profiel B

Het profiel werd genomen in het talud aan het einde van de toegangsweg naar de groeve. Het profiel bestaat uit erg wit zand waarboven, vlak onder het bodemprofiel, een lignietlaag voorkomt. Deze zanden moeten vermoedelijk gesitueerd worden boven het grind dat in de eigenlijke groeve bovenaan ligt. Dit veronderstelt uiteraard een breuk met een zakking van het westelijke blok ten opzichte van het oostelijke.

Beschrijving van de genomen stalen :

B1 : wit-grijs halffijn zand

5YR8/1, 125-180

B2 : wit-grijs halfgrof zand

5YR8/1, 125-180 μ m

profiel B

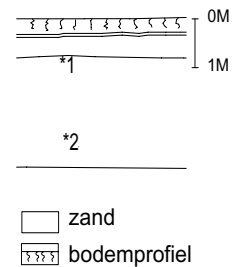


Fig. 23c : Profiel B

Profiel C

In de bocht van de toegangsweg naar de groeve werd het derde profiel opgenomen. Het profiel bestaat uit één pakket van fijne zanden die niet zo wit zijn als de zanden in profiel B. Dit is mogelijk te wijten aan het feit dat ze boven het lignietpakket van profiel B gelegen zijn. Daar er geen topografisch verschil is tussen de twee profielen moeten we een breuk veronderstellen tussen de twee profielen, mogelijk een nevenbreukje van de breuk tussen profiel A en profiel B.

Beschrijving van de genomen stalen :

C1 : grijs-geel halffijn zand

10YR8/2, 125-180 μ m

C2 : geel-bruin halffijn zand

10YR8/6-10YR6/6, 125-180 μ m

C3 : geel-bruin fijn zand

10YR8/6, 90-180 μ m

profiel C

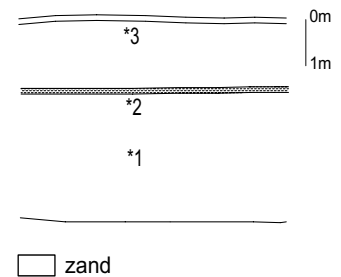


Fig. 23d : Profiel C

6. ALGEMENE BIBLIOGRAFIE

- B** **Baeyens, L. & Scheys, G.** (1958): Verklarende tekst bij het kaartblad Diest 76W; *IWONL*, 97p.
- Baeyens, L.** (1960): Verklarende tekst bij het kaartblad Tessenderlo 61W; *IWONL*, 74p.
- Baeyens, L.** (1974): Verklarende tekst bij het kaartblad Paal 61E; *IWONL*, 103p.
- Baeyens, L.** (1974): Verklarende tekst bij het kaartblad Herk-De-Stad 76E; *IWONL*, 143p.
- Baeyens, L.** (1975): Verklarende tekst bij het kaartblad Hasselt 77E; *IWONL*, 95p.
- Baeyens, L.** (1975): Verklarende tekst bij het kaartblad Beringen 62W; *IWONL*, 97p.
- Baeyens, L.** (1977): Verklarende tekst bij het kaartblad Houthalen 62E; *IWONL*, 100p.
- Baeyens, L.** (1977): Verklarende tekst bij het kaartblad Kermt 77W; *IWONL*, 112p.
- Bidaut, E.** (1847): Etude des minerais de fer de la Campine, *Annales des travaux publics de Belgique*, T 5, p 48-538.
- Boulvain, F.** (1993): Un histoire de la carte géologique de la Belgique, *Belgische Geologische Diest, Professional Paper*, T4, Nr 262.
- Briart, A.** (1892): Etude sur les limons hesbayens et les temps quaternaires en Belgique; *Annales de la Société Géologique de la Belgique*, p 15-81.
- Briquet, A.** (1907): Les Terrasses de la Meuse en aval de Liège, *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T.25, p 347-364.
- Brueren, J.W.R.** (1944): Middenerrass ten NE van de Feldbiss tussen Sittard en Brunssum?; *G + M.*, 6, 5-6, p 45-46.
- D** **de Béthune, P.** (1946): Déplacements de cours d'eau en phase de remblaiement; *Société Géologique de Belgique*, Terrains récents dans l'ouest de l'Europe, p 412-420.
- De Geyter, G., Vandenberghe, R.E., Verdonck, L. & Stoops, G.** (1985): Mineralogy of Holocene Bog-iron ore in Northern Belgium, *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, T 153, p117.
- De Laet, S.J. & Van Dorsael, A.** (1969): Lokale ijzerwinning in Westelijk België in de Romeinse Tijd, *Mededelingen van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Klasse der Letteren*, T 31, p1-28.
- de Magnée, I.** (1931): Note sur les minerais de fer des prairies de la Campine; *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T. 55, p 71-83.
- Denis, J.** (1992): Geografie van België, *Gemeentekrediet*, 623p.
- De Ploey, J.** (1961): Morfologie en Quartair stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen, *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol 1, 130p.
- De Ploey, J.** (1977): Some experimental data on slope wash and wind action with reference to *Quaternary morphogenesis in Belgium*;
- De Smedt, P.** (1973): Paleogeografie en Quartair geologie van het confluëntiegebied Dijle-Demer; *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 11, 141p.
- De Smedt, P.** (1977): Hydrogeologie van Noordoost-Limburg, *Geographica*, Nr 3, p27-36.
- De Smedt, F. & Vaerenberg, W.** (1985-1990): Studie van de regionale grondwaterstroming in het Kempens Plateau en de Maasvallei in: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik - Maasbracht, onderzoeksresultaten 1985-1990, *Rapporten en nota's nr 26 van de CHO-TNO*, p71-84.
- Diriken, P.** (1981): Postglaciale evolutie van de Mombeekvallei op basis van sedimentologische en macrologische onderzoekstechnieken, *Doctoraatsverhandeling K.U.L.*, 378p.
- E** **Engelen, G.B.** (1985-1990): Hydrological systems of the Kempian Plateau and its surroundings, in: Het Hydrologisch systeem in het grensgebied Luik - Maasbracht, onderzoeksresultaten 1985 - 1990, *Rapporten en Nota's, Nr 26 van de CHO-TNO*, p 17-26.
- F** **Fourmarier, P.** (1954): Prodrome d'une description géologique de la Belgique; *Société Géologique de Belgique*, p 555-589.

- G** **Geosurvey n.v.** (1995): Geoëlektrisch onderzoek Maassedimenten - Formatie van Diest, Helchteren, *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap*, 15p.
- Geosurvey n.v.** (1995): Geoëlektrisch onderzoek naar breuken in het Tertiair, Stokrooie, *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap*, 13p.
- Goossens, D.** (1984): Inleiding tot de geologie en geomorfologie van België, Uitg. van de Berg, *Geologische boekhandel W.G. Witkam, Enschede*, 228p.
- Gulink, M.** (1949): Oude natuurlijk bouwmaterialen, *Technisch wetenschappelijk tijdschrift*, T18-2, p 25-32.
- Gulinck, M.** (1974): Hydrologische verkenningen in Limburg, *Belgische Geologische Dienst, Professional Paper*, Nr 1.
- Gullentops, F.** (1957): l'Origine des collines du Hageland; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. XLVI, p 81-85.
- Gullentops, F.** (1957): Quelques phénomènes géomorphologiques depuis le Pléni-Wurm; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 65, p 87-91.
- Gullentops, F.** (1957): l'Evolution du relief depuis la dernière glaciation; *Bulletin de la Société Belge Etudes Géographiques*, T. 26, p 75-77.
- Gullentops, F., Janssen, J. & Paulissen E.** (1993): Saalian nivation activity in the Bosbeek Valley, NE Belgium, *Geologie en Mijnbouw*, T 72, p 125-130.
- Gullentops, F., Mullenders, W. & Coremans, M.** (1966): Etude de la plaine alluviale du Kaatsbeek à Diepenbeek (Limbourg Belge), *Acta Geographica Lovaniensia*, T 4, p 141-150.
- Gullentops, F., Paulissen, E., Vandenberghe, J.** (1981): Fossil periglacial phenomena in NE- Belgium; *Biuletin Peryglacjalny*, Nr. 28, p 345-365.
- K** **Kasse, K.** (1988): Early Pleistocene tidal and fluvial environments in the southern Netherlands and Northern Belgium, *Doctoraatsverhandeling, Vrije Universiteit van Amsterdam*, 190p.
- Kurtz, E.** (1910): Das Mündungsgebiet des Rheines und der Maas zur Diluvialzeit; *Beilage zum Programm des Gymnasiums zu Düren Ostern*.
- Kurtz, E.** (1914): Die verbreitung der diluvialen Hauptterrassenschotter von Rhein und Maas in der Niederrheinischen Bucht; *Verhandlung des naturischen Verenis der Dreubischen Rheinlande und Westphalens*, Jg 70, p 87-108.
- L** **Landuydt, C. & Bos, K.** (1990): Een curiosum, moerasijzererts als bouwsteen, *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T 99-2, p 159-165.
- Lefèvre, M.A.** (1928): Le cône alluviale de la Meuse; *Annales de la Société scientifique de Bruxelles, ser. B, T. 48, Mém.*, p 121-238.
- Lefèvre, M.A.** (1931): Vallée dissymétriques; *B.E.V.A.S.*, Jg. 1, Nr. 2, p 68-71.
p 15-81.
- Lefèvre, M.A.** (1935-1936): La Basse Meuse. Etude de morphologie fluviale; *Bulletin de la Société Belge Etudes Géographiques*, T4, p 163-273, T.5, p 130-201.
- Lefèvre, M.A.**, (1941): L'hypothèse tectonique dans l'interprétation de l'origine du relief et du réseau fluvial de la Belgique; *Bulletin de la Société Belge Etudes Géographiques*; T. 11, nr 1-2, p 11-18.
- Légende de la carte géologique de la Belgique (1892), *Bulletin de la Société belge de Géologie*, T 6, p217-227, en *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T XIX, p107-120.
- M** **Maréchal, R. & Tavernier, R.** (1970): Eerste Atlas van België.
- Maréchal, R.** (1992): Tweede Atlas van België. Quartair geologie.
- Maréchal, R. & Maarleveld, G.** (1955): L'extension des Phénomènes périglaciaires en Belgique et aux Pays-Bas, *Mededelingen Geologische Stichting*, T 8, p 77-79.
- Mathys, I.** (1973): Bijdrage tot de geomorfologie van de depressie van Halen - Schulen en omgeving; *Licentiaatsthesis K.U.L.*, 47p.
- Mourlon, M.** (1896): Les Mers quaternaires en Belgique, *Bulletin de l'Académie Royal de Belgique*, T32, p671-711.

- M** **Mourlon, M.** (1900): Essai d'une monographie des Dépôts marins et continentaux du Quaternaire moséen le plus ancien de la Belgique, *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T 25, p123-177.
- Munaut, A. & Paulissen, E.** (1973): Evolution et paleoecologie de la vallée de la Petite Nèthe au cours du Post-Würm (Belgique), *Annales de Société Belge de Géologie*, T 96, p 301-348.
- P** **Paepe, R. & Vanhoorne, R.** (1976): The Quaternary of Belgium in its relationship to the stratigraphical legend of the geological map; *Mémoires pour servir à l'explication des Cartes géologiques et minières de la Belgique*, Nr. 18, 38p.
- Pannekoek van Rheden, A. J.** (1924): Einigen Notizen über die Terrassen in Mittel- und Nord-Limburg; *Natuurhistorisch maandblad*, Nr 13, p 89-92.
- Paulissen, E.** (1973): De geomorfologie en de Quartairstratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg, *Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België*, 266p.
- Paulissen, E. & Munaut, A.** (1969): Un horizon blanchâtre d'âge Bølling à Opgrimbie, *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol 7, p 65-91.
- Peeters, I.** (1987): Geomorfologische studie van het westelijk deel van de waterscheidingskam tussen de Grote Nete en de Dijle, *Licentiaatsverhandeling K.U.L.*, 67p.
- Peeters, L.** (1943): Les dunes continentales de la Belgique; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 52, p 51-52.
- R** **Robaszynski, F. & Dupuis, C.** (1983): Belgique, *Guides géologiques régionaux Masson*, 204p.
- Rutot, A.** (1832): Les alluvions modernes dans la Moyenne Belgique; *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, T 1, p 185-196.
- S** **Stevens, Ch.** (1931): Quelques remarques sur la morphologie de la Belgique, *Bulletin de Société Belge de Géologie*, T. 41, p 124-140.
- Stevens, Ch.** (1931): La signification morphologique des collines du Kloosterberg et du Parelsberg, au sud de Diest, *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 41, p 225-228.
- Stevens, Ch.** (1932): Le bassin hydrographique de la Gette; *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.42, p 70-77.
- Stevens, Ch.** (1932): L'influence morphologique du centre de dépression de Haelen-Schuelen; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 42, p 77-80.
- Stevens, Ch.** (1932): Le massif de Zeelhem-Linkhout à l'est de Diest; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 42, p 72-77.
- Stevens, Ch.** (1934): Le Démer transéquent; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 44, p 320-331.
- Stevens, Ch.** (1938): Le relief de la Belgique; *Mémoires de l'Institut de Géologie de l'Université de Louvain*, Vol. 12, p 35-430.
- Stevens, C.** (1938): La vallée morte du Zwartebeek; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 44, p 320-331.
- Stevens, Ch.** (1941): Considérations sur l'évolution des vallées brabançons; *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T. 65, Nr. 1, p 22-27.
- Stevens, Ch.** (1942): La cuvette de Halen-Schuelen, Documents anciens; *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T. 65, p 58-64.
- Stevens, Ch.** (1942): La plaine alluviale du Démer en amont de Diest; *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T. 65, p 213-216.
- Stevens, Ch.** (1942): Considérations sur l'importance de la dénudation pleistocène; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, p 23-30.
- Stevens, Ch.** (1947): L'origine du Plateau de la Campine limbourgeoise; *Bulletin de la Société Royal Belge de Géographie*, T 1-4, p 117-122.
- Stevens, Ch.** (1951): La carte géomorphologique de la Moyenne Belgique; Son interprétation tectonique, *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, 331p.
- Stevens, Ch. & Van de Poel, B.** (1943): La Formation de la cuvette de Halen-Schulen; *Bulletin de la Société Royal Belge de Géographie*, T 67, p 69-77.

S Stockmans, F. (1947): Introduction à l'étude botanique du Quaternaire en Belgique; *Géologie des Terrains Récents dans l'ouest de l'Europe*, p 248-265.

T Tavernier, R. (1946): Note sur le Pleistocène récent de la Belgique; *La Géologie des Terrains Récents dans l'Ouest de l'Europe*, p 310-317.

Tavernier, R. (1948): Les formations quaternaires de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. LVII, fasc. 3, p 609-641.

Tavernier, R. & De Moor, G. (1974): L'évolution du Bassin de l'Escaut; *Société Géologique de Belgique, Colloques du Centenaire*, 104p.

Timmerman, L. (1981): Bijdrage tot de mineralogie en petrografie van enkele moerasijzerertsen uit de Kempen; *Licentiaatsverhandeling R.U.G.*, 118p.

V Van Autenboer, T. (1986): Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in Limburg; *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap*, 26p.

Van Esbroeck, C (1935): Mouvements tectoniques récents le long de la Basse-Senne et de la Basse-Dijle; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T 45, p 166-180.

Van den Broek, Ern. (1901): A propos du Rupélien de la région Léau-Lummen et de l'existence probable d'un synclinal primaire dans ces parages; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T 15, p 654-659.

Van De Poel, B. (1936): De Limburgse Kempen; *De Limburgse Drukkerijen*, N.V., 42p.

Van De Poel, B. (1937): Le centre de la dépression de Haelen-Schuelen; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T 61, p 258-266.

Van De Poel, B. (1942): Contribution à l'étude de la dépression de Haelen-Schuelen; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T. 51, p 95-100.

Van De Poel, B. (1943): Trois anciens méandres recoupés dans la vallée du Démer; *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, T52, p 199-205.

Van De Poel, B. (1948): Hydrografie en reliëf van Limburg; *De Tijds Spiegel*, Hasselt, 23p.

Vandenbergh, J. (1976): Combined refraction seismic and gravimetric investigations in a paleogeographical and geological research program; *Geophysical Prospecting*, nr 24, p 371-379.

Vandenbergh, J. (1977): Geomorfologie van de Zuiderkempen; *Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België*, 166p.

Vandenbergh, J. (1982): Geoelectric investigations of a fault system in Quaternary deposits; *Geophysical Prospecting*, Nr 30, p 879-897.

Vandenbergh, J. (1983): Late Weichselian River Dune Formation, Grote Nete Valley, Central Belgium; *Zeitschrift für Geomorphologie Neue Folge*, T 45, p 251-263.

Vandenbergh, J., Krook, L. & van der Valk, L. (1986): On the provenance of the Early-Pleistocene fluvial system in the southern Netherlands; *Geologie en Mijnbouw*, T 65, p 3-12.

Vandenbergh, J. & De Smedt, P. (1979): Paleomorphology in the eastern Scheldt Basin (Central Belgium) The Dyle-Demer-Grote Nete confluence area; *Catena*, Vol 6, p 73-105.

Van Mechelen, J. (1982): Geomorfologie van de westelijke rand van het Kempens Plateau en micro-eolisatieverschijnselen op grind; *Licentiaatsverhandeling K.U.L.*

Van Rummelen, F.H. (1942): De Maasterrassen in Zuid-Limburg en aangrenzend gebied en hun wordingsgeschiedenis; *Mededeling Jaarverslag geologisch bureau van het Mijnonderzoek over 1940 en 1941*, 85p.

W Wevers, L. (1974): Bijdrage tot de studie van de hoofdterrasafzettingen in Limburg op basis van lichte mineralen; *Licentiaatsthesis KUL*, 140p.

Wirix, G. (1960): Grindonderzoek op het Kempens Plateau; *Licentiaatsthesis K.U.L.*

- Z** **Zagwijn, W.H., Van Montfrans, H.M. & Zandstra, J.G.** (1971): Subdivision of the 'Cromerian' in the Netherlands, pollenanalysis, paleomagnetism and sedimentary petrology; *Geologie en Mijnbouw*, Vol 50 (1), p 41-58.
- Zonneveld, J.I.S.** (1947): Het Quartair van het Peelgebied en naaste omgeving; *Mededelingen Geologische Stichting*, C 6, Nr 3.
- Zonneveld, J.I.S** (1958): Litho-statigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen; *Mededelingen Geologische Stichting*, N.S. 12, p 31-64.

