

Een tectonische opeenvolging in het Laat-Neogeen van de Nederlandse Centrale Slenk

Samenvatting

Dit artikel beschrijft de tectonische gebeurtenissen in het Laat-Neogeen in Zuid-Oost Nederland. Aan de hand van de veranderingen in de sedimentologische kenmerken is een opeenvolging van de tectoniek beschreven. Na de aanvang van de eerste grote ijstijden na de Mid-Pleistocene Revolutie stromen de Rijn en de Maas door de dalende Centrale Slenk waarbij de rivieren zich sterk insneden in de Vroeg-Pleistocene ondergrond. Gelijktijdig met en onder invloed van het opheffen van de Ardennen en het Rijnlands Massief begint de Centrale Slenk sneller te dalen. Deze daling stopt na het grootschalig optreden van het Eifel-vulkanisme na 0,57 Ma. Hiermee wordt de loop van de Rijn naar het oosten verlegd, mogelijk door de sterke opheffing van de Eifel. De Maas wordt, door het volsedimenteren van haar loop door de Centrale Slenk, door de ontwikkeling van een Vroeg-Pleistocene dekzandrug op een later moment naar het oosten gedwongen.

Kernwoorden

Rijn, Maas, Eifel vulkanisme, sedimentologische inhoud

Abstract

This article focusses on the chronology of tectonics during the Late-Neogene in the South-Eastern part of the Netherlands. Using changes in the sedimentological content a chronological sequence in local tectonics is described. After the Mid-Pleistocene Revolution the rivers Rhine and Meuse followed a course through the subsiding Central Valley. Incision into older sediments occurred widespread. During and under influence of updoming of the Ardennes and Rheinland hinterland the Central Graben subsidence accelerated. This stopped after the occurrence of large-scale volcanism in the Eifel region after 0,57 Ma. The updoming forced the course of the river Rhine to the east. The Meuse continued to flow through the Central Graben until the development of aeolian ridges in the early Saalian forced the Meuse to the eastern side of the Peelhorst.

Key words:

Rhine, Meuse, Eifel volcanism, sedimentological content

Inleiding

Algemeen

Het Nederlandse Neogeen wordt over het algemeen gekenmerkt door afzettingen die over breuken heen gelijkmatig van dikte zijn ([Doppert, 1975](#)). Een van de meest in het oog springende uitzonderingen hierop wordt gevormd door de afzettingen die tot de Sterksel worden gerekend. Ten westen van de grote breuken van de Centrale Slenk is ze afwezig of slechts een paar meter dik, ten oosten van deze breuken bereikt ze dikten tot 60 meter. Nog verder naar het oosten, op de Peelhorst is ze weer afwezig.

Een jongere afzetting, de Veghel afzettingen komt ter weerszijden en op de Peelhorst voor.

Andere benamingen

Recentelijk ([Westerhof, 2003](#)) heeft NITG-TNO, thans TNO bouw en ondergrond, een naamsverandering doorgevoerd in de benaming van de afzettingen. Voor dit artikel is van belang dat de Formatie van Sterksel haar naam heeft behouden, de Formatie van Veghel is hernoemd in de Formatie van Beegden en de Nuenen-groep is hernoemd in de Formatie van Boxtel ([Schokker, 2003](#)). Voorts vallen een aantal andere members onder de nieuwe formatienamen dan dat onder de oude benamingen vielen. Een een-op-een doorvertaling is dan ook niet geheel correct.

In deze notitie worden de oude benamingen gebruikt. Alleen de benaming Formatie van Boxtel wordt gebruikt in plaats van de Nuenen-groep. Dit heeft als reden dat de Formatie van Boxtel beter is gedefinieerd dan de Nuenen-groep

Methode

Lithologische kenmerken

In boorbeschrijvingen van boringen uit het oostelijk deel van Noord-Brabant en het noordelijk deel van Limburg worden boven fijnkorrelige tot kleiige afzettingen die tot de vroeg-Pleistocene Formatie van Tegelen gerekend worden afzettingen aangetroffen die tot de Veghel afzettingen worden gerekend. Afgezien van een klei- of veenlaagje zijn deze bovenliggende afzettingen grof te noemen. Grind en grof zand vormen de hoofdmoot van de afzettingen

Met behulp van deze grove zandige afzettingen die worden aangetroffen in het fretatische pakket in de Centrale Slenk, de Venloslenk en op de flanken van deze slenken (Peelhorst en Kempisch Blok) is een onderverdeling gemaakt in verschillende sequenties.

Detailonderzoek naar deze sequenties is gedaan op de lokatie "Gilzerbaan" nabij Tilburg, in het midden van de Centrale Slenk en nabij Lomm in de Venloslenk. Met behulp van deze detailonderzoeken is een stratigrafische indeling gemaakt van deze afzettingen. De sequenties zijn verder onderscheiden met behulp van lithologie, grind, glimmerinhoud en het voorkomen van organische resten.

Datering

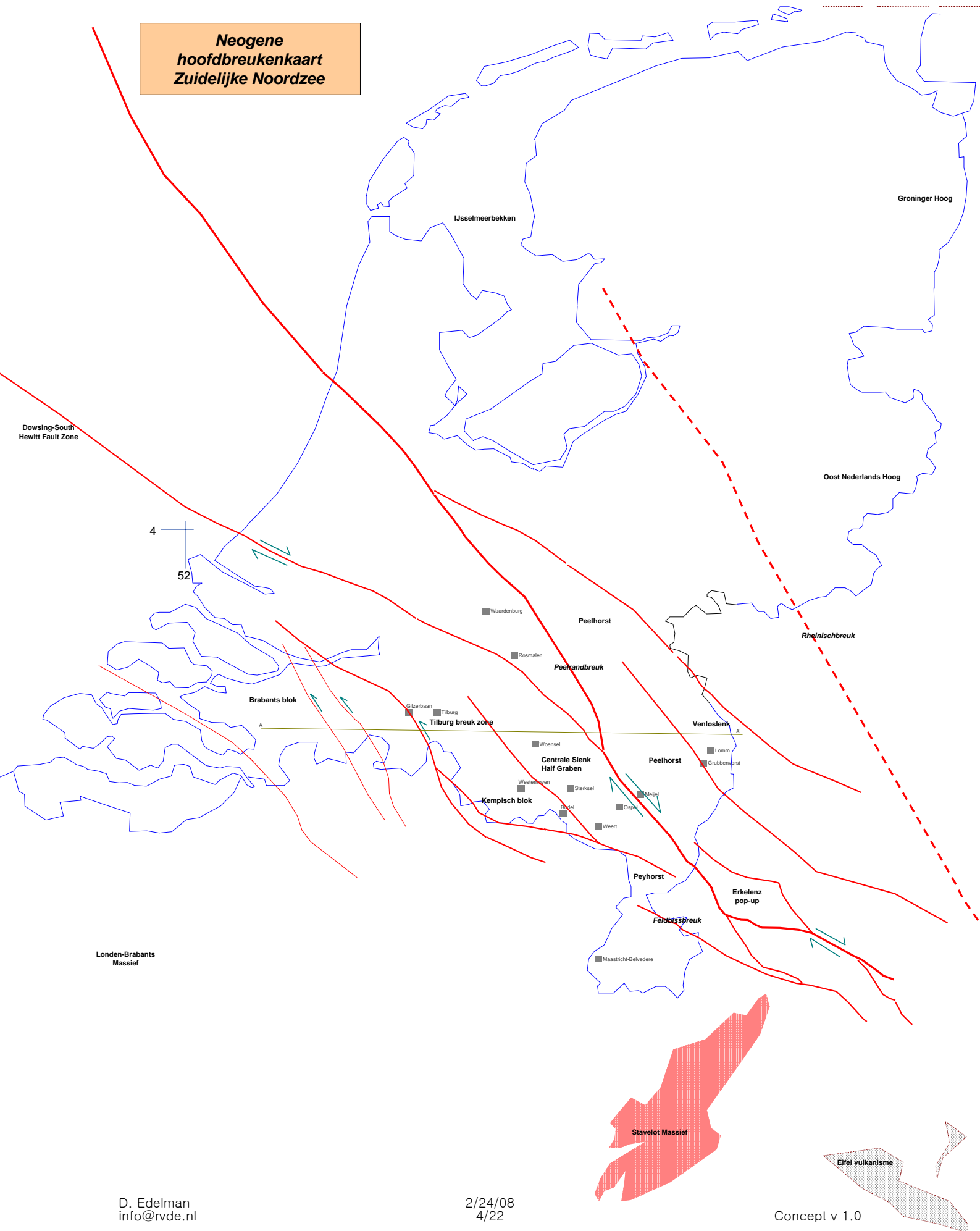
Met behulp van de ligging van de sequenties ten opzichte van elkaar is een relatieve datering van de afzettingen gemaakt. Op een aantal punten is deze relatieve datering gekoppeld aan meer of minder harde dateringen. Tot deze behoren onder andere:

1. De datering van de Mid-Pleistocene Revolutie
2. De aanvang van het grootschalige Eifelvulkanisme
3. De magnetische ompoling van de Brunhes naar de Matuyama magnetochron
4. De hoogteligging van de Maasterrassen en de daaraan gerelateerde opheffing van de Ardennen
5. O.S.L. dateringen van Schokker
6. Kalium / Thorium verhoudingen bij Tilburg

Lokatiebeschrijving

Op de kaart op de volgende pagina staan de in het artikel genoemde lokaties naast de belangrijkste Neogene tectonische eenheden.

**Neogene
hoofdbreukenkaart
Zuidelijke Noordzee**



Resultaten

Grind

In de verhoudingen van het grind, met name de veel-voorkomende componenten (melkkwarts, restkwarts, vuursteen, kristallijne componenten, lydiet en de restgroep met alle overige componenten) is er een opvallende verschuiving van het oude (diepst-gelegen) gedeelte met relatief veel melkkwarts en het jongere gedeelte met minder melkkwarts. Aan de hand van 34 verschillende grindmonsters afkomstig uit boringen op de lokatie Gilzerbaan waarbij in elk monster minimaal 100 grindkorrels in de grootteklasse 3-5 mm zijn geteld, is een onderverdeling gemaakt in de verhoudingen van de diverse grindgroepen. Grindonderzoek werd met name door Maarleveld ([1956](#)) op de Rijn en Maasafzettingen uitgevoerd. Dit artikel gaat uit van de bevindingen van Maarleveld.

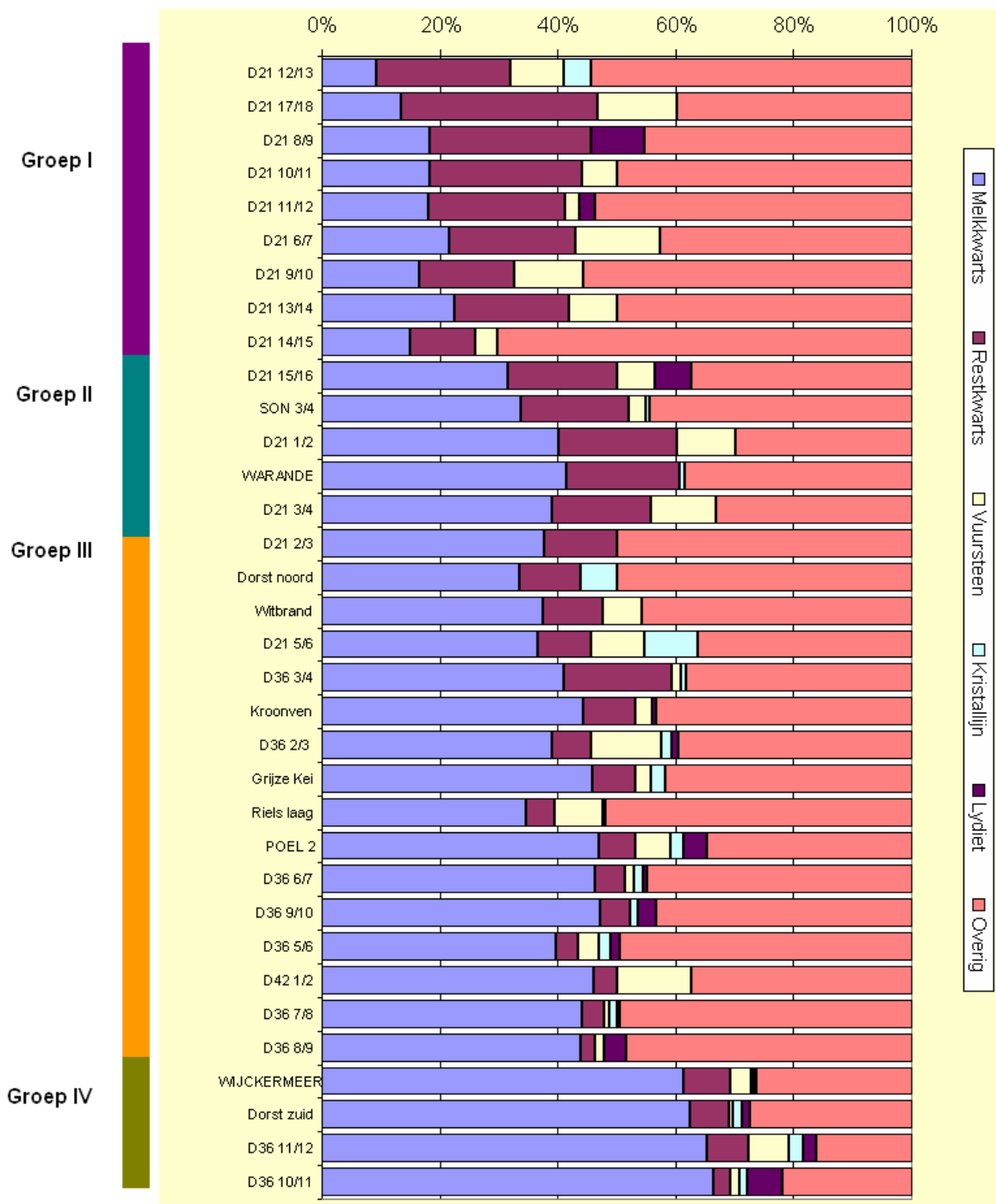
De volgende grindgroepen zijn onderscheiden:

Melkkwarts	Dit zijn voornamelijk witte, ondoorzichtige kwartsdelen
Restkwarts	Dit zijn alle overige kwartsdelen
Vuursteen	Dit zijn alle vuursteendelen
Kristallijn	Dit zijn kristallijne delen als graniet en sterk veldspaaathoudende kwartsdelen
Lydiet	Dit is een zwart gesteente wat op een herkomst uit het Rijn stroomgebied duidt
Rest	Dit zijn alle overige gesteenten, vaak wijzend op een herkomst uit het Maas stroomgebied

Op de volgende pagina zijn de grindverhoudingen grafisch weergegeven. Ze zijn gesorteerd op de verhouding melkkwarts/restkwarts waarbij de hoogste waarden (veel melkkwarts ten opzichte van restkwarts) onder staan en de laagste waarden bovenin.

Er is een viertal verschillende subgroepen te onderkennen:

Groep I	Een groep met zeer veel restgesteente. Deze ligt onder groep II en groep III. Ze is niet aangetroffen op het hoge blok, alleen in de Centrale Slenk.
Groep II	Een groep die sterk op groep II lijkt maar vrijwel zonder kristallijne componenten en meer restkwarts
Groep III	Een groep met duidelijk minder melkkwarts en meer restgesteente. Kristallijne componenten worden geregeld aangetroffen
Groep IV	Een groep met duidelijk veel kwarts en weinig restgroep. Ze wordt aangetroffen in de diepere delen van de boringen op het hoge blok van de Centrale Slenk onder groep II en III.

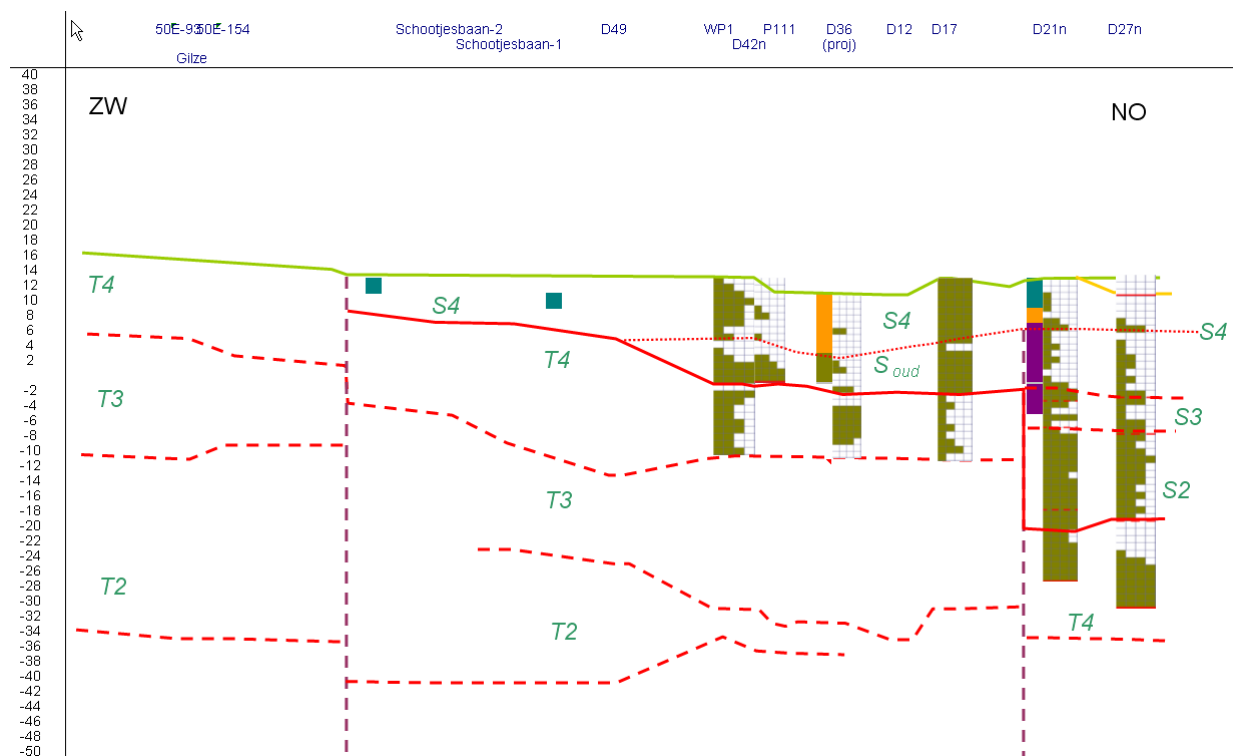


NB Op de rand van het Wijckerveer ligt mogelijk gemengd monster door graverij

Op het profiel onder aan de pagina is de absolute ligging van de verschillende groepen op de locatie Gilzerbaan weergegeven. Uit dit profiel komt naar voren dat groep IV onder groep III ligt. Groep II ligt boven groep III en dus ook boven groep IV. Groep I komt niet voor op het hoge deel van de Centrale Slenk. Het ligt voor de hand dat ze is afgezet ten tijde van de daling van het lage deel van de Centrale Slenk. Ten opzichte van groep I bevat groep IV meer melkkwarts. Ik ga hierdoor uit van het gegeven dat groep IV (veel) ouder is dan de andere groepen. Groep III kenmerkt zich door een Maasdominantie in het grind.

Glimmers

Er is naast de grindinhoud eveneens gekeken naar de relatieve hoeveelheid glimmers (sterk licht-reflecterende plaatmineralen als Muskoviet of Biotiet) in de monsters. Het verloop van de glimmerhoeveelheid, mogelijk een maat voor de Rijninvloed in het monster, is in het profiel op de volgende pagina aangegeven. Hierop is eveneens de grindclassificatie aangegeven. Op basis van deze profieltjes is het duidelijk dat de S_{oud} sequentie een Rijnafzetting is, mogelijk te correleren met de S2 of zelfs de S1 sequentie



Sequenties

In de afzettingen is op basis van een indeling in fine-up trajecten een onderverdeling gemaakt in sequenties. Hierbij is gekeken naar grootschalige fine-up trajecten, in de orde van grootte van 5-20 meter. Op kleinere schaal bestaat een grote fine-up reeks vaak weer uit kleinere fine-up reeksen. In de Sterksel afzettingen is een viertal van deze fine-up reeksen onderkend. Dit zijn nabij Tilburg (Gilzerbaan) en in de Centrale Slenk de volgende vier sequenties:

- S1 De S1 bestaat hierop uit een heterogene serie grove zanden en kleien. In boring 45B-109 komt de kleiige top overeen met het Waardenburg-interglaciaal ([Zagwijn, 1971](#)), . In deze Waardenburg gedateerde kleien komt nog een tertiair relict in het pollenbeeld voor: *Eucommia*. Dit relict wordt in jongere interglacialen niet meer aangetroffen.
- S2 De tweede sequentie (S2) bestaat uit een grove onderzijde en een lokaal kleiige top. Deze kleiige afzettingen zijn in 45B-109 (Lith) gedateerd op het Westerhoven-interglaciaal, te correleren met MIS 19. Het Westerhoven interglaciaal is voor het eerst beschreven door Zagwijn ([Zagwijn en Zonneveld, 1956](#)) Dit interglaciaal ligt volgens de $d^{13}C$ curve net na de Brunhes/Matuyama magnetochron. Deze laatste is gedateerd op 0,79 Ma ([o.a. Hall, 1993](#))
- S3 De derde sequentie (S3) bestaat uit een grove onderzijde en een kleiige top. In boring D27n (Gilzerbaan) is deze sequentie een vijftal meter dik. Ze is hier globaal een fine-up met bovenin een zeer hoge Thorium/Kalium verhouding (op basis van een gamma-log) hetgeen mogelijk wijst op intense verwerking van kleimineralen (en daarmee uitloging van kalium). Dit zou te correleren zijn met bodemvormende processen in een gematigd warm klimaat. De sequentie bestaat uit glimmerhoudende zanden. Ze bevat relatief weinig grind met een RM signatuur.
- S4 In de vierde sequentie (S4) verandert er iets fundamenteels in de afzettingen nabij Gilzerbaan: de Maasinvloed wordt groter. Lokaal komt in het grind zelfs Maasdominantie voor (Budelzone). In D21n ligt deze zone rond NAP. Bovenin deze zone is in de zware mineralen de Mineraalzone van Woensel ([Zonneveld, 1958](#)) onderkend. Indien deze Maaskarakteristiek ontbreekt wordt de overgang van de Mineraalzone van Sterksel naar de Mineraalzone van Woensel gekenmerkt door een toename van het percentage aan Restkwarts. Onder Tilburg worden lokaal stenen aangetroffen in deze S4. In de zware mineralen wordt soms een klein percentage vulkanische mineralen aangetroffen

De Veghel afzettingen kunnen, mede op basis van eerdere indelingen ([Zonneveld, 1947](#)), de sequenties nabij Lomm en in de Centrale Slenk, worden onderverdeeld in drie sequenties:

- Vg1 De eerste sequentie bestaat nabij Lomm uit een 2 meter dikke grindlaag gelegen onder een 3 meter dikke zandlaag met grind. Ze ligt hier erosief op de kleiige afzettingen van Tegelen.
- Vg2 De tweede sequentie kenmerkt zich door een forse vergroving van het materiaal. In de Centrale Slenk bevatten de Vg2 afzettingen grover materiaal in de vorm van stenen. De top is lokaal een 3 meter dikke kleilaag met veentrajecten.
- Vg3 De derde sequentie begint nabij Lomm met een grove, steenrijke grindlaag. In de Centrale Slenk is deze sequentie veel minder grof. Deze sequentie is in de Centrale Slenk onderdeel van de Formatie van Boxtel, te weten de Best-member. De top van de afzettingen is de top van de Veghel afzettingen, zowel nabij Lomm als in de Centrale Slenk. Nabij Maastricht wordt de top van deze sequentie gevormd door de Belvedere afzettingen ([Vandenbergh, 1993](#)).

In de zware-mineraalinhoud is sprake van het voorkomen van een redelijk tot hoog percentage vulkanische mineralen afkomstig van grootschalig vulkanisme in de Eifel. Met name augiet neemt fors toe bij aanvang van de afzetting van de Veghel-sequenties.

De Boxtel afzettingen zijn deels gelijktijdig met de Veghel-sequenties afgezet, deels na de afzetting van de Veghel sequenties. In de Centrale Slenk heeft Schokker laterale overgangen tussen beide typen afzettingen aangetoond.

Datering

Mid Pleistocene Revolutie

De overgang van Vroeg- naar Midden-Pleistocene wordt gemarkeerd door een grote verschuiving in de klimaatcycli van de aarde. In het Vroeg-Pleistoceen was de 41 Ky cyclus (een interglaciaal-glaciaal afwisseling) het toonaangevende systeem. Na een grote omslag (de Mid-pleistocene revolutie, MPR, [Maasch, 1988](#)) werd deze opgevolgd door een 100 ky systeem. Hiermee werden de glaciale veel langer waarmee ze ook intenser konden worden. De invloed van deze omslag op de erosiemogelijkheden van rivieren, de continentale en mariene flora- en fauna ontwikkeling en de verspreiding van gletschers zijn groot geweest. De datering van deze omslag wordt over het algemeen op de aanvang van MIS 22 gelegd.

Na deze tijd groeiden de Poolkappen sterk, een groei die begon rond de 920 ka en eindigde met een volgroeide 100 ky cyclus na 640 ka. De MPR is dan ook een geleidelijke omslag met steeds intensere ijstijden vanaf MIS 22 en culminerend in het Don-Glaciaal (MIS 16).

Eifel vulkanisme

De aanvang van het grootschalige vulkanisme in de Eifel is van belang voor de grens van de Sterksel afzettingen en de Veghel afzettingen. Schokker volgt in deze de datering van van den Bogaard ([1990](#)) die de aanvang situeert net na de Brunhes/Matuyama magnetochron. In totaal worden 6 verschillende fasen van vulkanische activiteit onderscheiden die aanvangen rond de 0,7 Ma, in MIS 16. Dit zou te correleren zijn met het eerste optreden van vulkanische mineralen in de S4. In deze fase van de vulkanische activiteit is nog sprake van bruine hoornblende. Volgens Van den Bogaard begint rond de MIS 14 een vulkanische fase met veel pyroxenen, te correleren met de toename van de augiet in de Urk afzettingen. Deze Urk afzettingen zijn Rijn-afzettingen van na het Rosmalen-Interglaciaal.

Magnetochrons

De Brunhes/Matuyama magnetochron is nauwkeurig te dateren op 0,78 Ma ([Hall, 1993](#)). Dit is de top van de S2.

Zware Mineralen

De afzettingen in de Sterksel sequenties en de Veghel sequenties kunnen worden ingedeeld op basis van de verhoudingen in de zware-mineraal inhoud. De volgende indeling wordt aangenomen:

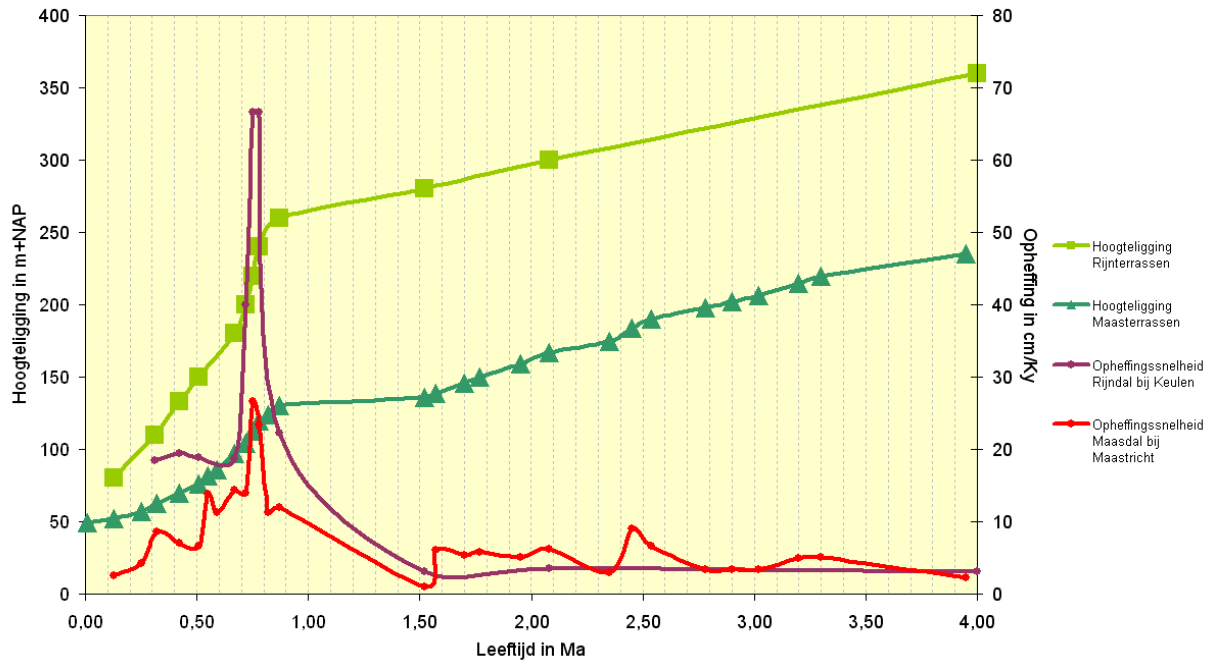
Mineraalzone van Sterksel	S1, S2, S3
Mineraalzone van Budel	Onderzijde S4
Mineraalzone van Woensel	Midden S4
Mineraalzone van Weert	Top S4
Mineraalzone van Rosmalen	Onderzijde Vg, Maas met Rijn vermengingen, met augiet
Mineraalzone van Grubbenvorst	Maas-associatie, bovenzijde Vg

Maasterrassen

Er is al een aantal correlaties (o.a. [Zonneveld, 1957](#), [Van den Berg, 1996](#), [van Balen, 1999](#)) gemaakt tussen de topografische ligging van de verschillende Maasterrassen en de afzettingstijd. Verder kan er lokaal een correlatie worden gemaakt tussen de Maasterrassen nabij Maastricht (een goed onderzochte serie terrassen) en de afzettingen in de Centrale Slenk en de Venloslenk. Hiervoor kan het best verwezen worden naar het hoofdstuk over Maas op deze [website](#). Van belang is de grafiek waarin de afgeleide van de hoogteligging met de tijd is weergegeven. Deze curve, de stijgsnelheid per 1000 jaar, vertoont een piek die samenvalt met de aanvang van het Eifel vulkanisme. Bij deze grafiek dient te worden opgemerkt dat uitgangspunt is dat de Rijn en de Maas door een en dezelfde laagvlakte stroomden die steeds sneller ging opheffen (tussen de 1,0 en de 0,7 Ma) waardoor mijns inziens de piek van de opheffing voor zowel de Rijn en de Maas dient samen te vallen. Het verschil in opheffingssnelheid is ontstaan door de relatieve ligging ten opzichte van het centrum van de opheffing (de mantelpluim?) onder de Eifel/Rijnlands Massief.

Na 0,7 Ma neemt de opheffingssnelheid weer sterk af, mogelijk te correleren met het feit dat het vulkanisme een manier is om de druk op de ondergrond te verminderen.

Terrassen Rijn en Maas



OSL dateringen

Schokker geeft in zijn proefschrift ([2003](#)) een aantal OSL (Optical Stimulated Luminescence) dateringen van de Veghel en Boxtel afzettingen. Het is een feit dat deze dateringen aan de theoretische ondergrens van de meetmethode beginnen (rond de 0,5 Ma) en doorlopen tot het eind van het Weichselien (0,01 Ma). Hiermee kan een redelijk nauwkeurige datering worden gemaakt van de vergrovingen en verfijningen in de Boxtel/Veghel afzettingen.

De onderste vergroving vangt aan net voor de 0,50 Ma en heeft als top een datering van net onder de 0,45 Ma. Dit zou te correleren zijn met MIS 14 en MIS 13. De tweede vergroving vangt aan net onder de 0,45 Ma en heeft als top een veenlaag (met warme flora/fauna elementen) een datering ouder dan 0,33 Ma. Dit zou het tweetal MIS 12/MIS 11 (Elsterien/Holsteinien) kunnen zijn. De derde en hoogste vergroving vangt aan net voor de 0,33 Ma en eindigt in een klei/veenlaag op 0,11 Ma. Dit is het tijdvak tussen de MIS 10 en de MIS 5^e (Eemien).

Relatieve dateringen

Bij de lithologie kan worden uitgegaan dat in glacialen voornamelijk grovere afzettingen worden neergelegd door verwilderde rivieren op bevroren ondergrond. Fijnere klei- en veenlagen zouden kunnen wijzen op interglaciale tijden. Dit gaat niet altijd op, maar de meer uitgebreide kleilagen en vergrovingen worden bij grotere uitgestrektheid en dikte als kenmerk van een tijdvak genomen. Met name in de Sterkselafzettingen zou dit principe wel eens goed kunnen uitpakken.

De interglaciale kleilagen in de top van S1, S2 en S4 zijn benoemd (i.c. Waardenburg, Westerhoven en Rosmalen), de topklei in S3 (MIS 17) is (nog) onbenoemd.

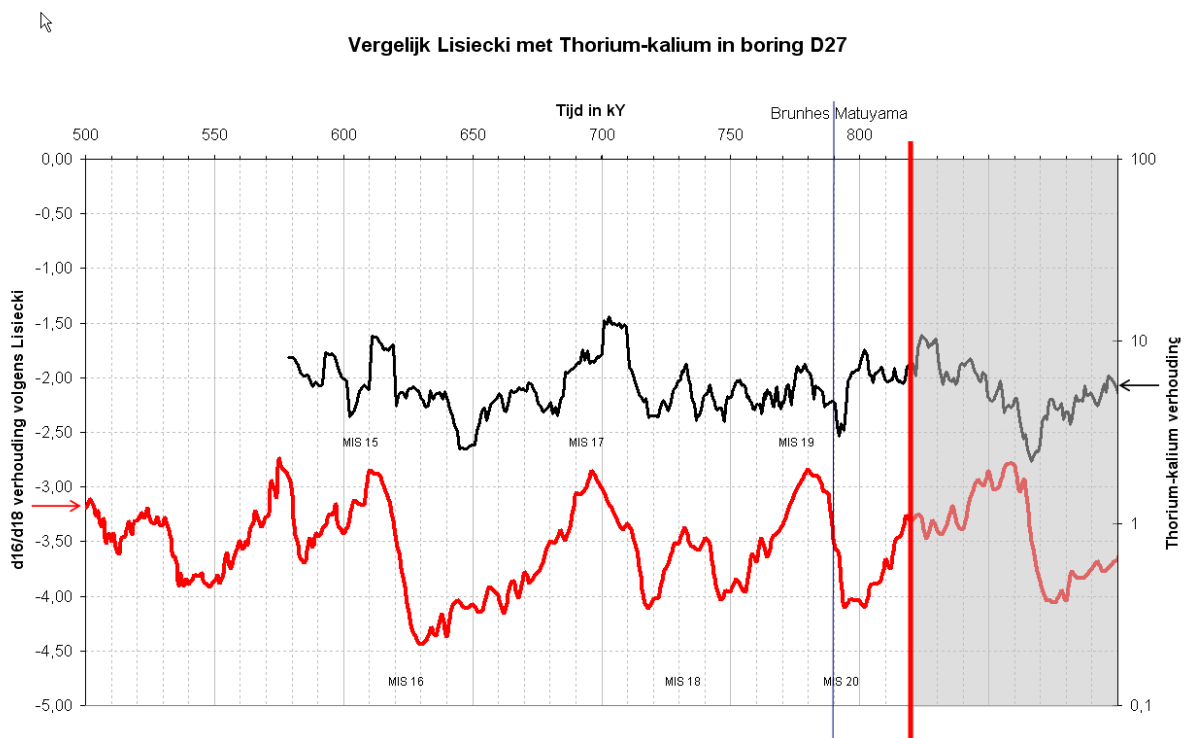
Kalium / Thorium

Nabij Tilburg is in de Sterksel sequenties een gedetailleerde gamma-meting gemaakt. Deze is onderverdeeld in stralingscomponenten die te relateren zijn aan Kalium, Thorium en Uranium. Thorium (Th) is een zeldzaam element wat met name aanwezig is in Monaziet, een mineraal wat op haar beurt door de Rijn uit alleen het Zwarte woud afkomstig kan zijn. Hiermee kan er in een warme tijd (geen gletschers, veel afvoer en erosie) mogelijk meer Thorium worden aangevoerd dan in een koude tijd (minder erosie en afvoer). Kalium is onderdeel van kleimineralen, vaak als K_2O . Er is een r^2 (correlatie coefficient) tussen Th en K_2O bij boring Klooster ([website](#)) van 0,82. Dat wil zeggen dat ze beide over het algemeen gezamenlijk voorkomen.

Het is een gegeven dat Kalium sterk verweert bij hogere temperaturen. In een warm klimaat kan daarom Kalium verarmen en de Th/K ratio derhalve toenemen. In een koud klimaat is er relatief weinig aanvoer van Thorium en weinig verwerking van Kalium en zal de Th/K ratio afnemen.

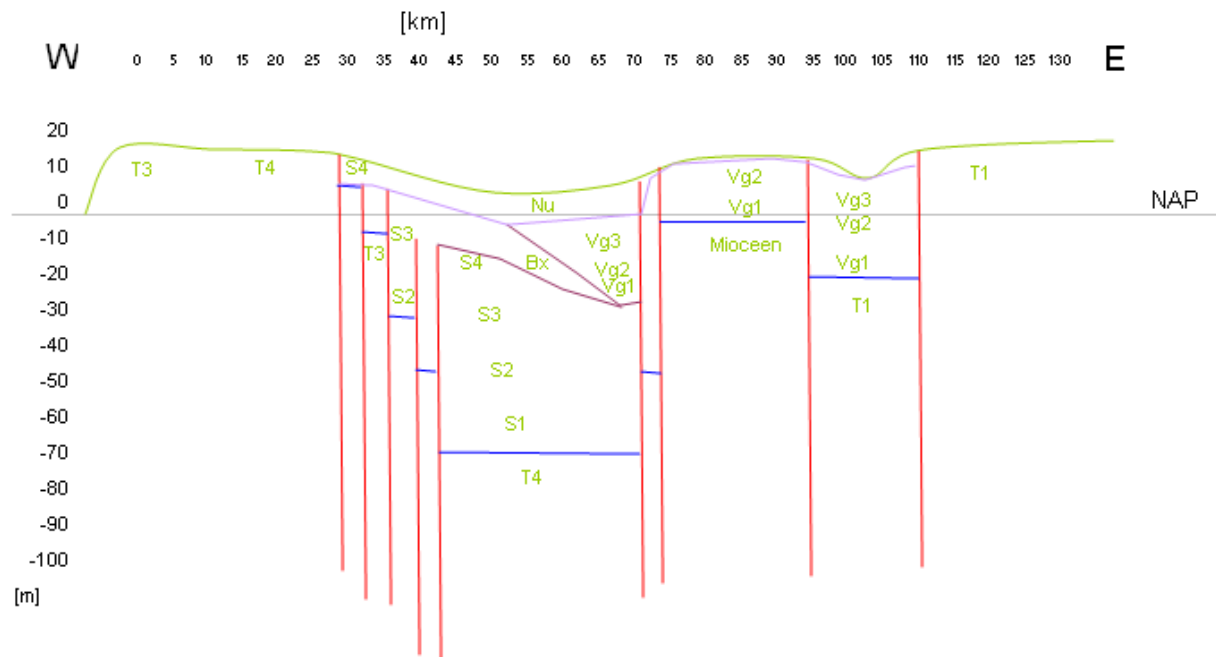
Hiermee zou deze ratio in de Centrale Slenk een klimaatsindicatie kunnen geven. Op de volgende figuur is een vergelijk gemaakt tussen de Th/K verhouding en de klimaatcurve van Lisiecki ([Lisiecki, 2005](#)). Het lijkt er op dat de Th/K curve daadwerkelijk een klimaatsignaal in zich bergt.

De top van de S3 (net boven 700 kY) afzettingen bij Gilzerbaan kenmerken zich door een zeer hoge Th/K verhouding (10-20) wat wijst op een intense verwerking, en daarmee waarschijnlijk een warm interglaciaal.



Tektoniek

Voor de onderkenning van de tektonische processen is een overzicht gemaakt van de tektonische structuren in de Zuid-Nederlandse ondergrond. Hiertoe is de top van de Vroeg-Pleistocene afzettingen van Tegelen gekarteerd. Deze liggen in West-Brabant aan de oppervlakte om in de Centrale Slenk te dalen tot meer dan 70 [m-NAP]. Op de Peelhorst ontbreken de afzettingen om in de Venloslenk weer te dalen tot 30 [m-NAP]. Na de afzetting van de Tegelen afzetting is in Zuid-Nederland een flink deel van het Pleistoceen geen verdere sedimentatie opgetreden. Erosie en peneplenisatie hadden de overhand.

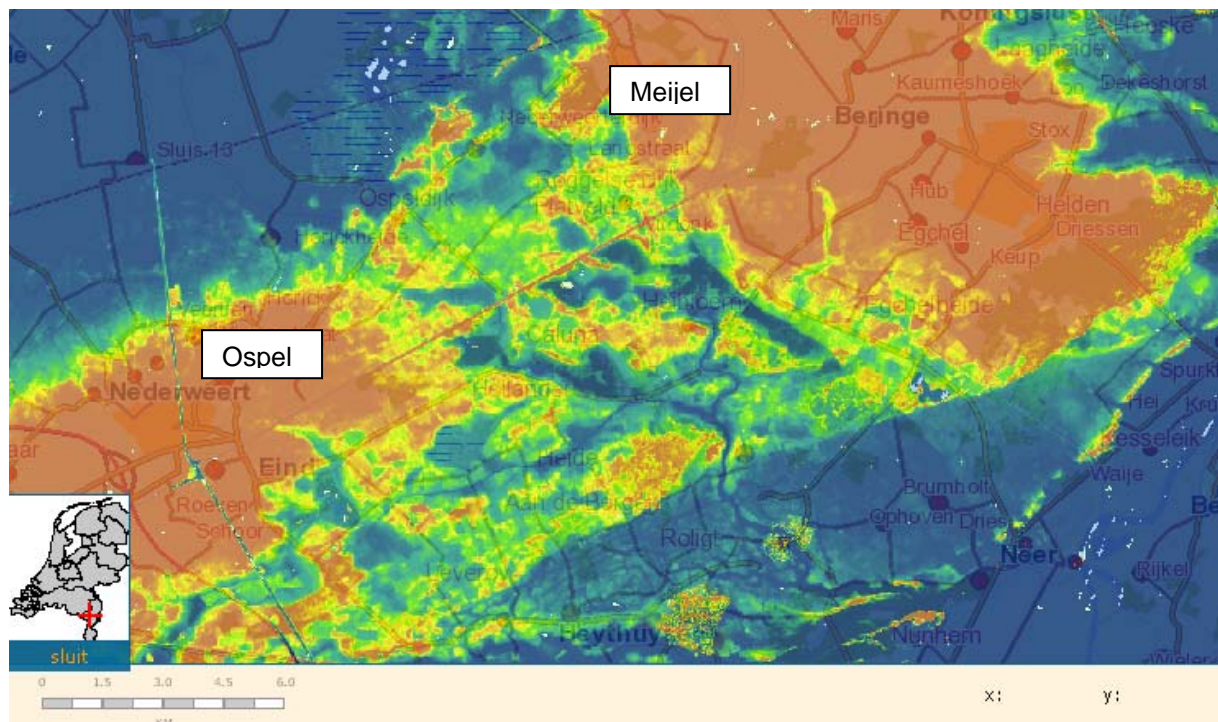


Een schematisch west-oost profiel (op lokatiekaart AA') door Noord-Brabant laat zien dat in het westen de jongere delen van de Tegelen afzettingen (T3, T4) aan het oppervlakte liggen. Nabij de Tilburg breuk zone (op km 30-45) daalt de top van de Tegelen afzettingen getrapt naar 70 [m-NAP]. Aan de oppervlakte ligt hier de S4 op een oud deel van de Sterksel afzettingen. In de Centrale Slenk (km 35-75) liggen de S3 en de S2 onder de S4. In het meest diep weggezakte deel komt nog de S1 voor. Tijdens de afzetting van de Sterksel afzettingen is er veel differentiele daling van de verschillende blokken geweest.

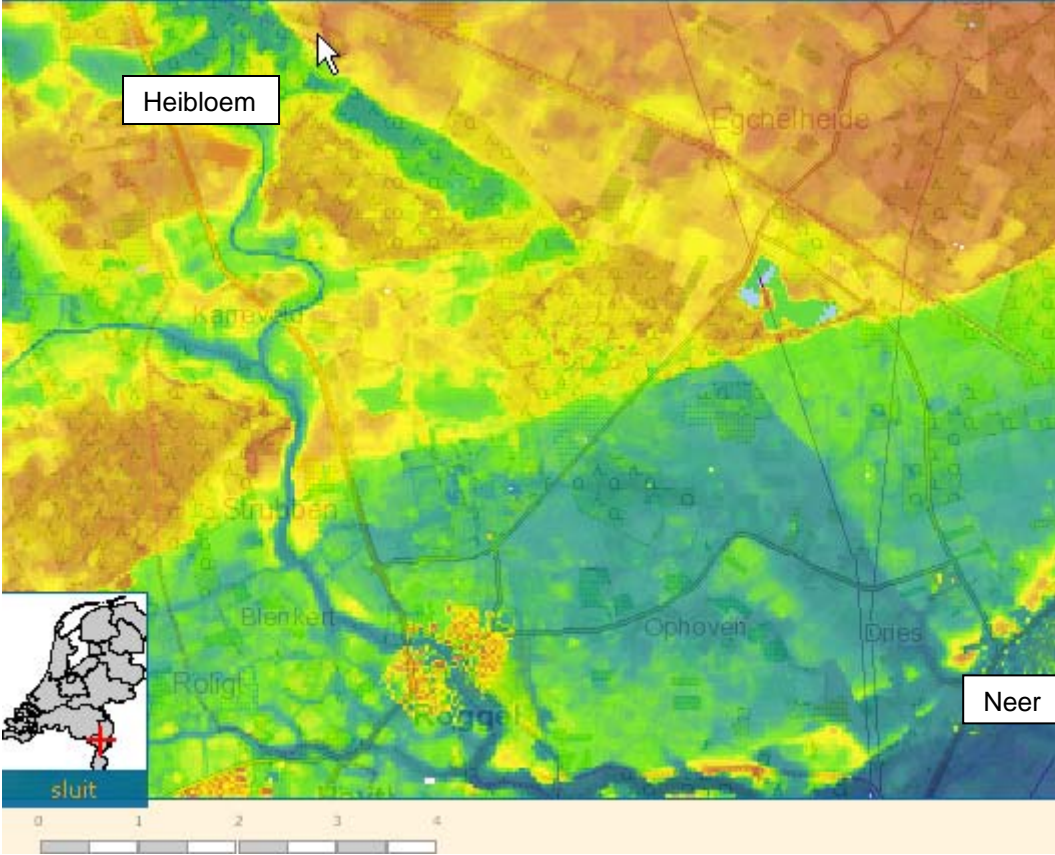
De Boxtel (Bx) en Veghel (Vg) afzettingen zijn in de oudere afzettingen ingesneden. De Vg2 heeft ter weerszijden van de Peelhorst (km 75-95) een zelfde diepte, 20 [m-NAP]. Op de Peelhorst ligt de Vg1 hoger op een oudere Kiezeloet (K2) afzetting, lokaal zelfs op de Mioceene Breda-afzettingen. Dit pleit voor de stelling dat tijdens de afzetting van de Veghel afzettingen ten opzichte van de Sterksel afzettingen minder differentiele daling is geweest. Uit het kaartbeeld (zie hoofdstuk tektoniek op deze [website](#)) komt naar voren dat er mogelijk niet alleen daling van de verschillende blokken is opgetreden, maar dat er in West-Brabant opvallende aanwijzingen voor wrenching zijn. Verder kan gesteld worden dat de Peelhorst voor de afzetting van de Vg1 omhoog is gekomen.

Er zijn aanwijzingen dat de Centrale Slenk tijdens en/of na de afzetting van de Veghel afzettingen differentieel is gedaald, de Venloslenk (km 95-110) is relatief gedaald ten opzichte van de Peelhorst. De Maas heeft de Peelhorst na de afzetting van de fijnere lagen bovenin de Vg2 de Peelhorst verlaten. De Vg3 is met name afgezet aan de oostzijde van de Peelhorst. In de Centrale Slenk nabij Liempde begint op deze hoogte (ongeveer 8 [m-NAP]) de fluviatiel/glaciaal verspoelde Boxtel afzettingen.

Dit impliceert dat de Centrale Slenk nog verder is gedaald ten opzichte van de Venloslenk waar de grens Vg2/Vg3 op 6 [m+NAP] ligt. De Maas ligt nu nog steeds in de Venloslenk terwijl de Centrale Slenk energetisch gunstiger zou zijn (groter verval). Dit wordt gefrustreerd door de dekzandopwelling Ospel-Meijel, die mogelijk hiermee te dateren is op MIS 10, een jongere leeftijd van deze frustratie zou immers betekenen dat de Maas tot op een jongere datering in de Centrale Slenk zou zijn blijven stromen. Op het onderstaande figuur (bron: Actuele Hoogtekaart Nederland) is duidelijk te zien dat tussen de hoge delen (bruine en gele kleuren, 30-31 [m+NAP]) een circa 4 km breed dal ligt met laagten tot 25 [m+NAP] (blauwe kleuren) en een scherpe oostrand. Mogelijk is dit het Maasdal bij de aanvang van MIS 10. Volgens Schokker is in deze periode een fluviale/glaciale afzetting in de Centrale Slenk afgezet, het zogenaamde laagpakket van Best, een overstromingsleem met eolische delen.

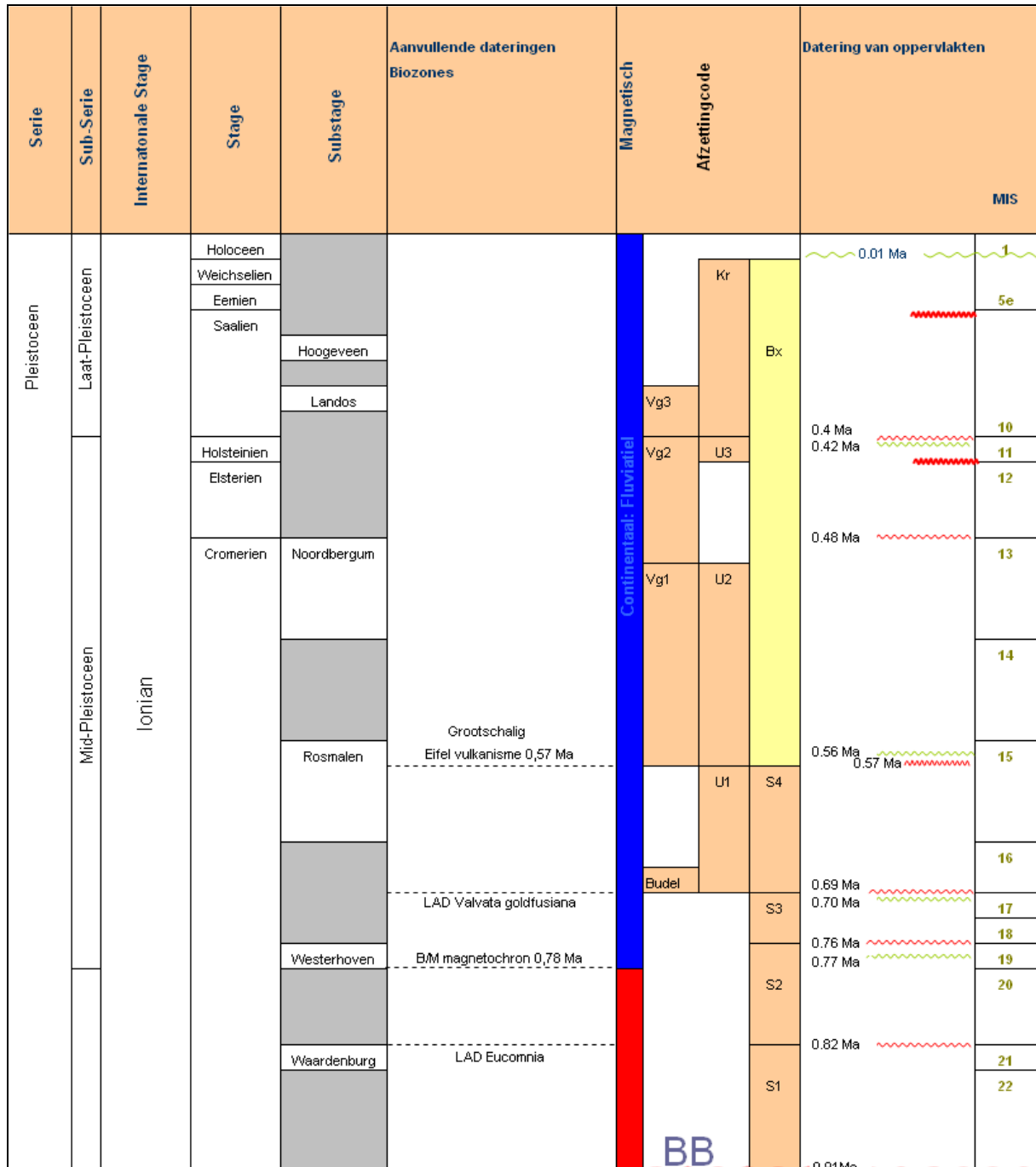


De oostrand is goed te zien op de volgende uitsnede. De steilrand loopt van Neer naar Heibloem. Mogelijk valt deze samen met de Peelrandbreuk.



Resultaten

Met behulp van de gevonden gegevens kan een lithostratigrafische indeling worden gemaakt van de sequenties in de tijd. Deze indeling, een zogenaamd S5-Benchmark diagram geeft een beeld van de afzettingsgeschiedenis in de tijd. Op de volgende figuur is een interpretatie van de gegevens weergegeven.



S5 Benchmark van de Laat-Neogene afzettingen in Zuid-Nederland. Gebruikte afkortingen: LAD: last appearance date, B/M: Brunhes/Matuyama, Vg: Formatie van Veghel, U: Formatie van Urk, S: Formatie van Sterksel, Kr: Formatie van Kreftenheye, Bx: Formatie van Boxtel, Ma: Million years ago, MIS: marine isotope stage, BB: Bavelian Boundary

Tectonische fasen

Op basis van de afzettingen en de dateringen kan de volgende tectonische chronologie van de Centrale Slenk worden gegeven

Fase 1	Peneplenisatie van de vroeg-Pleistocene afzettingen		
Fase 2.1a	Terugkeer van de Rijn/Maas in Zuid-Nederland, mogelijk ten gevolge van een forse zeespiegeldaling bij de aanvang van het Ionien. Dit kan worden gecorreleerd met de Mid Pleistocene Revolutie. In de diepere delen van de Centrale Slenk wordt de S1 afgezet. Onderin deze Fase bevindt zich een erosieve grens, de Bavelian Boundary	MIS 22	0,91 Ma
Fase 2.1b	Afzetting van kleien bij Waardenburg met het vroeg-Pleistocene relict Eucomnia	MIS 21	0,82 Ma
Fase 2.1c	Afzetting van grove zanden met grind (S2)	MIS 20	
Fase 2.1d	Afzetting van kleien bij Westerhoven waar de B/M magnetochron net onder ligt	MIS 19	0,76 Ma
Fase 2.1e	Afzetting van grove zanden en grinden (S3)	MIS 18	
Fase 2.1f	Afzetting van kleien die bij Tilburg gekenmerkt zijn door intensieve verwerking	MIS 17	0,70 Ma,
Fase 3.1a	De Ardennen / Eifel regio beginnen sterk te stijgen. In de Sterksel afzettingen (S4) komt een zeer sterke toename tot dominantie van Maasgrind voor (Budel zone). In Europa is er sprake van een intensieve ijstijd (Don-glaciaal). Mogelijk dat in deze ijstijd grote blokken Maas-gesteente, opgenomen in ijsschotsen, naar Zuid-Nederland konden worden getransporteerd (Gilzerbaanbrokken)). De differentiele daling van de Centrale Slenk neemt sterk af en de S4 verspreidt zich over grote oppervlakten (zie de Maas met het Pietersberg-3 terras)	MIS 16	0,69-0,60 Ma
Fase 3.1b	In de Eifel is er sprake van grootschalig vulkanisme	MIS 15	0,57 ma
Fase 3.1c	De stijgsnelheid van de Ardennen / Eifel regio neemt weer zeer sterk af	MIS 15	
Fase 3.1d	De Rijn verdwijnt langzaam uit de Centrale Slenk en verplaatst zich naar de westrand van het Rijnlands Massief. De slenken daalden ten opzichte van de Centrale Slenk veel minder (of niet meer) waardoor de Maas de kans kreeg om zich over de Peelhorst uit te breiden.		0,56 Ma
Fase 4.1a	In de Centrale Slenk is alleen nog de Maas aanwezig. Hier worden grove afzettingen (vaak ginden) van de Vg1 afgezet. De top is iets minder grof. In de Venloslenk wordt eveneens de Vg1 afgezet. De Vg1 is eveneens aangetroffen op de Peelhorst	MIS 13 / MIS 14	
Fase 4.1b	Tijdens het Elsterien wordt een grove gindlaag afgezet met grote stenen. De dikte van deze Vg2 is in de Centrale Slenk en in de Venloslenk gelijk	MIS 12	0,48 Ma
Fase 4.1c	In beide slenken wordt een klei / veenlaag afgezet waarvan de polleninhoud tot het Holsteinien (De Ridder, 1962) gerekend zou kunnen worden. Dit impliceert nog steeds dat beide slenken ten opzichte van de Peelhorst niet meer daalden.	MIS 11	0,42 Ma
Fase 4.1d	In de Centrale Slenk wordt een dekzandrug Weert-Ospel-Meijel afgezet. Hierdoor wordt de Maas naar het noordoosten gedwongen, de Venloslenk in. Hier wordt de grove Vg3 met stenen afgezet. In de Centrale Slenk vangt de Boxtel Formatie aan met fluviatiel verspoelde lemen met glaciële verschijnselen. Op de Peelhorst wordt geen Veghel sequentie meer afgezet. Mogelijk was de Maas te diep ingesneden.	MIS 10	0,40 Ma

Fase 4.1e	De rivierafzettingen is verdwenen uit de Centrale Slenk. In de Venloslenk wordt nog een leemlaag aangetroffen. Nabij Maastricht worden in het Caberg-2 terras op een dikke, gekryoturbeerde grindlaag een serie kalkrijke kleien met een warme fauna-inhoud afgezet	MIS 9	0,33 Ma
Fase 4.2	De Venloslenk daalt ten opzichte van de Peelhorst in deze periode ongeveer 10 meter. De Centrale Slenk daalt eveneens maar mogelijk met circa 12 meter meer (Lieshout ten opzichte van Lomm). In de Centrale Slenk worden dikke pakketten van de Boxtel Formatie afgezet. De Maas komt in de buurt niet veel lager te liggen.	MIS 8 / MIS 1	< 0,32 Ma

Conclusie

In het zuidoosten van Nederland kunnen de afzettingen, die liggen boven een erosiebasis die zelf te correleren is met de Mid-Pleistocene Revolutie, gebruikt worden om een chronologie van de tektonische gebeurtenissen in dit deel van Noordwest Europa te geven.

Uit de gegevens komt naar voren dat de glaciale-interglaciale cycli in de ondergrond terug te vinden zijn aan de hand van vergrovingen en verfijningen van de korrelgrootte. Verder komt naar voren dat de Rijn en de Maas elk een andere reden hadden om naar de oostzijde van de Nederrijnbocht te migreren. De Rijn werd naar de oostzijde gedwongen door het opdome van de Eifel, de Maas werd naar het oosten gedwongen door het afzetten van een dekzandrug dwars op de stroomrichting in het Vroeg-Saalien.

Het optreden van grootschalig Eifelvulkanisme is de sturende factor geweest achter de daling van de Centrale Slenk en de de Venloslenk.

Referenties

- De Ridder N.A., Zagwijn W.H.. 1962 A mixed Rhine-Meuse deposit of Holsteinian age from the South-Eastern part of the Netherlands *Geologie & Mijnbouw* 41: pp. 125-130.
- Doppert, J.W.Chr., G.H.J. Ruegg, C.J. van Staalduinen, W.H. Zagwijn & J.G. Zandstra 1975 Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (red.), *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 11-56.
- Hall, C.M., and J.W. Farrell, 1993 Laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age from Ash D of ODP Site 758: dating the Brunhes--Matuyama reversal and oxygen isotope stage 19.1, *EOS Trans. AGU*, 74(16), 110,
- Lisiecki, L. E., and M. E. Raymo 2005 A Plio-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records *Paleoceanography*, doi:10.1029/2004PA001071.
- Maarleveld, G.C. 1956 Grindhoudende midden-Pleistocene sedimenten. Het onderzoek van deze afzettingen in Nederland en aangrenzende gebieden (Diss. Utrecht) Meded. Geol. Stichting, serie C-VI-No. 6:105 pp
- Maasch K.A. 1988 Statistical detection of the Mid-Pleistocene transition *Climate Dynamics*, vol. 2, nr 3, pp 133-143
- Schokker, J 2003 Patterns and processes in a Pleistocene fluvio-aeolian environment. Roer Valley Graben, south-eastern Netherlands'. Thesis, VU Amsterdam
- Van Balen 1999 Sediment budget and tectonic evolution of the Maas catchment in the Ardennes and the Roer Valley Rift System *Global and Planetary Change*
- Van den Berg M.W. 1996 Fluvial sequences of the Maas: a 10 Ma record of neotectonics and climatic change at various time-scales PhD Thesis, Landbouwwuniversiteit Wageningen
- Van den Bogaard, P Schminke (1990). 1990 Die Entwicklungsgeschichte des Mittelrheinraumes und die Eruptionsgeschichte des Oostfeifel-Vulkanfeldes In: *Rheingeschichte zwischen Mosel und Maas* pp. 166-190.

Vandenberghe, J.	1993	Maastricht-Belveder: stratigraphy, palaeo-environment and archeology of the Middle and Late Pleistocene deposits; part II	Mededelingen RGD nr 47
Westerhoff, W.E., Weerts H.J.T.	2003	Beschrijving lithostratigrafische eenheid : Beegden Formatie, Sterksel Formatie	Website TNO-NITG
Zagwijn, W.H van Montfrans H.M., Zandstra J.G.	1971	Subdivision of the Cromerian in the Netherlands; pollenanalysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology	Geologie en Mijnbouw 50: pp 41-58
Zagwijn, W.H Zonneveld J.I.S..	1956	The interglacial of Westerhoven	Geologie en Mijnbouw, 18e jaargang pp 37
Zonneveld, J.I.S.	1947	Het kwartair van het Peelgebied en naaste omgeving. Een sedimentpetrologische studie.	Mededelingen Geologische Stichting, Serie C-VI-3: 1-223.
Zonneveld, J.I.S.	1957	River Terraces and Quaternary Chronology in the Netherlands.	Geologie & Mijnbouw N.S. 19: 277.
Zonneveld, J.I.S.	1958	Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen.	Mededelingen van de Geologische Stichting, Nieuwe Serie 12: 31-64.