Glauconiet-houdende zanden

Gauthier Van Alboom
Vlaamse overheid
Afdeling Geotechniek

Hilde Dupont
TUC Rail

Jan Maertens
Jan Maertens BVBA
en KU Leuven

Koen Haelterma
Vlaamse overheid
Afdeling Geotechniek

Geologische context

De ondergrond in Vlaanderen bestaat voornamelijk uit quartaire en tertiaire sedimenten die in de laatste 65 miljoen jaar werden afgezet.
Het tertiaire tijdvak wordt gekenmerkt door een opeenvolging van transgressies en regressies van de Noordzee. Omdat glauconiet specifiek gevormd wordt in dergelijke mariene afzettingsmilieus, werden de meeste glauconiethoudende zanden dan ook afgezet tijdens het tertiair.

Elke glauconietkorrel is een agglomeraat van kristalletjes, en ontstaat in microlocaties met een bijzonder milieu. Zo rot in de holten van sommige kleine schaaldiertjes het levend materiaal weg waardoor zure en zuurstofarme omstandigheden ontstaan. Glauconiet slaat hierbij neer uit een gel van aluminosilicaten. De korrels nemen de vorm aan van de binnenkant van het microfossiel, waardoor de typische gelobde vorm van de glauconietkorrels ontstaat. De sedimenten waaruit glauconiet ontstaat zijn samengesteld uit kleimineralen, mica's of veldspaten.

De term glauconiet is oorspronkelijk afkomstig van het Griekse woord glaucos (γλαυκοζ) dat blauwachtig groen betekent. De karakteristieke groene kleur van glauconiet vindt zijn oorsprong in het hoge ijzergehalte.

De oppervlaktedelfstoffenkaart van Vlaanderen [1] die informatie geeft over de ligging van potentieel winbare delfstoffen als klei, leem en verschillende zandsoorten, brengt ook het voorkomen van glauconiethoudende zanden in kaart.
Om een indicatie te geven van de toepasbaarheid van glauconiethoudende zanden in bouwkundige projecten, werd de oppervlaktedelfstoffenkaart heringedeeld op basis van de glauconietgehalten *(figuur 1)*.

Horizontale arcering	*licht glauconiethoudend (<5 %)*
Schuine arcering	*matig glauconiethoudend (5% tot 40 %)*
Verticale arcering	*sterk glauconiethoudend (>40 %)*

De kleurencode van de arcering verwijst naar de geologische formatie waartoe de glauconiethoudende zanden behoren. De belangrijkste formaties zijn:

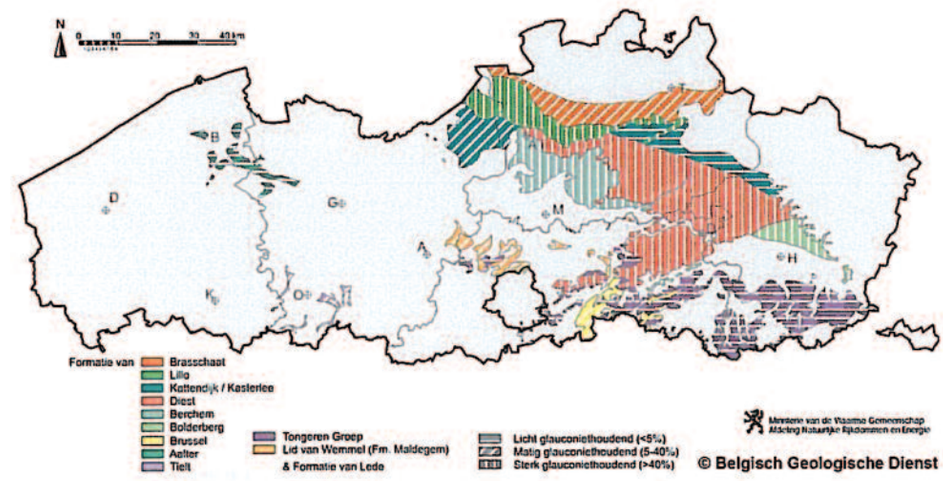
– Berchem	*tot 60% of meer*
– Diest	*tot 70%, gemiddeld rond de 50%*
– Kattendijk	*tot 40%*
– Lillo	*tot 50%*

EIGENSCHAPPEN VAN GLAUCONIETHOUDENDE ZANDEN

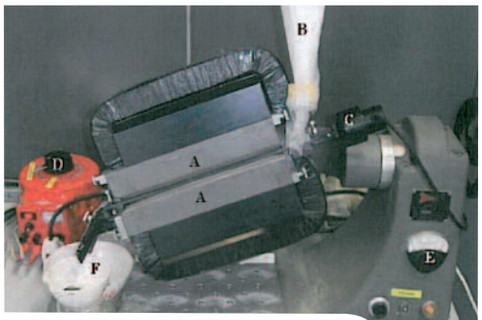
Chemische samenstelling

De algemene chemische formule van het mineraal glauconiet is:
(K, Na)(Fe,Mg,Al)2(Si,Al)4O10(OH)2.

In de algemene formule vinden we de belangrijkste elementen terug waaruit het glauconietmineraal is samengesteld. Glauconiet vertoont echter ook een grote cation exchange capacity. Dit resulteert in een hoge adsorptie capaciteit voor verschillende zware metalen, zoals As en Cr.
Het glauconietgehalte van een grondmonster wordt standaard bepaald met de Frantz magnetische separator *(figuur 2)*. Het apparaat scheidt hierbij de glauconietkorrels van de kwartskorrels met behulp van een elektromagneet. Deze scheiding wordt mogelijk gemaakt door het hoge ijzergehalte in het kristalrooster van het glauconietmineraal.
A: Elektromagneet
B: Toevoer grondmonster
C: Trillende geleider
D: Stroombron
E: Stroomindicator
F: Opvangbakjes



Figuur 1 – *Herindeling kaart oppervlaktedelfstoffen van Vlaanderen op basis van het glauconietgehalte.*



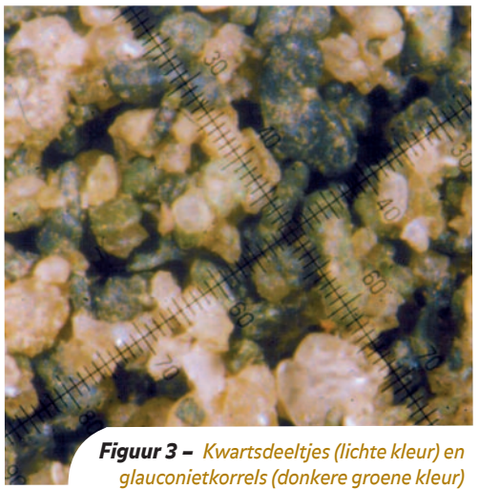
Figuur 2 – *Frantz magnetische separator.*

Samenvatting

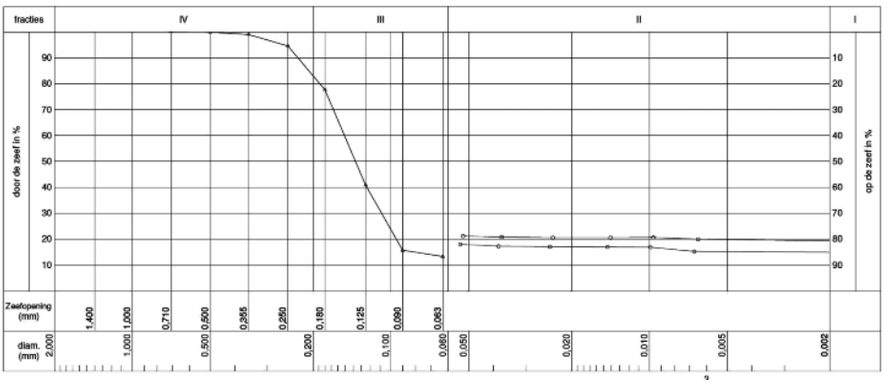
Glauconiet is een kleimineraal dat onder de vorm van donkergroene korrels in heel wat mariene zanden voorkomt. De korrels hebben nagenoeg dezelfde afmetingen als de deeltjes van de zandmatrix waarin ze voorkomen. Doordat glauconiet echter uit kleimineralen bestaat zijn ze veel zachter dan het kwartszand. Glauconietkorrels kunnen dan ook gemakkelijk vervormd en verbrijzeld worden. Dit heeft een belangrijke impact op de geotechnische eigenschappen en het gedrag van zandgronden met een significant gehalte aan glauconiet.

Mechanische bewerkingen op glauconiethoudende zanden die resulteren in een verbrijzeling van de glauconietkorrels, zoals tunnelboringen, verdichtingswerken, heiwerken, kunnen heel wat problemen opleveren. Het gedrag van de grond evolueert immers van zandig tot uitgesproken kleiig, en vereist dan ook aangepaste uitvoeringsmethoden. Doordat het poriënwater in glauconiethoudende zanden altijd ijzerhoudend is, zijn speciale voorzorgen nodig bij het uitvoeren van grondwaterverlagingen en retourbemalingen.

Dit artikel geeft een overzicht van de aard en de geotechnische eigenschappen van glauconiethoudende zanden met specifieke aandacht voor het verbrijzelingseffect. Er wordt ook uitgebreid ingegaan op praktische problemen die zich kunnen voordoen wanneer men in dergelijke zanden werkt.



Figuur 3 – *Kwartsdeeltjes (lichte kleur) en glauconietkorrels (donkere groene kleur)*



Figuur 4 – *Korrelverdeling glauconiethoudend zand.)*

Korrelverdeling

Glauconiethoudende zanden bestaan uit glauconietkorrels in een matrix van kwartskorrels

De afmetingen van glauconietkorrels zijn nagenoeg gelijk aan die van zandkorrels *(figuur 3)*.

Via een zeefanalyse worden glauconiethoudende zanden steeds geclassificeerd als zand. *Tabel 1* geeft de vergelijking van de granulometrische eigenschappen van glauconiethoudend zand van de Formatie van Berchem en Mol zand (een zuiver kwartszand). De nagenoeg gelijke karakteristieken tonen aan dat deze glauconiethoudende zanden granulometrisch tot de zandfractie geclassificeerd kunnen worden [2].

Typisch voor het korrelverdelingsdiagram van glauconiethoudende zanden is de discontinuïteit ter hoogte van de aansluiting van de zeefkromme en de sedimentatiekromme. Op *figuur 4* is duidelijk te zien dat de sedimentatiekromme een beduidend hoger gehalte aan fijne deeltjes aangeeft. Deze discontinuïteit vindt zijn oorsprong in de voorbehandeling van de sedimentatieproef. Om de fijne deeltjes van elkaar los te maken wordt het proefmonster in suspensie gebracht en daarna mechanisch geschud. Een gedeelte van de glauconietkorrels wordt daardoor verbrijzeld tot fijnere deeltjes, hetgeen resulteert in een hoger gelegen korrelverdelingscurve voor de fijnere deeltjes. Het korrelverdelingsdiagram van figuur 4 geeft 2 sedimendatiecurven weer, voor een langere en kortere duur van het schudden.

Hardheid

Glauconiethoudende zanden bestaan uit glauconietkorrels en kwartskorrels. Op de hardheidsschaal van MOHS heeft glauconiet een relatief lage hardheid van 2. Het mineraal kwarts heeft, met een relatieve hardheid van 7, een veel grotere weerstand tegen mechanische vervorming dan de glauconietkorrels. Wanneer de glauconiethoudende zanden onderworpen worden aan bepaalde krachtswerkingen kunnen deze korrels daarom gemakkelijk verbrijzelen.

Het voorkomen van glauconiet heeft ook impact op de waarden van korrelvolumemassa en poriëngetal *(zie tabel 2)*.

Verbrijzelbaarheid

Door trillingen of mechanische bewerkingen zullen glauconietkorrels gemakkelijk verbrijzelen. Het mineraal geeft hierbij colloïdale fragmenten af waardoor de fijne fractie van de grond aanzienlijk verhoogt.

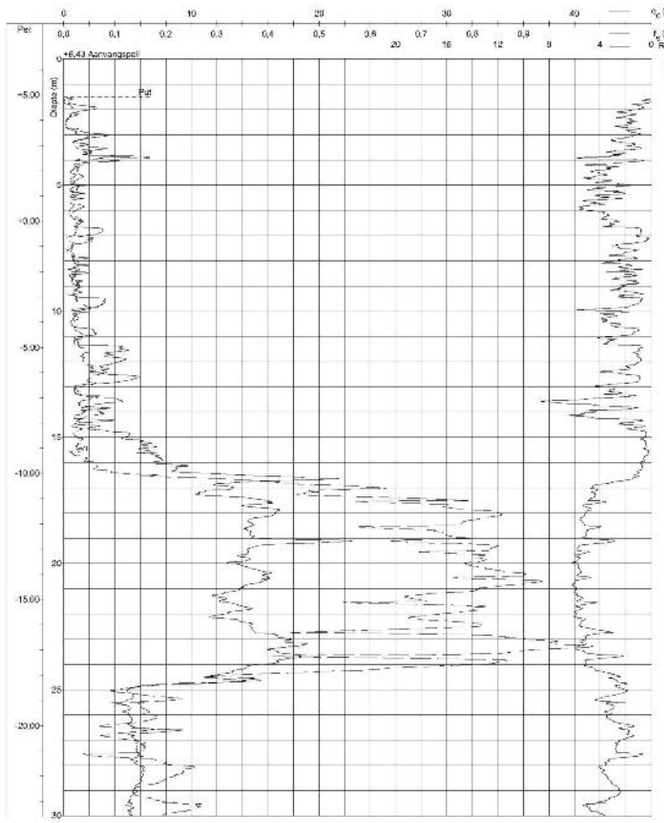
Het effect van deze verbrijzelbaarheid is niet alleen in het korrelverdelingsdiagramma te merken (zie hoger) maar resulteert ook in typische sondeerwaarden. Doordat het penetreren van de

karakteristieken	glauconiethoudend zand	zand van Mol
d_{50} (mm)	0.23	0.195
Gelijkvormigheidscoëfficient (-)	1.48	1.60
Krommingscoëfficient (-)	1.19	1.02
d_{10} (mm)	0.13	0.13

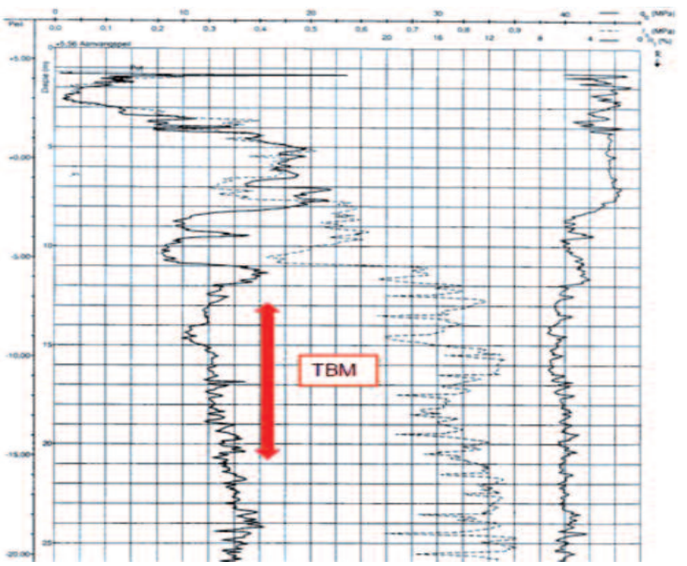
Tabel 1 – *Vergelijking van de granulometrische eigenschappen van een glauconiethoudend zand en Mol zand.*

karakteristieken	glauconiet-houdend zand	zand van Mol
Hardheid zandkorrels (Mohs)	7.0	7.0
Korrelvolumemassa (t/m³)	2.807	2.64
e_{max} . e_{max}	1.018 – 0.665	0.918 - 0.585

Tabel 2 – *Vergelijking van de hardheid, korrelvolumemassa en emax – emin waarde van een glauconiethoudend zand en Mol zand.*



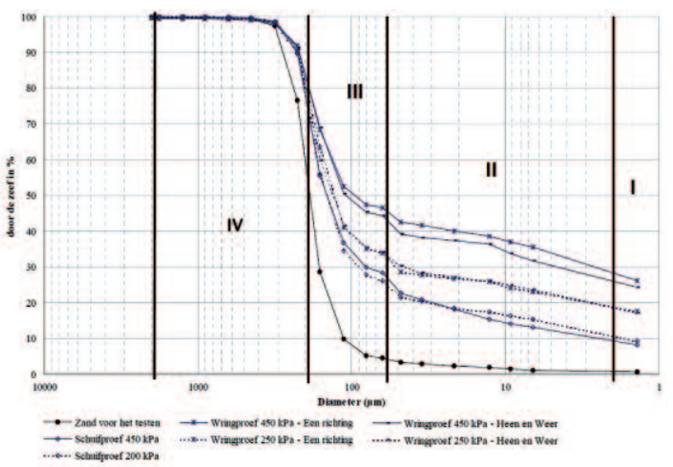
Figuur 5 – *Sondeerbeeld met glauconiethoudend zand.*



Figuur 6 – *Sondeerdiagramma, site Astridplein te Antwerpen.*

Monster	Plasticiteits-index	Korrelfractie (%)			Methyleen-blauwgetal
		IV	III	<63µm	
Onbewerkt					
1	3.4	69.4	20.7	9.9	0.79
2	3.3	69.5	20.2	10.2	0.82
Mechanische bewerkingen					
Versterkte proctorproef					
1-2 (w= 23%)-	5.9	67.6	19.9	12.5	0.98

Tabel 3 – *Waarde van plasticiteitsindex, korrelfracties en methyleenblauwgetal vóór en na proctorproef.*



Figuur 7 – *Korrelverdelingsdiagram van onbewerkte en bewerkte grondmonsters.*

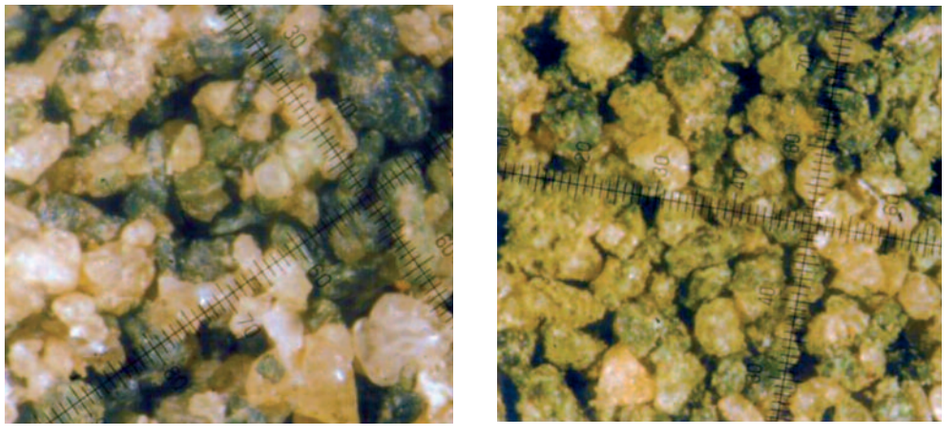
conus in belangrijkere mate door het verbrijzelen van de glauconietkorrels gebeurt krijgt men geen toename van de conusweerstand met de diepte, maar een typische nagenoeg constante qc. De toename van de fijne fractie heeft ook tot gevolg dat de plaatselijk kleef vele malen groter is dan men in zanden kan verwachten. Typische waarden van wrijvingsgetallen bedragen 4 tot 6%, zoals te zien op het sondeerdiagram (glauconiethoudend zand van de Formatie van Berchem tussen ca. 17m en 25m diepte)

Ook bij proctorproeven, uitgevoerd in het laboratorium om het gedrag van de grond bij verdichting te simuleren wordt duidelijk het effect van het verbrijzelen van de glauconietkorrels waargenomen, zoals aangetoond in *tabel 3*. (Het methyleenblauwgetal wordt bepaald in de methyleenblauwproef, die een onrechtstreekse maat voor het kleigehalte geeft).

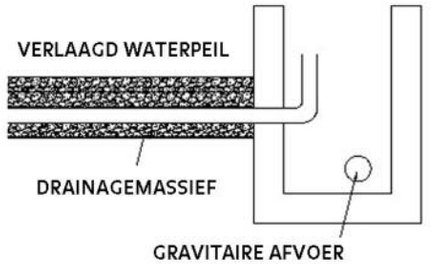
Praktische problemen

Geboorde tunnels

Bij de aanleg van de hogesnelheidslijn tussen Brussel en de Nederlandse grens werden twee tunnels geboord tussen het Astridplein en het Damplein te Antwerpen. De 1,2 km lange tunnels werden uitgevoerd met een tunnelboormachine (TBM). Tijdens de uitvoering van de eerste tunnelboring werden verschillende problemen vastgesteld, waaronder een verminderde vooruitgang van de TBM. Belangrijke hoeveelheden grond met een uitgesproken kleikarakter kleefden aan het graafrad en aan de ontzandingsinstallatie werd vastgesteld dat er zich in het afgevoerde zand grote hoeveelheden, zeer cohesieve kleibrokken bevonden. Bij voorafgaandelijk grondonderzoek werden echter geen kleilagen onderkend. De tunnel werd geboord doorheen de glauconiethoudende zanden van Antwerpen, met een glauconietgehalte tot 60%. Om de oorsprong van de kleibrokken te



Figuur 8a/b – *Microscopisch beeld: a. natuurlijk monster; b. na mechanische proeven.*



Figuur 9 – *Afvoer drainageleidingen via overloop.*

achterhalen werden verschillende bijkomende proeven op de werf en in het laboratorium uitgevoerd [3].

Proefcampagne tunnelboring Astridplein - Damplein

Terreinproeven

Bijkomend grondonderzoek werd uitgevoerd op de plaats waar de verminderde vooruitgang van de TBM werd vastgesteld. Dit grondonderzoek gaf vergelijkbare resultaten als het voorafgaandelijk grondonderzoek.
De diepsonderingen geven in de glauconiethoudende zanden een conusweerstand van 12 à 14 MPa en een wrijvingsgetal van 5 à 7 %, zie *figuur 6*.

Laboratoriumproeven

Laboratoriumproeven werden uitgevoerd op de glauconiethoudende zanden van Antwerpen waarbij de beproefde monsters resp. afkomstig waren van de tunnelboor (ontnomen in de ontzandingsinstallatie en transportband), uit de diepboring en uit de nabijgelegen bouwput aan het Astridplein. De natuurlijke monsters gaven de typische korrelverdeling voor de zanden van Antwerpen met een kleifractie van minder dan 5%. Het glauconietgehalte ligt tussen de 35 en 65%. De plasticiteitsindex kon niet bepaald worden.

Om de impact van het boorproces op het glauconiethoudend zand na te gaan werden een aantal mechanische proeven, met name de schuifproef en de wringproef uitgevoerd in het laboratorium. Bijkomend werd de invloed van de bovenbelasting, respectievelijk 200 en 450 kPa, en de bewegingsrichting in het schuifapparaat nagegaan *(tabel 4)*. Na 20 heen- en weergaande bewegingen werd ter hoogte van het schuifvlak een deelmonster ontnomen waarvan de korrelverdeling werd bepaald.

			Kleifractie (%)	plasticiteits-index (%)	Glauconietgehalte monster (%)	totaal
Natuurlijke stalen diepboring	bouwput Astrid		0.6 à 8.3	n.t.b.	35	35
	diepboring		2.65	n.t.b.	54	54
	diepboring		2.65	n.t.b.	54	54
Schuifproeven met bovenbelasting						
staal schuifvlak na schuifproef		450kN/m²	9.2	4.8	27	27
		200kN/m²	10.8	5.9	12	12
Wringproeven met bovenbelasting						
staal wringvlak na wringproef	heen en weer	450kN/m²	26.2	18.2	9	9
	heen en weer	250kN/m²	18.8	17.3	7	7
	één richting	450kN/m²	28.5	26.4	4	4
	één richting	250kN/m²	18.8	15.4	8	8
Stalen tunnelboor	voorzeef		27		17	17
	transportband		17		31	31

Tabel 4 – *Waarden kleifractie en plasticiteitsindex voor ontnomen monsters*

De mechanische proeven op de glauconiethoudende zanden blijken de eigenschappen van het materiaal aanzienlijk te wijzigen. Na het uitvoeren van de schuifproef tonen korrelverdelingsanalyses op monsters genomen in het schuifvlak een verhoging van de kleifractie tot 20%, wat meer dan het vijfvoud is van de natuurlijke grondmonsters. Het verschil in bovenbelasting van 200 en 450 kPa bij de schuifproef heeft geen significant effect op de resultaten.
Het uitvoeren van de wringproeven geeft soortgelijke resultaten als de schuifproeven. Door de wringproeven worden de glauconietkorrels nog meer vermalen wat resulteert in grotere kleifracties en een vermindering van het glauconietgehalte. De bovenbelasting speelt hier wel een rol. De monsters na de wringproeven met een bovenbelasting van 450 kPa hebben de grootste kleifractie van 26 en 29% en plasticiteitsindex 18 en 26%. De richting waarin de schuifproef wordt uitgevoerd (heen en weer of draaien in één richting) heeft geen effect op de resultaten.
De monsters van de tunnelboor (zowel de voorzeef als de transportband) geven een zeer hoog kleigehalte in combinatie met een duidelijke zandfractie. Deze samenstelling wijkt af van de gebruikelijke korrelverdeling van de zanden van Antwerpen. Maar toont veel overeenkomst met de korrelverdeling van de stalen na het uitvoeren van de schuif- en wringproeven. Bovendien blijkt er een negatieve correlatie te bestaan tussen het glauconietgehalte in het totaal monster en het kleigehalte, het kleigehalte neemt af wanneer het glauconietgehalte in het totaal monster toeneemt.
De monsters werden ook voor en na de uitvoering van de mechanische proeven microscopisch bekeken. Er kon duidelijk worden vastgesteld dat de glauconietkorrels na de uitvoering van de proeven voor een deel vermalen waren.

Uitvoeringsmodaliteiten

Om de vooruitgang van het boorschild te verbeteren werd in de praktijk een kleinere druk in het boorschild aangehouden. Deze drukvermindering is echter beperkt omdat instorting van het boorfront of overmatige zettingen van de grond in elk geval diende te worden verkomen.

Grondwaterbeheersing

Het poriënwater in glauconiethoudende zanden is altijd ijzerhoudend. Omdat er bij de beluchting van ijzerhoudend water ijzeroxydes ontstaan moeten er altijd speciale voorzorgsmaatregelen worden genomen bij de uitvoering van een grondwaterverlaging in glauconiethoudende zanden, het aanbrengen van een drainering of het uitvoeren van een hervoeding met water afkomstig uit glauconiethoudende zanden.

GRONDWATERVERLAGING

Bij het uitvoeren van een grondwaterverlaging moeten de nodige voorzorgen worden genomen om te voorkomen dat het opgepompte water belucht wordt. Dit betekent:

- Bemalingsputten dienen te worden voorzien van een zo kort mogelijke filter om te voorkomen dat er water via de filter in de put kan vallen.
- Het waterpeil in de bemalingsputten behoort nooit verlaagd tot onder de bovenkant van de filter
- Er moet ten alle prijzen worden voorkomen dat de pomp lucht kan happen.

Ook bij het lozen van het opgepompte water wordt best vermeden dat het opgepompte water sterk belucht wordt. Bij beluchting van ijzerhoudend water ontstaan ijzeroxides die niet alleen aanleiding geven tot verkleuring maar die kunnen leiden tot een verstopping van de afvoerleidingen.

DRAINERINGEN

Bij drainageleidingen kan beluchting van het af te voeren water worden beperkt door het volledig drainagemassief permanent onder water te houden. Dat kan op relatief eenvoudige wijze worden gerealiseerd door de afvoer van een drainageleiding te laten plaatsvinden via een overloop, welke zich boven de bovenkant van het drainagemassief bevindt, *zie figuur 9*.

RETOURBEMALING

Bij het uitvoeren van een retourbemaling met water dat in glauconiethoudende zanden wordt onttrokkent, moet er ten allen prijze worden voorkomen dat het water in de onttrekkingsputten, de verbindinggsleidingen en de retourputten belucht wordt. Dit betekent dat:

- Onttrekkingsputten moeten worden uitgevoerd met een voldoende korte filter en dat het waterpeil in de onttrekkingsput nooit te ver mag worden verlaagd.
- Verbindingsleidingen en de retourputten altijd onder druk moeten worden gehouden.
- Alle leidingen volledig ontlucht moeten worden vooraleer de retourbemaling in werking gesteld wordt.

Praktijkervaring opgedaan bij de bouw van de Berendrechtsluis en in de Antwerpse regio heeft geleerd dat retourputten bij beluchting van het water na enkele dagen tijd verstopt raken en dat het rendement van de retourputten na een verstopping altijd afneemt.

Bij het uitvoeren van een retourbemaling met water dat in glauconiethoudende zanden onttrokken wordt is het dus van groot belang dat de werking van de retourbemalingsinstallatie continu en in detail gecontroleerd wordt, zodat een beluchting van het water snel kan worden opgespoord.
Omdat er altijd een minimale beluchting van het afgepompte water plaats vindt is het ook aangewezen om de retourputten op regelmatige tijdstippen preventief schoon te pompen.

Mogelijke gevolgen

Wanneer bij het ontwerp van een grondwaterverlaging niet voldoende rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van glauconiethoudende zanden, dan zijn de problemen die ontstaan bij beluchting van het water alleen op een eenvoudige wijze te verhelpen voor wat de afvoer betreft.
Foutief uitgevoerde bemalingsputten en draineringen zijn zeer moeilijk te remediëren en kunnen best onmiddellijk vervangen worden. Hetzelfde geldt eveneens voor retourbemalingsinstallaties die niet met de nodige voorzorgen zijn uitgevoerd.

Praktijkvoorbeeld 1: Drainering kleine ring Antwerpen

Bij de aanleg van de kleine ring om Antwerpen diende het grondwaterpeil permanent te worden verlaagd in de zones met verdiepte ligging. Uit analyse van grondwatermonsters bleek dat het gemiddelde ijzergehalte van het grondwater, 12 mg/1 bedroeg, hetgeen zeer hoog is. Het grootste gedeelte van het ijzer komt voor onder de vorm van ijzer(lil)-ionen (Fe3+).

Om beluchting van het af te voeren water zoveel mogelijk te beperken werd ervoor geopteerd om het drainagestelsel zoveel mogelijk onder water te houden. Uiteindelijk werd de drainering uitgevoerd met poreuze buizen die om de 40m via een overloopsysteem afwateren in een afvoerput. De afvoer van het drainagewater vond vanuit de afvoerputten plaats via een dieper gelegen gravitaire leidingen plaats naar een beperkt aantal pompputten.

Het aldus aangelegd drainagestelsel is tientallen jaren zonder grote problemen in dienst gebleven. Er werd wel voorzien in een regelmatig preventief onderhoud.

Praktijkvoorbeeld 2: Retourbemaling bij de bouw van de Berendrechtsluis

In de jaren ´80 werd naast de bestaande Zandvlietsluis de Berendrechtsluis gebouwd. Om de werken volledig in den droge te kunnen uitvoeren diende op grote schaal retourbemaling te worden toegepast. Omdat het te retourneren water onttrokken werd aan een glauconiethoudende zandlaag werden volgende voorzorgen in acht genomen:

- voorafgaandelijk uitvoeren van een retourbemalingsproef waarbij gedurende 30 dagen water werd geïnjecteerd in 4 retourputten
- beperken van het te retourneren debiet tot 5 m^3/u.
- werken met onafhankelijke systemen waarbij 1 onttrekkingsput werd aangesloten op 7 retourputten. Op deze wijze werd voorkomen dat alle retourputten zouden beschadigd worden in geval van beluchting.
- regelmatig preventief schoonpompen van de retourputten.

Met deze voorzorgen is men erin geslaagd om een aantal retourputten gedurende 5 jaar in dienst te houden zonder dat er een duidelijke afname van het retourdebiet kon worden vastgesteld.

Paalfunderingen

In 1977 werden in Kallo paalbelastingsproeven uitgevoerd op 7 palen, aangezet in een dichtgepakte tertiaire zandlaag met een aanzienlijke hoeveelheid glauconiet en schelpfracties. Na het beëindigen van de proefcampagne werden de palen uitgegraven door de grond rond de palenschacht weg te lansen.

Bij het oplichten van de geheide palen stelde men vast dat een hoeveelheid grond was vastgehecht aan het onderste gedeelte van de paal. Deze grond was als het ware versteend. Door het nemen van volumeringen heeft men de volumemassa van deze versteende grond kunnen vastleggen op 2177 à 2288 kg/m^3. Door de korrelverdelingsanalyse van de grond voor het heien van de palen te vergelijken met de korrelverdelingsanalyse rond de geheide palen heeft men vastgesteld dat het gehalte aan fijne deeltjes rond de palenschacht sterk was toegenomen.
Uit deze vaststellingen kan dus afgeleid worden dat de grond rond de paalpunt van de geheide palen sterk verdicht werd door het heiproces. Door het heien van palen in glauconiethoudende zanden zal rond de paalpunt steeds een aanzienlijke hoeveelheid korrels verbrijzelen. Deze ver-

brijzeling zorgt dus voor een combinatie van een hoge conusweerstand en een hoog wrijvingsgetal. Deze eigenschap is echter niet altijd een voordeel. De hoge wrijving kan ervoor zorgen dat palen of damwanden niet tot de gewenste aanzetdiepte kunnen ingetrild worden.

Op basis van de in België gangbare berekeningsmethode voor het bepalen van het grensdraagvermogen van axiaal belaste funderingspalen [4] dient voor glauconiethoudende zanden de zijdelingse wrijvingsweerstand berekend worden met invoering van de factoren voor leem- of kleihoudend zand, en zeker niet met de factoren voor klei (wat men op basis van hoge Rf-waarde verkeerdelijk zou kunnen doen.) Hierbij dienen bij een volgende revisie van de methode wel de waarden van de begrenzing van de zijdelingse wrijvingsweerstand aangepast te worden.

Grondwerken

Bij het uitvoeren van grondwerken op of met glauconiethoudende zanden doen er zich regelmatig problemen voor omdat:

- glauconiethoudende zanden een hoog Chroomgehalte hebben, waardoor ze volgens de gangbare milieuwetgeving in feite als afvalstof moeten worden beschouwd;
- het praktisch gezien niet mogelijk is om glauconiethoudende zanden te verdichten. Bij het verdichten breken de glauconietkorrels waardoor het gehalte aan fijne deeltjes toeneemt. Naarmate er met meer energie verdicht wordt krijgt het zand dus meer en meer een kleikarakter en wordt verdichten moeilijker. Bij aanvullingen met glauconiethoudend zand kunnen de normaal gangbare verdichtingseisen nagenoeg nooit gehaald worden. De aangewezen oplossing bestaat erin om het zand gewoon uit te spreiden in dunne lagen en alleen aan te rijden;
- bij het aanleggen van werfpistes op glauconiethoudende zanden moet er terdege rekening mee gehouden worden dat de berijdbaarheid sterk kan afnemen naarmate er meer over de werfpiste gereden wordt. Vooral bij regenweer zal de berijdbaarheid sterk afnemen.

Besluit

Bij het uitvoeren van activiteiten, waarbij in een geotechnische context glauconiethoudende zanden zijn betrokken, dient bijzondere aandacht besteed aan het specifieke gedrag van deze zanden. In het bijzonder de verbrijzelbaarheid van de glauconietkorrels kan leiden tot een ingrijpende verandering van het gedragspatroon van deze gronden, van zandig naar uitgesproken kleiig.

Dit kan, zonder mitigerende maatregelen, leiden tot uitvoeringsproblemen bij geboorde tunnels, retourbemalingen, grondwerken. Hierbij wordt nogmaals het belang aangetoond van een gedegen geotechnische onderzoek mét aandacht voor de geologie. Onderzoek naar grondmechanische constitutieve modellering heeft echter volgens de auteurs enkel een academisch meerwaarde.

Referenties

[1] Rob Van Raak (2010) *Geotechnische eigenschappen van glauconiethoudende zanden.* Masterproef Industriële Wetenschappen, Bouwkunde – Artesis Hogeschool Antwerpen.

[2] Yoon, Y,W (1991) *Static and dynamic behaviour of crushable and non-crushable sands.*

[3] Dupont en Maertens, 2002. *Bespreking resultaten onderzoek naar aanleiding van problemen bij uitvoering 1ste tunnelboring.*

[4] WTCB-rapport nr. 12, *Het grondmechanisch ontwerp in de uiterste grenstoestand van axiaal op druk belaste funderingspalen.*

[5] J.C.F. Tedrow *Greensand and Greensand soils of new Jersey: a review.*

DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL

DSI

Vestiging België
Industrieweg 25
B-3190 Boortmeerbeek
Tel. 0032 16 60 77 60
Fax 0032 16 60 77 66
E-Mail info@dywidag.be

Vestiging Nederland
Veilingweg 2
NL-5301 KM Zaltbommel
Tel. 0031 418 578 922
Fax 0031 418 513 012
E-Mail hverdaasdonk@dsi-nl.nl

UW PARTNER IN GEO TECHNIEK

- GROUTANKERS — DYWIDAG voorspanstaven – strengen *GEWI*® staal – DYWI DRILL®
- PALEN — *GEWI*® palen – RR palen – DYWI DRILL®
- DAMWAND ANKERS — DYWIDAG voorspanstaven – strengen *GEWI*® staal

www.dywidag-systems.com