

Technische aspecten van een infiltratie met behulp van een persput

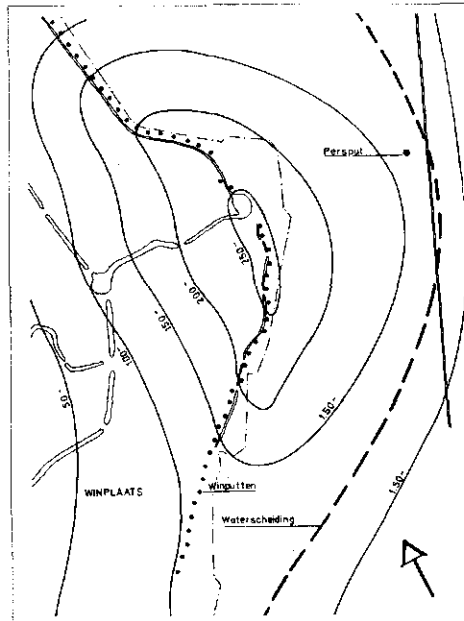
Inleiding

In het vorige artikel is een aantal persputexperimenten beschreven, waarbij o.a. de put van Gemeentewaterleidingen is genoemd. In dit artikel wordt, aan de hand van deze put, geïllustreerd welke technische aspecten bij de realisatie van een persput zoal aan de orde komen. Het bijzondere van deze put is, dat hij frequent en automatisch wordt schoongepompt. Teneinde de chemische en hydrologische uitgangssituatie vast te leggen, waarmee het gedrag van de put kan worden vergeleken



ING. J. J. STEINMETZ
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

als eenmaal WRK-water wordt geïnfiltrerd — hetgeen sinds februari '77 het geval is —, is tevoren gedurende 35 dagen drinkwater in de bodem gebracht. Naast de technische aspecten zullen ook enige resultaten van dit experiment ter sprake komen. Het voornaamste doel, dat met deze put wordt nagestreefd, is te onderzoeken of de verstopping van de put, die onvermijdelijk zal optreden als WRK water wordt geïnfiltrerd, kan worden beheerst en wel zodanig dat een effectieve en goedkope bedrijfsvoering mogelijk is. Hiernaast speelt het onderzoek naar de kwaliteitsverandering die het geïnfiltrerde water tijdens



Afb. 2 - Isohypsenbeeld ter plaatse van de persput bij gedeeltelijk in bedrijf zijnde winmiddelen.

bodempassage ondergaat een grote rol, omdat terugwinning het uiteindelijke doel is van putinfiltratie.

De proefnemingen worden gehouden in het kader van het onderzoek van de Werkgroep Persputten van het KIWA.

Proefopstelling

De persput bevindt zich op het terrein van Gemeentewaterleidingen te Leiduin nabij Vogelenzang, op 6 km van de kustlijn (zie afb. 1). Deze lokatie is gekozen

vanwege de eenvoudige opbouw door de aanwezigheid van energie en voorgezuiverd rivierwater.

De infiltratie vindt plaats in een watervoerend pakket, dat zich ter plaatse bevindt tussen ca. 15 m en 75 m beneden NAP en dat zowel aan bovenzijde als aan onderzijde door slecht doorlatende kleilagen wordt begrensd. In het tijdens het interglaciaal Eemien gevormde grofzandige gedeelte van bovengenoemd pakket bevindt zich het persfilter.

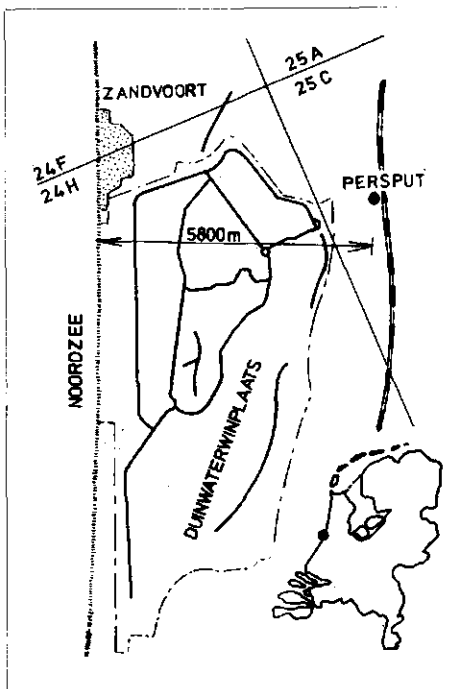
De natuurlijke stroming in het watervoerend pakket staat loodrecht op de kust; echter, bij een gedeeltelijk in bedrijf zijn van de diepe winmiddelen in de duinwaterwinplaats ontstaat er een waterscheiding die globaal over de persput loopt (zie afb. 2).

Om op voldoende plaatsen stijghoogteaanemingen te kunnen doen en monsters ten behoeve van het chemisch onderzoek te kunnen nemen zijn op verschillende plaatsen en diepten peilbuizen aangebracht, en wel zodanig dat deze op één raai staan loodrecht op de equipotentiaallijn ter plaatse. De waarnemingsputten zijn op resp. 5, 10, 16, 20, 40 en 100 m van de persput geplaatst (zie afb. 3).

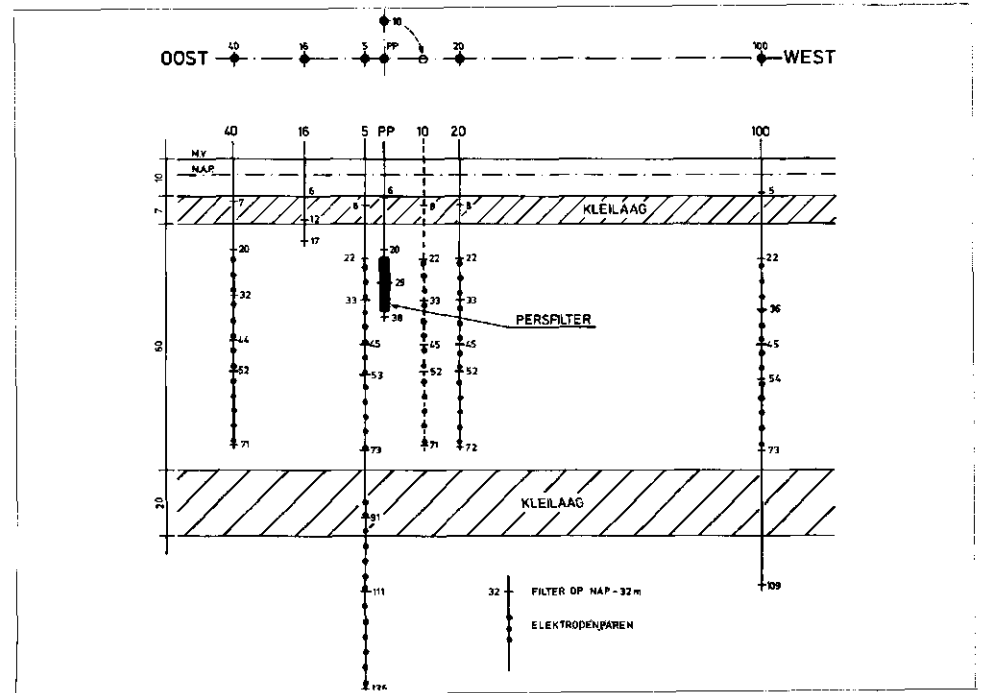
Per put zijn in het voor de proef gebruikte watervoerend pakket op verschillende diepten peilbuizen geplaatst, zodat het front van geïnfiltrerd water driedimensionaal kan worden gevolgd.

Tevens zijn de waarnemingsputten uitgerust met Geohm-meetkabels waarmee het elektrisch geleidingsvermogen van het formatiewater op 13 vaste diepten kan

Afb. 1 - Lokatie van de infiltratieput.



Afb. 3 - Opstelling waarnemingsbuizen en Geohm-kabels ten opzichte van de persput.



worden gemeten. Met deze opstelling kan de ondergrondse verbreiding van het ingevoerde water redelijk nauwkeurig worden gevolgd.

Inrichting van de infiltratieput

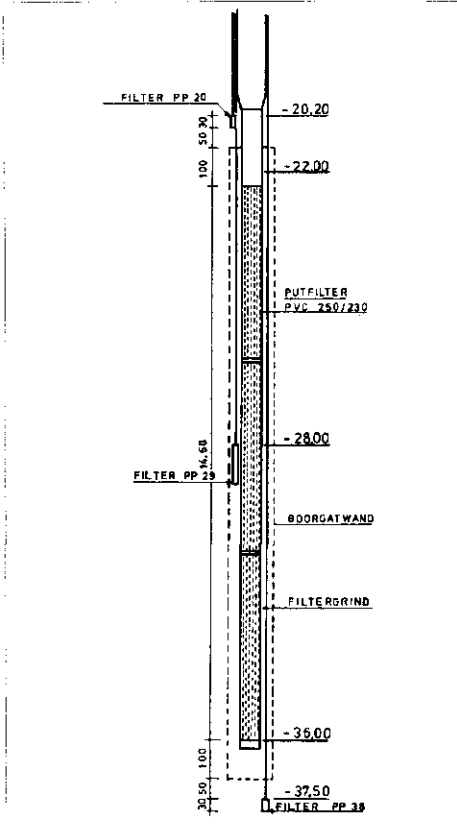
Om zeker te zijn, dat er bij de infiltratie geen problemen kunnen ontstaan door de bij de onverbuisde boorgaten voorkomende pleisterwanden van klei, bentoniet en/of andere middelen, is de persput gemaakt door middel van een pulsboring.

Het boorgat had over de volle lengte een diameter van 57 cm en een einddiepte van 38 m — NAP. Ter plaatse ligt het maai-veld op 4 m +NAP. De put heeft een filter (PVC Ø 250/230 mm) van 14 m werkende lengte, dat zich bevindt tussen 22 m en 36 m — NAP. De ruimte tussen de boorgatwand en het persfilter is vanaf 1 m beneden het filter tot 1 m er boven gevuld met grind (1,2 tot 1,7 mm).

De rest van het boorgat is aangevuld met het oorspronkelijk materiaal; waar de klei-laag is doorboord, is deze hersteld met aangevoerde klei.

Rond het persfilter zijn een drietal waarnemingsfilters geplaatst; één er van bevindt zich in de omstorting, één ca. 50 cm onder de omstorting en één 50 cm boven de omstorting, in zo goed mogelijk hersteld moeder materiaal (afb. 4). Met deze opstelling kan een indicatie worden verkregen van de plaats van een eventueel optredende verstopping.

Het te infiltreren water wordt door middel van een 2"-leiding, die ruim beneden de



Afb. 4 - Opstelling persfilter en waarnemingsfilters.

laagste te verwachten waterstand eindigt, in de put gevoerd. In de laatste meter is een plaatje met beperkte opening geplaatst om voldoende tegendruk op te bouwen, zodat onderdruk in het vallende water wordt voorkomen. Deze onderdruk zou

ontgassing van het te infiltreren water ten gevolge hebben, waarna de gevormde belletjes de put zouden kunnen doen verstoppen.

Voor het intermitterend schoonpompen van de put is gekozen voor een onderwaterpomp met een debiet van 120 m³/h (viermaal het infiltratiedebiet). Deze voert het water door middel van een 4"-leiding direkt af naar een sloot.

Om de put enigermate te beschermen tegen een overmaat aan zwevende stoffen (de hoeveelheid hiervan in het aangevoerde rivierwater kan zeer variëren en af en toe hoog oplopen) wordt de infiltratie bewaakt door een troebelingsmeter, die, indien de troebeling de ingestelde grenswaarde overschrijdt, de infiltratie stop zet. Afb. 5 geeft een schema van de meet- en regelapparatuur van de proefopstelling.

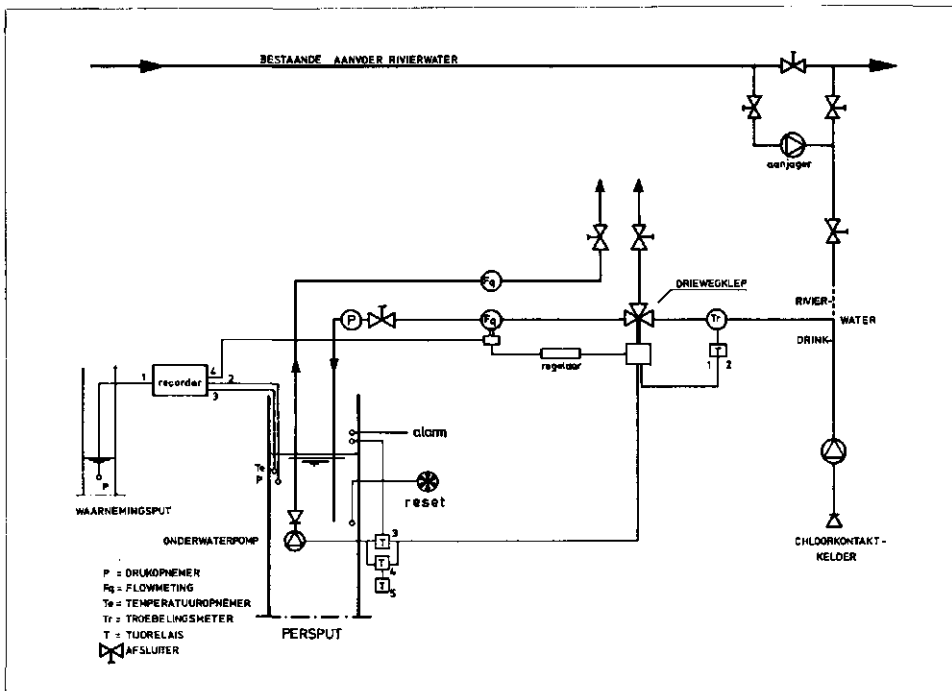
De gehele installatie werkt automatisch; het terugpompen wordt gestuurd door een tijdrelais, het debiet wordt konstant gehouden (30 m³/h) door middel van een door de flowmeter gestuurde regelklep; het niveau in de persput en in een waarnemingsfilter op 5 m afstand van de persput wordt geregistreerd door drukopnemers. Alle gemeten grootheden, zoals debiet, niveaus, temperatuur en troebeling, worden continu geregistreerd op een 12-punts recorder.

Bepaling van de geohydrologische eigenschappen ter plaatse van de opstelling

Ten einde de bodemkonstanten ter plaatse van de persput vast te stellen is een pomp-proef gehouden. Het is zeer moeilijk om tijdens pompproeven gedurende de eerste minuten de verlaging in de pompput zelf te volgen. Om deze reden is gebruik gemaakt van een methode die het mogelijk maakt om de snel optredende verlaging nauwkeurig te registreren.

Het principe is zeer eenvoudig. Gewerkt wordt met zgn. 'borrelbuizen'. In de waarnemingsbuis wordt door middel van een nylon-slang (Ø 8 mm) continu een kleine hoeveelheid stikstof geïnjecteerd. De gasdruk in deze 'borrelbuis' stelt zich in gelijk aan de waterdruk ter plaatse van de uitmonding en kan worden gemeten. Dit geschiedt door een vloeistofmanometer aan te sluiten op de 'borrelbuis', zodat hierop de heersende druk kan worden afgelezen (afb. 6). In het onderhavige geval moest de daling van de grondwaterstijghoogte tijdens de aanzet van de pompbeurt worden gemeten in 10 peilbuizen. De maximaal te verwachten daling zou ca. 6 m bedragen. Om dit te kunnen meten werden U-buizen van 50 cm hoogte gebruikt, gevuld met kwik, zodat het maximale meetbereik $0,50 \times 13,5 = 6,75$ m waterkolom bedroeg. De in een peilbuis hangende 'borrelbuis'

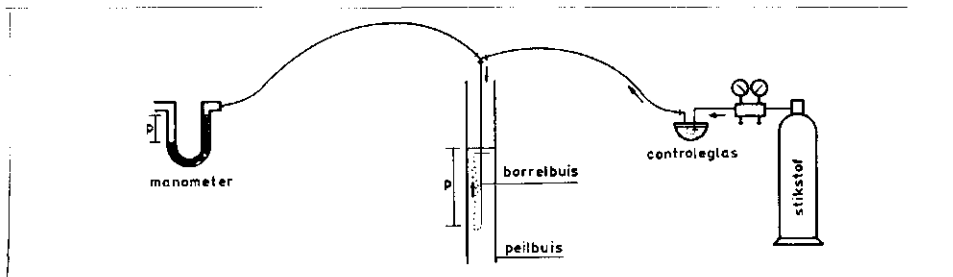
Afb. 5 - Schema meet- en regelapparatuur.



werd door middel van een dunne nylon-slang met een manometerbuis op het bord en via een controleglas met de stikstof-aanvoer verbonden, zodat op genoemde manometerbuis de druk in die peilbuis, dat wil zeggen het aantal meter water boven de uitmondung van de borrelbuis, was af te lezen (zie foto). De verlaging van de stijghoogte in de peilbuizen is op de manometer als een verlaging van de kwikkolom waar te nemen.

Het tijdens de pompproef opnemen van de 10 manometerbuizen is in de startfase evenzo ondoenlijk. Een systeem om de verlagingen gekoppeld aan de tijd vast te leggen, is het maken van foto's van het manometerbord tijdens de pompproef. Iedere gemaakte foto geeft een precies beeld van de stijghoogten op één bepaald moment. Om dit moment vast te leggen werd naast het bord een elektronische digitaalklok met secondentelling opgesteld, zodat op elke foto altijd het aantal seconden na de start staat vermeld. Op de foto's is later de daling van de kwikkolom af te lezen.

Deze aflezing blijkt zeer nauwkeurig te zijn (een halve millimeter is gemakkelijk afleesbaar; omgerekend is dit 0,7 cm waterkolom). Na omrekening in meters waterkolom van de aldus gevonden verlagingen



Afb. 6 - Principe 'borrelbuis' systeem.



Opstelling van de Persput.

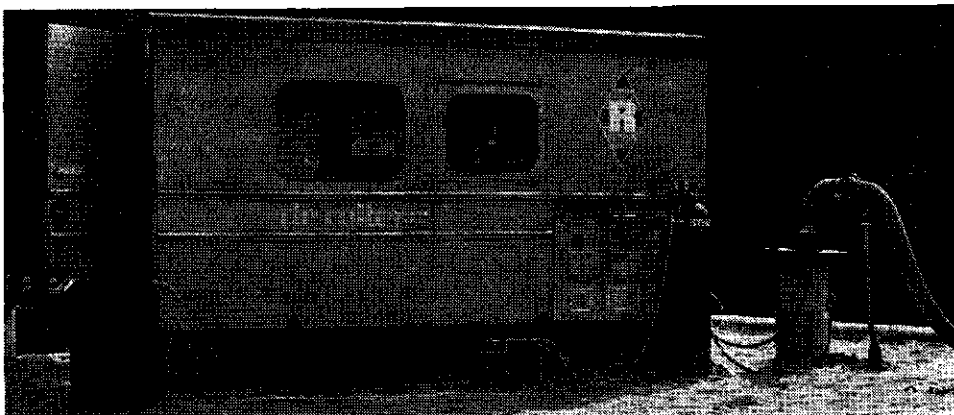


Putkop.

blijken deze na uitzetten op een logaritmische tijdschaal per peilbuis een vloeiende lijn op te leveren (zie afb. 10).

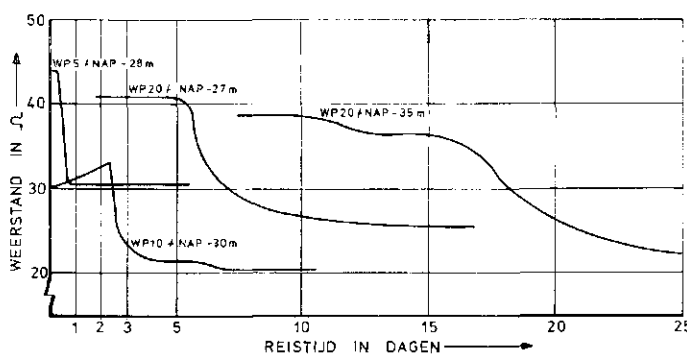
Door TNO is de verticale stroomsnelheid in het persfilter gemeten. Het doel van een dergelijke meting is de konditie van de put voor de aanvang van de infiltratie, dus voor eventuele verstopping, vast te leggen. Bij optredende verstopping van de put kunnen dan door middel van een tweede meting de trajekten met verstopping worden bepaald.

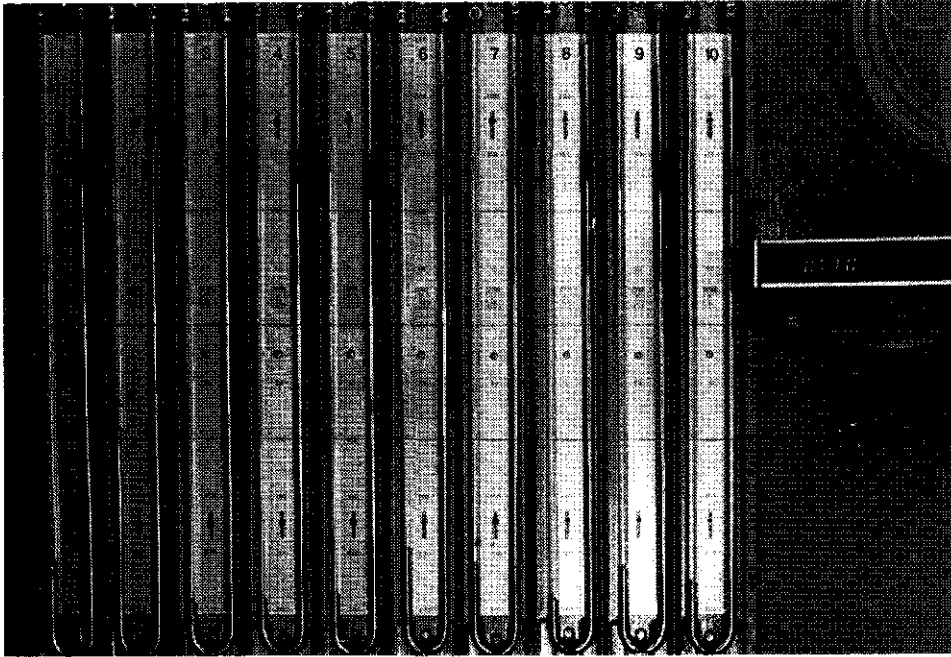
De meting geschiedt door een flowmeter (een meetschroef) langzaam in de put te laten zakken. Het door de stijgbuis en/of



Opstelling 'borrelbuizen' tijdens de pompproef.

Afb. 7 - Passage-curven aan de hand van de Geohm-waarnemingen.



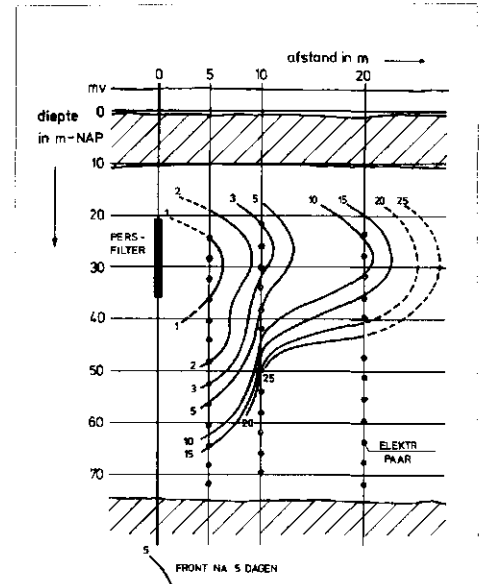


Manometerbord; beeld op 30 sec. na de start.

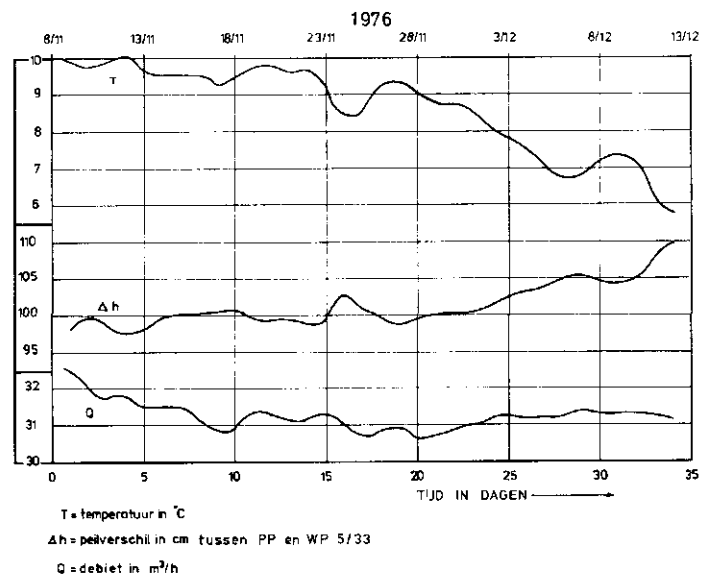
filter stromende water (put in bedrijf als pompput met vast debiet) zet de schroef in beweging, het aantal omwentelingen wordt geregistreerd op een recorder als functie van de diepte. De verkregen meetuitkomsten stellen een sommatiekromme voor. Hieruit kan de specifieke opbrengst, dat is de opbrengst in m³/h per m' filter, worden berekend.

Infiltratieproef met drinkwater

Alvorens te starten met de infiltratie van voorgezuiverd rivierwater is gedurende een periode van 35 dagen zonder terugpompen of andere onderbrekingen geïnfiltrerd met drinkwater. Behalve de vergelijking met de infiltreerbaarheid van het Haagse drinkwater, is het doel van deze drinkwaterinfiltratie het volgen van de voortschrijding van het front van ingeperst water bij kontinu-infiltratie, de controle op de kwaliteitsverandering van het geïnfiltreerde water tijdens de bodempassage en een beproeving van zowel de technische installatie als de infiltratieput. Tijdens de proef is de winning uit het diepe pakket konstant gehouden. In berekeningen is daarom aangenomen, dat het verhang ter plaatse van de persput verwaarloosbaar klein is. Om het bovengenoemde optimaal te bestuderen is een uitgebreid meetprogramma opgesteld. Tijdens de proef is dagelijks het totale stijghoogtelijnenbeeld opgenomen. De Geohm-kabels zijn in principe ook dagelijks opgenomen. Zodra echter het front een elektrodenpaar lijkt te naderen, wordt deze kabel ieder uur opgenomen, zodat een duidelijke passage-kurve ontstaat (zie afb. 7). Dit is tevens het sein om de



Afb. 8 - Isochronen van het geïnfiltreerde water, gebaseerd op de Geohm-metingen.



Afb. 9 - Verloop van temperatuur, debiet en Δh tijdens de proef.

waarnemingsbuizen in de buurt van de veranderende elektrodenparen intensief te bemonsteren.

De analyse van de monsters wordt ter plaatse uitgevoerd. Deze bestaat uit de bepaling van de volgende parameters: elektrisch geleidingsvermogen, temperatuur, pH, bicarbonaat, koolzuur, zuurstof en chloride. Aan de hand van de gevonden resultaten wordt bepaald of er al dan niet een totaalanalyse gedaan moet worden in het laboratorium.

Met de Geohm-metingen kan een indruk worden verkregen omtrent de tijd die het geïnfiltreerde water nodig heeft om de

waarnemingsputten te bereiken. Afb. 8 geeft een duidelijk beeld van de voortschrijding van het front. De gevonden gegevens worden bevestigd door de berekende gemiddelde reistijd, welke wordt bepaald aan de hand van het elektrisch geleidingsvermogen en aan het gehalte Cl⁻-ionen (deze grootheden zijn nauwelijks in de chemische bodemreactie betrokken); de gemiddelde reistijd is het punt waarop het water ter plaatse van het waarnemingspunt voor 50 % het karakter van het geïnfiltreerde water heeft aangenomen.

Gedurende de gehele proef zijn er geen technische problemen ontstaan en heeft de

persput zonder weerstandstoename gefunctioneerd. Hieruit moge blijken, dat zowel put als installatie in een goede konditie verkeren. Afb. 9 geeft een beeld van het verloop van de temperatuur, het debiet en het niveauverschil (Δh) tussen de persput en de waarnemingsput op 5 m afstand over de periode van de proef. Dit niveauverschil Δh is maatgevend voor de verstopping van de persput. Wordt Δh groter dan treedt verstopping van de persput op, mits temperatuur en debiet van het te infiltreren water gelijk blijven. Teneinde het verloop van de weerstandstoename als gevolg van verstopping te kunnen bepalen moet de tijd-stijghoogteverschillijn derhalve op debiet en temperatuur worden gecorrigeerd. De schijnbare verhoging Δh van ca. 10 cm wordt door de temperatuursdaling van ca. 3 °C van het infiltratiewater grotendeels verklaard. De infiltratiesnelheid is nl. afhankelijk van de viscositeit (temperatuur) van het water. Een temperatuurdaling van 9 naar 6 °C geeft een toename van Δh van 9 cm bij gelijkblijvend debiet.

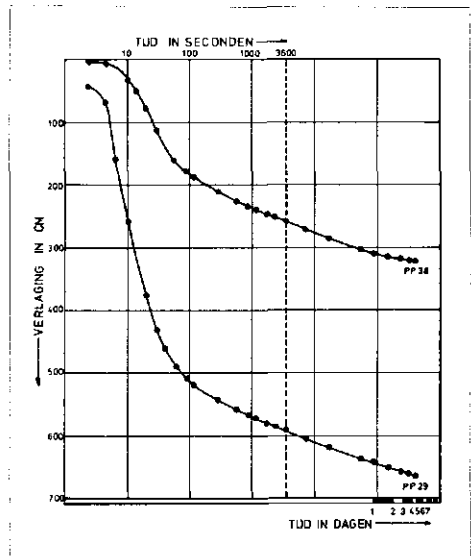
Slotbeschouwing

Uit het verloop van de proef kan worden gekonkludeerd, dat de persput en de installatie daar om heen goed functioneert en deugdelijk is. Hoewel de infiltratieperiode slechts kort is geweest, kan toch worden gesteld dat de resultaten verkregen bij de infiltratie van drinkwater in de persput van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage worden bevestigd. Dit geeft aanleiding om te veronderstellen dat infiltratie van drinkwater door middel van persputten kan worden toegepast om voorraadvorming in de bodem te realiseren.

Er kan worden overwogen om in tijden van geringe drinkwaterafname het productieoverschot tijdelijk in de grond op te slaan, om het terug te winnen als de aanvoer van oppervlaktewater onvoldoende is of de kwaliteit ervan slecht is.

Naast de technische aspecten is inzicht verkregen in de veranderingen in de chemische samenstelling van het geïnfiltrateerde water tijdens de bodempassage. Deze worden veroorzaakt doordat het ingevoerde water niet in een chemisch evenwicht verkeert met de formatie. Door het invoeren van aerob water ontstaan er redox-reacties waardoor concentratieveranderingen in het front optreden. Rond de put treedt derhalve een bepaalde uitloging op van in de bodem aanwezige stoffen, waardoor na enige tijd het infiltratiewater aerob in de bodem aanwezig blijft.

Aan het eind van de proefinfiltratie van 35 dagen bleek inderdaad in de waarnemingsput op 5 m afstand van de persput



Afb. 10 - Verlaginglijnen van de waterstand in de peilfilters in de persput tijdens de pompproef.

de zuurstofconcentratie even groot te zijn als van het infiltratiewater.

Dit aspect kan van betekenis zijn bij de terugwinning van het geïnfiltrateerde water. Het aantrekken van aerob (infiltratie)water en anaerob (oorspronkelijk grond-)water in één winningsput kan namelijk leiden tot verstopping van de put, o.a. door uitvloeking van ijzer.

Met de bovengevonden resultaten zal worden gestart met de infiltratieproef met voorgezuiverd rivierwater. In hoeverre infiltratie met dit water mogelijk is zal nog moeten blijken. Vaststaat dat een dergelijke proef een lange tijd in beslag zal gaan nemen door de sterk wisselende kwaliteit van het rivierwater. Verwacht mag echter worden, dat in de loop van de komende jaren een redelijk inzicht kan worden verkregen in de mogelijkheden van de infiltratie van voorgezuiverd rivierwater door middel van persputten.

Literatuur

1. *Geologische opbouw van de ondergrond van het waterwingebied van de Gemeente Amsterdam bij Vogelenzang*. Rijksgeologische Dienst nr. 10207 (1976).
2. *Putinfiltratie met drinkwater te 's-Gravenhage*. KIWA-mededeling nr. 41 (1975). Olsthoorn, ir. T. N. e.a.
3. Steinmetz, Ing. J. J. (1977). *Technische opbouw van de persput te Leiduin*. Hydrologische en chemische randvoorwaarden (verschijnt als KIWA-mededeling).
4. Stuyfzand, P. J. *Hydrological aspects of drinking water injection by a deep well in a confined aquifer at Leiduin pumping station, near Zandvoort*.
5. Pastoors. *Uitwerking van de op de persput te Leiduin gehouden pompproef ter bepaling van de geohydrologische constanten ter plaate*.