

AFBEELDING 1. | A: Locatiekaart van de bouwput in de noordwestelijke buitenwijken van Doorn. B: Overzichtskaart van een deel van de Utrechtse Heuvelrug tussen Driebergen en Amerongen (Topografische kaart van Nederland, Kadaster, 2019).

# Gestuwde fluvio-glaciale sedimenten in Doorn

HUIBERT VAN DEN BRINK  
HUIB.VANDENBRINK@HOTMAIL.NL

RONALD VAN BALEN  
AFDELING AARDWETENSCHAPPEN  
VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM &  
TNO – GEOLOGISCHE DIENST  
NEDERLAND  
R.T.VAN.BALEN@VU.NL

JEROEN SCHOKKER  
TNO – GEOLOGISCHE DIENST  
NEDERLAND & VRIJE UNIVERSITEIT  
AMSTERDAM  
JEROEN.SCHOKKER@TNO.NL

HESSEL WOOLDERINK  
GUEST-RESEARCHER  
AFDELING AARDWETENSCHAPPEN  
VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM  
H.WOOLDERINK@VU.NL

In het vroege voorjaar van 2022 hebben de auteurs een bouwput in Doorn onderzocht, die was ingegraven voor de nieuwbouw van appartementencomplex Villa Woestduin. De bouwput was 350 meter ten noordwesten van de kruising van de Oude Arnhemse Bovenweg en Woestduinlaan



gelegen (Afb. 1). De coördinaten zijn: 52.047361, 5.330357. De bouwput had een lengte van 120 meter, was 25 meter breed en was in de lengterichting naar het noordoosten georiënteerd. De wanden waren 2 meter hoog. De bouwput was aan de buitenzijde (ijs-distaal) van de stuwwal van de Utrechtse Heuvelrug gelegen, op een afstand van 1 kilometer van de top van de stuwwal verwijderd (Afb. 2).

### Beschrijving van de ontsluitingen

De bouwput in Doorn is in een periode van enige weken kort nadat hij was ingegraven verschillende malen bezocht. Na deze periode was bezoek niet meer mogelijk in verband met de bouwactiviteiten. Voornamelijk de lange noordwestwand en de korte noordoostwand van de bouwput zijn bestudeerd (Afb. 1). De lange zuidoostwand vertoonde veel antropogene verstoring en de korte zuidwestwand bestond in zijn geheel uit gestort materiaal. De foto's op afbeeldingen 3 tot en met 12 tonen de ontsluitingen tijdens verschillende bezoeken en laten het effect van uitblazing zien op de kwaliteit van de ontsluitingen.

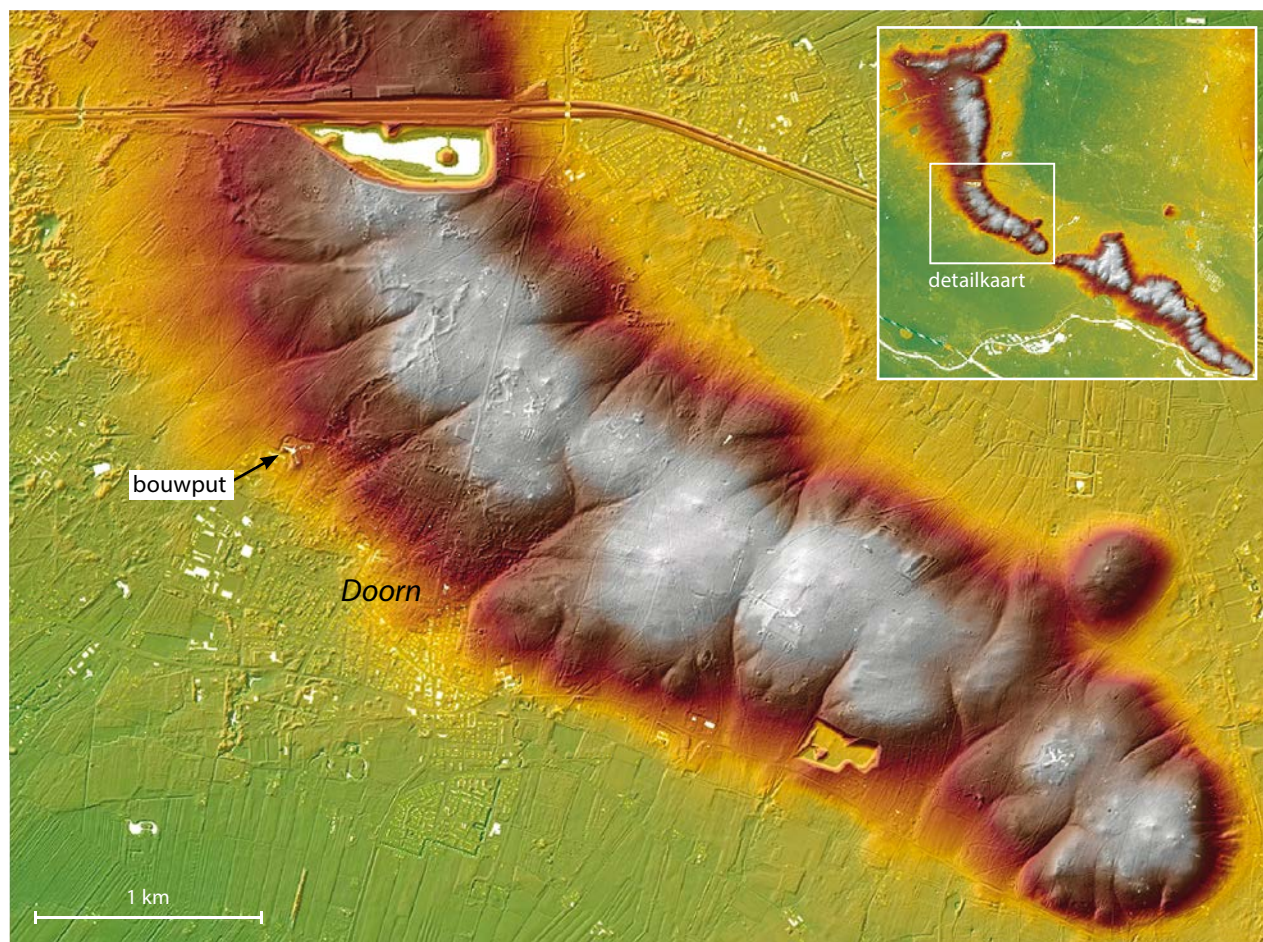
### Sedimenten

In de bouwput waren sandr-afzettingen ontsloten. Dit zijn waaivormige sedimentpakketten die zijn gevormd langs de randen van ijskappen en gletsjers. Opvallend was de roze kleur van het zand, die een beïnvloeding van de Rijn weergeeft (de roze korrels zijn Bontzandsteenfragmenten uit het drainagegebied van de Rijn).

De sandr-afzettingen waren mooi ontsloten in een kleine goed uitgerepareerde put-vormige ontsluiting op de bodem in het midden van de bouwput, waar kenmerkende (sub-)horizontaal tot scheefgelaagde zanden met grindnoeren als onderdeel van in elkaar snijdende geulsystemen zijn aangetroffen

(Afb. 3). De sandr-afzettingen worden doorsneden door smalle vorstspleten. Vergelijkbare sedimentaire structuren zijn op een meer noordelijke locatie beschreven in de sandr van Soesterberg (Augustinus en Riezebos, 1971). De noordwestwand van de bouwput is gaande van zuidwestelijke naar noordoostelijke richting bestudeerd (Afb. 4). De zuidwesthoek is verstoord. Naar het noordoosten gaand ligt er een dunner wordende verstoorde toplaag over de fluvioglaciale afzettingen, die (sub-)horizontale gelaagdheid lijken te vertonen over een traject dat heel slecht ontsloten is tot de locatie van de 3 houten paaltjes (Afb. 4).

Over de gehele lengte van de noordwestwand is een inventarisatie gemaakt van de grindsamenstelling door middel van incidentele determinatie van grindkorrels. Er zijn Rijnelementen aangetroffen zoals Bontzandsteen en jaspis, Maaselementen zoals gerolde vuursteen ('Maaseitjes') en Revinienkwartsiet, maar ook enige granieten, die op een Scandinavische herkomst



AFBEELDING 2. | Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) rond Doorn met overzicht van de stuwwal van de Utrechtse Heuvelrug in kader.



duiden. Er zijn weinig grote keien (diameter >1 dm) aangetroffen. De zanden waren over het algemeen relatief arm aan grind. De samenstelling geeft aan dat de sedimenten afkomstig zijn uit geërodeerde gestuwde Rijn-Maas afzettingen op basis van de grindsamenstelling.

### Structuren (tektonisch en periglaciaal)

Vanaf de 3 houten paaltjes in het midden van het profiel is in noord-oostelijke richting gaand een flauwe anticline in (sub-)parallel gelaagde afzettingen aanwezig (Afb. 5). Ook zijn er meerdere (grote) vorstwiggen. Bij de paaltjes is een hellingsmeting uitgevoerd op het laagvlak: 350/05.

In noordoostelijke richting gaand is een overschuivingsvlak aanwezig (Afb. 6). Daaronder, in het laagpakket met (sub-)horizontale gelaagdheid bevindt zich een kleine opschuiving. Onder het overschuivingsvlak is vervorming van de lagen zichtbaar. Boven het overschuivingsvlak hellen de lagen naar rechts (noordoosten). De gelaagde afzettingen worden op verschillende niveaus door twee grote vorstwiggen doorsneden (Afb. 6). De linker vorstwig eindigt aan de bovenkant bij het overschuivingsvlak, de rechter vorstwig loopt in overschoven afzettingen door. Detailopnames van de twee vorstwiggen laten tussenliggende kleinere vorstwiggen zien en kleinschalige deformatie (Afb. 7). Op twee plaatsen is de helling van het overschuivingsvlak gemeten: 065/30. De gemeten strekkingsrichting van het overschuivingsvlak is N145O. Het overschuivingsvlak is ook aan de andere kant van de bouwput in de slecht ontsloten zuidoostwand aangetroffen, conform de strekking.

Enige meters verder in noordoostelijke richting is een mogelijk tweede overschuivingsvlak hoger in de sectie zichtbaar (Afb. 8). Het is waarschijnlijk een tektonische structuur vanwege de steile stand van de lagen boven dit vlak aan de noordoostkant van de foto. De onderliggende hellende lagen tonen kleine vorstwiggen. Boven het mogelijke overschuivingsvlak vertonen de lagen een sterke glaciotektonische vervorming en gaan in noordoostelijke richting verticaal staan.



AFBEELDING 3. | (Sub-)horizontaal tot scheefgelaagde zanden met grind-snoeren als onderdeel van in elkaar snijdende geulsystemen in een put/kuil op de bodem in het midden van de bouwput. De foto's liggen enige meters uit elkaar (3 houten paaltjes op de achtergrond voor locatiebepaling ten opzichte van de noordwestwand, Afb. 4).

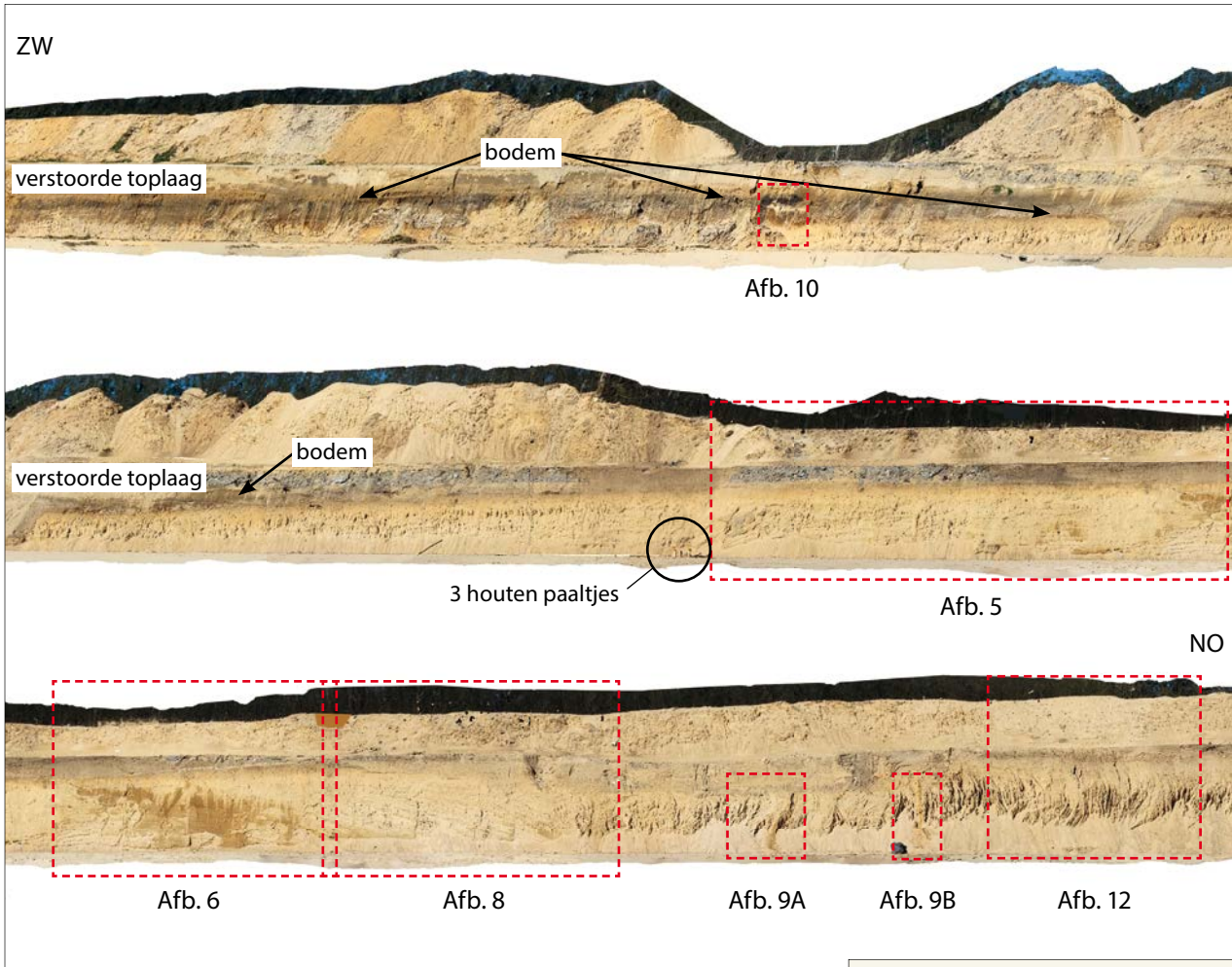
In de verticaal staande afzettingen zijn verscheidene leemrijke diamict lagen aangetroffen, die als keileem zijn geïnterpreteerd (Afb. 9). De tussenliggende zandlagen vertonen sediment pakketten die lokaal zijn scheef gesteld en sterke deformatie laten zien in verder ongestoorde zandlagen. Van de keileemlaag in de rechter foto is de helling gemeten: 025/90.

Verder in noordoostelijke richting zijn fraai door de wind uitgerepareerde verticaal staande tot overkiepte, licht golvende, parallel gelaagde afzettingen aanwezig, die intern ook deformatie laten zien (Afb. 12). De ombuigingen aan de bovenkant van het profiel (onder de verstoorde topklaag) buigen met de richting van oppervlakte helling mee, hetgeen mogelijk duidt op massabeweging (solifluctie).

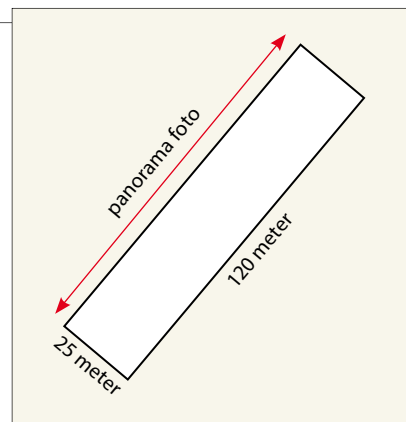
In de noordoostwand zijn de (sub-)parallel gelaagde hellende afzettingen ook aanwezig (Afb. 13). Door de andere aansnijdingsrichting lijken ze minder steil te staan. Op de laagvlakken zijn twee hellingsmetingen uitgevoerd dicht bij elkaar: 070/70 en 080/90.

Over de zuidwestelijke helft van de noordwestwand heeft zich in de fluvio-glaciale afzettingen een bodem ontwikkeld (Afb. 4 & 10). Het profiel wordt gekenmerkt door lichter gekleurde, ellips- tot cirkelvormige doorsneden van mestkevergraafgangen. De graafgangen kunnen van Laat-Glaciale ouderdom zijn (de Laag van Usselo staat er bekend om), maar dergelijke graafgangen





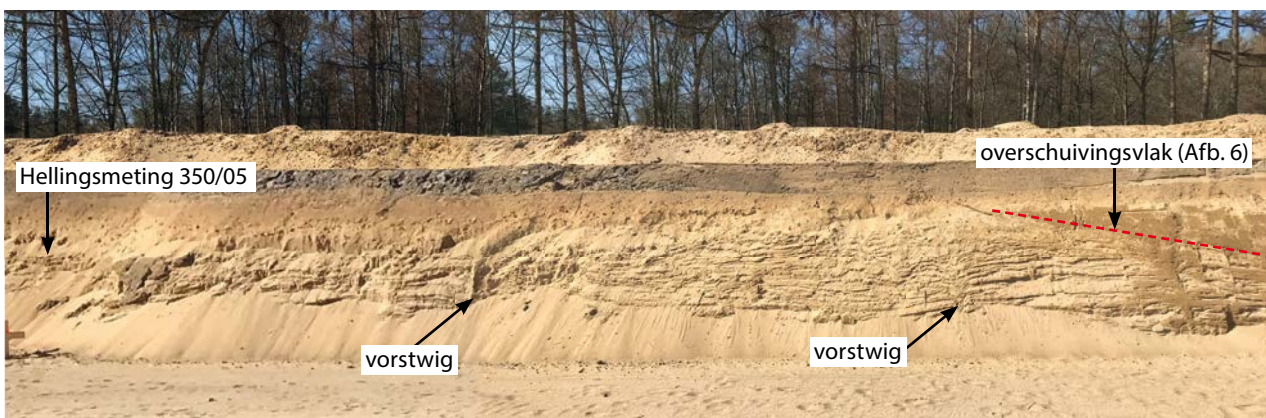
AFBEELDING 4. | Samengestelde panoramafoto van de noordwestwand van de bouwput in 3 delen, van zuidwestelijke naar noordoostelijke richting, met locaties van detailfoto's in kaders en plattegrond van bouwput.



kunnen ook gevormd zijn in het Laat-Holoceen toen de vegetatie (door menselijk handelen) weer open was en er grote grazers (vee) in het land aanwezig waren. Zonder nader onderzoek door middel van pollen analyse of datering van de bodem zijn beide opties mogelijk.

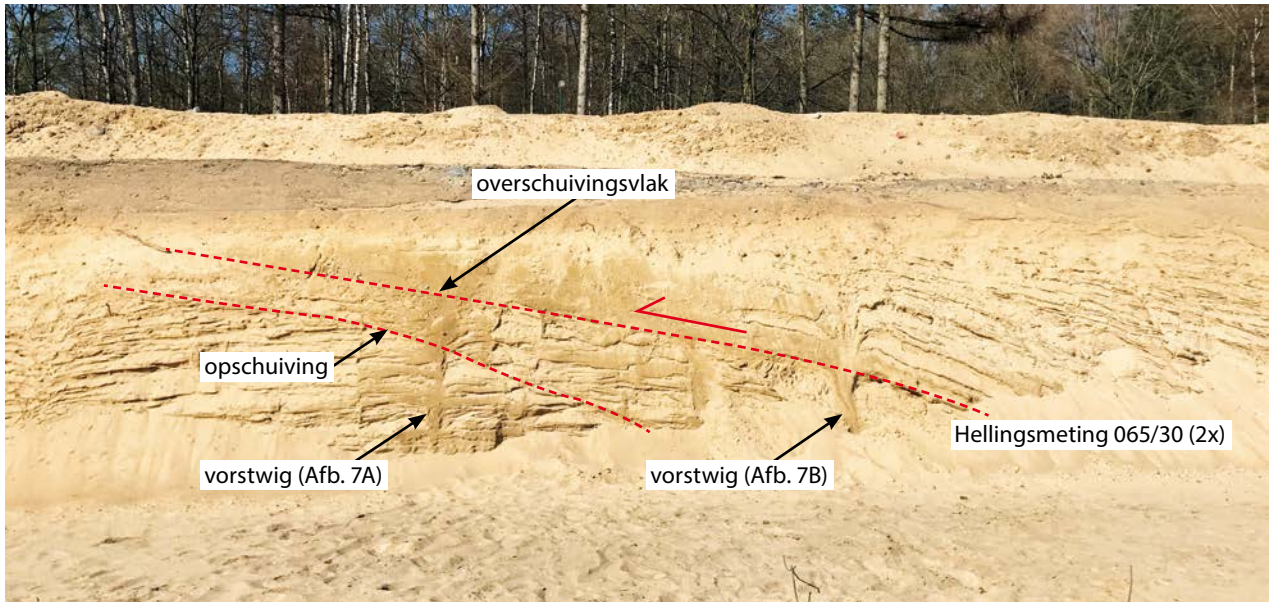
### Stratigrafie en afzettingmilieu

In de bouwput zijn (sub-)horizontaal tot schiefgelaagde zanden met grind- en snoeren kenmerkend voor fluvioglaciale sandr-afzettingen aangetroffen. Deze



AFBEELDING 5. | Samengestelde foto van (sub-)parallel gelaagde fluvioglaciale afzettingen links (zuidwestelijk) van de overschuiving.





AFBEELDING 6. | Overschuivingsvlak met vorstwiggen op twee niveaus.



AFBEELDING 7. | Vorstwiggen (details van Afb. 6). Aangegeven met witte pijlen. Ook zijn kleine vorstwiggen aangegeven met zwarte pijltjes. Twee van de drie kleine vorstwiggen zijn aan hun bovenkant naar links scheef gesteld door de overschuivingsdeformatie.

behoren tot de Formatie van Drente. Hiertoe worden alle afzettingen gerekend die rechtstreeks door het landijs, of door smeltwater hiervan, tijdens de laatste fase van de op één-na-laatste ijstijd, het Saalien, zijn ontstaan. De grinden bevatten Rijn- en Maasassociaties, maar ook Scandinavische elementen (granieten). De roze kleur van het zand geeft de dominantie van Rijn-elementen (Bontzandsteen) in de zandfractie aan. Rijn-Maas afzettingen ouder dan het Saalien komen in de stuwwal voor. De fluvioglaciale afzettingen bestaan dan ook hoofdzakelijk uit pre-glaciale sedimenten (Formatie van Urk en/of Formatie van Sterksel) die van de stuwwal geërodeerd zijn door smeltwater rivieren.

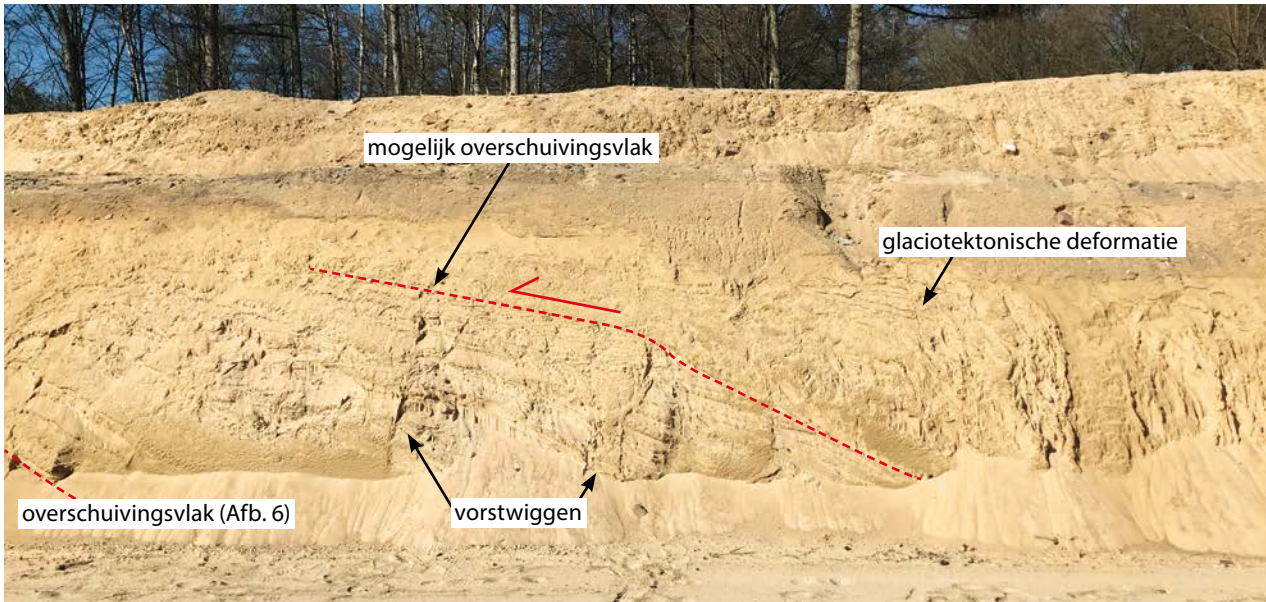
De dunne keileemlagen tussen de verticaal staande gestuwde fluvioglaciale zandlagen in het noorden van de bouwput worden geïnterpreteerd als flow tills, aangezien de keileem niet onder het ijs gevormd is, maar door massabewegingen vanaf de gletsjer richting het voorland (sandrvlakte) werd getransporteerd (van den Brink en van Balen, 2020). Dit houdt in dat het gletsjerfront nabij het noordpunt van de bouwput heeft gelegen.

De fluvioglaciale sedimenten en keileemlagen in de bouwput kunnen gerekend worden tot het proximale deel van een sandr, die hier tegen de stuwwal aan ligt. De afstand tot de gestuwde pre-glaciale afzettingen, afgeleid uit de morfologie, is hooguit 350 meter. Toch bevat de proximale sandr-afzetting op deze locatie maar weinig grote keien en is relatief grindarm.

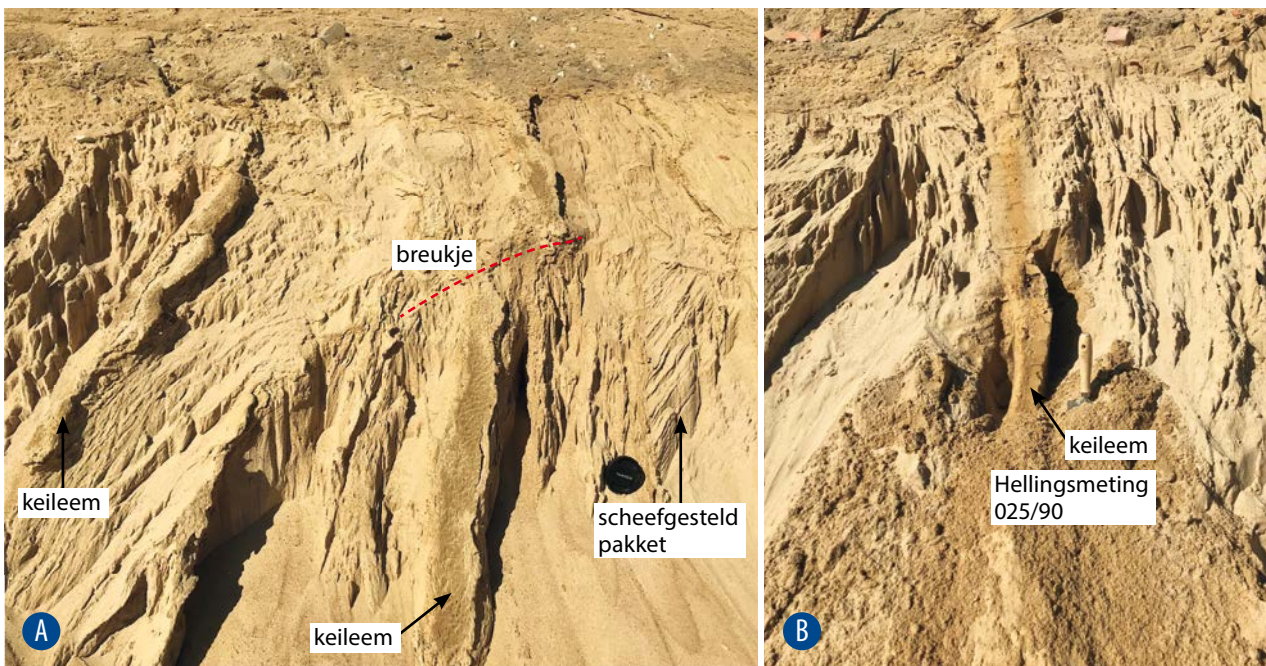
### Glaciotektonische verschijnselen

De noordwestwand van de bouwput toont fluvioglaciale afzettingen die zijn gestuwd, oftewel glaciotektonisch vervormd, zoals waargenomen in Leersum (van den Brink en van Balen, 2020) en in Soesterberg (van den Brink *et al.*, 2021). Over de wand is een afnemende mate van stuwing van de sandrafzettingen in zuidwestelijke richting waarneembaar, van het proximale gedeelte van de sandr richting het distale deel. In het noordoosten zijn de lagen verticaal gestuwd en zelfs overkiept. Lokaal zijn sedimentpakketten scheefgesteld en is veel vervorming te zien. Naar het zuidwesten gaand volgen één (en wellicht twee) overschuivingsvlakken, waaronder een flauwe anticlinale vorm te zien is. Ten zuidwesten hiervan is de ontsluitingsgraad slecht, maar lijkt er geen duidelijke glaciotektonische activiteit meer waarneembaar en liggen de lagen (sub-) horizontaal. Bovenstaande observaties tonen aan dat een deel van de sandr is afgezet terwijl de stuwwal nog werd gevormd. De sandrafzettingen zijn dus deels onderdeel van de gestuwde pakketten (syn-tektonische sedimentatie). Ook syn-sedimentaire vorstwiggen in de sandrafzettingen zijn mee-vervormd, zie beneden.





AFBEELDING 8. | *Mogelijk tweede overschuivingsvlak hoger in sectie.*



AFBEELDING 9. | *Keileembanden in verticaal staande fluvioglaciale afzettingen.*

Hellingsrichtingsmetingen in de noordwest- en noordoostwand van de bouwput tonen een spreiding tussen noord en (noord)oost (Afb. 11). Deze variatie binnen de structuren ontstaat tijdens de deformatieprocessen. Een vergelijking met de regionale hellingsrichtingsmetingenkaart van Maarleveld (1953) toont aan dat de metingen in het bestaande beeld passen, maar dat er op detailniveau grote variatie optreedt.

### Periglaciale verschijnselen

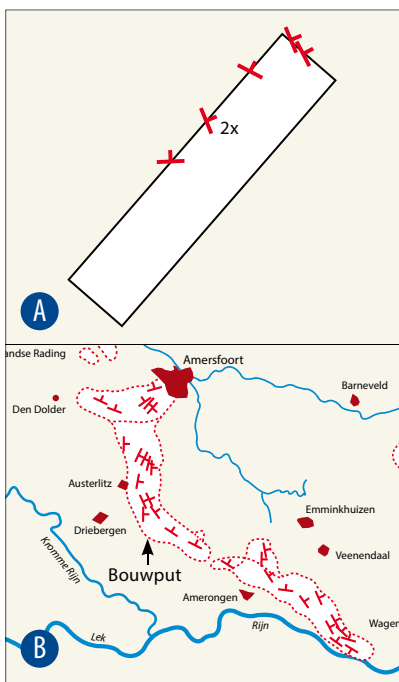
In de noordwestwand zijn in de flauwe anticline tot aan het niveau van het tweede mogelijke overschuivingsvlak enkele grote vorstwiggen zichtbaar (Afb. 6 & 7). Daarnaast zijn er smalle, kleine vorstwiggen aanwezig die aan hun bovenkant een scheefstelling naar links laten zien ten gevolge van de overschuiving (Afb. 7). De kleine wiggen zijn dus syn-sedimentair, d.w.z. gevormd in het Saalien en vervolgens meegestuwd. Bij de grote vorstwiggen valt op dat er een aan de bovenzijde wordt begrensd door het overschui-

vingsvlak, terwijl een andere door het overschuivingsvlak heen gaat (Afb. 7). De beide wiggen kunnen dus niet even oud zijn en tenminste een deel van de grote vorstwiggen moet zijn gevormd na de stuwingsfase.

De grote vorstwiggen zijn bovendien vrij lang in verhouding tot hun breedte; dit kan betekenen dat ze zijn gevormd terwijl er sprake was van sedimentatie (ze werden gedwongen mee te groeien met de toenemende dikte van de sandsedimenten). De grote



AFBEELDING 10. | Bodemprofiel bovenin de fluvioglaciale afzettingen met meerdere fases van bodemvorming en graafgangen.



AFBEELDING 11. | A: Hellingsrichtingsmetingen in de bouwput. B: Hellingsrichtingsmetingenkaart van de Utrechtse Heuvelrug (Maarleveld, 1953, deel van kaart)

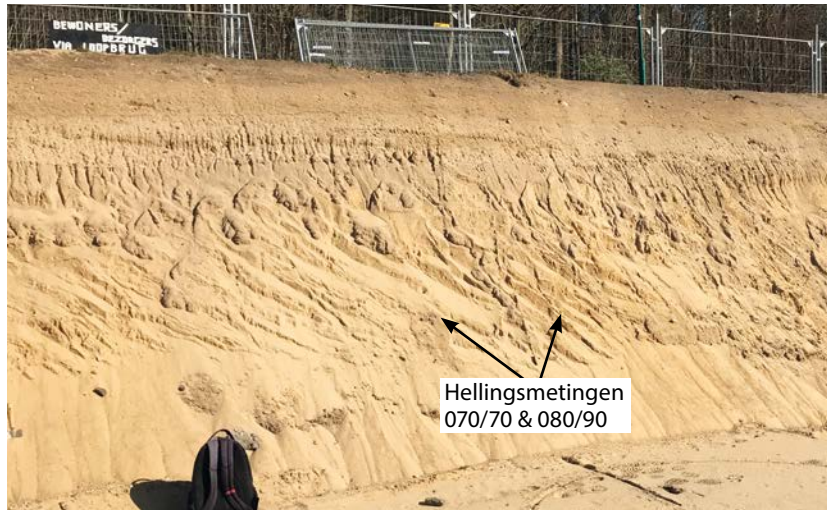
vorstwiggen duiden op tenminste diepe seizoensale vorst en wellicht zelfs permafrost. Ze laten dus zien dat de sandr is gedeformeerd (overschoven) terwijl ze in bevroren conditie was.

## Nawoord

We danken Henk Pagnier voor het in gunstige stemming brengen van de bouwopzichters, wat het mogelijk maakte ons onderzoek te doen gedurende meerdere bezoeken aan de bouwput. Discussie met Henk en Marten Westerink heeft geholpen met de interpretaties van de ontsluitingen. Alle foto's zijn door de auteurs genomen.



AFBEELDING 12. | Verticaal staande parallel gelaagde fluvioglaciale afzettingen.



AFBEELDING 13. | (Sub-)parallel gelaagde afzettingen in noordoostwand met meetlocaties.

## LITERATUUR

Augustinus, P.G.E.F. & Riezebos, H. Th., 1971. *Some sedimentological aspects of the fluvioglacial outwash plain near Soesterberg (The Netherlands)*. *Geologie en Mijnbouw* 50, pp. 341-348.

Brink, H.A. van den & Balen, R.T. van, 2020. *Gestuwde fluvioglaciale afzettingen bij Leersum*. *Grondboor & Hamer*, 4, pp. 138-143.

Brink, H.A. van den, Balen, R.T. van & Woolderink, H., 2021. *Ge-*

*stuwde fluvioglaciale afzettingen bij Soesterberg*. *Grondboor & Hamer* 1, pp. 3-7.

Maarleveld, G.C., 1953. *Standen van het landijs in Nederland*. *Boor en Spade*, 6, pp. 95-112.

