

De toepassing van het in geohydrologische zin isoleren van een bouwplaats door middel van een waterremmend scherm

Inleiding

In de Noordoostpolder nabij Tollebeek wordt in opdracht van het Zuiveringschap West-Overijssel en onder directie van het raadgevend ingenieursbureau Witteveen + Bos een rioolwaterzuiveringsinrichting gebouwd. Het afvalwater, dat in de Noord-oostpolder wordt geproduceerd, zal daar biologisch worden gezuiverd. De bouw van de verschillende onderdelen van deze inrichting zal in den droge geschieden. Een aantal grondmechanische en geohydrologische onderzoeken is uitgevoerd om



ING. M. H. v. ZUYLEKOM
Zuiveringschap West-Overijssel,
hoofd afdeling
Civiele Techniek



IR. J. SCHONEVELD
Witteveen + Bos,
raadgevend ingenieursbureau
te Deventer

verschillende methoden van grondwater-onttrekking op hun kwalitatieve en kosten-technische waarden te beoordelen. De slechte bodemopbouw ter plaatse heeft tot de wens geleid om de bouwplaats in geohydrologische zin te isoleren van de omgeving. De wijze waarop deze isolatie is uitgevoerd, wordt in het navolgende beschreven.

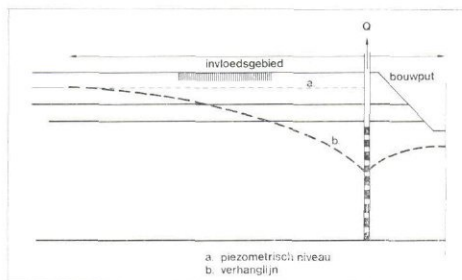
Vooronderzoek

Ten behoeve van het funderingsadvies en de wijze van uitvoering is op het terrein van de te bouwen rwzi een groot aantal middelzware en zware sonderingen uitgevoerd in combinatie met een beperkt aantal diepe boringen.

Daarnaast zijn een aantal ondiepe boringen verricht om inzicht te verkrijgen in samenstelling en hoedanigheid van de bovengrond.

Het bodemprofiel alsmede het geohydrologisch systeem kan als volgt worden geschematiseerd:

- 0 tot 15 m – m.v.
een afwisseling van in dikten variërende klei- en veenlagen, zijnde het afdekkend semi-permeabele pakket;
- 4 tot 15 m – m.v.
matig fijn tot matig grof zand overgaand in grof zand met grind. Deze lagen vormen het hier aanwezige watervoerende pakket;



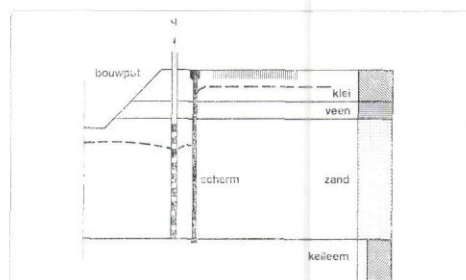
Afb. 1 - Bouwput met bronbemaling.

• 15 tot 20 m – m.v.
keileem, welke hier als basis van het ondiepe geohydrologische systeem opgevat kan worden.

In het laboratorium zijn de gebruikelijke proeven uitgevoerd op monsters van de verschillende representatieve lagen.

Voor het drooghouden van de bouwput zijn in hoofdzaak drie mogelijke alternatieven onderzocht t.w.:

- bronbemaling, zoals gebruikelijk toegepast
 - bronbemaling in combinatie met retourbemaling
 - beperkte bronbemaling met toepassing van een waterremmend scherm om het bouwterrein.
- Bij vergelijking van de alternatieven is gebleken dat de kosten van een waterremmend scherm en een volledige bronbemaling, inclusief herstelwerkzaamheden in de omgeving en schadevergoedingen maar exclusief bezwaar van zoute kwel en kosten voor ophoging naar de oorspronkelijke terrehooft, in dezelfde orde van grootte liggen; de kosten van het



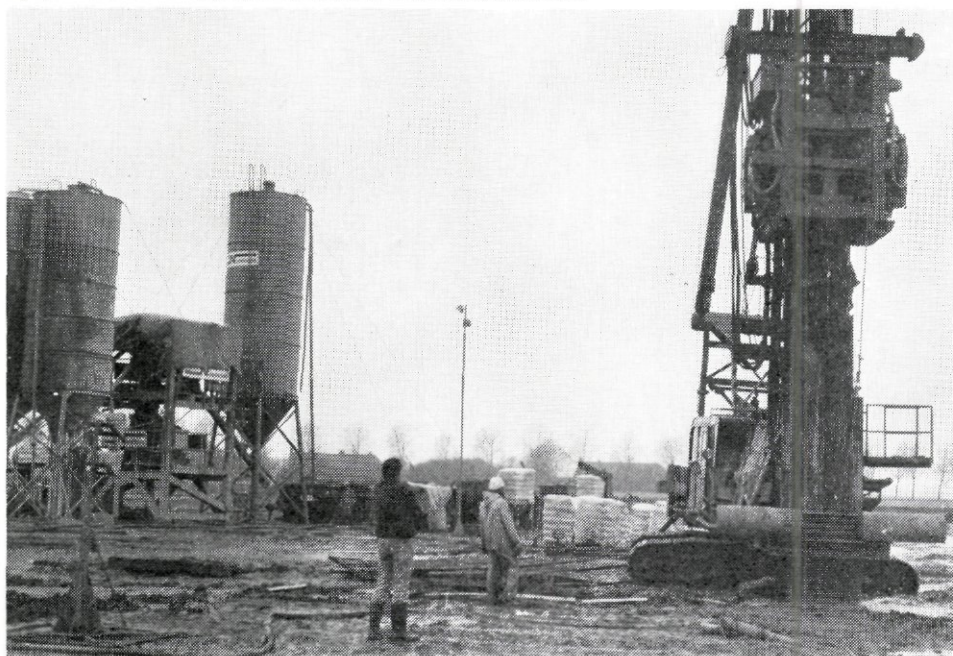
Afb. 2 - Bouwput met waterremmend scherm.

systeem van bemaling met retourbemaling liggen aanzienlijk hoger.

Principe waterremmend scherm

Het principe van de toepassing van een verticaal waterremmend scherm berust op de beperking van de toestroming van grondwater naar de droog te houden bouwput. De ter plaatse van het zuiverings-terrein aanwezige keileemlaag op ca. 15 m diepte zorgt er voor dat ook toestroming van grondwater van onderaf nihil zal zijn. Hiermee wordt in geohydrologisch opzicht een vrijwel volkomen isolatie ten opzichte van de omgeving bereikt, waardoor het mogelijk wordt de grondwaterstand binnen het scherm tot op de gewenste diepte te verlagen zonder dat dit verlagingen van de grondwaterstand in de omgeving met zich meebrengt (afb. 1 en 2). Het inbrengen van het scherm gebeurt door het intrillen van een speciaal daartoe geconstrueerd I-profiel met een zware vibrator, gemonteerd op een mobiele kraan. Nadat de gewenste diepte is bereikt, wordt het profiel al trillend weer getrokken waarbij via spuitmonden aan de onderzijde

Afb. 3 - Kraan met I-profiel en vibrator en de menginstallatie.



van het profiel onder hoge druk een bentoniet-cement specie in de vrijkomende sleuf wordt geperst (afb. 3).

Door het steeds overlappend herhalen van deze werkwijze ontstaat een gesloten verticale wand met een dikte van ca. 80 mm.

Gestelde eisen t.a.v. waterdoorlatendheid

Voor de controle van de kwaliteit van het aangebrachte scherm is gekozen voor het uitvoeren van een kortdurende bemalingsproef van vijf dagen.

Ter beoordeling van het waterremmend vermogen van het scherm waren een aantal eisen geformuleerd met betrekking tot het bronbemalingsdebiet en potentiaaldalingen binnen en buiten het scherm.

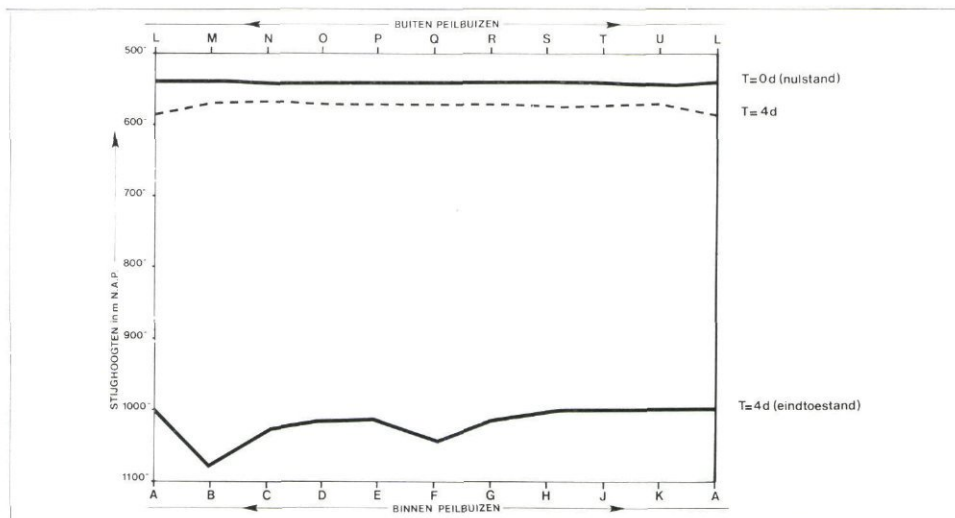
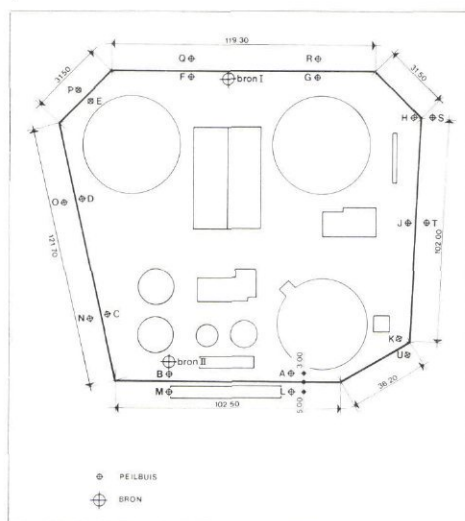
De criteria waaraan moest worden voldaan luiden:

— een gemiddelde maximum potentiaaldaling van 0,15 m aan de buitenzijde van het scherm, bij een grondwaterstands daling van 5,00 m binnen het scherm; bovendien mocht op geen enkel punt de daling groter zijn dan 0,50 m. Als referentieniveau hiervoor dienden de gemiddelde waarden van waarnemingen van 5 peilbuizen op afstanden van 200 m tot 400 m vanuit het centrum van de bouwput;

— een debiet uit de bouwput van maximaal 20 m³/h bij bovenstaande verlagingen, exclusief neerslaghoeveelheden. Voor het uitvoeren van deze beproeving is de volgende meetopstelling geïnstalleerd (afb. 4):

— binnen het scherm 2 bronnen Ø 200 mm tot op 15 m – m.v. met een filterlengte van 10,00 m, waarin onderwaterpompen met momentaan en totaal registrerende debietmeters;

Afb. 4 - Situatie waterremmend scherm met peilbuizen en bronnen.



Afb. 5 - Verloop stijghoogten in de lengtedoorsnede van het scherm.

— zowel binnen als buiten het scherm 10 peilbuizen tegenover elkaar geplaatst, met filters tussen 9,00 en 10,00 m – m.v.;

— op afstanden van 200 m tot 400 m vanuit de bouwput 5 peilbuizen met filters in de watervoerende zandlaag. Met deze opstelling is gedurende de periode 7 t/m 11 december 1981 de beproeving uitgevoerd.

Beproeversresultaten

Bij de verwerking van de meetresultaten is onderscheid gemaakt in:

- een beoordeling van de (semi-)stationaire eindtoestand op grond van de gestelde eisen;
- een verdergaande uitwerking van de waarnemingen gedaan aan peilbuizen en gemeten debieten gedurende de periode dat de grondwaterstand aan de binnenzijde van het scherm daalde tot het vereiste niveau. Deze periode kan gekarakteriseerd worden als het niet-stationaire gedeelte van de beproeving. Doel hiervan was te komen tot een getalsmatige beoordeling van het scherm op grond van de hieruit afgeleide gemiddelde doorlatendheid (= k-waarde) in situ van het gebruikte bentoniet-cement mengsel.

ad. a. (semi-)stationaire eindtoestand

Toetsing op de aan het scherm gestelde eisen is gedaan door het debiet gedurende de laatste 2 dagen van de beproeving terug te brengen naar 20 m³/h en aan het einde hiervan de verlagingen ten opzichte van de begintoestand vast te stellen. De gemeten waarden in deze (semi-)stationaire eindtoestand dienden, wat betreft de buiten peilbuizen, gecorrigeerd te worden op fluctuaties in de grondwaterstanden in de omgeving als gevolg van neerslag en

polderbemaling. De gecorrigeerde waarden van de eindverlagingen aan weerszijden van het scherm zijn per peilbuis opgenomen in tabel I, terwijl in afb. 5 het verloop van de stijghoogten in lengtedoorsnede van het scherm is uitgezet.

In deze doorsnede is duidelijk de invloed van de twee bronnen op de buizen B en F te zien.

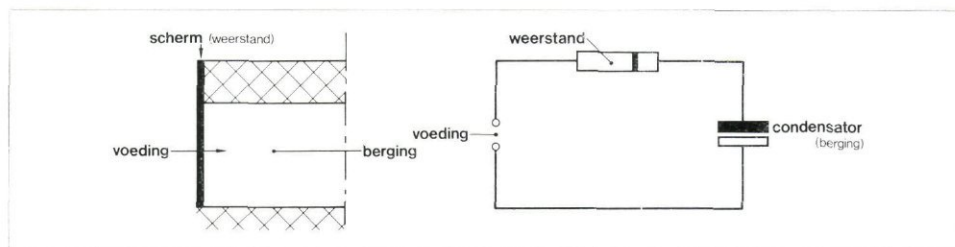
TABEL I - Gecorrigeerde verlagingen binnen en buiten het scherm.

Peilbuis	Gecorrigeerde verlaging in m	
	binnen	buiten
A/L	4,60	0,31
B/M	5,39	0,21
C/N	4,89	0,14
D/O	4,76	0,10
E/P	4,74	0,07
F/Q	5,02	0,05
G/R	4,75	0,07
H/S	4,62	0,10
J/T	4,59	0,10
K/U	4,55	0,14
Gemiddeld	4,79	0,13

Het relatief 'zwakste' gedeelte van het scherm is tussen de peilbuizen L en M waar als gevolg van een geringe extra toestrooming de potentiaal met respectievelijk 0,31 en 0,21 m gedaald is. Het debiet in de laatste fase, gecorrigeerd op neerslaghoeveelheden tijdens deze periode, bedroeg 16 á 17 m³/h oftewel 82 % van het toelaatbaar debiet. De gemiddelde verlaging, welke nog niet volledig was gestabiliseerd, bedroeg 95 % van de vereiste eindverlaging.

ad. b. Niet-stationair verloop

Voor het verkrijgen van getalswaarden ten aanzien van de doorlatendheid van het scherm is het watervoerend pakket binnen het scherm geschematiseerd tot een systeem met lek als invoer, bronbemaling als



Afb. 6 - Schema: scherm - RC-kring.

uitvoer en berging. Hierbij zijn de volgende aannamen gedaan:

— er is geen toevoer van kwelwater door de onder het scherm aanwezige keileemlaag;

— de voeding vanuit het afdekkend klei/veenpakket zal zeer langzaam op gang komen en diengevolge over de beproevingsperiode te verwaarlozen zijn. Het aldus omschreven systeem is analoog aan een elektrisch systeem bestaande uit voeding, weerstand en condensator, RC-kring genoemd. Beide systemen zijn schematisch weergegeven in afb. 6.

Uitgaande van een gegeven begintoestand zullen beide systemen identiek reageren hetgeen in het geval van het scherm beschreven kan worden met de volgende vergelijking:

$$H-h = (D-QC) e^{-\frac{t}{UC}} + QC$$

Waarin:

- H = potentiaal buitenzijde (m)
- h = potentiaal binnenzijde (m)
- D = verlaging op tijdstip $t=0$
- Q = debiet (m^3/h)
- C = weerstand scherm (h/m^2)
- U = bergingsconstante (m^2)
- t = tijd (h)

In deze vergelijking zijn de waarden van C en U onbekenden.

Door nu het verloop van daling van de waterstand binnen het scherm uit te zetten

tegen de tijd, is het mogelijk voor de verschillende fasen van de beproeving waarden voor C en U af te leiden. In afb. 7 is dit verloop uitgezet op basis van de gemeten waarden op discrete tijdstippen. Tevens is op deze afbeelding de variatie in debieten aangegeven. Beperking van deze gegevens leverde voor de verschillende fasen waarden voor C en U en hieruit volgend waarden voor de gemiddelde doorlatendheid van het scherm (k-waarde) en de bergingscoëfficiënt (S-waarde) van het hier aanwezige zandpakket. Deze waarden zijn opgenomen in tabel II.

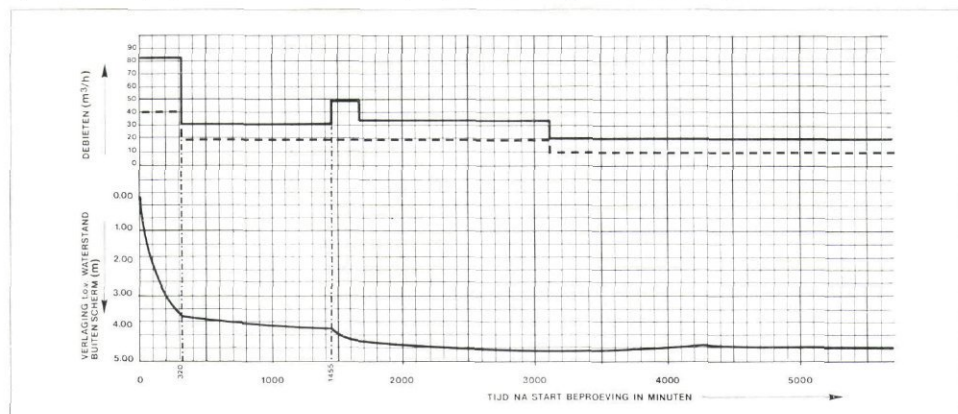
TABEL II - Waarden voor de doorlatendheid van het scherm en de bergingscoëfficiënt van de ondergrond.

Fase	Debiet (m^3/h)	C (h/m^2)	k (m/s)	U (m^2)	S (-)
1	81,2	0,05	$8,2 \times 10^{-8}$	46,73	$2,2 \times 10^{-3}$
2	31,0	0,13	$3,1 \times 10^{-8}$	—	—
3	48,2	0,09	$4,4 \times 10^{-8}$	12,63	$6,0 \times 10^{-4}$
4	20,0	0,23	$1,8 \times 10^{-8}$	—	—

De gevonden waarden voor de gemiddelde doorlatendheid van het hier ingebrachte scherm, met wanddikte ca. 0,08 m, liggen in de range 10^{-7} à 10^{-8} m/s.

Ten aanzien van de lage waarden, gevonden voor de bergingscoëfficiënt, kan geconcludeerd worden, dat geen uitlevering van water uit poriën van het zand heeft plaatsgevonden, d.w.z. dat de grondwaterpiegel de onderzijde van het afdekkend klei/veenpakket niet heeft bereikt.

Afb. 7 - Verlaging binnenwaterstanden en pompdebieten als functie van de tijd.



Samenvatting en conclusies

In december 1981 is het door Nederhorst Grondtechniek te Gouda geïnstalleerde waterremmend scherm beproefd ter controle op de aan dit scherm gestelde eisen. Hiertoe is door middel van bronbemaling de potentiaal van het grondwater binnen het scherm verlaagd. Verwerking van de tijdens de beproeving verzamelde meetgegevens leerde dat in de stationaire situatie een onttrekking van $20 m^3/h$ ruim voldoende is om de verlaging van 5,00 m te realiseren; de oppervlakte binnen het scherm bedraagt ca. 1,8 ha. De gemiddelde verlaging vlak buiten het scherm bleef beperkt tot 0,13 m met een maximum waarde van 0,31 m direct bij de toegang van het terrein. Niet-stationaire berekeningen over de periode welke nodig was om de eindverlaging te bereiken leverden in-situ-waarden voor de gemiddelde doorlatendheid van 10^{-7} à 10^{-8} m/s voor het ca. 0,08 m dikke bentoniet-cementscherm. Indien hierbij rekening gehouden wordt met enige kweltoestroming door de keileemlaag onder het scherm zal deze waarde nog geringer zijn.

Geconcludeerd kan hieruit worden dat het hier ingebrachte scherm ten volle aan de gestelde beproevingseisen voldoet. Het scherm zal dit waterremmend vermogen ook in de toekomst behouden. Het verlagen van de grondwaterstand binnen het scherm gedurende langere perioden tijdens de aanleg van de rioolwaterzuiveringsinrichting Noordoostpolder zal daarom geen enkele nadelige invloed op de grondwaterstanden, en hiermee samenhangend, mogelijke inklinking van landbouwgronden in de directe omgeving, tot gevolg hebben. Het bemalingsdebiet zal hierbij niet meer dan $20 m^3/h$ gaan bedragen. Bij volledige bronbemaling zou het debiet ca. $400 m^3/h$ zijn. Uit bovengenoemde resultaten blijkt dat het aanbrengen van een waterremmend scherm zeer zinvol kan zijn, daar waar beïnvloeding van de grondwaterstand of -kwaliteit in de omgeving van de bouwplaats moet worden vermeden. Hierbij kunnen vooral stortplaatsen voor afval in aanmerking komen.

Praktijkervaring

Tijdens de eerste fase van de bouw van de rioolwaterzuiveringsinrichting bedroeg de grondwateronttrekking 12 - $15 m^3/h$ bij een waterstandsverlaging van 4,5 - 5,5 m.

