

STEENZOUT, OPPERVLAKE- VORMEN EN LANDIJS

Inleiding

Het voorkomen, de samenstelling en de dikte van Zechstein steenzoutlagen en ook de ligging en hoogte van zoutdome's in de Nederlandse ondergrond is goed bekend. Daar staat tegenover dat van een mogelijke relatie tussen deze zoutlagen en zoutdome's en eventuele (Laat-) Kwartaire oppervlaktevormen en processen juist niet zo veel bekend is. In deze bijdrage willen we wat dieper op deze mogelijke relaties ingaan.

Helgoland

Een van de mooiste illustraties van de relatie tussen een ondiepe zoutdome en een daaraan gekoppelde oppervlaktevorm is het eiland Helgoland (Afb. 1). De roodgekleurde Triadische zandsteenformaties die hier tot 60 meter boven zee in de Duitse Bocht oprijzen, zijn door zoutvloed of halokinetische processen omhoog geduwd. Plaatselijk komen hierdoor indrukwekkende steile kliffen voor met een hoogte tot 50 meter. Omdat de onderliggende dome direct ten westen van het eiland ligt zijn de lagen scheefgesteld en hellen ze nu onder een hoek van 17 - 20 graden naar het oosten (Afb. 2). Gedurende meerdere landijsbedekkingen is het gesteente sterk geërodeerd en is er keileem afgezet.

In Nederland komen dergelijke in het oog springende dagzomende vaste gesteenten die door halokinese omhoog gekomen zijn, niet voor. Maar we zullen hieronder nagaan of er toch enig verhoogd reliëf, scheefstelling van lagen of aangepaste afwateringspatronen aanwezig zijn die hiermee in verband gebracht kunnen worden.

Steenzout, dome's en zoutkussens in Nederland

Dikke Zechstein lagen met veel steenzout komen vooral voor ten noorden van het 'Texel IJsselmeer Hoog' (Afb. 3). Hier loopt de dikte van de verschillende zoutlagen op tot vele honderden meters. Ten zuiden van het 'hoog' zijn deze lagen veel dunner en hebben vaak ook een zandige facies (Geologische Atlas, 2003).

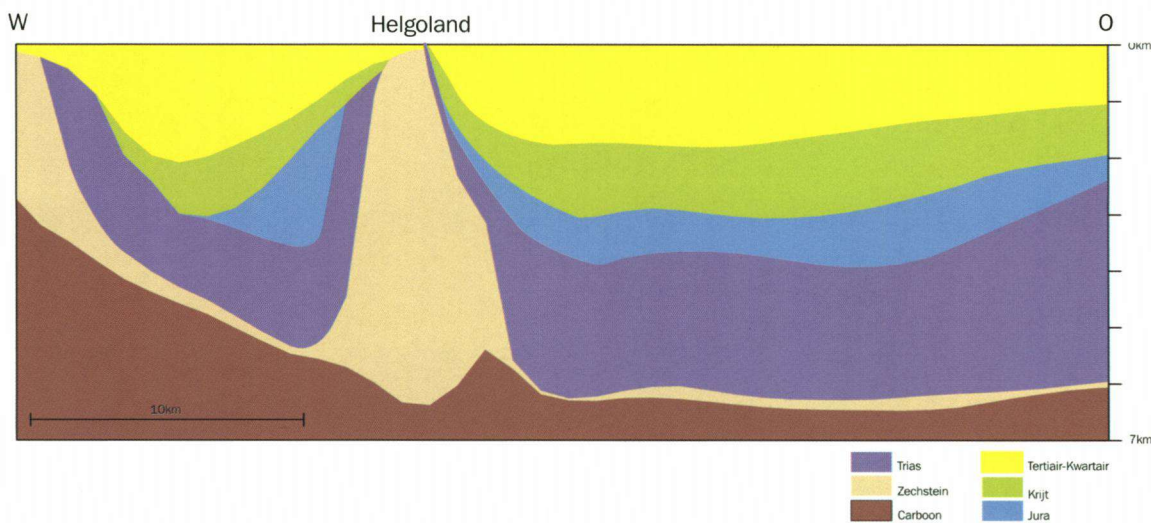
Door halokinetische bewegingen is het steenzout ten noorden van het 'hoog' plaatselijk in de vorm van dome's of zoutkussens aanwezig. Dome's zijn plaatselijke verdikkingen in steenzoutvoorkomens die tot enkele duizenden meters boven het lokale zoutoppervlak uitsteken. Hierdoor wisselt de dikte van het steenzout sterk en is ook de hoogteligging sterk variabel (Afb. 4). Het 'vloeibaar' worden van steenzout is afhankelijk van de dikte van het pakket, de chemische samenstelling ervan, het voorkomen van bijmengingen, de temperatuur en de aanwezige druk van het bovenliggende gesteente. Veel dome's zijn gerelateerd aan dieper liggende breuken.

In Nederland is een groot aantal zoutdome's bekend (Afb. 4 en 5). Van enkele ligt de top dicht onder het maaiveld, zoals bij Zuidwending (120 m), Schoontoo (121 m) en Pieterburen (218 m).

Er zijn in Nederland wel schattingen gemaakt van de snelheid van het omhoogkomen van de top van een dome. Voor het Kwartair kwam men hierbij op grond van de

Afbeelding 1.
Het eiland Helgo-
land met zijn scheef-
staande lagen.





Afbeelding 2.
Geologisch Profiel
over Helgoland en
de onderliggende
zout dome.

verticale verplaatsing van gedateerde lagen op waarden van 0,20 tot 0,25 mm/jaar. In Duitsland komt men op waarden van 0,01 tot 2 mm/jaar (gemiddeld 0,3 mm/jaar). Men noemt dit wel de uitwendige stijging van een dome. Daar staat namelijk tegenover dat er ook sprake is van subductie. Dat wil zeggen dat er door oplossing van het zout weer verlaging van de top van een dome optreedt. Schattingen hierover komen uit op 0,15 mm/jaar (Geluk & Wildenborg, 1988). De netto stijging ligt dus in de orde van grootte van 0,05 tot 0,10 mm/jaar. Dat wil zeggen 5 tot 10 meter in 100.000 jaar. Deze waarden zijn bepalend geweest voor de eventuele landschappelijke expressie van domes in de ondergrond.

Gebiedskeuze

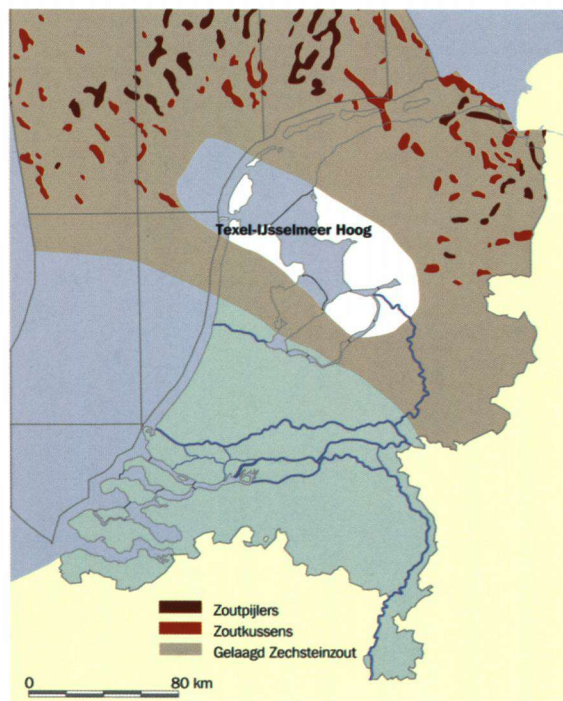
Gezien de hoge ligging van de top van sommige zoutdome's in Nederland kun je verwachten dat er een relatie is tussen hun voorkomen en het daarbovenliggende reliëf. Gezien de veronderstelde geringe snelheid van het omhoog komen van de top van een dome moet het aan de oppervlakte liggende landschap wel meerdere tienduizenden jaren oud zijn om enige inwerking op het reliëf waar te kunnen nemen. Het te onderzoeken gebied moet daarom niet door dikke Holocene sedimenten zijn bedekt zoals in de kustgebieden. En ook niet door dikke zandafzettingen uit het Weichselien zoals in Oost-Groningen.

Tenslotte is het van belang dat er een duidelijke laagopvolging dicht onder het oppervlak aanwezig is om mogelijke opwelvingen of deformaties van lagen in doorsneden te kunnen reconstrueren. Met andere woorden, uitgaande van voornoemde argumenten, is naar onze mening de kans om een relatie te vinden tussen zoutdome's en reliëfvormen op het Drents plateau het grootst. Gezien het voorkomen van dome's is onze keus gevallen op de oostzijde van het plateau.

Het Drents plateau

Het Drents plateau is in eerste instantie na het afsmelten van een landijsbedekking, die rond de 150.000 jaar geleden plaatsvond, ontstaan. Tijdens deze landijsbedekking werd een laag keileem over het door het ijs afgevlakte gebied afgezet. We nemen aan dat het ondervlak van de keileem relatief vlak is afgezet.

Gedurende de landijsbedekking werd vooral aan de oostzijde van het plateau een aantal parallelle glaciële ruggen, evenwijdig aan de Hondsrug, gevormd. De kam van deze ruggen komt naar het zuiden toe steeds wat hoger te liggen (De Gans, 1981).



Afbeelding 3.
Zoutvoorkomens
in Nederland en lig-
ging van de meeste
diapieren (bron: De
Mulder et al., 2003).

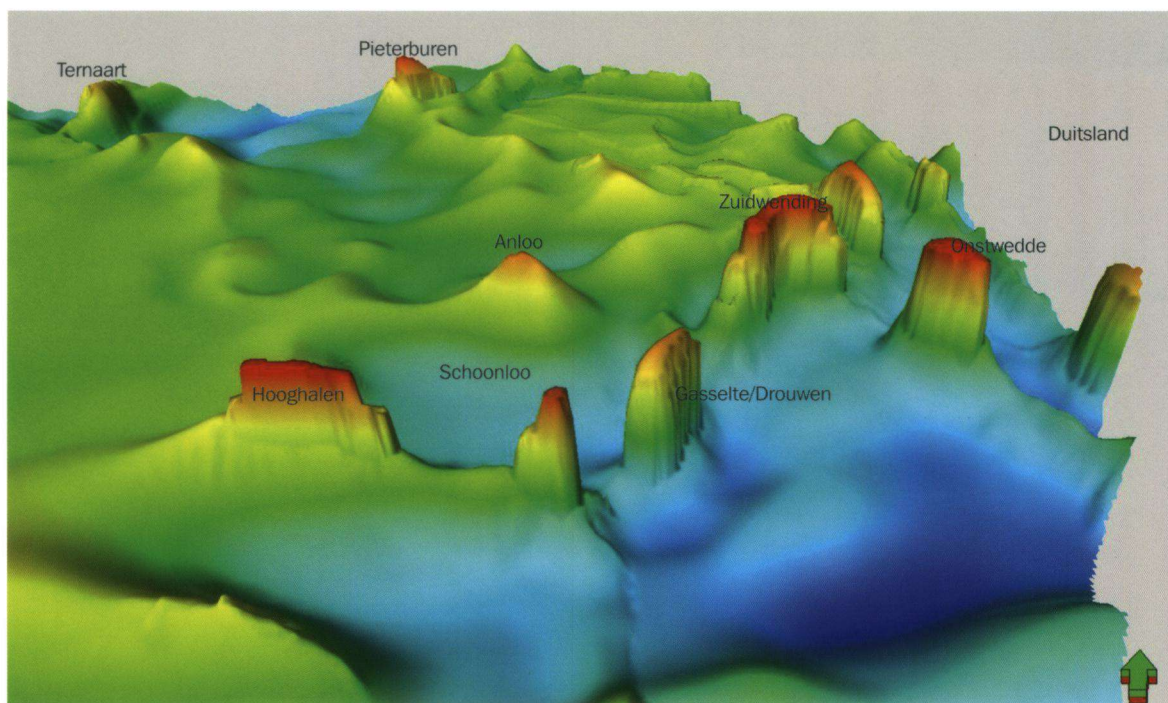
Na de landijsbedekking is er erosie en denudatie opgetreden, met name in het Weichselien. Dit blijkt onder andere uit het ontbreken van bodems uit het Eemien en het voorkomen van uitwaaiings- en uitspoelingsniveaus (grindniveaus). Waarschijnlijk is het plateau door deze processen afgevlakt. De vorming van dit erosie/denudatie niveau, dat buiten de beekdalen min of meer overeenkomt met de bovenkant van de laag keileem, kwam rond 20.000 - 15.000 jaar geleden tot een einde.

Op het plateau ligt, doorgaans evenwijdig aan de glaciële ruggen, ook een aantal sterk vertakkend beekdal systemen die zich na het Saalien, maar vooral in het Midden- Weichselien, ontwikkeld hebben. Deze dalen hebben het reliëf van de glaciële ruggen waarschijnlijk versterkt. De ruggen liggen nu tot zo'n tien tot vijftien meter hoger in het landschap dan de hiermee door- gaans parallel lopende dalvlakten.

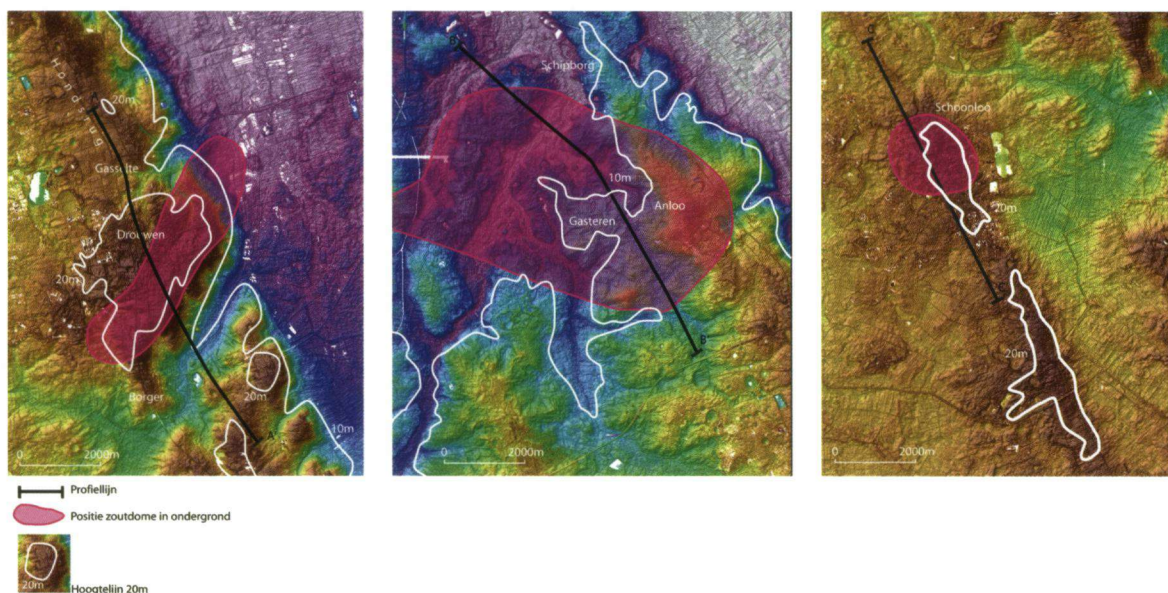
Aan het einde van het Weichselien vond op grote schaal sedimentatie van dekzanden plaats. Dit zwak golvende dekzandoppervlak, met hoogteverschillen van enkele meters, dateert van circa 10.000 jaar voor heden.

Opwelving van lagen als gevolg van halokinese zal vooral zichtbaar moeten zijn aan het ondervlak van de keileem omdat de ouderdommen van het erosie/denudatie

Afbeelding 4.
3-D beeld van het
steenzout oppervlak
in noordoost Neder-
land.



Afbeelding 5.
Hoogtebeelden
boven de domes
Gasselte/Drouwen,
Anloo en Schoonloo
(bron: AHN). Ter
verduidelijking zijn
de hoogtelijnen van
10 en 20 meter +NAP
ook weergegeven.



niveau en het dekzandoppervlak waarschijnlijk te gering zijn om er duidelijk waarneembare anomalieën in relatie met zouttektoniek waar te kunnen nemen.

Onderzochte lokaties

Aan de oostzijde van het Drents plateau zijn drie locaties voor nader onderzoek geselecteerd: de domes van Gasselte/Drouwen, Anloo en Schoonloo. De toppen van deze domes liggen op verschillende diepten. Van deze drie locaties zijn met behulp van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) hoogtebeelden gemaakt om eventuele terreinverheffingen waar te kunnen nemen. Deze beelden laten in de kleuropenvolging paars, blauw, groen, geel en bruin het relatieve reliëf van laag naar hoog zien. Omdat deze beelden door het gevarieerde reliëf een wat grillig kleurpatroon vertonen zijn op deze beelden ook de hoogtelijnen van 10 en 20 meter +NAP ingetekend (Afb. 5). Van elke locatie is ook een ondiep geologisch profiel geconstrueerd met behulp van boorgegevens uit dinoloket (www.dinoloket.nl) om eventuele laagdeformaties te kunnen zien.

De dome bij Drouwen/Gasselte

De bovenkant van de dome bij Drouwen/Gasselte ligt op een diepte van 300 meter beneden maaiveld. De zoutdikte in de dome bedraagt 3.500 meter. Uit het hoogtebeeld (Afb. 5) is te zien dat het gebied boven 20 meter +NAP precies boven de dome voorkomt en veel breder is dan elders op de Hondsrug. Deze verhoging lijkt in verband te staan met de onderliggende dome. Dat er oostelijk van de Hondsrug geen aan de dome te relateren reliëf aanwezig is, is niet verwonderlijk: hier ligt het sterk erosieve smeltwaterdal van de Hunze.

Wat wel opvalt is dat de 10-meter hoogtelijn aan de oostzijde van de Hondsrug enkele honderden meters meer naar het oosten ligt dan elders. Het is verleidelijk dit aan opheffing door de dome toe te schrijven.

Het hogere reliëf boven de dome blijkt ook duidelijk uit een ondiep profiel (Afb. 6). Dit profiel is over het hoogste deel van de Hondsrug en evenwijdig hiermee geconstrueerd om mogelijke vervormingen van het keileem ondervlak door glaciale processen uit te sluiten.

Uit het profiel blijkt dat zowel het reliëf aan maaiveld als de onderkant van de keileem boven de dome 3 - 4 meter hoger ligt. De bovenkant van de keileem lijkt niet sterk geërodeerd, de dikte bedraagt nog rond 3 meter.

Voor een meer ruimtelijk beeld van de opwelling van het keileem ondervlak zie afbeelding 7. We veronderstellen dat de opwelling of deformatie van de keileem na afzetting hiervan tijdens de landijsbedekking of na afsmelten van het landijs ontstaan is.

Het is onduidelijk of er een relatie is tussen de dome en het aan het oppervlakte liggende drainagepatroon. Wat opvalt is dat er weinig denudatie van de keileem opgetreden is en dat de dekzandlaag hier dun is. De sedimentatie hiervan heeft geen invloed uitgeoefend op het hiervoor aanwezige reliëf.

De dome bij Anloo

De bovenkant van de zoutdome onder Anloo ligt veel dieper dan de dome bij Drouwen/Gasselte, namelijk op 550 meter. De zoutdikte van de dome is ongeveer 2.000 meter. De dome is onderdeel van een veel groter zoutkussen,

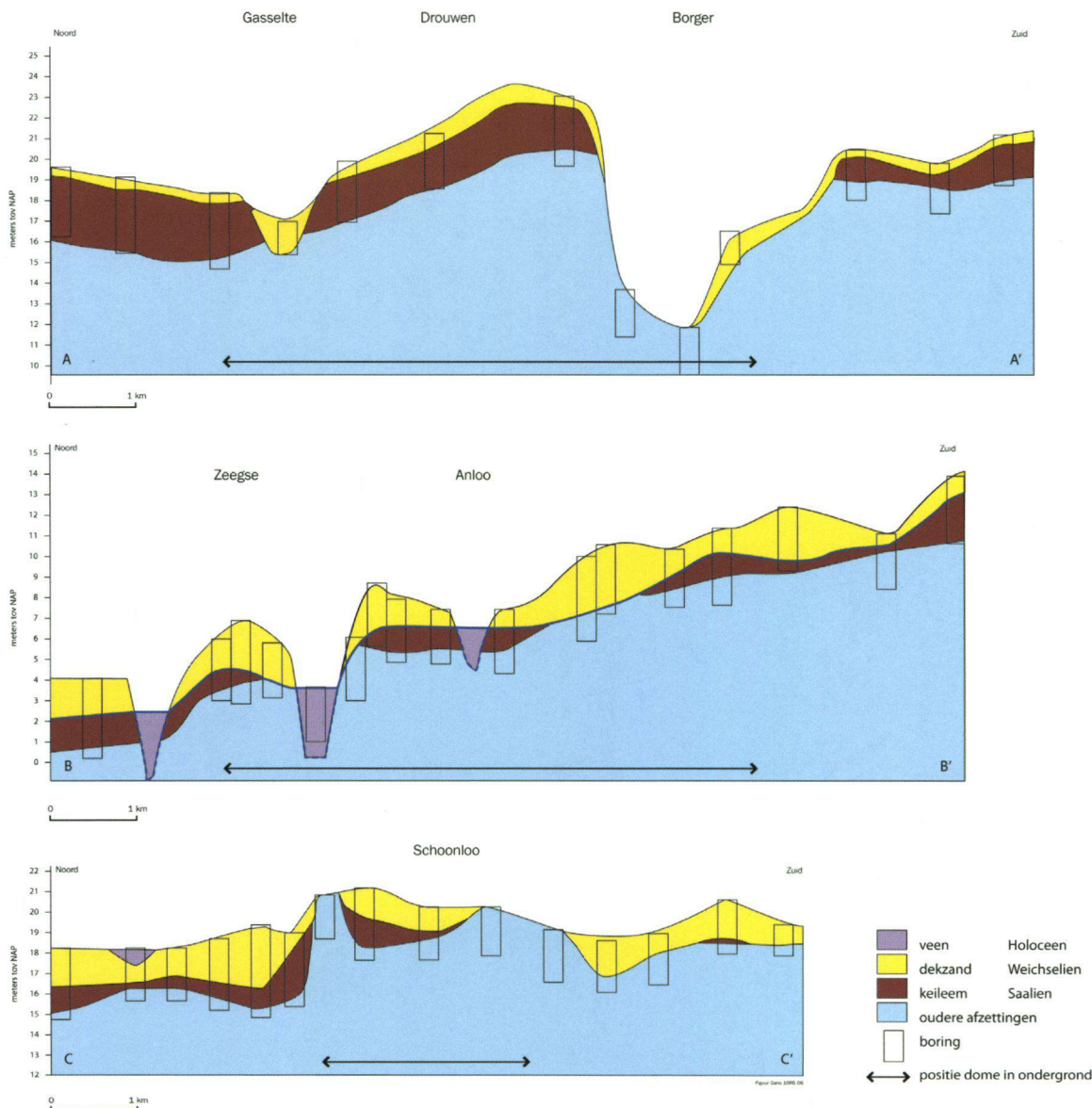
Het hoogtebeeld boven de dome laat zien dat er geen duidelijk waarneembaar hoogteverschil is te zien dat

in relatie zou kunnen staan met de onder liggende dome (Afb. 5). Dit komt door de sterke versnijding van het gebied- het ligt meer stroomafwaarts- en door de sedimentatie van dekzand. Wat wel opvalt is dat de 10-meter hoogtelijn en het reliëf aan de oostzijde van de Hondsrug weer naar het oosten geschoven lijkt te zijn, net als bij de dome Gasselte/Drouwen. In dit geval bedraagt de verplaatsing ongeveer 500 meter. Ook hier lijkt een relatie met de onderliggende dome waarschijnlijk.

Uit het profiel (Afb. 6) blijkt dat er geen duidelijke opwelling van het keileem ondervlak zichtbaar is zoals dat bij Gasselte/Drouwen het geval is. Mogelijk ligt dat vlak 1 meter hoger, maar door de sterke erosie van de keileem is dit niet duidelijk.

De dome van Schoonloo

De bovenkant van deze dome ligt hier erg ondiep: 121 meter beneden het maaiveld . De dome heeft een zoutdikte van circa 2.000 meter. Uit het hoogtebeeld is geen duidelijke terreinverhoging boven de dome waarneembaar (Afb. 5). Wel is de glaciale rug, die parallel aan de Hondsrug loopt, nog goed zichtbaar. Dit glaciale/denudatiereiliëf bleef dus dominant. Uit een profiel (Afb. 6) blijkt duidelijk dat de keileem boven de dome hoger ligt, maar dat het hierbij



Afbeelding 6. Ondiepe profielen over de domes Gasselte/Drouwen, Anloo en Schoonloo. Ligging van de profielen zie afbeelding 5.

behorende reliëfverschil later grotendeels is uitgewist door de sedimentatie van dekzand. Het ondervlak van de keileem is plaatselijk mogelijk meer dan 5 meter omhoog gekomen, vooral aan de randzones boven de dome. Hier is de keileem ook geheel afwezig. De randzone boven de dome lijkt dus meer omhoog gekomen te zijn dan het centrale deel.

Zoals gezegd is de keileem, die boven de domes van Anloo en Gasselte/Drouwen nog vrijwel geheel of grotendeels aanwezig is (buiten de beekdalen), hier voor een deel afwezig en ook dunner. Omdat deze in de wijde omgeving wel voorkomt, is het aannemelijk dat

het ontbreken en de geringere laagdikte het gevolg is van erosie/denudatie in verband met opheffing door de onderliggende dome.

De dome bij Schoonloo is de enige waarboven Midden-Pleistocene rivierzanden (Formatie van Urk) dagzomen die in de directe omgeving op 35 meter -NAP voorkomen. Ook dagzomen Laat-Tertiaire rivier zanden (Formatie van Scheemda), terwijl smeltwaterafzettingen uit het Elsterien (Formatie van Peelo) boven de dome ontbreken (Bosch, 1990; Ter Wee, 1979). Er moet dus in het verleden nogal wat opheffing hebben plaatsgevonden.

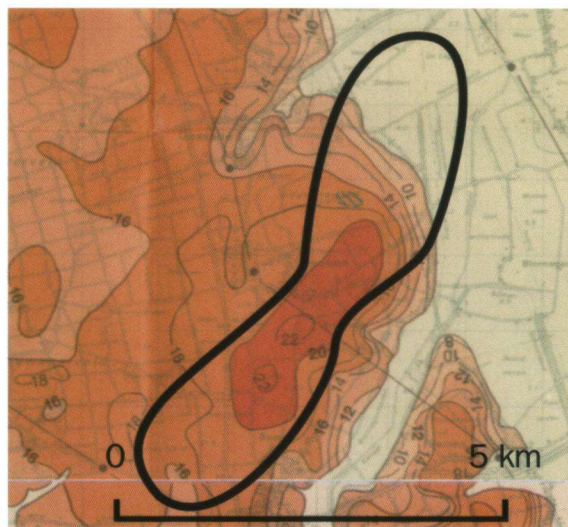
Uit afbeelding 8 blijkt dat er boven de dome bij Schoonloo een mooi radiaal drainage patroon aanwezig is, dat in relatie lijkt te staan met de onderliggende dome (Mulder, 1950; Ter Wee, 1979; De Gans, 2006). Ook dit suggereert dat het gebied boven de dome tijdens de ontwikkeling van het dalsysteem in het Weichselien hoger heeft gelezen.

Bewegingen boven de domes

Uit het voorgaande blijkt er boven één dome duidelijk sprake te zijn van een verhoging van het maaiveld (Gasselte/Drouwen). Bij de andere twee domes is dat door erosie/denudatie of sedimentatie van dekzand minder duidelijk. Opwelving van het keileemondervlak als gevolg van bewegingen in de dome is veel duidelijker. De waarden liggen maximaal in de orde van grootte van 5 meter. Bij Anloo is het minder duidelijk maar hier is de verhoging mogelijk 1 meter.

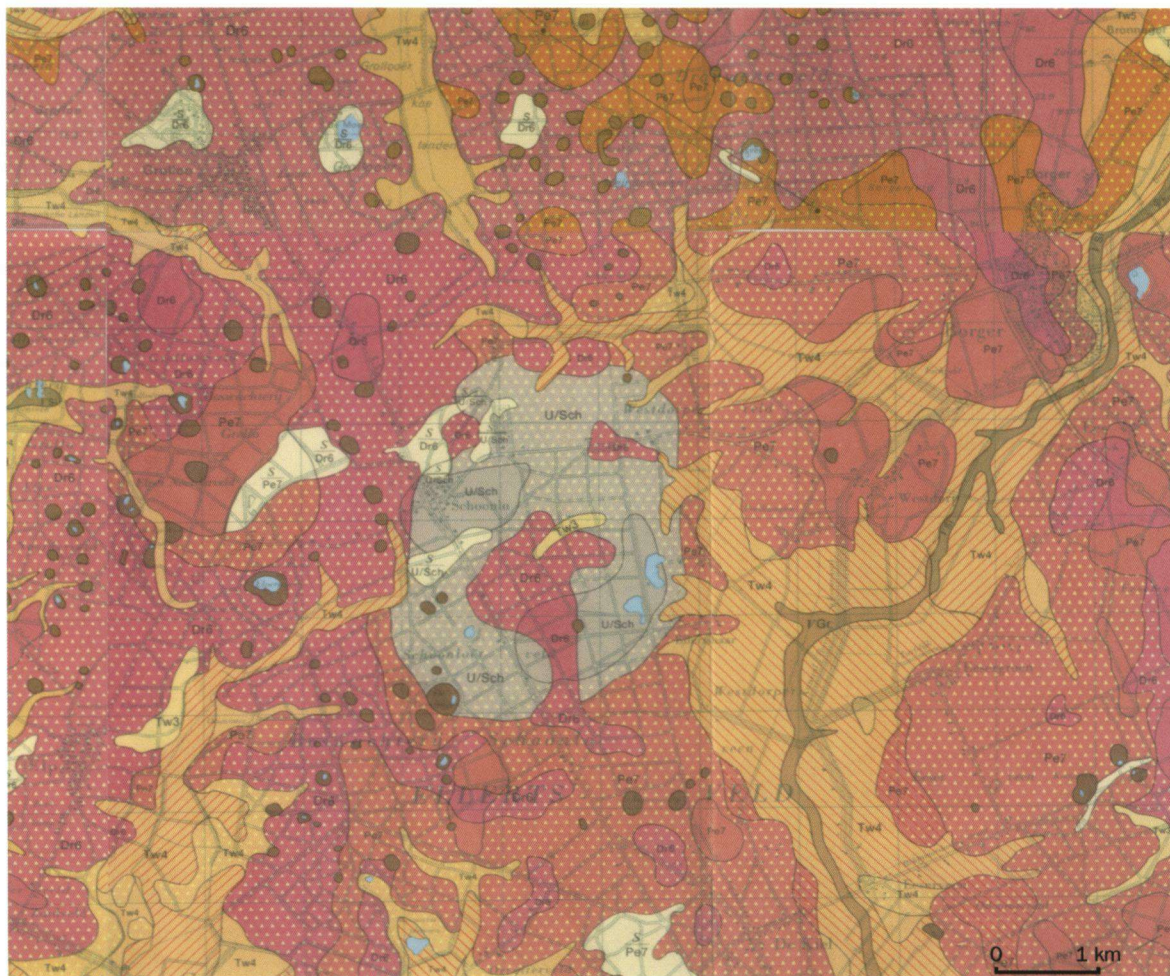
Hoewel het aantal gegevens gering is, lijkt het erop dat hoe dieper de top van de dome ligt, hoe minder opheffing heeft plaatsgevonden.

Afbeelding 7.
Detail van de Bijkaart 'Onderkant van de afzettingen ouder dan de Formatie van Drente' (Bosch, 1990). De opwelving van het keileem ondervlak boven de dome is goed zichtbaar.



 positie dome in ondergrond

Afbeelding 8.
Geologische kaart rondom Schoonloo met radiaal drainage patroon (U/Sch: dagzomende Formaties van Urk en Scheemda; Tw 4: beekdalen uit Weichselien; Dr: Formatie van Drente; Pe: Formatie van Peelo; naar Bosch, 1990; Ter Wee, 1979).



De verhoging heeft naar onze mening plaatsgevonden na sedimentatie van de keileem waarbij we aannemen dat eventueel reliëf dat voor de sedimentatie van de keileem aanwezig is geweest, door de ijsbeweging is afgevlakt.

Bij Schoonloo en Gasselte/Drouwen is er dan in ca. 150.000 jaar een opheffing van 4 - 5 meter geweest, dat wil zeggen ongeveer 0,03 mm/jaar. Wanneer we er bij Schoonloo van uit gaan dat ook het ondervlak van de smeltwaterafzettingen uit het Elsterien hier boven en direct naast de dome op een gelijke diepte heeft gelegen, dan heeft er een opheffing van circa 40 meter plaatsgevonden in een periode van ongeveer 300.000 jaar. Dat wil zeggen ongeveer 0,1 mm/jaar. Geluk en Wildenborg (1988) komen met inachtneming van opgetreden compactie uit op een stijging van 0,2 - 0,25 mm/jaar sinds het begin van de afzetting van de Formatie van Urk. Het lijkt er dus op dat bij Schoonloo de ophoging boven de dome in het Kwartair is afgenomen. Hoewel dit maar één gegeven is zou dit verband kunnen houden met het feit dat in de loop van het Kwartair de hoeveelheid aangevoerd sediment in Noord-Nederland is afgenomen en de druk op het onderliggende zoutpakket steeds meer zal zijn gestabiliseerd. Ook Gripp (1952) suggereert dat zoutvloei en de opheffing in domes in eerste instantie het gevolg is geweest van tektoniek/orogenese en later door overdruk vanuit het bovenliggende gesteentepakket. Die overdruk zou tegen het einde van het Kwartair gestabiliseerd zijn.

Uit onze gegevens blijkt ook dat er tijdens en/of na de opheffing vooral boven de dome van Schoonloo denudatie van meerdere meters is opgetreden. Bij de opwelling boven de dome van Drouwen/Gasselte lijkt er veel minder denudatie opgetreden te zijn, los van de versnijding door een beekdal.

Tenslotte blijkt er alleen boven de dome bij Schoonloo duidelijk sprake te zijn van een gerelateerd radiaal drainage patroon

Aangezien de toppen van deze domes relatief ondiep liggen, lag het maaiveld boven deze domes tijdens de dalvormende processen waarschijnlijk enkele meters hoger. Zoals De Gans (1981) al opperde lijkt daarom een relatie tussen deze domes in de ondergrond en de ligging van de waterscheiding voor de hand te liggen (Afb. 4 en 9). De opheffing boven de dome van Schoonloo was zoveel groter dan boven de andere domes, dat de scheiding verplaatst is en hier juist ten noorden van de dome is komen te liggen.

Landijs, permafrost en steenzout

Gripp (1952) heeft beargumenteerd dat zoutdomes in het Laat-Pleistoceen zowel als gevolg van een landijsbedekking als door de aanwezigheid van een permafrost omhoog gekomen zijn.

De dikte van het landijs in Noord-Nederland tijdens het Saalien zou volgens modelberekeningen uitkomen op 2.500 meter. Maar dit getal is mogelijk aan de hoge kant (De Mulder et al., 2003). Een dikte van 1.000 meter lijkt ons realistischer. Hoe dan ook, dergelijke dikke landijsmassa's oefenden een enorme druk uit op de onderliggende gesteenten.

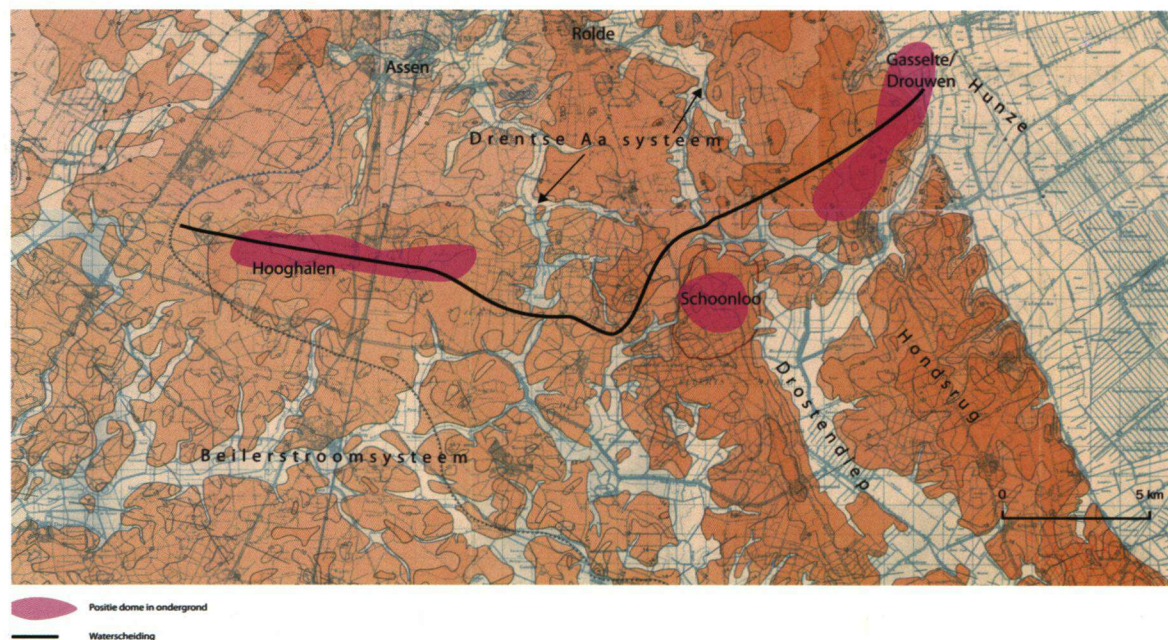
Volgens Gripp (1952) zouden vooral door deze extra druk zoutdomes zijn gaan stijgen waarbij het resulterende reliëf de ijsbeweging heeft beïnvloed. We menen echter dat indien er een extra opheffing van het landschap zou hebben plaatsgevonden voor of onder een oprukkend ijsfront in het Saalien, de resulterende terreinvormen zouden zijn uitgewist onder het landijs.

Volgens Gripp kan ook een permafrost van invloed zijn geweest omdat onder die omstandigheden door stagnatie van grondwaterstromingen de subrosie (vrijwel) tot staan kan zijn gebracht. In dat geval zou de opheffing vooral in (delen van) het Weichselien hebben plaatsgevonden. Dat komt overeen met onze veronderstelling dat de opheffing en deformatie van de laag keileem na het afsmelten van het landijs heeft plaatsgevonden en de opheffing daarom vooral gedurende het Weichselien heeft plaatsgevonden.

Tenslotte kun je je afvragen of het voorkomen van steenzoutlagen in de ondergrond van invloed kan zijn geweest op de landijsbedekking in het Saalien. Wanneer je de kaartbeelden van het voorkomen van steenzout-

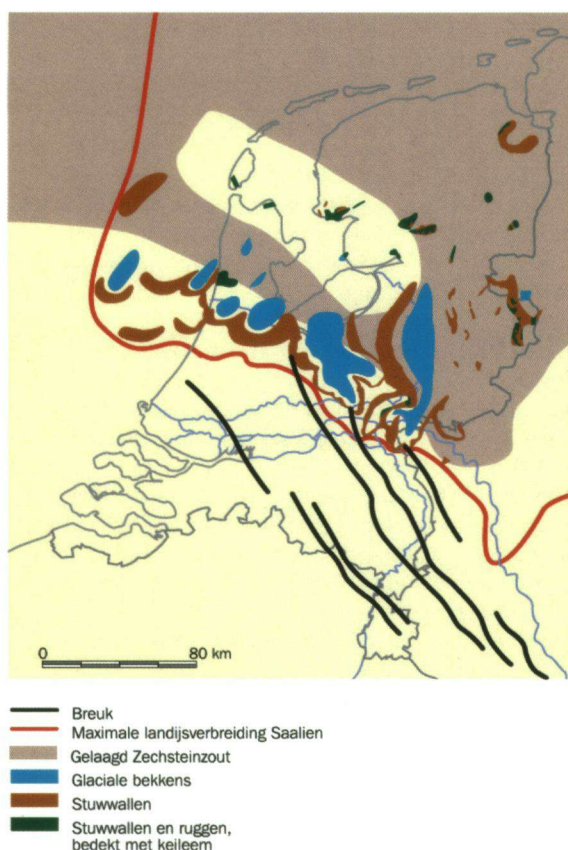
De waterscheiding tussen Drentsche Aa en Beilerstroom

Op de waterscheiding tussen Beilerstroom en Drentsche Aa komen een aantal zoutdomes voor in de ondergrond: Hooghalen, Schoonloo en Gasselte/Drouwen (Afb. 9).



Afbeelding 9. Kaartbeeld van de waterscheiding tussen Drentsche Aa en Beilerstroom met de ligging van de domes. Weergegeven is de hoogteligging van de bovenkant van de afzettingen ouder dan de Formatie van Drente (naar Bosch, 1991 en Ter Wee, 1979).

Afbeelding 10.
Zechstein zoutvoor-
komens en glaciële
verschijnselen.



lagen en ijsrandverschijnselen (de glaciële bekkens en stuwwallen in Midden-Nederland enerzijds en de overreden en gedrumliniseerde kleine stuwwallen in Noord-Nederland anderzijds) vergelijkt (Afb. 10) dan valt op dat de laatste voorkomen waar het steenzout afwezig is (het Texel IJsselmeer Hoog) en de eerst genoemden op de overgang van dit 'hoog' naar het zuidelijker gelegen gebied waar het steenzout zeer dun is. Je kunt je hierbij afvragen of een uit het noorden of noordoosten komend ijsfront in het Saalien voldoende druk kan hebben uitgeoefend op het diep liggende steenzout om verplaatsing tot gevolg te hebben, en of de beschikbare reactietijd voldoende zal zijn geweest om van invloed op het reliëf aan de oppervlakte te zijn geweest. In dat geval zou een 'glacial bulge' effect als gevolg van het zoutpakket in de ondergrond mogelijk versterkt kunnen zijn. Bij het bereiken van het Texel IJsselmeer Hoog zou een landschapspakket dan meer frictie ontvangen aan de basis en in eerste instantie kleine stuwwallen hebben gevormd die weer overreden zijn gedurende een latere fase waarbij meer zuidelijk (achter het Texel Hoog) grote stuwwallen en diepe glaciële bekkens zijn gevormd. Deze mening wordt min of meer ondersteund door de waarnemingen van Gripp (1952) die constateert dat uitvloeiing van gletschertongen van het landijs in Noord-Duitsland tijdens het Weichselien vooral daar plaats vond waar ondergrondse zoutvoorkomens afwezig zijn. Volgens de Gans et al. (1987) zou ook het voorkomen van breuken in de ondergrond, in relatie met de steenzout voorkomens, van invloed kunnen zijn geweest op de vorming van de grote Midden-Nederlandse stuwwallen en glaciële bekkens.

Conclusies

Van de drie onderzochte gebieden boven zoutdomees op het Drents Plateau lijkt er bij twee lokaties (Gasselte/Drouwen en Schoonloo) een duidelijk relatie te zijn tussen een onderliggende zoutdome en een aan de

oppervlakte liggende terreinverhoging of drainage patroon. De relatie blijkt in beide gevallen ook uit verhogingen of opwelling van de basis van de keileem. In een derde geval (Anloo) zijn deze relaties niet zo duidelijk.

De conclusie lijkt dat deze relaties alleen voorkomen wanneer de top van de dome op een diepte van minder dan 400 meter ligt.

Aan de ophoging van sedimenten boven de dome bij Schoonloo is af te leiden dat de mate van opheffing sinds het Saalien geringer is dan de opheffing in de voorgaande perioden.

De langzame opheffing van het landschap boven een zoutdome werd in Nederland vaak enerzijds weer teniet gedaan door erosie en denudatie, anderzijds door sedimentatie van dekzand. Terreinverheffingen als gevolg van zouttektoniek kwamen waarschijnlijk niet ver uit boven een waarde van 5 meter.

Gezien de ligging van domes bij Hooghalen, Schoonloo en Gasselte/Drouwen lijkt een relatie met de hierboven liggende waterscheiding tussen het Drentsche Aa systeem enerzijds en Beilerstroom / Drostendiep systeem anderzijds waarschijnlijk.

Mogelijk was er een relatie tussen de bewegingen in de domes en een permafrost gedurende het Weichselien maar dit is vooralsnog niet aantoonbaar.

Een mogelijk relatie tussen glaciële vormen/processen en zoutvoorkomens lijkt de moeite van een nadere studie waard te zijn.

Verantwoording

De heer Roel Savert was zo vriendelijk de figuren te tekenen. Guido van Oyen vervaardigde de gedetailleerde hoogtebeelden (AHN).

LITERATUUR

- Bosch, J.H.A. (1990). Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Assen West (12W) en Blad Assen Oost (12O). Rijks Geologische Dienst.
- De Gans, W. (1981). The Drentsche Aa valley system. A study in Quaternary geology Proefschrift Vrije Universiteit.
- De Gans, Wim (2006). Geologieboek Nederland /ANWB.
- De Gans, Wim, Groot, Thomas de & Zwaan, Henk (1987). The Amsterdam Basin, a case study of a glacial basin in The Netherlands. In: J.J.M. van der Meer (red) Tills and Glaciotectonics. Balkema. pp. 205 - 216.
- De Mulder, E.F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I.L., Westerhoff, W.E. & Wong, Th. (2003). De ondergrond van Nederland. Wolters Noordhoff.
- Geluk, M.C. & Wildenburg, A.F.B. (1988). Geologische inventarisatie en ontstaansgeschiedenis van zoutvoorkomens in Noord- en Oost-Nederland. Band 1 en 2. OPLA fase 1. RGD nummer 10568. Rijks Geologische Dienst.
- Gripp, K. (1952). Inlandeis und Salzaufstieg. Geologische Rundschau 40. pp. 74 - 81.
- Geologische Atlas van de Diepe Ondergrond (2004). Nederlands Instituut van Toegepaste Aardwetenschappen/ National Geological Survey. Utrecht.
- Mulder, A.J. (1950). De zoutpijler van Schoonloo. Geologie en Mijnbouw 12/6. pp. 169 - 176.
- Ter Wee, M.W. (1979). Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Emmen West (17W) en Blad Emmen Oost (17O). Rijks Geologische Dienst.