

# 1 Harderwijk afzettingen

## 1.1 Algemene lithologie

De Harderwijk afzettingen behoren tot de afzettingen van de oostelijke rivieren. Samen met de Scheemda afzettingen en de Enschede afzettingen vormen ze een pakket zanden en grinden die samen een belangrijke aquifer vormen in Noord-Nederland. Ze zijn gekenmerkt door hun opvallend (grauw)witte kleur, veroorzaakt door de aanwezigheid van grauwe en doorzichtige restkwarts. In de Harderwijk afzettingen komt op verschillende niveau's een zekere Rijn-invloed voor die ontbreekt in de Scheemda en de Enschede afzettingen.

De naam van de Formatie wordt voor het eerst beschreven door Zonneveld (Zonneveld, 1958). Zonneveld voegde een flink deel van de Scheemda afzettingen nog bij de Harderwijk afzettingen. Zagwijn (Zagwijn, 1975) beschouwt de afzettingen met een specifieke zware mineraal associatie (de Mineraalzone van Scheemda) als een afzonderlijke formatie: de Formatie van Scheemda. Recentelijk heeft de NITG-TNO (Bosch, 2003) voor de nieuwe geologische beschrijving van de ondiepe ondergrond de Scheemda Formatie, de Harderwijk Formatie en het onderste deel van de Enschede Formatie (alle drie sensu Zagwijn, 1975) met de Hattem grindlagen tot de Formatie van Peize gerekend.

De Harderwijk afzettingen in voorliggende beschrijving zijn gedefinieerd als ;

*De fluviaatiele Oostrivier afzettingen gelegen boven RM afzettingen en/of mariene schelphoudende (Pliocene/vroeg-Pleistoceen) afzettingen, en onder de zuiver Oostrivier afzetting van de Enschede afzettingen.*

Deze afzettingen zijn globaal te beschouwen als een meer dan 180 meter dikke coarse-up. Onderin komen nog kleien voor van Tiglien ouderdom. bovenin grove zanden en grinden die overgaan in Bavelien kleien daar weer boven.

De afzettingen zijn in Nederland niet al te vaak beschreven. Dit mede door de vaak grote diepteligging. In stuwwallen is de formatie soms opgestuwd tot het maaiveld en kon er een wat meer nauwkeurige beschrijving worden gemaakt.

## 1.2 Zware mineralen

### 1.2.1 *MvHa*

De zware-mineraal associatie van de Harderwijkafzettingen is instabiel te noemen. Ze heeft geen sausrriet, lokaal wel veel hoornblende en alteriet (5-20%). Het oudere deel bevat evenwel meer stabiele mineralen (toermalijn, stauroliet, restgroep, parametamorfe) dan het jongere, zij het in lage hoeveelheden. Het geheel staat bekend als de Mineraalzone van Harderwijk (*MvHa*).

In Peelo (12D-93) is er aan de top van de Harderwijkafzettingen een epidootrijke subzone. In boring Oudega (10G-16) zijn er op het Bunnikrijn-I niveau vulkanische zware mineralen aangetroffen (kaartblad 10).

### 1.2.2 *MvZu*

Onderin de Harderwijkafzettingen komt in Noord-Nederland de Mineraalzone van Zuidlaren (*MvZu*) voor waarin stabiele en minder stabiele zware mineralen aanwezig zijn. Met name parametamorfe mineralen met granaat, epidoot en hoornblende.

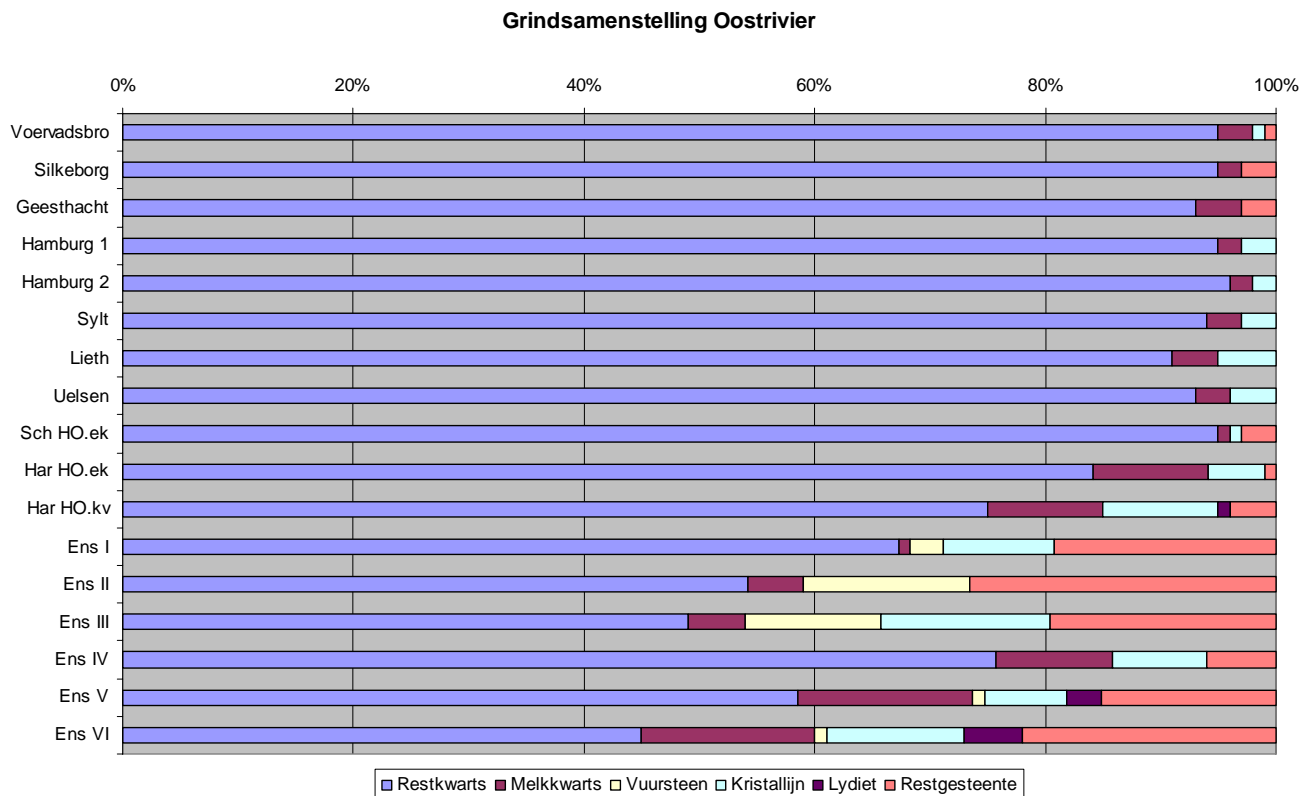
In boring 11H-16 (Oud-Appelscha) is er een duidelijke grens (mineraalinhoud, lithologie) tussen de Mineraalzone van Zuidlaren en de Mineraalzone van Harderwijk. Voor de rest is de *MvZu* een beetje een raadsel. In 12D-93 (Zandstra, 1975) komt er HO.ek voor in het grind (dus uit H1/H3 periode).

Zandstra meldt dat Zagwijn eerder de Tiglientijd van de *MvZu* heeft aangetoond (referentie in Zandstra, 1975).

De *MvZu* ligt altijd op de *MvNo* (zie de Scheemda afzettingen) met een duidelijke omslag in de zware-mineralen associatie. Dat duidt tentatief op een erosiegrens. Het grind zelf wijst op het oudste deel van de HO.ek met extreem (>94%) veel restkwarts.

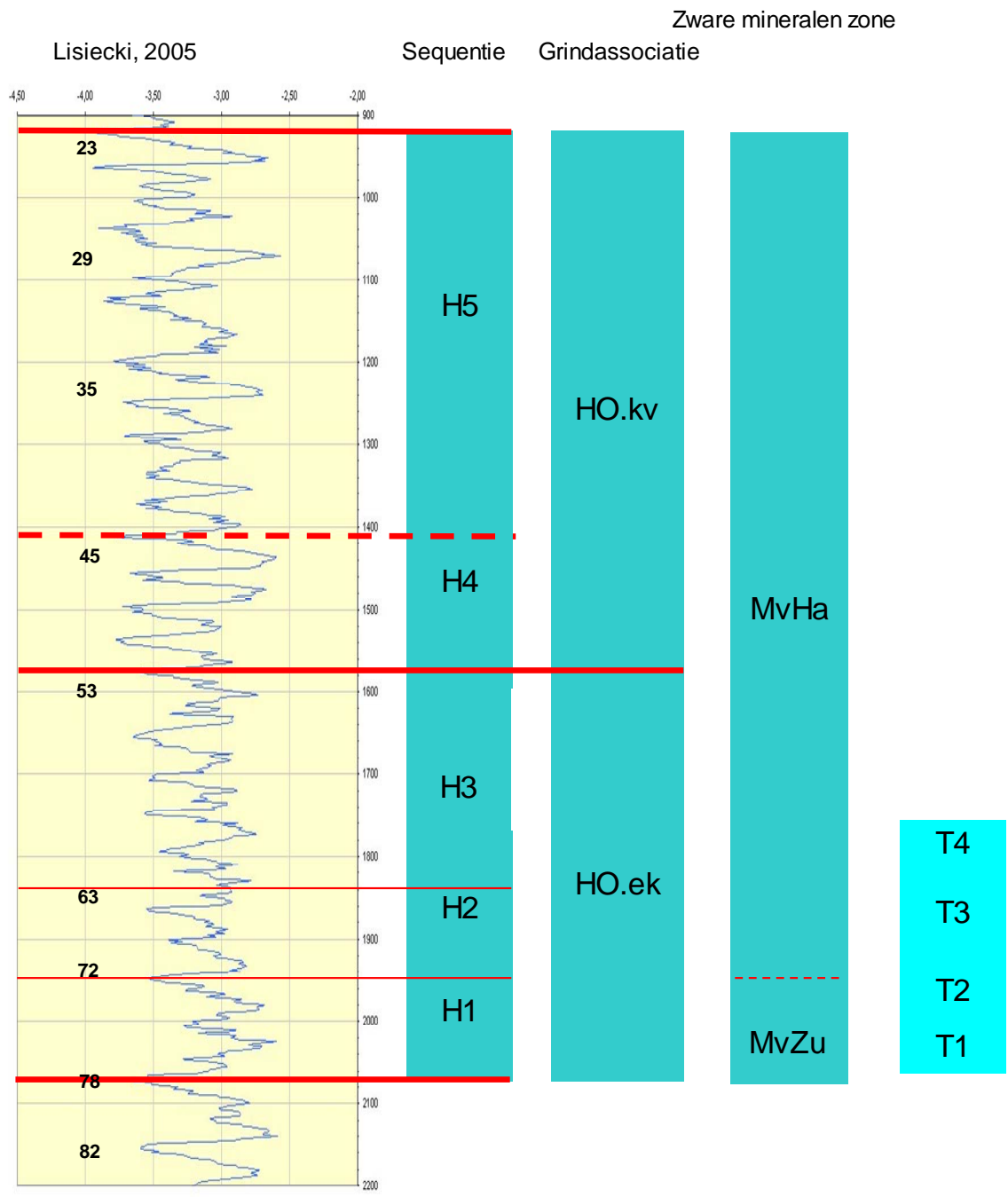
### 1.3 Grind

Het oudere grind heeft als classificatie (HO.ek) met zeer veel restkwarts, het jongere (HO.kv) met meer veldspaat. Op kaartblad 10 wordt deze grens bij 8% gelegd. Hiernaast is dit ook een grens van (onder) 20% metamorfe zware mineralen naar (boven) 10%. Op kaartblad 11 bevatten de Harderwijk afzettingen voornamelijk HO.kv. Op blad 12 ontbreekt dan weer de HO.kv. Dit kan liggen aan de onderzochte trajecten. Bij Loosdrecht komt Bunnikrijn voor in de HO.kv. Bij Lopik komt een traject HO.kv voor met onderin 10 meter met HO.ek. Dit strookt met het beeld wat uit de sequenties spreekt: in het diepst weggezunken deel komt het stabiele deel met de MvZu en de HO.ek voor, over een grotere en hoger gelegen regio de MvHa en de HO.kv. Naarmate het bekken verder gevuld werd wordt het grind veldspaatrijker en de zware mineraal assemblage instabieler. Op basis van o.a. Maarleveld (Maarleveld, 1956) kunnen de Oostrivier afzettingen in een negental grindklassen worden ingedeeld. Hiervan komen Ens I,II en III alleen voor in Niedersachsen. De negen klassen zijn opgenomen in onderstaande tabel.



**Figuur 1: Grindsamenstelling Oostrivier**

Oost in %	Melkkwarts	Restkwarts	Vuursteen	Kristallijn	Lydiet	Overig	Interpretatie
SCH HO.ek	0-1	95	0	1	0	3	Deze groep kenmerkt zich door extreem veel restkwarts
HAR HO.ek	2-20	65-95	0	3-8	0-1	2-10	Deze groep kent al een lichte RM invloed wat zich uit in een hoger gehalte aan Melkkwarts en Overig
HAR HO.kv	1-25	55-85	0-2	5-15	0-2	5-15	Deze groep wordt onderscheiden op basis van meer Kristallijn gesteente. In boring 39F-224 kent de HO.kv twee kristallijn pieken (tot 15%), In deze boring neemt het gehalte aan restkwarts in de HO.ek naar boven toe van 70 tot 90%. Dit laatste kan wijzen op een afnemende RM-invloed.
ENS I	0-2	70-75	2-5	5-15	0-1	15-25	Deze groep benadert de Harderwijk groepen nog het meest.
ENS II	1-5	40-50	5-15	20-35	0	15-30	
ENS III	1-10	40-60	5-15	10-20	0-1	15-25	
ENS IV	5-15	70-80	0-1	5-10	0-1	2-10	
ENS V	10-25	50-65	0-2	4-10	1-5	10-20	De ENS-IV, ENS-V en de ENS-VI hebben mogelijk connecties met de Mengzone (Rijninvloed) vanwege de hoeveelheid Melkkwarts.
ENS VI	10-25	40-50	0-2	5-15	0-10	15-30	



Figuur 2: Indeling Harderwijk afzettingen

## 2 Sequenties

### 2.1 Algemeen

In de Harderwijk-afzettingen is een vijftal sequenties herkenbaar. Hier moet wel de opmerking geplaatst worden dat deze afzetting nauwelijks onderzocht is, of dat er veel gedetailleerde beschrijvingen van zijn. Deze indeling is dan ook een "best-fit". De sequenties worden van elkaar gescheiden door regionaal belangrijke SB's. De sequenties vallen mogelijk in drie hoofdgroepen uit elkaar, mogelijk te correleren met derde orde zeespiegelwisselingen. De dateringen zijn van Wornard (1999).

Tijdvak	Sequence boundaries	Maximum Flooding Surface
Gelasien-2	2,09 Ma – 1,56 Ma	1,56 Ma
Calabrien-1	1,56 Ma – 1,40 Ma	1,47 Ma
Calabrien-2	1,40 Ma – 0,92 Ma	0,96 Ma

### 2.2 Gelasien-2

De oudste serie sequenties bestaat uit de H1, de H2 en de H3. Ze hebben als gemeenschappelijke eigenschap het voorkomen van kleiige en fijnzandige trajecten. Voorts wordt lokaal *Azolla tegeliensis* gevonden. Dit wijst op een vroeg-pleistocene afzettingstijd, met name het Tiglien. De grindverhouding kenmerkt zich door hoge gehalten aan restkwarts en lage gehalten aan melkkwarts. De grindverhouding is als HO.ek geklasseerd.

#### 2.2.1 H1

De eerste sequentie is de H1. Deze wordt aan de onderzijde begrensd door kleien en kleiige zanden met mariene invloeden. Lokaal worden pleistocene soorten in de fauna teruggevonden (o.a. *Littorina litorea*). Meer naar het oosten ligt de H1 lokaal op grovere afzettingen die behoren tot de Scheemda afzettingen. Dit zijn ook Oostrivier afzettingen. Het onderscheid tussen beide Oostrivier afzettingen is hierdoor soms moeilijk te leggen.

Deze sequentie is opgebouwd uit 1, 2 of lokaal zelfs 3 kleinere fine-up sequenties. Het voorkomen van kleien en meerdere fine-up sequenties zou kunnen wijzen op meanderende-rivier afzettingen. Grind wordt in deze sequentie nauwelijks aangetroffen. De ondergrens zou kunnen liggen op de grens tussen Gelasien-1 en Gelasien-2. Deze wordt door Wornardt (Wornardt, 1999) gesteld op circa 2,09 Ma (MIS 78). De bovengrens kan op basis van de 17-cm regel een leeftijd hebben van ongeveer 1,95 (MIS 73). Hiermee kan de bovengrens samenvallen met een geprononceerde zeespiegelwisseling t.g.v. een van de eerste ijstijden met permafrost in Nederland, het Beersien (MIS 72).

### 2.2.2 H2

De tweede sequentie is de H2. Deze is over het algemeen wat grover, met name aan de randen van het bekken, dan de H1 met onderin een grovere laag met gemiddeld zand (180-220  $\mu\text{m}$ ). De H2 bestaat gewoonlijk uit een enkele fine-up sequentie in het westen en een paar kleinere fine-up sequenties naar het oosten toe. De grove ondergrens zou kunnen samenvallen met een uitgesproken  $\delta^{13}\text{C}$  piek (MIS 72, het Beersien). Lokaal is in de hoger gelegen kleien *Azolla tegeliensis* aangetroffen. De topkleien zouden hiermee het equivalent kunnen zijn van de T2 kleilaag uit MIS 63/65. Qua dikte en lithologie zijn de T1, de T2 en de T3 vergelijkbaar met de H1 en de H2.

### 2.2.3 H3

De H3 is de grover dan de H2. Lokaal komt veel grind voor. Ook deze sequentie bestaat uit een aantal kleinere fine-ups. Lateraal zijn er meer korrelgroottewisselingen dan in de H1 en de H2. Bovenin komt een vrij uitgestrekte kleilaag voor met mogelijk een Waalien ouderdom (MIS 55). Hierin ligt volgens Wornardt tevens de MFS van het Gelasien-2. Deze kleilaag is in Noord-Nederland (Suameer/Bergum) 10 meter dik. Deze kleilaag valt in Scharwoude samen met de Bunnikrijn-1 laag, een niveau met opvallend veel RM invloed in vooral de zware mineraal associatie. De bovengrens valt samen met de overgang in de grindassemblage Har.oud naar Har.jong, dit is het punt waar het melkkwartsgehalte (meer Rijninvloed) boven de 10% stijgt en het grind een zekere extra veldspaattoename kent (en in HO.kv verandert). Dit zou kunnen wijzen op een verandering in het brongebied van de sedimenten. Calabrien-1.

## 2.3 Calabrien-2

De tweede reeks onderscheidt zich van de eerste door het voorkomen van grof zand, grind met een HO.kv associatie (duidt op een ander brongebied van de Oostrivier) en een duidelijk erosieve ondergrens. Verder komt op een hoger gelegen niveau in deze sequentie een duidelijke Rijninvloed voor in Noord-Nederland. Deze staat bekend als de Bunnikrijn-2 afzettingen.

### 2.3.1 H4

De H4 wordt niet al te vaak aangetroffen. Het is een tot 50 meter dikke sequentie met veel grof zand. Lokaal vangt ze aan met een grindige grof zandlaag, mogelijke onder andere op de Veluwe. In Noord-Nederland bestaat ze uit een afwisseling van kleilaagjes en zandlaagjes. De leeftijd zou liggen tussen de MIS 52/54 onderin tot MIS 45 bovenin. Uitgaande van de  $\delta^{13}\text{C}$  curve zijn er tijdens deze sequentie een aantal uitgesproken positieve en negatieve pieken geweest, meer dan in bovenliggende (Calabrien-2) en onderliggende (Gelasien-2) tijdvakken.

## 2.4 Calabrien-2

### 2.4.1 H5

De volgende sequentie, de H5, bestaat uit matig grove tot weinig grindige zanden met lokaal een matig- tot fijn-zandige top. De ondergrens heeft zich lokaal in oudere afzettingen van de kleiige top van de H4 ingesneden.

Ze bevat in Scharwoude de Bunnikrijn-1, een duidelijke Rijninvloed. De delen met Rijninvloeden zijn fijnkorreliger en bevatten kleiige trajecten. Opvallend is dat in dit Harderwijktraject te Urk de grindinhoud van HO.kv naar NNO + HO.kv wijzigt. Dat wil zeggen dat de Oostrivier ook wat zuiverder wordt en dat de invloed van de RM derhalve afneemt. De bovengrens wordt gevormd door de SB op 0,9 Ma (MIS 23). In dit tijdvak komen een aantal interglacialen met een hoge positieve piek voor, wat op warmere perioden kan duiden. De meest uitgesproken zijn MIS 23, MIS 29 en MIS 35. Van deze laatste wordt vermoed (Byrami, 2005) dat ze verwant is aan een paleo-klimatologische verandering waarna grotere temperatuurtegenstellingen tussen warme en koudere tijdvakken gingen voorkomen. Hiermee begint de Mid-Pleistocene Revolutie.

## 3 Regionale bijzonderheden

Her en der dagzoomt de Formatie in stuwwallen zoals te Wapenveld op de Veluwe. In Friesland is het sediment afkomstig van de Noordduitse pliocene "koaliensanden" (of gelijktijdig afgezet?). Op kaartblad 12 komen tot 1 meter dikke kleilagen voor in het oude deel met *Azolla tegeliensis* onderin. Deze kleien worden op blad 11 dikker naar het westen toe (10<sup>+</sup> meter).

Uit de profielen van het noorden van het land blijkt dat de Harderwijk afzettingen het dikst (en compleetst) ontwikkeld zijn in Noord-Holland. Gaande naar het oosten ontbreken delen van het middengedeelte van de Harderwijk afzettingen. Ten oosten van een lijn Schokland-Drachten is bovendien een deel van de oudere delen weg en heeft erosie plaatsgevonden tot in de Tegelen afzettingen. De Bunnikrijn-1 is terug te vinden tot in de Noordzee, boring G-16/22.



## 4 Overige opmerkingen

### 4.1 Bunnikrijn

In totaal zijn er vier trajecten met een Rijn/Maas bijmenging in de oostrivier afzettingen waar de RM van ondergeschikt ( $\pm 5\%$  inbreng) naar meer belangrijke ( $\pm 20\%$ ) invloed oploopt. Het is onbekend waarom dit gebeurde, misschien is er een tectonische correlatie. Het voorkomen van lydiet in HO-typen grind wijst op een RM- vermenging. Deze vier trajecten zijn:

- B-0, Technisch gesproken hoort de onderzijde van de Harderwijk-afzettingen bij deze reeks. Het betreft de fijnkorrelige afzettingen van Tigliouderdom. De aanwezigheid van de megaspore *Azolla tegeliensis* wijst op een Tegelen ouderdom. Hierin komt verder nog een spoor lydiet en een verhoogde hoeveelheid Melkkwarts voor.
- B-1, De oudste van de drie "echte" Bunnikrijnen. Lokaal bestaat ze uit 10 meter klei.
- B-2, Dit is een belangrijke eenheid in de ondergrond. Ze is vaak herkenbaar door het voorkomen van een Tsugarijke kleilaag (misschien te correleren met het Bavelien). Ze staat onder Noord-Holland (boring Scharwoude) bekend als de Bunnikrijn-II.
- B-3, Dit de mengzone tussen de afbouwende Enschede afzettingen en de uitbouwende Urk afzettingen.

## 5 Referenties

### 5.1 Algemeen

Bosch, J.H.A	2003	Formatie van Peize, Lithostratigrafische Nomenclator Ondiepe Ondergrond	NITG-TNO
Byrami, M.L.	2005	A late Early Pleistocene tephrochronological and pollen record from Auckland, New Zealand	Geological Society, London, Special Publications; 2005; v. 247; p. 183-208;
Lisiecki, L. E., and M. E. Raymo	2005	(in press), A Plio-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ 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
Wornardt, Walter W. Jr	1999	Revision of Sequences Boundaries and Maximum Flooding Surfaces: Jurassic to Recent	
Zagwijn, W.H. van Staalduinen, C.J.	1975	Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland	RGD, Haarlem
Zandstra, J.G.	1975	Sediment-petrological investigations of a boring and an excavation at Peelo (Northern Netherlands)	Mededelingen Rijks Geologische Stichting, N.S. Vol. 26, No. 1
Zonneveld, J.I.S.	1958	Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen.	Meded. Geol. Stichting, N.S. 12:31-64

## 5.2 Kaartbladen RGD

Bisschops, J.H.	1973	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Eindhoven Oost (51o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Bisschops J.H., Broertjes J.P., Dobma W.	1985	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Eindhoven West (51W)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Bisschops, J.H.	1989	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Utrecht (31o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
De Groot, T.A.M.	1988	Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Heerenveen (11w en 11o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Hageman, B.P.	1964	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Goeree-Overflakkee (43w)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Kuyl, O.S.	1980	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Heerlen (62 en 62o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
NITG-TNO	2001	Toelichtingen bij de kaartbladen XIII en XIV Breda-Valkenswaard en Oss-Roermond	Geologische Atlas van de Diepe Ondergrond van Nederland, Utrecht
Ter Wee, M.W.	1976	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Sneek (10w en 10o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Ter Wee, M.W.	1979	Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Emmen (17w en 17o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Ter Wee, M.W.	1966	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Steenwijk (16o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Van de Meene, E.A.	1977	Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Arnhem (40 oost)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Van den Toorn J.C.	1967	Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Venlo-west (52 w)	Geologische Stichting, Haarlem
Van Rummelen F.F.F.E.	1965	Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50000, bladen Zeeuws-Vlaanderen west en oost (54 /44 w en 54/44o)	Geologische Stichting Haarlem
Van Rummelen F.F.F.E.	1970	Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50000, blad Schouwen-Duiveland (42o en 42w)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Van Rummelen F.F.F.E.	1972	Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50000, blad Walcheren (48w)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Van Rummelen	1978	Toelichtingen bij de Geologische Kaart van	Rijks Geologische Dienst, Haarlem

F.F.F.E.		Nederland 1:50000, blad Beveland (48o)	
Van Staalduinen C.J.	1979	Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50000, blad Rotterdam West (37w)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Verbraeck, A.	1984	Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Tiel (39w en 39o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Verbraeck A., Bisschops J.H	1971	Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50000, blad Willemstad Oost (43o)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Westerhof, W.E.,de Mulder, E.F.J., de Gans, W.	1988	Toelichting bij de Geologische kaart van Nederland 1:50000, blad Alkmaar (19 o en 19w)	Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Zagwijn W.H., Van Staalduinen	1975	Toelichting bij de geologische kaart van Nederland	Rijks Geologische Dienst