



*Ingezakte kleidruppels in een zandige
glaciolacustriene meeropvulling,
Larenseweg, Hilversum, februari 2011.*

De glaciële geologie van Hilversum

SANDER KOOPMAN
S.KOOPMAN19@GMAIL.COM

De ondergrond van de bebouwde kom van Hilversum biedt een prachtig inzicht in een fossiel (peri)glaciaal landschap. De ondiepe geologie van dit gebied is al eerder aan de orde gekomen in publicaties van auteurs als De Waard (1947), Ruegg (1995, 2010) en Koopman (2014). Ook is een deel van het gebied gekarteerd voor de Geologische kaart van Nederland 1:50.000 (RGD, 1988, blad 31O). Waarnemingen aan ontsluitingen in de afgelopen jaren hebben geleid tot een steeds fijnmaziger inzicht in de geologie van dit gebied: een landschap gelegen tussen de stuwwallen en de rand van het landijs. Er is nu meer duidelijkheid verkregen over de maximale uitbreiding van het landijs en het voorkomen van keileem in de omgeving van Hilversum. Hierdoor kan een voorlopige reconstructie opgesteld worden van de laatste fase van de Saalien landijsbedekking en de fluctuaties die daarin zijn opgetreden.



Gebiedsbeschrijving

Het studiegebied van dit artikel betreft de bebouwde kom van Hilversum en de directe omgeving (Afb. 1 en 2). In het westen bevinden zich de villawijken, deze liggen grotendeels op de stuwwal en op de smeltwaterwaaiers die ten westen van de stuwwal liggen. De stuwwal kent plaatselijk behoorlijke hoogteverschillen: zo reikt de Trompenberg tot 26 m +NAP, met sterk hellende wegen (soms meer dan 5%) in de omgeving. Verder naar het westen en zuidwesten zijn de smeltwaterwaaiers bedekt met dekzand. Het midden en oosten van Hilversum worden gekenmerkt door aaneengesloten bebouwing. Dit deel kent minder reliëf. De ondergrond is hier zeer afwisselend (zie o.m. Ruegg en Koopman, 2010): lage stuwwallen, gebieden met kameafzettingen (ijssmeltwater afzettingen die ontstaan zijn tussen de stuwwal en de ijskap) en dekzandvlakten wisselen elkaar af. Ten zuiden, oosten en noord-oosten van Hilversum liggen heidevelden. Het reliëf van de stuwwallen is daar goed zichtbaar, bijvoorbeeld op de Hoorneboegse Heide (Afb. 3) en de Zuiderheide.

Oppervlaktegeologie

Op basis van eigen waarnemingen, bestaande literatuur en het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN) zijn een geologische oppervlaktekaart (Afb. 4) en drie ondiepe geologische profielen (Afb. 5) vervaardigd. Voor inzicht in de diepere ondergrond is gebruik gemaakt van DGM v2.2



AFBEELDING 1. | Studiegebied met locaties van de besproken waarnemingen (afbeeldingsnummers). Inzet: locatie afbeelding 11. T = locatie van titelfoto. Kaartondergrond: Topografische kaart van Nederland 1:25.000, Kadaster, 2011.

(dinoloket.nl; Afb. 6). De oppervlaktegeologie wordt hieronder besproken aan de hand van deze afbeeldingen, gaande van west naar oost. Enkele onderwerpen worden verderop in dit artikel diepgaander behandeld.

Formatie van Boxtel

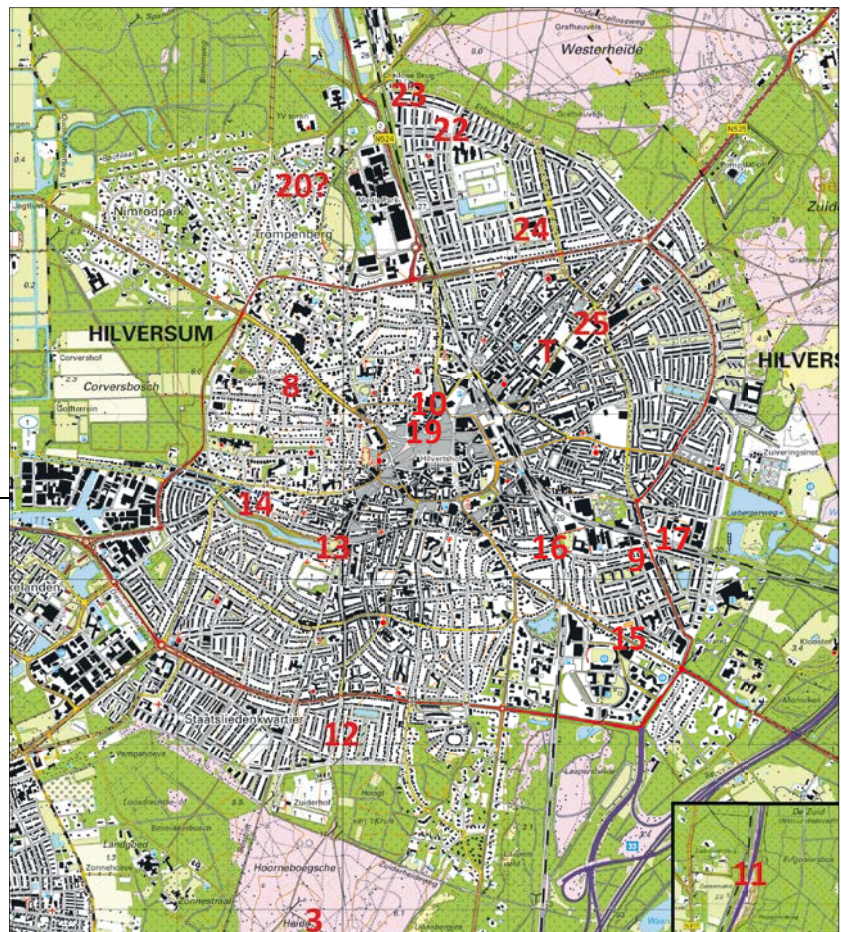
In het uiterste westen van het studiegebied ligt de Formatie van Boxtel aan het oppervlak. Deze bestaat hier grotendeels uit dekzand (Koopman & Sevink, 2016), maar nabij de stuwwalhelling komen ook fluvioperiglaciale afzettingen (gevormd door sneeuwsmeltwater) en lokale hellingafzettingen voor.

Formatie van Drenthe

Naar het oosten toe wigt de Formatie van Boxtel uit tegen de smeltwaterafzettingen van de Formatie van Drenthe (in het noordelijk deel) of direct tegen de gestuwde afzettingen (in het zuidelijk deel). Waar de Formatie van Boxtel uitwigt tegen de stuwwal zijn wel fluvioglaciale afzettingen aanwezig, maar op enige diepte onder het maaiveld (Afb. 5 profiel E-F). Ten westen van de stuwwal bestaat de Formatie van Drenthe vooral uit het Laagpakket van Schaarsbergen: grootschalige plaatvormig gelaagde afzettingen ontstaan door afvloeiing van ijssmeltwater.

Gestuwde Formaties van Urk, Sterksel en Drenthe

In het westelijk deel van Hilversum ligt een noord-zuid verlopende stuwwal. Deze bestaat uit gestuwde afzettingen van de Formaties van Urk en Sterksel. Het midden- en zuidelijke deel van de stuwwal is op veel plaatsen bedekt met de Formatie van Drenthe (keileem en smeltwaterafzettingen). In de zone net ten oosten van de stuwwal vinden we in het noordelijk deel (Mediapark) een gebied waar op grote schaal fluvioglaciale smeltwaterdelta's voorkomen (eveneens Formatie van Drenthe; Ruegg & Koopman, 2010). Verder naar het zuiden komen dunne kleilagen voor die afgezet zijn in smeltwatermeren (glaciolacustriene afzettingen). In het hele gebied ten oosten van de stuwwal komen ingesloten keileemlagen voor. Een deel van de afzettingen van de Formatie van Drenthe is naderhand opgestuwd tot een lage stuwwal. In het



noordoosten en midden van Hilversum ligt een gebied waar de Formatie van Drenthe het karakter heeft van een zandige meeropvulling, plaatselijk bedekt met een dunne laag keileem of keileemresidu. In het noordoosten van het studiegebied ligt de stuwwal van Laren, en naar het zuidoosten gaand vinden we overwegend dekzand (Formatie van Boxtel).

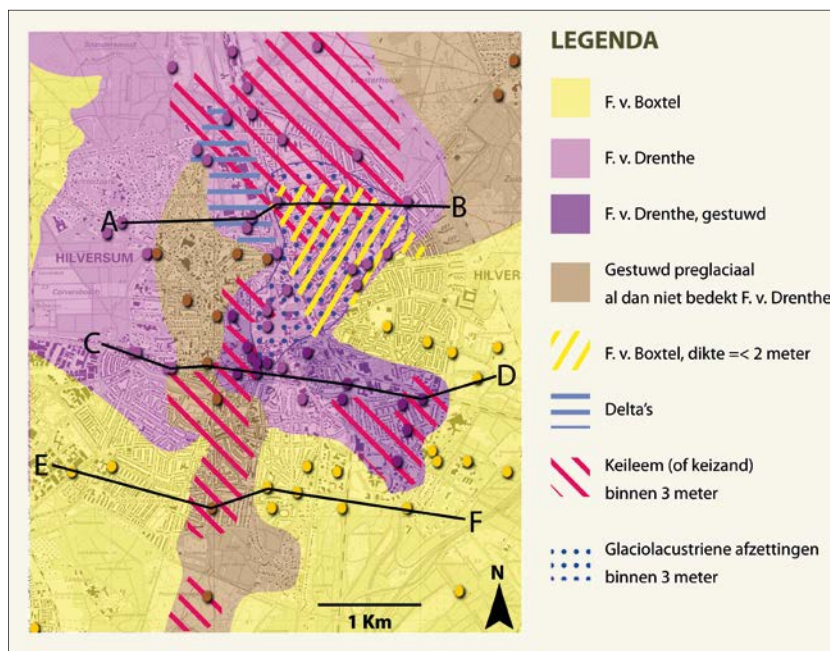
De stuwwallen

Als eilanden in een ‘zee’

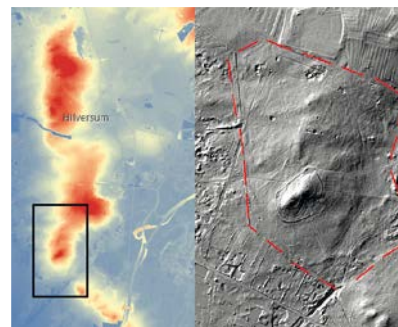
In het grootste deel van het studiegebied, uitgezonderd het uiterste westen, bevinden zich gestuwde afzettingen in de ondergrond (Afb. 6 en 7). De stuwing reikt hier tot een diepte van 50–68 meter. Op deze diepte ligt in het studiegebied het onderste deel van de Formatie van Sterksel (Afb. 6). Aan het oppervlak is een aanzienlijk deel van de stuwwallen door latere erosie verdwenen (Van den Berg en Beets, 1987). De huidige nog zichtbare stuwwallen zijn als het ware eilanden in een “zee” van jongere afzettingen. De contouren van de nog



AFBEELDING 3. | De stuwwal gezien vanaf de Hoorneboegse Heide ten zuiden van Hilversum, kijkrichting noord. Links in de foto is het lager liggende zadel te zien tussen de Hoorneboeg en Hoogt van 't Kruis.



AFBEELDING 4. | Geologische oppervlaktekaart van Hilversum. Kaartondergrond: topografische kaart van Nederland 1:25.000, 2011, Kadaster. Puntdata: Koopman e.a., 2017; DINOLOket GeoTOP. Kaartbewerking: A.E. Pfeijfer.



AFBEELDING 2. | AHN3-beeld van het studiegebied (L) en van de Hoorneboegse Heide (R, hillshade). De Hoorneboegse Heide ligt binnen de rode contour. Bron: <https://ahn.argisonline.nl/ahnviewer/>, november 2017.

zichtbare stuwwallen zijn geschetst in Afbeelding 7. In het westen ligt een vrijwel noord-zuid lopende stuwwal, met een strekkingsrichting meest noord-zuid, op sommige plekken noordoost-zuidwest. Helemaal in het noorden buigt de strekking van deze stuwwal om naar het oosten. Het vermoeden bestaat dat deze stuwwal aan het oppervlak oorspronkelijk verder naar het oosten en zuidoosten afboog en verbonden was met de stuwwal van Laren (rechtsboven in Afbeelding 7, Ruegg & Koopman, 2010), die aan de zuidkant sterk naar het zuidwesten buigt. Het tussenliggende deel zou door latere erosie door ijssmeltwater verdwenen zijn. Dit complex lijkt in één stuwingsfase gevormd te zijn en bestaat uit gestuwde Formaties van Urk en Sterksel (Ruegg, 1995). Aan de oostzijde van de noord-zuid verlopende stuwwal ligt een zone waar gestuwde bekkenafzettingen (Formatie van Drenthe) voorkomen (Ruegg & Koopman, 2010). Deze zijn in een latere stuwingsfase tegen de stuwwal aangedrukt (Ruegg, 1995). In de stuwwal van Hilversum komen de Formaties van Urk en Sterksel vooral in het noordelijk deel vrijwel tot aan het maaiveld voor (Afb. 4 en 8).

Met bergen of hoogten

Verder naar het zuiden komt in de bovenste meters van de stuwwal op veel plekken de Formatie van Drenthe voor in de vorm van dunne lagen keileem en fluvioglaciale afzettingen. Echter, ook in het zuidelijk deel dagzomen plaatselijk, tussen de zones met keileem en smeltwateraf-



zettingen, nog de Formaties van Sterksel en Urk, zoals in de omgeving van landgoed Zwaluwenberg. Qua geomorfologie valt op dat deze stuwwal in de noord-zuidrichting een duidelijke afwisseling vertoont van hogere en lagere delen (zie Afb. 2). De hoge delen vormen opvallende toppen, die lokaal dan ook toponiemen dragen met aanduidingen als “berg” of “hoogt” (bijvoorbeeld, van noord naar zuid: Trompenberg, Boomburg, Hoogt van ’t Kruis, Zwarte Berg).

Lagere delen als zadels door overrijding

De lagere delen tussen de toppen zijn relatief vlak en hebben de vorm van zadels. Deze zadels zijn door het landijs overreden. Dit blijkt uit het voorkomen van keileem en zwerfstenen vlak onder het maaiveld, bovenop de stuwwal (zie verderop in dit artikel). Ook is het opvallend dat er op de Hoorneboegse Heide nauwelijks grindkuilen aanwezig zijn. De weinige kuilen die wel aanwezig zijn, hebben een onregelmatige vorm (zie Afb. 2 rechterdeel).

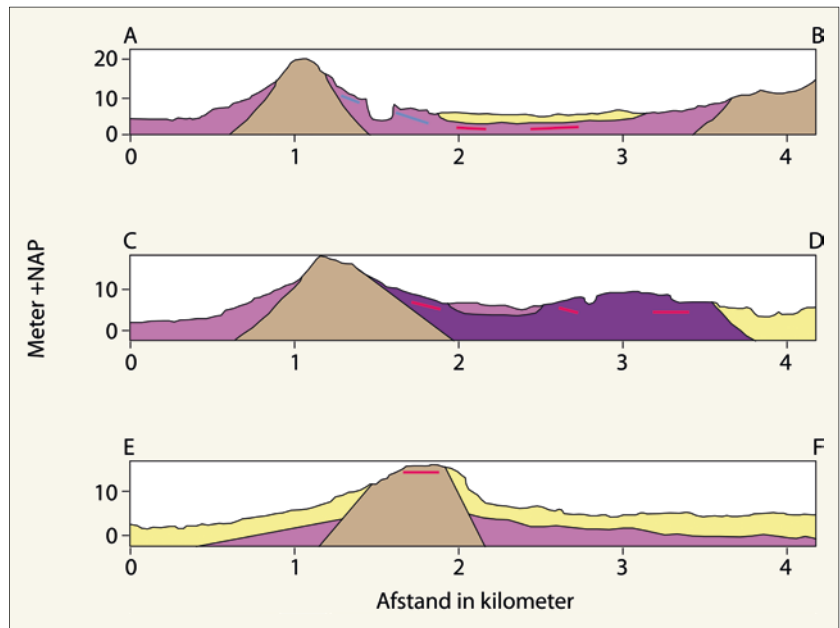
Dit in tegenstelling tot andere heidevelden in het Gooi, waar veel van zulke grindkuilen voorkomen in regelmatige patronen die gelijk lopen aan de strekkingsrichting van de stuwwal (Koopman, 2017). Op de Hoorneboegse Heide zijn de strekkingspatronen aan het oppervlak omgewerkt tijdens de overrijding door het landijs.

Niet overreden toppen

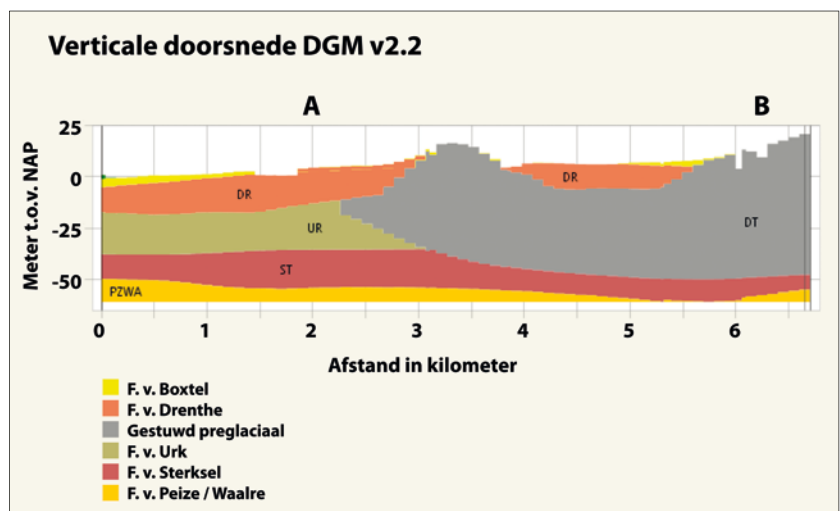
Het lijkt erop dat de toppen van de stuwwal niet zijn overreden. Zo bestaat de ondergrond van de Hoorneboeg – een markante top op de Hoorneboegse Heide – tot minimaal 4 m diepte uit slecht gesorteerd scherp zand met waarschijnlijk een afwisseling van grovere en fijnere laagjes, zonder enig spoor van keileem of zwerfstenen (Koeman, 2014). Een mogelijke interpretatie is dat het hierbij gaat om fluvioglaciale afzettingen, die tussen de ijslobben zijn afgezet (kame terras).

Verskillende hellingprofielen

De dwarsprofielen (Afb. 5) laten zien dat de stuwwal verschillende hellingprofielen kent. De Utrechtse Heuvelrug, waar het Gooi deel van uitmaakt, heeft in het algemeen een asymmetrisch hellingprofiel met een steile oostzijde (proximale zijde, de zijde bij



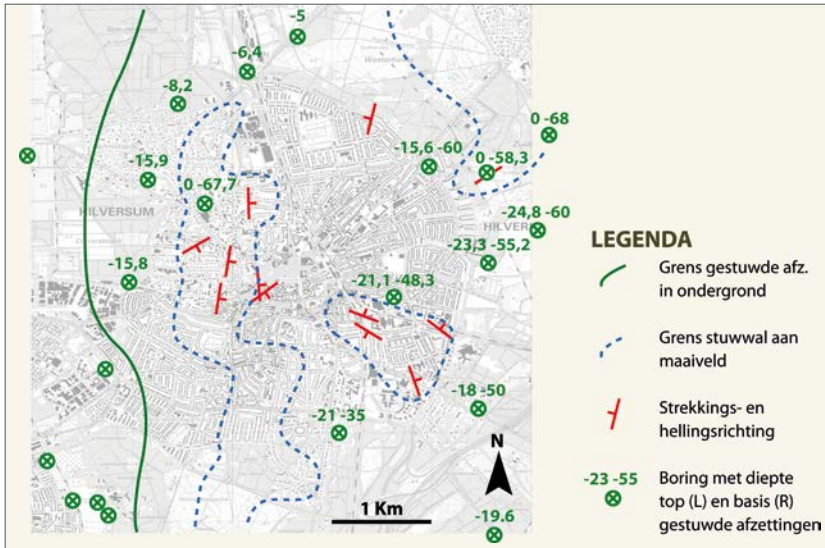
AFBEELDING 5. | Drie ondiepe geologische profielen (zie Afb. 4 voor ligging en legenda). Rode streepjes: keulemlagen, blauwe streepjes: delta's. Bron: AHN-viewer voor het reliëf, Koopman e.a. (2017) voor de geologie. Tekening: A.E. Pfeifer.



AFBEELDING 6. | Geologisch profiel langs de lijn A-B (zie afb. 4 voor ligging). Bron: DINoloket DGM v2.2, bewerkt.

het glaciële bekken) en een flauwere westzijde (distale zijde; Pierik, 2010). Maar de hellingprofielen van de Hilversumse stuwwal wijken hier soms van af. Zo is het hellingprofiel ter plaatse van profiel A-B vrijwel symmetrisch. Het profiel C-D ligt vlakbij een gebied waar de stuwwal is overreden. Hier vertoont de proximale helling (aan de kant van het landijs) een flauw verloop en is de distale helling steil. Profiel E-F loopt over een overreden deel van de stuwwal en doorsnijdt (direct ten oosten van de stuwwal) een klein glaciële bekken. Hier heeft de stuwwal wel het – voor de Utrechtse Heuvelrug – gebruikelijke hellingprofiel: een steile proximale zijde en een flauwere distale zijde. De top van de stuwwal is hier vlak vanwege de overrijding door het landijs (glacioplaneatie). De verschillende hellingprofielen hebben waarschijnlijk hun oorzaak in de glaciotektoniek waarbij aspecten als wel/niet overreden en de latere opstuwing van in het glaciële bekken gedeponeerde afzettingen tegen de eerder gevormde stuwwal een rol hebben gespeeld. Een tweede stuwwal bevindt zich in het zuidoosten van Hilversum. Deze stuwwal is duidelijk lager (zie profiel C-D, afbeelding 5), heeft een min of meer symmetrisch hellingprofiel en een





AFBEELDING 7. | Kaart van de stuwwallen in de omgeving van Hilversum. Aangegeven zijn: westelijke begrenzing van de gestuwde afzettingen in de ondergrond, contouren van de aan het maaiveld zichtbare stuwwallen, strekkingsmetingen, diepteligging van gestuwde afzettingen (top-basis t.a.v. het maaiveld). Bronnen: DINOloket DGM v2.2, AHN-viewer, Koopman e.a., 2017. Kaartbewerking: A.E. Pfeifer.

strekingsrichting van 110° - 160° . De hellingshoek van de gestuwde lagen bedraagt hier 15° - 30° met een hellingsrichting naar het noordoosten.

Afwijkende hellingsrichting door ijs?

Op één plek (Oude Amersfoortseweg) is een afwijkende hellingsrichting waargenomen: naar het zuidwesten. Is deze stuwwal wellicht aan meerdere kanten door ijs omringd geweest? Uit de tot nu toe bekende waarnemingen (Koopman & Pfeifer, 2014; Koopman *et al.*, 2017) blijkt dat deze stuwwal – in ieder geval in de bovenste meters – bestaat uit gestuwde afzettingen van de Formatie van Drente: gestuwde fluvioglaciale en glaciolacustriene afzettingen met plaatselijk keileemlagen. De structuur van deze stuwwal is complex, want recent is gebleken dat in deze stuwwal plaatselijk ook ongestuwde pakketten voorkomen, zoals kleine fluvioglaciale delta's (Afb. 9).

Keileem, zwerfkeien en plaatseigen zandsteen

Aardjesberg: keileemplateau met dunne flow tills

In eerdere publicaties werd verondersteld dat het voorkomen van keileem in de omgeving van Hilversum beperkt is tot de omgeving van de Aardjesberg (Ruegg, 1995; Koopman & Pfeifer, 2012). Uit recente waarnemingen blijkt echter dat keileem en keizand (het verweringsresidu van keileem) in de ondiepe ondergrond (tot 3 m – mv) op veel meer plekken voorkomt. Wel gaat het doorgaans om betrekkelijk dunne lagen, met een maximale dikte tot zo'n 0,5 m en zijn de lagen veelal niet aaneengesloten. De tot nu toe (stand november 2017) bekende gebieden waar keileem- en/of keizandlagen voorkomen zijn met een arcering weergegeven op Afbeelding 4. In het noorden van Hilversum bevindt zich een laag keileem

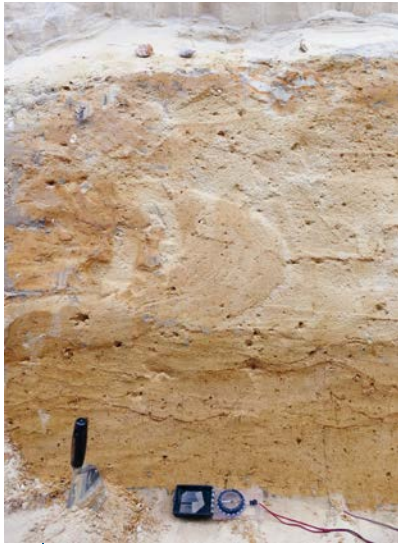


AFBEELDING 8. | Gestuwde bruine zanden en grind behorend tot de Formatie van Urk. Strekkingsrichting 60° , hellingsrichting 140° (zuidoost), hellingshoek 20 - 40° . Van der Lindenlaan hoek Oranjelaan, Hilversum, september 2009.



AFBEELDING 9. | Kleine fluvioglaciale delta, gelegen in de lage stuwwal van Hilversum. Bovenin is de scheefgelaagde foreset van de delta zichtbaar. Daaronder een scherpe begrenzing met de horizontaal verlopende bottomset. Oude Amersfoortseweg hoek W. Bontekoestraat, Hilversum, september 2017. Foto: Sander Koopman.





AFBEELDING 10. | Keileemlaag van ongeveer 0,5 m dik, ingeschakeld in fluvioglaciale afzettingen. De keileemlaag bestaat uit twee delen: de bovenste helft is leemhoudend, de onderste helft bestaat uit (eveneens hard) zand met deformatiestructuren. Op 1/3 van onderen is het horizontale grensvlak met de niet-gevormde onderliggende afzettingen (iets donkerder van kleur) te zien. Melkpad, Hilversum, juni 2017.



AFBEELDING 11. | Bruine keileemlaag met een dikte van 20-30 cm (zie de zwarte pijl), ingesloten in fluvioglaciale afzettingen. Zwaluwenberg langs A27, Hilversum, september 2017.

van 0,5 - 1 meter dik vrijwel direct aan het maaiveld. Deze keileemlaag is de voortzetting van het keileemplateau van de Aardjesberg. Plaatselijk bevinden zich in deze keileem grote

hoeveelheden stenen. Onder de keileem bevinden zich smeltwaterafzettingen waarin plaatselijk dunne 'flow tills' (= mengsel van stenen, grind en leem dat van het ijs af is gegleden) zijn ingesloten.

Zwaluwenberg en de Bosberg: kame afzettingen

Een tweede gebied met ondiepe keileemvoorkomens strekt zich uit langs en op de stuwwal. Net ten oosten van de stuwwal gaat het om keileemlagen die op enkele meters diepte liggen en ingeschakeld zijn in smeltwaterafzettingen of kame afzettingen (Afb. 10). Deze zone loopt langs de gehele stuwwal, want verder naar het zuiden, bij de Zwaluwenberg en de Bosberg, zijn eveneens keileemlagen waargenomen, die ingeschakeld zitten in smeltwaterafzettingen (Afb. 11; Koopman *et al.*, 2017). Bovenop de stuwwal komt ook op meerdere plaatsen keileem voor. Bijvoorbeeld aan de Hilvertsweg en aan de Havenstraat zijn keileemlagen waargenomen (Afb. 12 en 13).

Hoorneboegse Heide: raatakkercomplexen

Op de Hoorneboegse Heide, eveneens bovenop de stuwwal, ligt keizand met noordelijke zwerfstenen in gehomogeniseerde profielen. De bodemprofielen op



AFBEELDING 12. | Bruine keileemlaag vlak onder het maaiveld, ontsloten in een sleuf voor de aanleg van riolering. Deze ontsluiting ligt bovenop de stuwwal, zo'n 250 m ten westen van het hoogste punt. Hilvertsweg, Hilversum, oktober 2004.



AFBEELDING 13. | Dunne keileembandjes afgewisseld door laagjes grof zand en grind. Dit profiel is waarschijnlijk ontstaan door een regelmatige afwisseling van keileemvorming en afvloeien van smeltwater onder het ijs. Iets boven het midden is een geulvormige insnijding zichtbaar: een drainagegeul voor smeltwater. Havenstraat hoek Taludweg, Hilversum, mei 2010.



de Hoorneboegse Heide zijn op meerdere plekken gehomogeniseerd door grondgebruik als raatakkercomplex in de ijzertijd (Theunissen & De Kort, 2014). Deze raatakkercomplexen blijken precies te liggen in het gebied waar keizand en/of keileemresten in de ondergrond voorkomen, omdat ze vanwege het leemgehalte de meest vruchtbare gronden vormden. Op de stuwwal komen ook plaatselijk flow tills voor. Zo is aan de Roeltjesweg, aan de uiterste westzijde van de stuwwal, een flow till aangetroffen met honderden noordelijke zwerfstenen in een losse pakking van zand en grind (Afb. 14).

Diverse keileemlagen

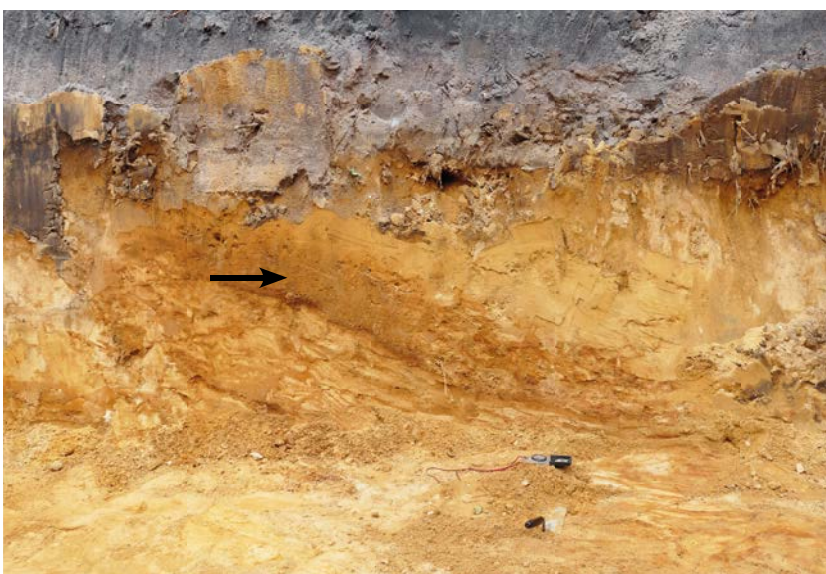
Een derde gebied met keileemvoorkomens ligt op de lage stuwwal in het zuidoosten van Hilversum. Hier zijn op meerdere plekken keileemlagen waargenomen. De aard van deze keileemvoorkomens is zeer divers. Aan de Soestdijkerstraatweg gaat het bijvoorbeeld om dunne lagen grijze, zandige keileem (Afb. 15), aan de Oude Amersfoortseweg is harde, roodbruine en stenenarme keileem aangetroffen (Afb. 16), en aan de Mussenstraat harde, lichtbruine zeer grindrijke keileem (Afb. 17). Samenhangend met de keileemvoorkomens zijn op veel plekken in Hilversum zwerfstenen aangetroffen. De plekken waar keien (lengte



AFBEELDING 15. | Grijze keileemlaag van ca. 5 cm dik, bestaande uit zand en leem, met daaronder nog enkele zeer dunne keileemlaagjes gescheiden door zandlagen. De laag helt naar het oost-noordoosten. Soestdijkerstraatweg, Hilversum, oktober 2008.



AFBEELDING 14. | Flow till, een niet-gesorteerd pakket van ruim een halve meter dik bestaande uit honderden zwerfstenen in een matrix van grind, zand en leem. De pakking is los. Roeltjesweg, Hilversum, maart 2009.



AFBEELDING 16. | Bruine keileemlaag (zie de zwarte pijl), opgeschoven over een pakket met geplooid zand- en kleilaagjes. De laag helt naar het zuidwesten. Oude Amersfoortseweg bij Stadhouderslaan, Hilversum, juni 2017.

≥ 20 cm) en/of blokken (lengte ≥ 63 cm) zijn aangetroffen, zijn gemarkeerd in Afbeelding 18 (locaties ontleend aan Cerutti, 1981, De Vrankrijker, 1981, eigen waarnemingen 1999-2017).

Aangetroffen zwerfkeien

Op enkele plaatsen zijn grote concentraties van zwerfkeien aangetroffen. Allereerst in de omgeving van de Aardjesberg en het zuidelijk deel van de Zanderij Crailoo. Een deel van deze keien is te bewonderen langs het Heimans Zwerfkeienpad van het Goois Natuurreservaat (Coesel, 2002). Een tweede plek waar veel zwerfkeien zijn gevonden, betreft de omgeving van de 's Gravelandseweg. Al in 1882 werd bij de bouw van de villa Vogelenzang melding gemaakt van de vondst van een "enorme steenmassa" (Cerutti, 1981). Ook in recentere tijden zijn er in deze omgeving grote zwerfkeien gevonden (Afb. 19). Een derde locatie is het gebied rondom de Oude Haven. Bij rioleringswerkzaamheden ten zuiden van de Oude Haven zijn hier enkele jaren geleden tientallen zwerfkeien aangetroffen (waarneming auteur). De eerder genoemde flow till aan de Roeltjesweg, ten noorden van de Oude Haven, bevatte eveneens vele zwerfkeien.





AFBEELDING 17. | Onregelmatige schollen van grindrijke keileem, liggend tussen gevormde fluvio-glaciale afzettingen. Mussenstraat, Hilversum, april 2016.

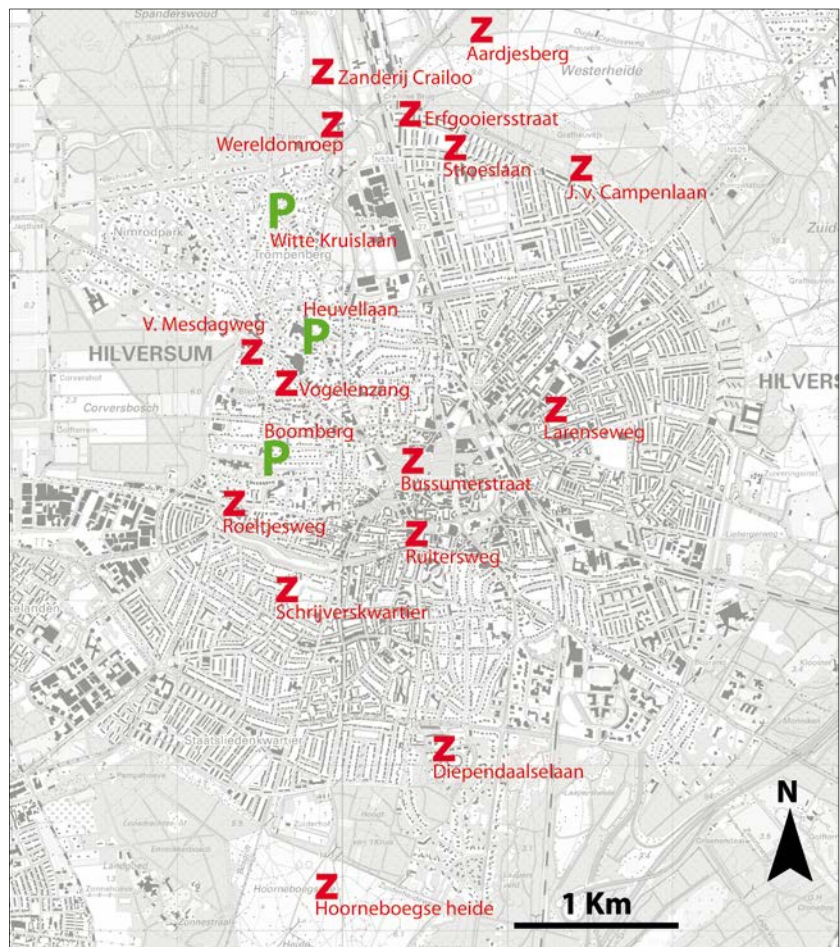
Plaatsseigen zandsteen

Plaatsseigen zandsteen is zandsteen die ter plekke is ontstaan door verkitting van de zandkorrels met kalk. Verondersteld wordt dat de kalk afkomstig is van al dan niet nog aanwezige, daarop liggende keileem. In de stuwwallen van Hilversum is het slechts op enkele plekken aangetroffen (Afb. 18; Post, 2006) en uitsluitend in het gebied waar de gestuwde Formaties van Urk en Sterksel nabij het oppervlak voorkomen. Het meest bekend zijn de grote steencomplexen die in 1850 zijn gevonden aan de Witte Kruislaan, toentertijd in de pers aangeduid als “Germaanse afgodsbeelden” (Afb. 20). De lokale geneesheer J.F. van Hengel vermoedde toen reeds dat het hier ging om ter plaatse gevormde zandsteen (Addink-Samplonius, 1984). Verder is plaatsseigen zandsteen aangetroffen aan de Heuvellaan en nabij de Boomburg (Post, 2006).

Meerafzettingen en keileem in Hilversum-noord

Kryoturbatie en gelaagde smeltwaterafzettingen

Uit eerdere publicaties (Ruegg, 1995; Ruegg & Koopman, 2010) was al bekend dat er ter plaatse van het Mediapark (gelegen in het noorden van Hilversum) grootschalige deltacomplexen liggen. Plaatselijk komen hierin dunne keileemlagen en/of kleiige lagen voor. Op enkele plekken is een kryoturbaat niveau waargenomen met typische druppelvormige inzakkingen. Op één van deze plekken is de hoogte van dit niveau vastgesteld op rond 2,5 m +NAP (Ruegg & Koopman, 2010). Recente waarnemingen in de ten oosten van het Mediapark gelegen woonwijken hebben meer duidelijkheid verschaft over de verspreiding van deze fenomenen



AFBEELDING 18. | Locaties waar zwerfkeien (Z; lengte ≥ 20 cm) of plaatsseigen zandsteen (P) zijn/is aangetroffen. Brongegevens: zie lopende tekst. Kaartbewerking: A.E. Pfeifer.

en de geogenetische samenhang tussen de gebieden. Uit deze waarnemingen blijkt dat het kryoturbaat niveau met de inzakkingen voorkomt onder een groot deel van Hilversum-noord, maar niet overal.

Twee verschillende profieltypen:

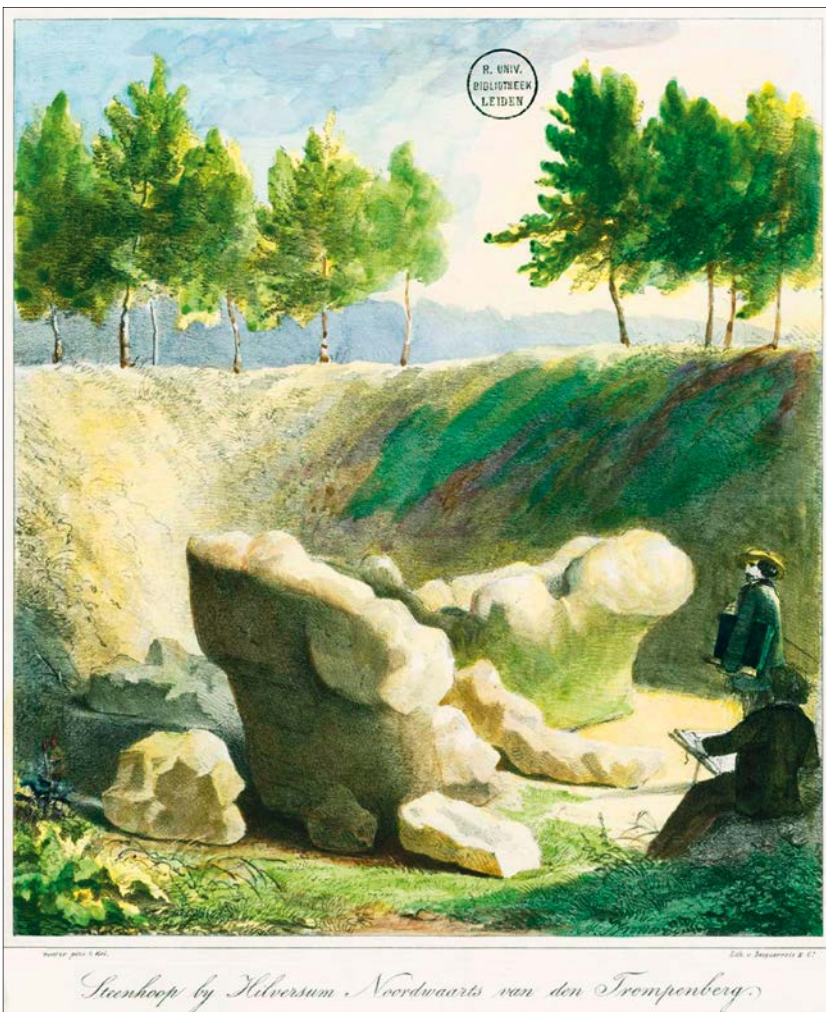
Type 1

In grote lijnen zijn er in de woonwijken twee verschillende profieltypen aangetroffen (Afb. 21). In het uiterste noorden van de wijk grenzend aan de heide bij de Aardjesberg, komt een profiel voor (type 1 in Afb. 21) dat aan de boven-





AFBEELDING 19. | Stapel met grote blokken Dalazandsteen (syn. Jotnische zandsteen) aangetroffen in een bouwput. De stukken behoorden oorspronkelijk tot één blok met een afmeting van enkele meters. De troffel is 30 cm lang. Bussumerstraat, Hilversum, april 2009.



AFBEELDING 20. | “Steenhoop bij Hilversum noordwaarts van den Trompenberg”. Tekening door A.C. Brouwer, jaartal onbekend. Rijksuniversiteit Leiden, Bijzondere collecties.

kant bestaat uit een laag keileem van 0,5 – 1 m dik, veelal rijk aan noordelijke zwerfstenen en deformatieverschijnselen (Afb. 22). Onder de keileem liggen horizontaal gelaagde smeltwaterafzettingen bestaande uit lichtbruin grof zand en grind. Plaatselijk komen hierin insluitingen van flow tills voor, bestaande uit slecht gesorteerde mengsels van stenen, grind en zand, en schollen van grind (Afb. 23). De maaiveldhoogte van het gebied waar deze profielen zijn waargenomen varieert van 6 – 8 m +NAP. Op de ten noorden van de woonwijk

gelegen Aardjesberg, waar hetzelfde profieltype voorkomt, loopt de maaiveldhoogte op tot maximaal 15 m +NAP. Verder naar het zuiden komt een geheel ander profieltype voor (type 2 in Afb. 21). Dit profiel bestaat bovenin uit een dunne laag dekzand (doorgaans 1 – 2 m dik), met daaronder een zeer grindrijke keileemlaag (Afb. 24). De dikte van deze laag varieert sterk per locatie, op sommige plekken is de laag 30–50 cm dik, op andere plekken is niet meer dan een residu van enkele cm’s aanwezig. Onder de keileemlaag ligt een pakket goed gesorteerd lichtgrijs grof zand (mediaan 400–500 µm, vrijwel zonder grind; Koopman & Sevink, 2016) met ingezakte kleidruppels en geïsoleerd voorkomende stenen. Op enkele plekken is vastgesteld dat de onderste kleidruppels een vlakke ondergrond hebben (Afb. 25). Dit wijst op de aanwezigheid van een permafrosttafel (de onderkant van de opdooi laag van de permafrost) tijdens het inzakkingsproces. De zanden onder het kryoturbaat niveau zijn onduidelijk gelaagd, op enkele plekken is een zwak ontwikkelde horizontale gelaagdheid waargenomen. Het ontbreken van een duidelijke gelaagdheid wijst op een afzetting in relatief korte tijd. De goede sortering kan verklaard worden door afzetting in een onderwatermilieu. De maaiveldhoogte van het gebied waar deze profieltypen voorkomen bedraagt 5 – 6 m +NAP, dit gebied is dus tamelijk vlak. Ook het kryoturbaat niveau lijkt vrijwel horizontaal te liggen, de hoogteligging varieert van 2,5 tot 3,5 m +NAP binnen een gebied met een doorsnede van ruim 1,5 km. De interpretatie is dat dit pakket bestaat uit een in korte tijd afgezette meeropvulling. De lichte kleur van het sediment vormt een opvallend contrast met de overige afzettingen in dit gebied, die meer bruingetint zijn. Het bevat veel kwarts en vertoont hiermee in mineralogisch opzicht een sterke verwantschap met de Formatie van Peize/Waalre die elders in het Gooi ontsloten is in





AFBEELDING 22. | Voorbeeld van profieltype 1. Harde keileemlaag met grootschalige vervormingen waarin delen van de ondergrond zijn opgenomen. Onder de keileemlaag bevinden zich horizontaal gelaagde fluvioglaciale afzettingen bestaande uit grof zand en grind. Stroeslaan hoek De Kupstraat, Hilversum, april 2011.

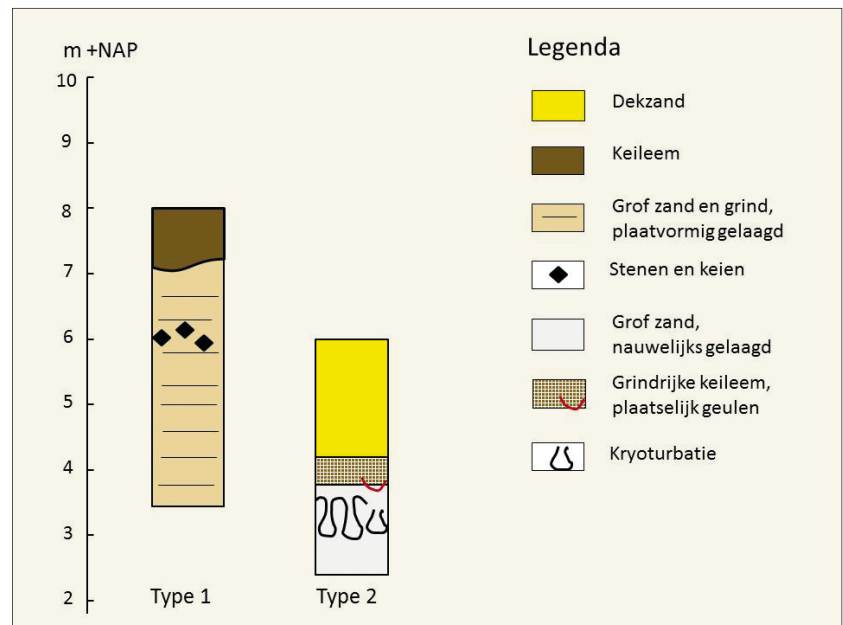
de stuwwallen. De lichtgekleurde zanden onder Hilversum-noord zijn het afbraakproduct van gestuwde afzettingen uit deze formaties (Ruegg & Koopman, 2010). Aangezien de inzakkingen en het zandpakket waarin deze ontwikkeld zijn, niet voorkomen in het uiterste noorden van de woonwijk (de diepste delen van bouwputten reikten hier tot zo'n 2 m +NAP) lijkt het erop dat het meer is ontstaan achter de hooggelegen fluvioglaciale afzettingen van de Aardjesberg. Deze afzettingen lagen wellicht als een drempel in het landschap en belemmerden de afvloeiing van smeltwater.

Type 2

In profieltype 2 verschilt de dikte van de keileem sterk. Op sommige plekken bedraagt de totale dikte zo'n 50 cm,

Opvallend in de profieltypen 1 en 2 is het verschil in aard en dikte van de keileem. In profieltype 1 komt op alle waarnemingsplekken een dikke laag keileem voor, doorgaans met sterke deformatieverschijnselen, vermenging met de onderliggende sedimenten, veel stenen en een relatief hoog leemgehalte.

bestaande uit een laag leemrijke harde keileem van zo'n 10 cm dik, veelal liggend op een grindrijk diamict van enkele tientallen cm's dik; op andere plekken is slechts een dun laagje of residu van keileem aanwezig. Het verschil tussen de profieltypen 1 en 2 kan mogelijk verklaard worden door verschillen in waterbeschikbaarheid tijdens de overrijding door het ijs. In het lager gelegen gebied met de meerafzettingen (profieltype 2) was er waarschijnlijk meer water aanwezig onder het ijs. Op plekken met voldoende hoge waterdruk was er geen sprake van ijs-bedcontact en gleed het ijs over de onderliggende afzettingen ("soft bed sliding"; zie o.m. Boulton & Hindmarsh, 1987). Op de plekken waar wel ijs-bedcontact was, is dikkere keileem gevormd. Plaatselijk zijn daarin subglaciale drainagegeulen ontstaan waardoor het smeltwater werd afgevoerd. Profieltype 1 ligt doorgaans hoger en op een ondergrond van goed-doorlatende grove fluvioglaciale afzettingen. De waterdruk onder het ijs zal hier lager zijn geweest. Daardoor oefende het bewegende ijs een grotere schuifspanning uit op de ondergrond en ontstond hier een dikkere laag keileem met duidelijke verschijnselen van deformatie. Op sommige plekken zijn hierbij ook de onderliggende fluvioglaciale afzettingen gestuwd (Koopman, 2010).



AFBEELDING 21. | Twee profieltypen in het noorden van Hilversum. Toelichting: zie tekst.



AFBEELDING 23. | Voorbeeld van profieltype 1, onderste deel. Keileemlaag met daar- onder liggend horizontaal gelaagde fluvioglaciale afzettingen met een ingeschakelde flow till (de stenen rechtsboven in de foto). Erfgooiersstraat, Hilversum, september 2017.



Paleogeografische reconstructie van de laatste fase van de landijsbedekking

Op basis van het totaal aan waarnemingen en eerdere globale reconstructies in de literatuur (m.n. Ruegg, 1995; Ruegg & Koopman, 2010) is een poging ondernomen tot het opstellen van een paleogeografische reconstructie voor de landschapontwikkeling in de omgeving van Hilversum tijdens de laatste fase van de landijsbedekking. De reconstructie is weergegeven in de vorm van een zestal schetskaartjes (Afb. 26), waarop de geologische gebeurtenissen en de hierbij ontstane landschapsvormen indicatief staan weergegeven. Het is nog niet mogelijk om hieraan een absolute datering te koppelen. De reconstructie biedt vooral een inzicht in de meest waarschijnlijke volgorde van de gebeurtenissen in het landschap en de onderlinge relaties tussen de geologische eenheden.

Kaart 1. Vorming van de stuwwallen. Als eerste is de stuwwalboog van Laren naar Hilversum en verder naar het zuiden gevormd. Hierbij zijn de Midden Pleistocene rivierafzettingen uit de Formaties van Sterksel en Urk opgestuwd. Het hele gebied ten oosten en zuidoosten van de stuwwallen is met ijs bedekt.

Kaart 2. Lokale overrijding van de stuwwal. Op meerdere plekken breidt het landijs zich uit tot bovenop de stuwwal. Dit leidt tot de vorming van keileem en smeltwaterafzettingen bovenop de stuwwal.

Kaart 3. Afsmelting en sandrafzetting. In het noorden van Hilversum vindt grootschalige afvloeiing van smeltwater plaats. Het smeltwater slijt een naar het noorden lopend dal uit met een diepte van ruim 20 m. Dit dal wordt opgevuld met dikke pakketten horizontaal gelaagde smeltwaterafzettingen.

Kaart 4. Meervorming. Achter de eerder ontstane smeltwaterafzettingen, die als een hoogte in het landschap liggen, stagneert het smeltwater. Er ontstaat een meer, dat snel wordt opgevuld met zand afkomstig van verder naar het oosten gelegen stuwwallen. In het laatste stadium van opvulling wordt een dunne kleiige laag afgezet. Deze laag raakt naderhand door krypturbatie vervormd.

Kaart 5. Hernieuwde ijsuitbreiding. Het ijs breidt zich uit en drukt afzettingen van de Formatie van Drenthe tegen de reeds eerder ontstane stuwwal aan.

Ook wordt een lage stuwwal gevormd ten zuidoosten van het centrum van Hilversum. Deze stuwwal bestaat grotendeels uit bekkenafzettingen van de Formatie van Drenthe, zoals kleilagen, fluvioglaciale zanden en keileem. In het noorden van Hilversum breidt het ijs zich vergaand uit tot over het zuidelijk deel van het Spanderswoud en het zuidelijk deel van de Bussumerheide.

Gezien de aanwezigheid van talloze grote stenen in het zuidelijk deel van de Zanderij Crailo en de aangrenzende gebieden, heeft het ijsfront geruime tijd hier in de buurt gelegen.

Kaart 6. Afsmelting en deltavorming. Uiteindelijk smolt het landijs, hierbij zijn de deltacomplexen van het Mediapark ontstaan. Deze deltacomplexen liggen



AFBEELDING 25. | Voorbeeld van profieltype 2, onderste deel, het krypturbate niveau. Larenseweg-Jan van der Heijdenstraat, Hilversum, september 2017.



AFBEELDING 24. | Voorbeeld van profieltype 2. Dekzand op grindrijke keileemlaag op goed gesorteerd grof zand met ingezakte kleidruppels. Lieven de Keylaan – Pieter Postlaan, Hilversum, februari 2015.

op de eerder beschreven meeropvulling en moeten dus later zijn ontstaan. Tot grootschalige meervorming lijkt het in deze fase niet meer gekomen te zijn, tot nu toe zijn daar althans geen aanwijzingen voor gevonden.

Conclusies

De vele tientallen waarnemingen die inmiddels in de bebouwde kom van Hilversum zijn verricht, geven een uniek kijkje in een glaciaal landschap gelegen tussen de stuwwallen en de ijsrand. Zulke landschappen kennen een grote variatie in afzettingmilieus. In het onderzochte gebied is dat heel goed zichtbaar: fenomenen als stuwwallen, glaciolacustriene kleien, zandige meeropvullingen, smeltwaterdelta's en keileem wisselen elkaar op korte afstanden af. Dicht bij elkaar gelegen ontsluitingen geven in dit gebied nogal eens totaal verschillende fenomenen te zien. Naast een fijnmaziger beeld van het voorkomen van diverse afzettingstypen en geologische fenomenen heeft dit onderzoek enkele nieuwe inzichten opgeleverd. Hierbij gaat het om: de verbreiding van keileem in de ondiepe ondergrond, de conclusie dat de stuwwal van Hilversum op meerdere plekken overreden is door het landijs, de aanvullende strekkingsmetingen in de lage stuwwal, en de verdiepende inzichten in



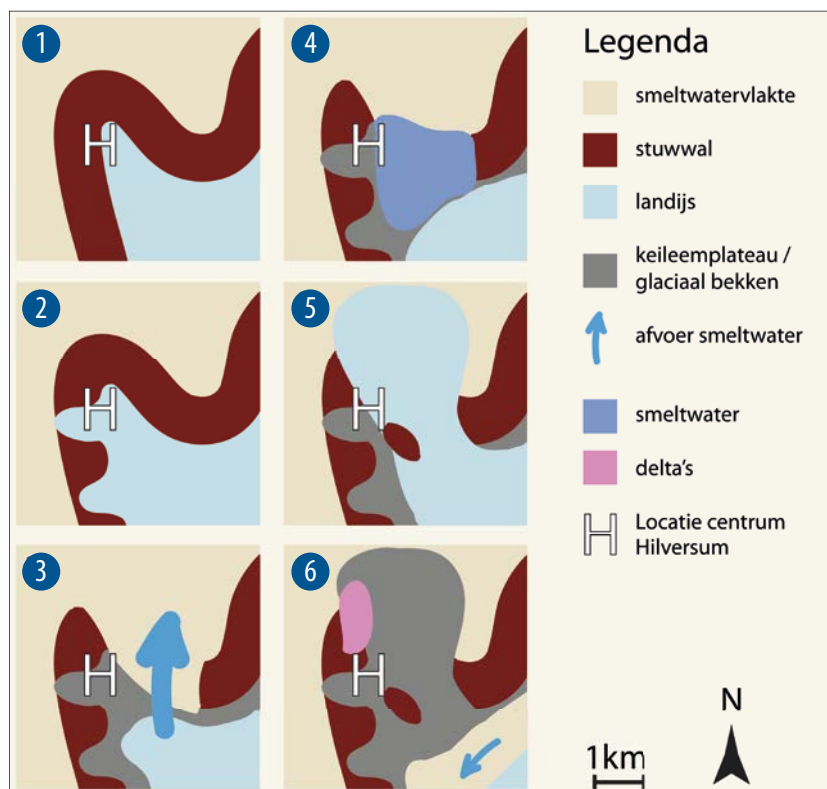
de verbreiding van meerafzettingen en keileem onder het noorden van Hilversum. Beperkingen van de huidige kennis liggen vooral in een lage dichtheid van waarnemingen in het noordelijke (omgeving Trompenberg) en zuidelijke (b.v. Hoog van 't Kruis, Bloemenbuurt) deel van de stuwwal. De kartering van keileemvoorkomens in deze gebieden is dan ook te beschouwen als een eerste aanzet op basis van de tot nu toe verkregen inzichten, en hopelijk zullen toekomstige waarnemingen hierover meer duidelijkheid verschaffen.

Dankwoord

Mijn dank gaat uit naar prof. dr. Ronald van Balen (VU-FALW) voor het reviewen van de conceptversie van dit artikel en het geven van suggesties ter verbetering. Voorts bedank ik drs. A.E. Pfeifer voor het vervaardigen van de afgebeelde kaarten en profielen.

Afbeeldingen

Alle afbeeldingen zijn gemaakt door de auteur, tenzij anders vermeld.



AFBEELDING 26. | Paleogeografische reconstructie van de omgeving van Hilversum tijdens de laatste fase van de landijsbedekking. Toelichting: zie tekst. Tekening: A.E. Pfeifer.

LITERATUUR

- Addink-Samplonius, M., 1984. *Albertus Perk en de archeologie. Tijdschrift Tussen Vecht en Eem-Vrienden van het Gooi* 1984-4.
 - Bout, G., 1954. *Zandsteen-nieuwvorming in 't Bikbergerbos. Grondboor en Hamer* 1954-2, p 324-326.
 - Cerutti, W.G.M., 1981. *De Hilversumse Kei, van grenssteen tot toeristische trekpleister. Tussen Vecht en Eem* 1981-3.
 - Coesel, M., 2002. *Zanderij Crailo, een bewogen geschiedenis. Natura* 99 p 4-8.
 - Koeman, S., 2014. *Inventariserend Veldonderzoek, karterende fase: Natuurbegraafplaats Hoorneboeg te Hilversum. Archeodienst Rapport 417, Archeodienst, Zevenaar.*
 - Koopman, S., 2010. *Ijsranddynamiek en krypturbatie in Hilversum. Grondboor & Hamer* 2010-6, p 162-167.
 - Koopman, S., & A.E. Pfeifer, 2012. *Paleogeografie van Gooi en Eemland sinds het Saalien. Grondboor & Hamer* 2012-3 p 267-275.
 - Koopman, S., en A.E. Pfeifer, 2014. *Geologische atlas van het Gooi. AWN Naerdincklant, Hilversum, 70 pp.*
 - Koopman, S., en J. Sevink, 2016. *Het (jonger) dekzand in het Gooi deel 1: verspreiding, geomorfologie, algemene lithologie en structuren. Grondboor & Hamer* 2016-3 p 76-87.
 - Koopman, S., 2017. *De glaciële geologie van Laren en Blaricum. Grondboor & Hamer* 2017-5 p 114-123.
 - Koopman, S., A.E. Pfeifer en G.H.J. Ruegg, 2017. *Goois Geologisch InformatieSysteem v5, <http://www.ivngooi.nl/ggis/>*
 - Post, V.E.A., 2006. *Enkele opmerkingen over kalkzandsteenbanken in het Pleistoceen van Midden-Nederland. Grondboor & Hamer* 2006-1 p 2-5.
 - RGD, 1988; *Geologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 31 O, met toelichting.*
 - Ruegg, G.H.J., 1995. *Kwartaire wordingsgeschiedenis van, en ontsluitingen in het Gooi. Grondboor & Hamer* 1995-3/4 p 82-89.
 - Ruegg, G.H.J., & S. Koopman, 2010. *Stuwwalfasering en kame-afzettingen in het Gooi. Grondboor & Hamer* 2010-3 p 81-89, NGV.
 - Theunissen, E.M. & J.W. de Kort (red.), 2014. *Prehistorische raatakkers op de Hoorneboegse Heide bij Hilversum. RACM 225, RCE, Amersfoort.*
 - Vrankrijker, A.C.J. de, 1981. *Steengevaarten. Tussen Vecht en Eem* 1981-3.
 - Waard, D. de, 1947. *Aardrijkskunde vanuit de lucht, glaciogene landschapsvormen in Nederland. Tijdschrift van het KNAG Tweede reeks deel LXIV p 372-379, KNAG.*
- Voor verdere literatuur opgaven kunt u terecht op onze website.

