

Verstopping putten door van nature aanwezig materiaal

DRS. H. TIMMER, WATERMAATSCHAPPIJ ZUID-HOLLAND OOST

IR. J-D. VERDEL, IWACO

DR. ING. A. JONGMANS, WAGENINGEN UNIVERSITEIT

Resultaten van recent onderzoek demonstreren dat de verstopping van putten die anaëroob grondwater onttrekken aan fluviatiele, zandige afzettingen wordt veroorzaakt door mobilisatie en accumulatie van organisch materiaal, klei en zanddeeltjes die van nature in dit watervoerend pakket aanwezig zijn.

De Watermaatschappij Zuid-Holland Oost (WZHO) bereidt drinkwater uit (oever)grondwater. Dit water wordt met putten onttrokken uit Pleistocene, fluviatiele, zandige afzettingen. De gemiddelde verblijftijd varieert per puttenveld van drie tot tien-tallen jaren. Tijdens deze bodempassage wordt het water volledig anaëroob.

Bij vrijwel alle putten daalt de specifieke capaciteit na enkele jaren tot circa 50 procent van de waarde bij oplevering. Uit stijghoogtemetingen in de omstorting van de put blijkt dat deze verstopping niet in de filterspleten of in de omstorting plaatsvindt, maar in de oorspronkelijke formatie rondom het putfilter. In de jaren zeventig en tachtig is onder-

zoek uitgevoerd naar de oorzaak en de bestrijding van deze vorm van putverstopping.

Toen werd geconcludeerd dat de oorzaak mogelijk ligt in sulfaatreducerende bacteriën die ijzersulfideneerslagen vormen, waarbij zowel de bacteriegroei als de neerslagen passerend materiaal invangen en op deze wijze de put verstoppert. Tevens is een regeneratiemethode aangereikt gebaseerd op de dosering en verdringing van 30 procent chloorbleekloog of zeven procent waterstofperoxide-oplossing gecombineerd met 'jutteren'.

Op de lange duur bleek deze regeneratiemethode echter steeds minder effectief, in het bijzonder op ZS Rodenhuis te Bergambacht. Tevens bleek dat nieuwe putten veel sneller

verstopt raakten dan verwacht. Extrapolatie van deze trend leidt voorzienbaar tot verlies van wincapaciteit, hoge regeneratie kosten en grote investeringen in nieuwe putten. Deze factoren vormden de aanzet voor een uitgebreid onderzoek met als doelen kennis te krijgen van de plaats, aard en oorzaak van de verstopping, en hieruitvolgend de ontwikkeling van een effectievere regeneratiemethode. In dit artikel wordt het eerste doel beschreven.

Voor het onderzoek zijn verticale grondmonsters gestoken en geanalyseerd, een vier-tal sterk verstoppene putten uitgeboord van 500 tot 1000 mm, waarbij de uit de oorspronkelijke boorgatwand horizontale steekmonsters zijn genomen (zie afbeelding 1), waarnemingsbuisen geplaatst, pomp- en putproeven uitgevoerd en watermonsters genomen tijdens normaal bedrijf en regeneratie.

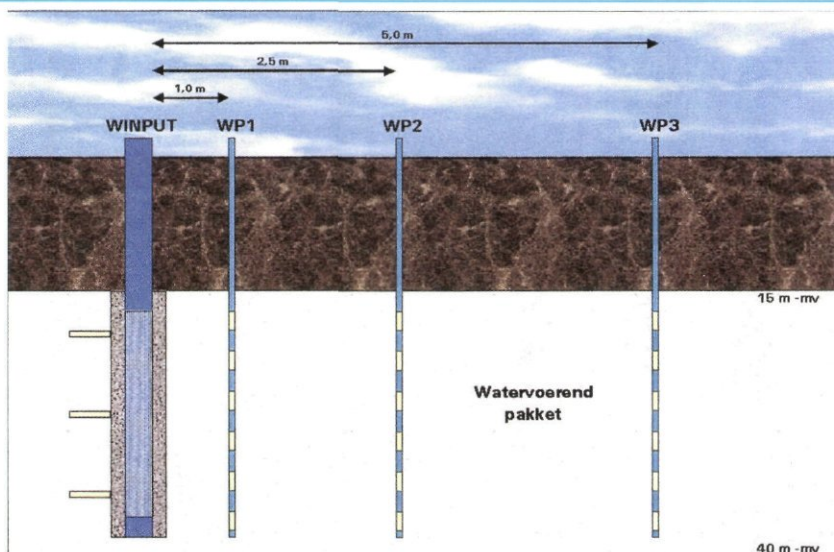
Bij het uitboren is eerst de bestaande put inclusief omstorting verwijderd, waarna enkele horizontale steekmonsters zijn genomen van de oorspronkelijke boorgatwand. Hiervoor is in samenwerking met de firma Haitjema een speciaal steekmonsterapparaat ontwikkeld. Na deze monsternamen is het boorgat uitge ruimd naar 1000 mm en afge- werkt als pompput. Met name de analyse van de grondmonsters en het uitboren van een viertal putten heeft veel informatie opgele- verd (zie afbeelding 1).

Resultaten

Uit de zeefkrommes van de grondmonsters tussen tien centimeter en vijf meter afstand van de put blijkt dat de korrelgrootte-verdeling niet significant verschilt. De flinke stroomsnelheid nabij de put en het periodiek jutteren veroorzaakt blijkbaar geen grootscha- lig selectief horizontaal transport van zandig materiaal, hetgeen betekent dat de primaire korrelmatrix van het watervoerende pakket niet door de grondwateronttrekking wordt beïnvloed.

Stereomicroscopische waarnemingen in niet geïmpregneerde grondmonsters, gestoken op minder dan 10 á 15 cm van de boorgatwand, laten zien dat er tussen de grovere zandkorrels van het sediment, concentraties (huidjes) voor- komen bestaande uit een mengsel van organi- sche stof deeltjes, mineraal materiaal in de siltfractie (voornamelijk bestaande uit kalk) en klei. Chemische behandeling van deze monsters met 35 procent waterstofperoxide veroorzaakt een sterke opbruising. Na droging is te zien dat de grovere zandkorrels schoon zijn omdat de organische stof is afgebroken. Behandeling met zoutzuur veroorzaakt even- eens een sterke opbruising als gevolg van vorming van koolzuur tijdens ontkalking. Na

Afb. 1: Overzicht monsternamen bij put 4 en de plaatsen van de waarnemingsbuisen



beide chemische behandelingen is een residu zichtbaar dat fijn (kleiner dan 50 µm) van textuur is.

Ongestoorte grondmonsters zijn onder vacuüm geïmpregneerd met een polyesterhars. Na uitharding zijn 30 µm dikke slijpplaten gemaakt en bestudeerd met een optische microscoop. Enkele monsters zijn onderzocht met een scanning elektronen microscoop (SEM), waarbij enige chemische analyses zijn uitgevoerd via 'elektron dispersive X-ray analyse (EDXRA).

Het slijpplaat onderzoek laat zien dat in het oorspronkelijke geologische sediment

organische stofdeeltjes voorkomen tot één centimeter in grootte, vaak met een nog herkenbare celstructuur. Tevens worden kalkkorreltjes kleiner dan 50 µm en kleiballetjes tot een grootte van twee centimeter waargenomen. Slijpplaten van grondmonsters direct rond de boorgatwand demonstreren dat in de nauwe poriënhalzen tussen de zandkorrels huidjes voorkomen bestaande uit organische stof- en minerale siltdeeltjes, voornamelijk bestaande uit kalkkorreltjes, en klei (zie de foto's).

SEM-waarnemingen demonstreren soortgelijke huidjes. De EDXRA-analyse laat zien dat ze bestaan uit koolstof, silica, aluminium en calcium. Het feit dat afzonderlijke huidjes

meerdere zandkorrels bedekken geeft aan dat deze huidjes zijn gevormd na de afzetting van het geologische sediment. Kleimineralogisch onderzoek van de huidjes toont aan dat er illiet, kaolinit en een geringe hoeveelheid smectiet aanwezig is. Slijpplaten van horizontaal gestoken, ongestoorde monsters demonstreren dat de huidjes voornamelijk voorkomen op minder dan tien centimeter afstand van de putwand. In slijpplaten genomen op een grotere afstand komen deze verschijnselen niet meer voor.

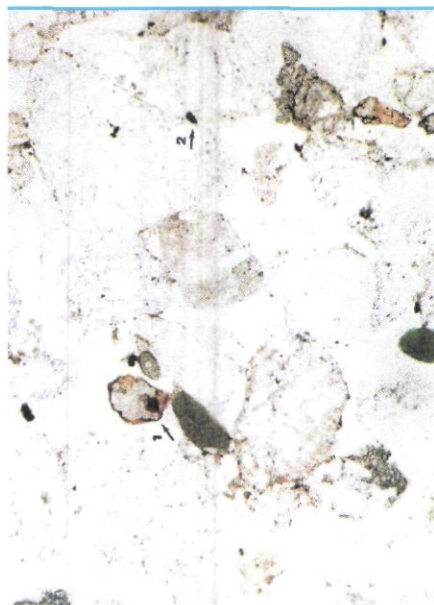
Pyriet is in een geringe hoeveelheid waargenomen als individuele framboiden (30 tot 50 µm), regelmatig verspreid liggend tussen de zandkorrels op elke afstand van de put. Er is geen preferente concentratie zichtbaar, hetgeen aantoont dat ijzersulfiden niet verantwoordelijk zijn voor de verstopping.

Kwantificering van het poriënvolume door tellingen in slijpplaten demonstreert dat binnen 10 centimeter van de boorgatwand een porositeitsreductie van ongeveer 50 procent heeft plaatsgevonden. Op een afstand groter dan 30 cm is geen porositeitdaling waargenomen (tabel 1).

Zowel voor- als na het uitboren van put 4 is een pompproef uitgevoerd. Uit de analyse blijkt dat na het uitboren van de put het skinverlies van de uitgeboorde put slechts 37 procent bedraagt van de waarde voor het uitboren.

Uit de watermonsters blijkt dat bij regeneratie met waterstofperoxide of chloorbleekloog met name ijzer, mangaan, sulfaat, calcium en DOC uit het bodemmateriaal vrijkomt. Het vrijkomend ijzer en sulfaat kan worden verklaard met de relatief hoge concentraties ijzersulfiden (pyriet) in het oorspronkelijke aquifer materiaal. DOC komt vrij bij de oxidatie van organisch materiaal.

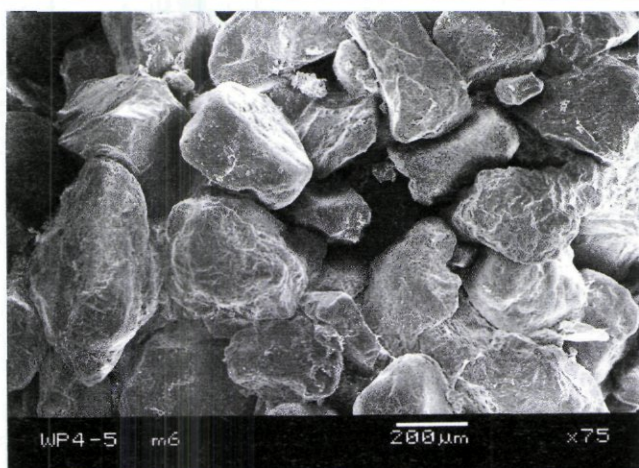
Afb. 2: Micromorfologische opname op 2,5 m afstand van put 4. De grondmassa bestaat uit grovere zandkorrels. Huidjes in holten zijn afwezig. Kalkkorrels omgeven door een ijzerhuidje (1) komen voor, evenals fijne, donkere deeltjes organische stof (2). Afmeting bedraagt één bij anderhalve millimeter.



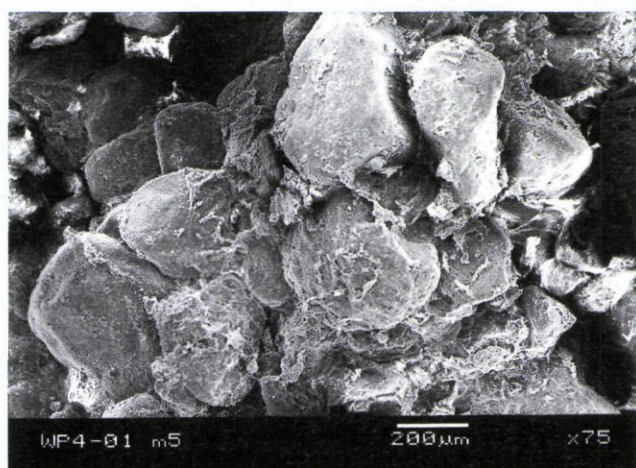
Afb. 3: Micromorfologische opname van sediment op 10 cm afstand van put 4. Opvallend is de calciet-korrel omgeven door een ijzerhuidje (1). In de intergranulaire holten komen huidjes (2) voor bestaande uit klei, organische stof en fijne minerale delen waaronder calciet. Afmeting ook één bij anderhalve millimeter.



Afb. 4: SEM, vijf meter afstand van put 4. Afmeting foto is 1,2 bij 1,8 mm.



Afb. 5: SEM, 10 cm afstand van put 4. Afmeting foto ook 1,2 bij 1,8 mm.



Putnr.	horizontale afstand tot boorgatwand	diepte (m - maaiveld)	zandkorrels (volume %)	holten (volume %)	huidjes (volume %)
4	0,10 m	17	72 ± 1,4	15 ± 1,1	13 ± 1,0
	0,30 m	25	75 ± 1,2	25 ± 1,2	0,0
	0,40 m	21	74 ± 1,3	26 ± 1,3	0,0
	5,00 m	21	73 ± 1,4	27 ± 1,4	0,0
2	0,01-0,05 m	25	69 ± 1,4	15 ± 1,2	16 ± 1,2
	0,08-0,14 m	25	70 ± 1,5	27 ± 1,4	2 ± 0,4

Tabel 1: Resultaat poriëntellingen slijpplaten.

In de watermonsters na mechanische regeneratie zijn slechts geringe hoeveelheden sulfaat reducerende bacteriën gevonden.

Conclusies

Uit de combinatie van optische mineralogie en SEM-analyse kan worden geconcludeerd dat de verstopping bestaat uit plantaardig materiaal, mineraal silt (met name kalkdeeltjes) en klei (illiet en kaolinit).

Uit de horizontaal gestoken ongeroerde monsters wordt geconcludeerd dat de verstopping zich concentreert in de eerste tien centimeter vanaf de boorgatwand. De pompproeven bevestigen dit beeld. De afname van het skinverlies bij het uitboren geeft aan dat 63 procent van de verstopping zich in de eerste 250 mm bevindt.

Geconcludeerd wordt dat plantaardig materiaal, kwartsdeeltjes, silt kalkbrokjes en kleideeltjes, die van nature in geringe concentraties in het sediment voorkomen, door de onnatuurlijke wijziging van de grondwaterstroming geforceerd in de richting van de put worden getrokken en daar accumuleren in de poriehalzen van de korrelmatrix. Het betreft deeltjes van 0,001 tot 10 µm. Deze accumulatie veroorzaakt een reductie van het poriënvolume en een afname van de permeabiliteit van het watervoerende pakket in de directe omgeving van de put.

De tot op heden gangbare theorie over putverstopping in het rivierengebied, waarbij microbiologische activiteit, sulfaatreductie en de neerslag van ijzersulfiden een rol speelde, is hiermee verworpen.

Dat het verstoppend materiaal op de boorgatwand accumuleert en niet in de omstorting kan worden verklaard met de hypothese dat hier tijdens het boren en afwerken van de put aanknopingspunten ontstaan. Bij putten geboord met de zuigboormethode, worden tijdens het boorproces fijne deeltjes uit de boorspoeling op en in de boorgatwand afgezet.

Bij (puls) boringen wordt de boorgatwand enigszins 'versmeerd'. In beide gevallen ontstaat een initiële porie-afname die de in dit artikel beschreven verstopping bevordert. Vergelijking van de verstoppingsnelheid van beide typen putten demonstreert dat het bij gepulste putten langer duurt voordat een eerste regeneratie nodig is. Dit wijst erop dat de initiële verstopping bij deze boormethode geringer is.

Eenmaal begonnen wordt het accumulatieproces versterkt doordat ter plaatse van de boorgatwand de concentratie meegevoerde deeltjes het grootst is. Aangetoond is dat het verstoppingmechanisme beduidend sterker is dan de erosieve krachten van de steeds hogere watersnelheden in het verminderde poriënvolume.

De werking van de regeneratietechniek met oxidatiemiddelen in combinatie met jutteren berust op het feit dat het organisch materiaal uit de verstopping wordt geoxideerd en dat de losgekomen overige bestanddelen door het jutteren worden gemobiliseerd waarna ze afgepompt kunnen worden.

Voor het putontwerp betekent dit dat tijdens de aanleg zoveel mogelijk voorkomen moet worden dat op de boorgatwand aanknopingspunten waartegen fijne sedimentdeeltjes kunnen accumuleren. De pulsboormethode voldoet in dit opzicht beter dan de zuigboormethode. Bij de laatstgenoemde methode dient een spoeling te worden gebruikt waarin zo min mogelijk deeltjes voorkomen. Ook kan worden gedacht aan het schrapen van de boorgatwand na het boren. Of de meerkosten hiervan opwegen tegen de geringere regeneratiekosten is echter de vraag.

Het boren van een grotere diameter geeft voordelen omdat een groter boorgat oppervlak ontstaat. Aangezien bij een gelijke capaciteit de hoeveelheid toestromende deeltjes niet verandert, zal het langer duren voordat de put verstopt is. Hiermee wordt de periode tussen

regeneraties verlengd. Het verstoppingproces op zichzelf wordt door een grotere boordiameter niet verminderd.

Door dit onderzoek en diverse experimenten is de regeneratiemethode binnen WZHO aangepast. Bij sterk verstopte putten wordt nu waterstofperoxide met hogedruk tot ver in de omstorting gebracht, waardoor een directer contact ontstaat met de verstopping op de boorgatwand. Uit de eerste evaluatie blijkt dat het directe resultaat niet opvallend beter is, maar dat de verstopping significant minder snel terugkomt.

LITERATUUR

Bioclear (1998). Specifieke detectie van sulfaatreducerende bacteriën in grondwatermonsters.

Jongmans A. (1999-2000). Putverstopping in het puttenveld Bergambacht van WZHO. Onderzoeksrapport 1, 2 en 3.

McDowell-Boyer L. e.a. (1986). Particle transport through porous media. Water Resources Research nr. 22.

Olsthoorn T. en S. van Harlingen (1994). Infiltratieputten: schoon boren door wandschrapen. H₂O nr. 21.

Tiebosch T. (2000). Resultaten tweede pompproef Rodenhuis (definitief). Intern memorandum WZHO.

Uffink G. (1980). De bepaling van de doorlatendheid van watervoerende pakketten. RID-mededeling 80-8.

Van Beek C. (1989). Putverstopping in het Nederlandse rivierengebied. Nota ten behoeve van de Goudse watermaatschappij. Kiwa, Nieuwegein.

Van Beek C. (1989). Putverstopping in het Nederlandse rivierengebied. Samenvatting van het uitgevoerde onderzoek SWE 89.010.

Van Steenwijk J. (1986). Putregeneratie met waterstofperoxide. SWE 86-009. Kiwa, Nieuwegein.

Verdel J.-D. en H. Timmer (2000). Onderzoeksrapport putverstopping winning Rodenhuis 1998-2000. Concept eindrapport augustus 2000. WZHO.