

De ondergrond van het AZG-terrein (Groningen) geologisch bekeken

Peter Vos en Meindert van den Berg

Inleiding

In het artikel over de bouwput Korreweg stelden Cleveringa en anderen in een eerdere uitgave van *Hervonden Stad* terecht vast dat diepe bouwputten de ‘krenten in de pap’ zijn voor geologen¹. In de diepe en droge ontgronde putten kunnen geologen de natuurlijke aardlagen en sedimentstructuren langs de wanden van de putten – in situ – bestuderen en tevens ongestoorde monsters nemen voor het paleo-milieuonderzoek en voor de ouderdomsbepalingen van de lagen.

Afb. 1. Overzichtopnamen van de opgraving in noordwestelijke richting, najaar 2001.
Foto: Jaap Buist.



1a. Onder de silo's bevindt zich een pakket Hunze-kleilaag.



1b. Onder het oranje kleed ligt de latexafdruk van de westelijke profielwand.

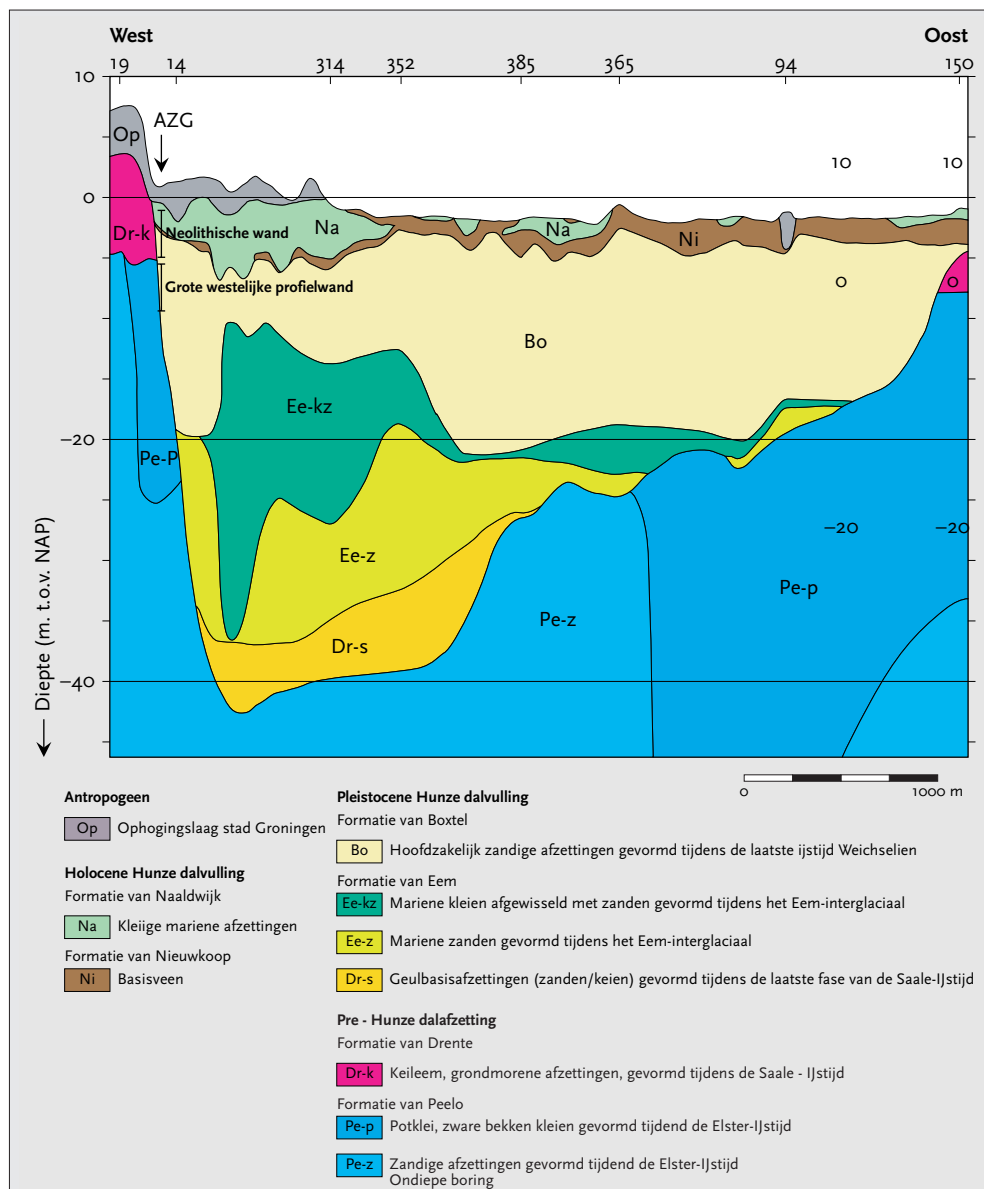
1. Cleveringa e.a. 2002.

In 2001 deed zich in Groningen weer een nieuwe en prachtige gelegenheid voor om de ondergrond van de stad geologisch goed te bekijken, namelijk in de grote bouwput op het terrein van het Academisch Ziekenhuis Groningen (AZG), die gegraven werd ten behoeve van de aanleg van de parkeergarage voor het ziekenhuis (afb. 1a en 1b). In de AZG-bouwput waren de natuurlijke afzettingen ontsloten tot 10 m -NAP. Het initiatief voor het geologisch onderzoek in de bouwput is genomen door de stadsarcheoloog drs. G.L.G.A. Kortekaas. De archeologen van de Gemeente Groningen waren op het bouwputterrein bezig met de opgraving van een neolithische vindplaats die zich daar onder een circa 2 m dikke holocene Hunze-kleilaag bevond². Naast sporen van menselijke activiteiten (onder andere ploegkrassen) troffen de archeologen in de pleistocene ondergrond – onder de neolithische cultuurlaag – spectaculaire geologische vorstwerkingstructuren aan, zoals fossiele ijswiggen. Deze structuren duiden op extreem koude klimaatomstandigheden die hebben plaatsgevonden tijdens de laatste ijstijd, het Weichselien, meer dan 11 000 jaar geleden.

Jaren voor heden	Tijdstratigrafie	Afzettingsfasen Oer-Hunze dal	Lithostratigrafische formaties
11 000	Holoceen (warme periode)	Holocene Hunze fase	Formatie van Naaldwijk Formatie van Nieuwkoop
120 000	Weichselien (ijstijd)	Pleistoocene Hunze fase	Formatie van Boxtel
130 000	Eemien (warme periode)		Formatie van Drente (keienlaag)
	Saaliën (ijstijd)	Pre-Hunze fase	Formatie van Drente
300 000	Holsteïnen (warme periode)		Groot hiaat in de sedimentatie
330 000	Elsterien (ijstijd)		Formatie van Peelo (potklei en smeltwaterzanden)

2. Kortekaas 2002.

schappen TNO (TNO-NITG) op 26 november 2001 (zie afb. 1 en 6). Het doel was om de structuren in de ondergrond van het AZG-terrein vast te leggen teneinde het Groninger publiek in kennis te stellen van de bijzondere geologische vormen die zich onder hun voeten bevinden³. In dit jaarboek wordt verslag gedaan van de bevindingen op het AZG-terrein. Daarnaast was er een tentoonstelling over de resultaten van het archeologisch en geologisch onderzoek op het AZG-terrein⁴.



Afb. 3a. Geologische dwarsdoorsnede van de ondergrond ten oosten van de stad Groningen.

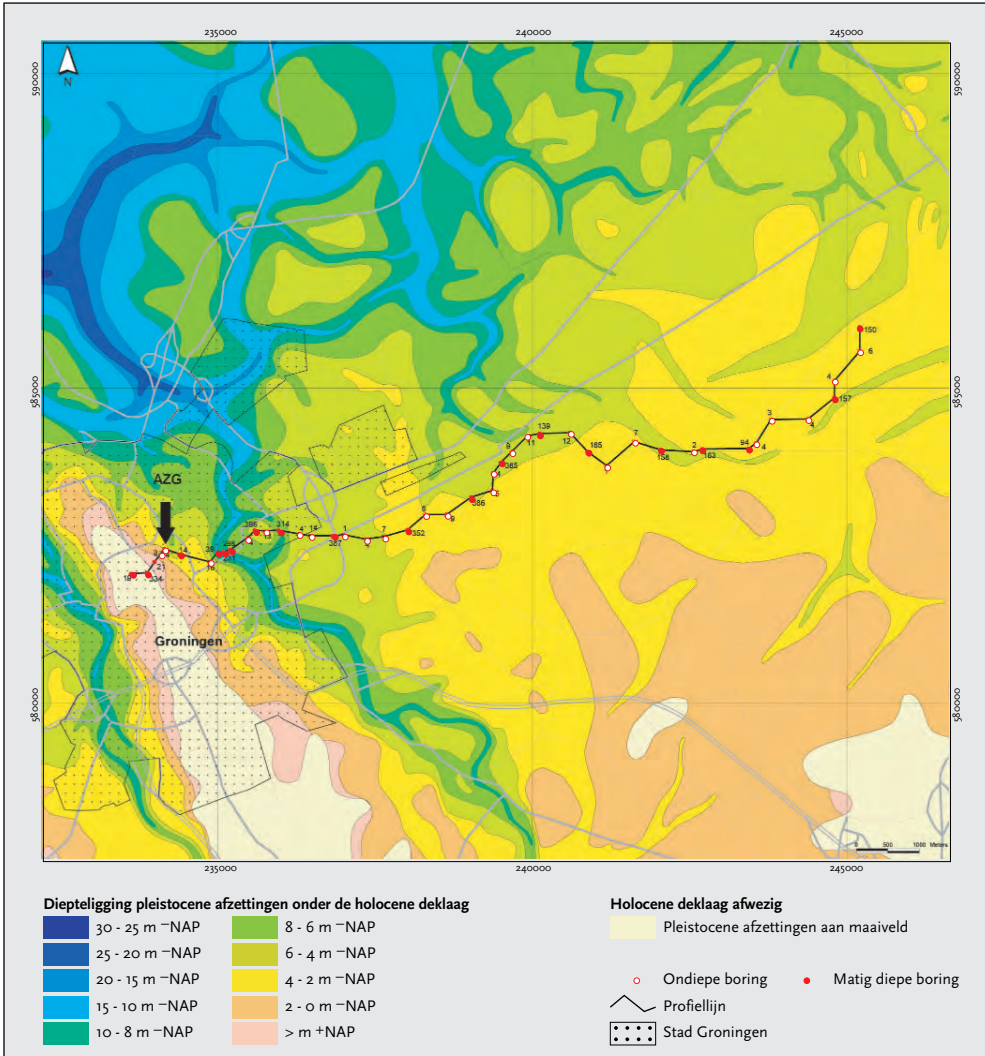
Tekening: Peter Vos en Meindert van den Berg.

3. Vos en Van den Berg 2003.

4. In Duitsland heeft het Helms-Museum (Hamburgisches Museum für Vor- und Frühgeschichte) een soortgelijke tentoonstelling gehouden naar aanleiding van een fietstunnelbouwput bij Hamburg, Ehlers 1977.

Geologische tijdvakken

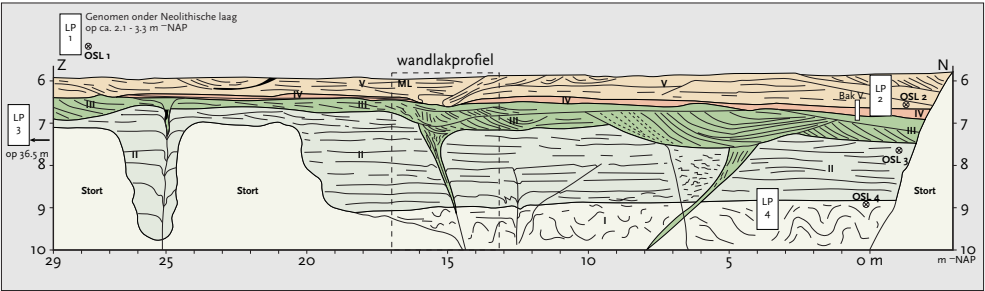
Voordat ingegaan wordt op de verschillende aardlagen die ontsloten waren op het AZG-terrein, zullen eerst kort de geologische tijdvakken besproken worden waarin deze lagen zijn gevormd (afb. 2)⁵. Het jongste tijdvak – het tijdvak waarin wij nu leven – is het Holoceen. Dit tijdvak begon circa 11 000 jaar geleden. Door het warmer worden van het klimaat na de laatste ijstijd (het Weichselien) smolten grote hoeveelheden landijs af aan de polen en steeg wereldwijd de zeespiegel.



Afb. 3b. Locatiekaart van het geologische dwarsprofiel. Kaart: Peter Vos en Meindert van den Berg.

Als gevolg van deze zeespiegelstijging werd de Noord-Nederlandse kustvlakte de afgelopen duizenden jaren overspoeld door de zee. Het resultaat van deze overstromingen was dat een afdekkende laag werd gevormd over de oudere pleistoocene afzettingen, bestaande uit zeezanden, zeekleien en veen.

5. Ran 1990; Van den Berg 1996.



Afb. 4. Overzichtstekening geologische opname van de westelijke profielwand van de AZG-bouwput.
Tekening: Peter Vos en Meindert van den Berg.

Het Pleistoceen is het tijdvak dat wordt gekenmerkt door de afwisseling van koude (ijstijden of glacialen) en warme perioden (tussen-ijstijden of interglacialen). Gedurende de ijstijden werden met name in de poolstreken grote massa's landijs gevormd, waardoor de zeespiegelstand wereldwijd daalde. Tijdens de interglacialen (warme perioden) smolt het landijs grotendeels weer af en ging de zeespiegel weer omhoog. In het west-oostprofiel komen afzettingen voor die tij-

Jaren voor heden	Tijdstrategie	Isotoop stadium	Klimaat trends voor Nw Europa	Profiel wandopnamen AZG		
				Neolithische wand	OSL Datering	Grote profiel wand
			koud			
						warm

Afb. 5. Stratigrafische tabel met betrekking tot de afzettingen die in de AZG-bouwput voorkomen.
Tijdstrategie naar Ran (1990) en Van den Berg (1996), bewerking Peter Vos en Meindert van den Berg.

dens de drie ijstijden gevormd zijn, namelijk het Elsterien, Saalien en Weichselien. Tijdens het Elsterien en Saalien heeft het landijs de provincie Groningen bedekt. Dit was niet het geval tijdens het Weichselien. Wel was het tijdens een aantal perioden in deze ijstijd zo koud (met periglaciale omstandigheden) dat het grondwater in de ondergrond permanent bevroren was (permafrost). Door wisselingen van dooi en opvriezen werden bodemlagen vervormd (kryoturbatie) en ontstonden in de bodem onder andere ijswiggen die in het horizontale vlak de vorm hadden van vijf- en zeshoekige polygonen.

Afzettingen uit de warme interglaciale perioden, die voorkomen onder het AZG-terrein, betreffen de mariene afzettingen uit het Eemien. Interglaciale Holsteinien-afzettingen worden aan de oostflank van de Hondsrug niet aangetroffen.

De geologie op drie schaalniveaus

De ondergrond van het AZG-terrein wordt in dit verslag op drie schaalniveaus bekeken. Eerst zal de geologie op regionaal niveau (kilometerschaal) behandeld worden aan de hand van een oost-westdwarsdoorsnede (afb. 3a en 3b). Dit profiel ligt aan de oostkant van de stad Groningen en doorsnijdt het AZG-terrein (afb. 4). Het is samengesteld aan de hand van boringen uit de Data- en Informatiebank Nederlandse Ondergrond (DINO) van het TNO-NITG en opnameresultaten in de bouwput. Vervolgens wordt ingezoomd naar het bouwputniveau (meterschaal). In de bouwput was de westelijke profielwand ontsloten (en opgeschoond) over een traject van circa 30 m breed, op een diepte van 6 tot 10 m -NAP. De grote laag-eenheden die in de profielwand voorkwamen, zijn vastgelegd in een profieltekening en geplaatst in een stratigrafische tabel (afb. 4 en 5). Tevens zijn de profiel-



Afb. 6. Schoonmaken (schaven) van de grote westelijke profielwand ter hoogte van het 15-meterpunt (zie afb. 4). Foto: Jaap Buist.



Afb. 7. De grote westelijke profielwand tussen 0-5 m. Op de wand is de lak aan het drogen voor de lakprofielen 2 en 4 (zie afb. 4). Foto: Jaap Buist.

Afb. 8. Het aanbrengen van de gaasrug ter versteviging van lakprofiel 4. Foto: Jaap Buist.

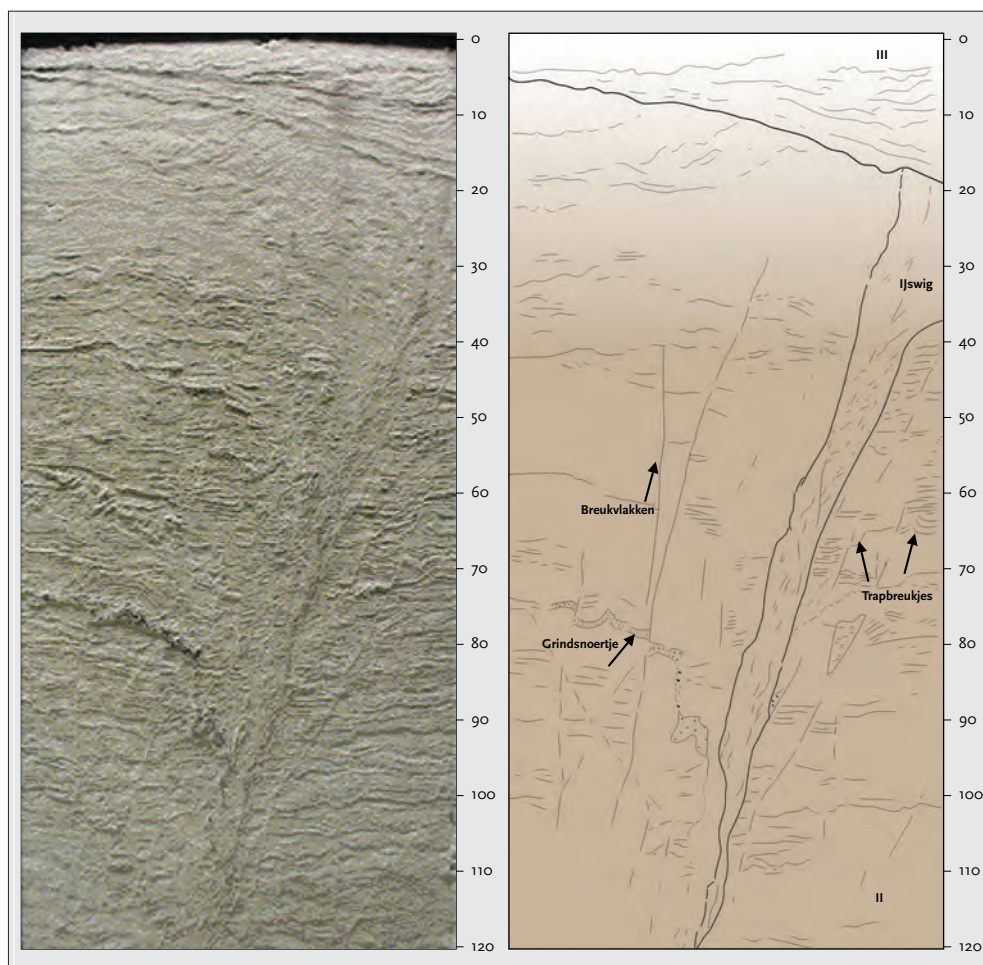


wanden gefotografeerd (afb. 6, 7 en 8). Speciaal voor het bestuderen van de geologische details (cm/mm-schaal) zijn lakprofielen gemaakt, waarmee de kleine sedimentaire structuren zijn vastgelegd.

Een lakprofiel wordt gemaakt door synthetische lak over een deel van de profielwand uit te gieten. Nadat de lak is uitgehard, kan op de harde lak een rug van gaasdoek worden geplakt. De rug met het vastgehechte sediment kan vervolgens van de wand worden genomen en op een hardboard ondergrond worden geplakt. Doordat de lak in grovere sedimenten verder doordringt dan in fijnere afzettingen, zijn de verschillen van de korrelgrootte en de structuren op een lakprofiel beter te zien dan in het veld zelf (afb. 9). Ten opzichte van de profielwand zijn de sedimentstructuren op het lakprofiel in spiegelbeeld zichtbaar.

De geologie op regionaal niveau: het 'Oer-Hunzedal'

Het AZG is gebouwd op afzettingen die vele tienduizenden jaren oud zijn. Het betreffen in hoofdzaak afzettingen die samenhangen met het ontstaan van het Oer-Hunzedal dat aan de oostflank van de Hondsrug voorkomt. Dit oude dalsysteem is gevormd door smeltwater van ijs, dat vrijkwam tijdens de laatste fase van



Afb. 9. Lakprofiel 3. Links: foto-opname onder strijklucht; rechts: geologische interpretatie. Foto: H. Zwaan, Uitgeest.

de Saalien-ijstijd, circa 140 000 jaar geleden, toen het klimaat geleidelijk warmer werd en grote hoeveelheden landijs afsmolten in de regio. Het Oer-Hunzedal is maximaal 10 km breed en de dalopvulling is maximaal 50 m dik. Het dalsysteem is opgevuld met rivier-, zee-, wind-, en organische afzettingen (veen en gyttja).

De ondergrond ten oosten van de stad Groningen is op basis van de Hunze-geschiedenis in te delen in drie grote laageenheden: de pre-Hunze-afzettingen (ouder dan circa 140 000), de pleistocene Hunze-afzettingen (circa 140 000-11 000 jaar geleden) en de holocene Hunze-afzettingen (circa 11 000 jaar tot heden).

Pre-Hunze-afzettingen

Onder het Oer-Hunzedal maken de pre-Hunze-afzettingen (tot 50 m -NAP) onderdeel uit van twee formaties die tijdens verschillende ijstijden zijn gevormd, namelijk het Elsterien en het Saalien. De afzettingen uit het Elsterien behoren tot de Formatie van Peelo. De Formatie van Peelo bestaat uit zeer zware compacte donkere kleien (potklei), glimmerhoudende, zeer fijne tot matig grove zanden. Het zijn smeltwaterafzettingen die diepe glaciële Elsterdal-systemen hebben opgevuld.

De afzettingen uit de Saale-ijstijd bestaan uit keileem, stugge veelal groengrijze lemen met grind en keien, die gerekend wordt tot de Formatie van Drente. Keileem is een grondmoraine afzetting, sediment dat is afgezet aan de basis van het toenmalige landijs.

Pleistocene Hunze-afzettingen

De pleistocene Hunze-afzettingen omvatten het grootste deel van de totale Oer-Hunzedal-opvulling, circa 80 tot 90%. In het diepste gedeelte van het pleistocene Hunzedal komen aan de basis matig grove tot uiterst grove zanden voor, die veel grof grind en keien bevatten. Deze grind- en keienhoudende zanden zijn het afzettingsresidu van de dalinsnijding die plaatsvond in de laatste fase van de Saale-ijstijd. In die periode kwamen grote hoeveelheden smeltwater vrij, dit als gevolg van het afsmelten van het toenmalige landijs. Het keien- en stenenniveau aan de basis van het pleistocene Hunzedal wordt gerekend tot de Formatie van Drente en geïnclassificeerd volgens de meest recente lithostratigrafische indeling van Nederland als het Laagpakket van Schaarsbergen⁶.

Tijdens het Eemien-interglaciaal zijn mariene schelphoudende matig fijne zanden en kleien afgezet. De zeespiegelstand in Noord-Nederland steeg tijdens deze interglaciële periode tot maximaal 10 m -NAP. Als gevolg van de zeespiegelstijging veranderde het Hunzedal van een rivierdal in een grote zeearm. De mariene Eem-afzettingen die in deze zeearm werden gevormd, zijn in twee pakketten onder te verdelen, namelijk het onderste pakket dat overwegend bestaat uit matig fijne zanden en het bovenste pakket dat bestaat uit schelphoudende kleien die afgewisseld worden met zandlagen. Beide pakketten worden gerekend tot de Eem-Formatie.

Tijdens de Weichsel-ijstijd daalde de zeespiegel weer en werden wind- en rivierafzettingen in het Hunzedal afgezet. De wind- en rivierafzettingen bestaan overwegend uit matig fijne tot matig grove zanden, en (humeuze) leemlagen. Deze afzettingen worden in de nieuwe lithostratigrafische classificatie gerekend tot de Formatie van Bortel⁷. Het is met name deze formatie die ontsloten was in de bouwput van het AZG.

6. Weerts e.a. 2001; De Mulder e.a. 2003.

7. Formatie van Twente, conform de 'oude' lithostratigrafische classificatie; Zagwijn en Van Staalduinen 1975.

Holocene Hunze-afzettingen

Als gevolg van de zeespiegelstijging trad er tijdens het Holoceen vernatting op in het Oer-Hunzedal en werd het dal deels overstromd door de zee. De vernatting (veenvorming) en overstroming (kleiafzetting) begonnen het eerst in de laaggelegen delen van het holocene Hunzedal. Het AZG-terrein ligt aan de westflank van dit dalsysteem en daar begon de veenvorming en kleiafzetting pas na het Laat-Neolithicum, circa 2000 jaar voor Chr. De afdekkende kleien ter hoogte van het AZG-terrein zijn afgezet in een kweldermilieu⁸. Volgens de nieuwe lithologische indeling worden de holocene mariene sedimenten gerekend tot de Formatie van Naaldwijk en de venen tot de Formatie van Nieuwkoop.

Antropogene laag

Een laag die niet op natuurlijke wijze is ontstaan, is de ophoginglaag van de stad Groningen. In de stad Groningen kan deze laag enkele meters dik zijn. Deze laag is vooral in de Late Middeleeuwen en de Moderne Tijd gevormd.

De geologie op lokaal niveau: bouwput AZG

De afzettingen die voorkomen in de grote westelijke profielwand, kunnen op basis van verschillen in sedimentkenmerken – zoals verschillen in korrelgrootte en sedimentstructuren – onderverdeeld worden in vijf eenheden (I t/m V). De onderste eenheid in de put (I) bestaat uit matig fijne tot matig grove zanden. Aan de top van deze eenheid komt een dun doorlopend grindsnoetje voor. Oorspronkelijk bestond de eenheid uit fijn gelamineerde sedimentlaagjes die hoofdzakelijk door de wind waren afgezet. Deze fijne gelaagdheid is door periglaciale vries- en dooiwerking in de permafrost vervormd, met als resultaat fraaie golfvormige krypturbate structuren. De afzettingen waarin de krypturbate vervorming voorkomen, zijn met behulp van de OSL-dateringstechniek gedateerd rond 50 000 jaar voor heden (Onder-Pleniglaciaal, zie afb. 5)⁹. Vergelijkbare krypturbate structuren zijn ook gevonden in de bouwlocatie aan de Korreweg. Waarschijnlijk is het periglaciale proces van de laagvervormingen daar ouder dan die op het AZG-terrein. Een veenlaag op de locatie Korreweg die door de vorstwerking sterk is verstoord, is op basis van stuifmeelonderzoek gedateerd in het Brørup-interstadiaal (circa 115 000 jaar voor heden)¹⁰.

De eenheid II bestaat eveneens uit parallel gelaagde, matig fijne tot matig grove afzettingen. In deze eenheid komen enkele dunne en fijne grindsnoetjes voor. Ook deze afzettingen zijn hoofdzakelijk gevormd onder invloed van de wind. De OSL3-datering van de afzettingen van laag II geeft – net als die voor laag I – een datering van rond 50 000 jaar voor heden. Volgens de OSL3- en 4-dateringen zouden de lagen I en II dus in eenzelfde periode gevormd zijn en dit betekent ook dat de krypturbate structuren rond 50 000 voor heden gevormd

8. De Wolf 2003.

9. In de profielwanden van het AZG-terrein zijn vier OSL-monsters genomen voor ouderdomsbepaling. OSL staat voor 'optisch gestimuleerde luminescentie', een techniek waarmee kwartszanden kan worden gedateerd tot maximaal circa 150 000 jaar oud. Zandkorrels van kwarts (SiO₂) bevatten een signaal dat in de tijd wordt opgebouwd door radioactiviteit uit hun directe omgeving en wordt in afgedekte condities (donker) sterker naarmate de tijd voortschrijdt. Door het zandmonster in het donker met licht te stimuleren, kan het signaal in het laboratorium waargenomen worden en de uitslag geeft een maat voor de ouderdom. Bij blootstelling aan daglicht van het monster wordt het signaal weer geheel 'op nul' gesteld. De dateringen zijn bepaald door het nieuwe Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering (NCL) in Delft.

10. Cleveringa e.a. 2002.

zouden zijn¹¹. Aan de top van eenheid II zijn grote ijswigstructuren gevonden, die duiden op zeer koude periglaciaire omstandigheden (permafrost) na de vorming van laag II (zie afb. 4). De ijswiggen zijn gevormd vanuit het oude oppervlak tussen eenheid II en III. Een deel van dit oude oppervlak is geërodeerd door de pleistocene Hunzerivier die laag III heeft afgezet. De invulling van de ijswiggen met plaatselijk verspoeld, organisch materiaal duidt erop dat het toenmalige koude toendralandschap met grote ijspolygonen in bezit is genomen door de Oer-Hunzerivier. Mede hierdoor ontdooiden de ijswiggen en werden zij opgevuld met zand en organisch materiaal. De ouderdom van de ijswiggen wordt geschat in het Midden-pleniglaciaal, circa 65 000 jaar voor heden.

De bovenste drie eenheden III t/m V vertegenwoordigen de rivierafzettingen van de Oer-Hunze. De eenheden III en V bestaan uit matig fijne tot matig grove zanden. De zanden bevatten grootschalig, scheef gelaagde structuren die behoren bij de zich voortdurend verplaatsende zandbanken in de Oer-Hunzerivier. Doordat de zandbanken op verschillende manieren werden aangesneden (dwars tot parallel), is de gelaagdheid in het profiel verschillend. De leemlaag (eenheid IV) geeft een rustiger fase aan in de rivierontwikkeling. In het meest noordelijk deel (nabij lakprofiel II) wordt de basis van de leemlaag zelfs venig. De afzettingen van de eenheden III t/m V zijn op basis van de OSL₂-bepalingen gedateerd in de laatste fase Boven-Pleniglaciaal en in het Laat-Glaciaal (20 000-11 000 jaar



Afb. 10. Luchtfoto van de Mackenzie-delta in Canada, voorbeeld van een recent permafrostgebied met hoekige ijspolygoonstructuren.

Foto: W. de Gans, Amsterdam.

11. Overigens zitten aan de OSL-dateringstechniek ‘mitsen en maren’ en voor een grotere betrouwbaarheid van de ouderdomsbepalingen zouden meerdere duplo-bepalingen van één laag verricht moeten worden.



Afb. 11. Een recente ijswig, ontsloten nabij de Aldan
(zijtakrivier van de Lena) in Siberië, Rusland.
Foto: W. de Gans, Amsterdam.

voor heden). Niet ontsloten in de westelijke profielwand waren de dekzanden. Dit zijn windafzettingen die gevormd zijn tijdens het Laat-Glaciaal. De dekzanden waren wel ontsloten in het centrale deel van de bouwput, onder de neolithische cultuurlaag. De OSLr-datering geeft een ouderdom van deze zanden tussen 13 000 en 14 000 jaar voor heden.

De geologie op detailniveau: AZG-lakprofiel 3

Lakprofiel 3 ligt 7,5 m zuidelijk van de ingetekende westelijke profielwand, op een diepte tussen de circa 7 en 8 m -NAP. Het overgrote deel van het lakprofiel bestaat uit (oorspronkelijk) horizontaal gelaagde grovere en fijnere windafzettingen van eenheid II. De afwisseling van grovere en fijnere laagjes is waarschijnlijk ontstaan door sterk wisselende windsnelheden en hiermee het samenhangende sedimenttransportvermogen. Het oorspronkelijk horizontale gelegen snoetje van fijn grind weerspiegelt mogelijk een stormgebeurtenis. Fijn grind kan zich namelijk bij sterke windkracht 'springend' (salterend) over een harde (bevroren?) vegetatieloze ondergrond verplaatsen. Naast dit saltatieproces wordt de grovere sedimentfractie in dit niveau ook geconcentreerd door uitblazing van de fijnere fractie. Dit fijnere materiaal wordt op grotere afstand van de locatie weer afgezet.

In eenheid II komt een ijswigstructuur prominent voor. Een ijswig ontstaat als gevolg van het bevriezen en smelten van water in de opdooilaaag boven de permafrost. Er vormen zich polygoonvormige scheuren aan het oppervlak, die gevuld worden met ijs (afb. 10 en 11). Wanneer als gevolg van een klimaatverbetering de permafrost verdwijnt, houdt ook de vorming van de ijswig op. Het gevolg van het afsmelten van het ijs is dat de ruimte van de wig voor een deel wordt opgevuld met verspoeld zand. Voor een ander deel wordt de ruimte gevuld

doordat de wanden langs de ijswig inzakken, wat in het lakprofiel te zien is als ‘trapbreukjes’.

In de top van het lakprofiel is eenheid III aanwezig. Het grensvlak tussen beide eenheden is de geërodeerde basis van een Hunzegeul. De top van eenheid II en de ijswigstructuur zijn door de geul opgeruimd. Deze geulinsnijding is opgevuld met scheef gelaagde sets van zandribbels die door het stromende rivierwater zijn gevormd.

Tot besluit

Bouwputten, zoals die op het AZG-terrein, vormen voor de geologen een unieke kans om de aardlagen in de ondergrond te bestuderen en daarmee de ontstaansgeschiedenis van Nederland te verklaren. Het geologisch onderzoek met betrekking tot de ondergrond van Groningen is nog niet afgerond. Toekomstige nieuwe bouwputten, waarin de grondlagen nader onderzocht kunnen worden, zullen de inzichten over het ontstaan van de bodem van Groninger verder vergroten. De nieuwe OSL-dateringstechniek zal een steeds belangrijke rol spelen bij de datering van de geologische lagen en processen die de lagen gevormd hebben. Uiteraard is het hierbij van belang dat geologen in slaat worden gesteld deze nieuwe putten te onderzoeken.

Zodra er nieuwe geologische onderzoekresultaten uit toekomstige bouwputten bekend zijn, zal het Groninger publiek weer op deze wijze op de hoogte gesteld worden van de steeds beter onderbouwde ‘kijk’ op geschiedenis van de Groninger ondergrond.

Literatuur

- Berg, M.W. van den, ‘*Fluvial sequences of the Maas, a 10 Ma record of neotectonics and climate change at various time-scales*’, *Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen* (1996), 1-181.
- Cleveringa, P., S. Bottema, N. Bottema-Mac Gillavry en J. Jelsma, ‘Kold kleumm in Stad? Een geologisch interessant fenomeen in een Groninger bouwput’ in: *Hervonden Stad* 7 (2002), 73-78.
- Ehlers, J., ‘Erdgeschichte im Tunnel’ in: *Informationsblatt des Helms-Museums* 30 (september 1977).
- Kortekaas, G.L.G.A., ‘Jaarverslag archeologie in 2001’ in: *Hervonden Stad* 7 (2002), 19-22.
- Mulder, E.F.J. e.a., ‘De ondergrond van Nederland’ in: *Geologie van Nederland* 7 (2003), Utrecht, 379 (TNO-NITG).
- Ran, E.T.H., ‘Dynamics of vegetation and environment during the Middle Pleniglacial in the Dinkel Valley (The Netherlands)’ in: *Mededelingen. Rijks Geologische Dienst* volume 44-3 (1990), 141-205.
- Vos, P.C. en M.W. van den Berg, ‘De ondergrond van het AZG-terrein (Groningen) geologisch bekeken’ in: *TNO-rapport*, NITG 03-077-A (2003), 1-11.
- Weerts, H.J.T., P. Cleveringa en J.H.J. Ebbing, ‘Nieuwe lithostratigrafische indeling van Nederland, een dynamisch ordening systeem voor de ondergrond’ in: *Informatie* 9 (2001), 15-19 (TNO-NITG).
- Wolf, H. de, ‘Palaeo-ecologisch diatomeeënonderzoek van monsters uit een ontsluiting op het AZG-terrein te Groningen’ in: *TNO-rapport*, NITG 03-028-B (2003), 1-3.
- Zagwijn, W.H. en C.J. van Staalduinen, *Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland*, (1975). Haarlem, 1975, 1-134 (Rijks Geologische Dienst).