

geen fig

R CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISSHOUDING

NOTA 361, d. d. 23 november 1966

Pompproef M 200 tussen Silvolde  
en Varsseveld

J. J. de Vries

---

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-  
delen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende  
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen  
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onder-  
zoek nog niet is afgesloten.

Aan gebruikers buiten het Instituut wordt verzocht ze niet in pu-  
blikaties te vermelden.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking.

---

## Inleiding

Ten behoeve van het geohydrologisch onderzoek in de Achterhoek werd op 12 en 13 september 1966 door het I.C.W. een pompproef uitgevoerd in het gebied tussen Silvolde en Varsseveld.

Hiertoe werden de boringen M216, M215 en M214 gezet. Hiervan werd M216 ingericht als pompput terwijl M215, M214 en de bestaande exploratie boring M200 afgewerkt werden als waarnemingsput. De afstand van deze waarnemingsputten tot de pompput bedroeg respectievelijk 15 m, 45 m en 135 m.

De peilfilters werden op een diepte van ongeveer 2 m en 23 m beneden maaiveld geplaatst, terwijl het pompfilter zich van 14 m tot 34 m beneden maaiveld uitstreckte.

Als pompfilter werd een met glasvlies omwikkeld spleetfilter van P.V.C. met een diameter van 3" gebruikt.

Het maaiveld ter plaatse ligt op ongeveer 15 m + N.A.P. (voor lok tie zie fig. 1).

## Hydrogeologische situatie

Figuur 2 geeft een beeld van de lithologische gesteldheid en de ligging van de verschillende filters.

Van maaiveld tot ongeveer 3 m diepte bevindt zich een laag middel fijn zand van eolische oorsprong. Dit dekzand of zanddiluvium dateert uit het Tubontien.

Onder het dekzand volgt het watervoerend pakket dat een dikte van ruim 30 m bereikt.

Het bestaat uit matig grove tot middel grove zanden, die vooral in het centrum van het profiel vrij veel grind bevatten.

Op grond van de zware-mineraal inhoud wordt het bovenste deel van dit pakket (tot ca. 18 m - m.v.) gerekend tot de formatie van Kreftenheye (Rijn sediment uit het Würm glaciaal).

Het onderste deel bestaat uit fluvioglaciaal.

Het fluvioglaciaal is direct gelegen op de fijne, zwak slibhoudende zanden van het Continentaal Pliocéen, dat na ongeveer 15 m overgaat in kleien van het Marien Mioceen.

Het Tertiair kan als ondoorlatende basis worden beschouwd.

Aangezien slecht doorlatende lagen van enige betekenis in de bovengrond

ontbreken, kan het water over het gehele profiel als freatisch worden beschouwd.

#### Grondwaterstandswaarnemingen

In figuren 3 en 4 zijn de resultaten weergegeven van de grondwaterstandswaarnemingen die in de periode van 11 tot 15 oktober zijn verricht in de waarnemingsbuizen M200, M214, M215 en de op enige afstand gelegen putten M154 en M155. Hieruit blijkt dat in de periode dat de pompproef werd gehouden er onder invloed van het seizoen een daling plaats had van ongeveer 2 cm per etmaal in de diepe filters.

#### Analyse van de bij de pompproef verkregen gegevens

Van 12 september 9.09 uur tot 13 september 8.10 uur werd met een constant debiet van  $940 \text{ m}^3/\text{dag}$  gepompt.

De hierbij optredende grondwaterstands dalingen zijn in figuren 5 en 6 als tijd-potentiaallijnen weergegeven. Bij de aanvang van de proef stond het grondwater ongeveer 120 cm beneden maaiveld.

Op de potentiaaldalingen in de diepe filters is een correctie toegepast in verband met de natuurlijke daling van de grondwaterspiegel in deze periode.

Een correctie van 2 cm heeft een stijging van de potentiaal aan het einde van de proef tot gevolg. Waarschijnlijk werd tengevolge van het pompen de natuurlijke daling gereduceerd. Daarom werd een correctie van 1,5 cm aangehouden.

De maximale dalingen waren als volgt:

	Maximale potentiaaldaling		
	diep		ondiep
	ongecorrigeerd	gecorrigeerd	ongecorrigeerd
M215/15 m	14 cm	12,5 cm	12 cm
M214/45 m	9 cm	7,6 cm	6,5 cm
M200/135 m	5,6 cm	4 cm	5 cm

In figuur 7 zijn deze maximale dalingen op semi-log-papier tegen de afstand tot de pompput uitgezet. Hieruit blijkt dat het potentiaalveld in de

evenwichtstoestand niet geheel logaritmisch verliep. De oorzaak hiervan zal niet de onvolkomenheid van de pompput geweest zijn. Het verschil tussen de lengte van het pompfilter en de dikte van het watervoerend pakket speelt bij een dergelijk goed doorlatend pakket praktisch geen rol.

Een andere mogelijkheid is dat het watervoerend pakket lithologisch toch minder homogeen is dan de monsters uit de boringen doen vermoeden.

Of het diepe grondwater gedraagt zich toch enigszins als semi-spanningswater.

Beschouwen we het water als freatisch dan is voor dit niet-stationaire stromingsgeval de formule van Theis te gebruiken:

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi kD} \int_{\frac{r^2 S}{4kDt}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$$

waarin:

- $h_0 - h$  is de potentiaal daling in m
- $Q$  de putopbrengst in  $m^3/\text{dag}$
- $kD$  de doorlatendheid in  $m^2/\text{dag}$
- $r$  de afstand van de waarnemingsput tot de pompput in m
- $t$  de tijd in dagen na het starten van de pomp
- $S$  de storage coëfficiënt
- $u = \frac{r^2 S}{4kDt}$

In figuur 8 is deze differentiaal vergelijking grafisch opgelost.

Hiertoe zijn de potentiaal dalingen van elke waarnemingsput uitgezet tegen het quotiënt  $\frac{r^2}{t}$ . De op deze wijze verkregen afpompingscurven, zijn zoveel mogelijk passend gelegd op de zogenaamde type-curve van de exponentiële integraal

$$\int_{\frac{r^2 S}{4kDt}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$$

De verschuiving van het assenstelsel dat hierbij optreedt is voor de horizontale assen gelijk aan  $\frac{Q}{4\pi kD}$

tussen de verticale assen:  $\frac{4kD}{S}$ .

De uitkomsten zijn:

$$M215/15 \text{ m} \quad \frac{Q}{4\pi kD} = 1,5 \cdot 10^{-2} \rightarrow \underline{kD = 5000 \text{ m}^2/\text{dag}}$$

$$\frac{4kD}{S} = 3 \cdot 10^7 \rightarrow \underline{S = 0,001}$$

$$M214/45 \text{ m} \quad \frac{Q}{4\pi kD} = 1,1 \cdot 10^{-2} \rightarrow \underline{kD = 6800 \text{ m}^2/\text{dag}}$$

$$\frac{4kD}{S} = 3 \cdot 10^7 \rightarrow \underline{S = 0,001}$$

$$M200/135 \text{ m} \quad \frac{Q}{4\pi kD} = 6 \cdot 10^{-3} \quad \underline{kD = 12\,000 \text{ m}^2/\text{dag}}$$

$$\frac{4kD}{S} = 10^7 \quad \underline{S = 0,001}$$

De kD-waarde van 12 000 voor M200 is onwaarschijnlijk hoog. Dit zou kunnen betekenen dat de doorlatendheid op deze plaats veel hoger is ten gevolge van de aanwezigheid van grove lagen. Hiervan blijkt echter niets in profiel 2. Trouwens in dat geval zou de daling in M200 minder groot zijn geweest. De daling is namelijk groter dan bij een logaritmisch veld is te verwachten.

Waarschijnlijker is dat het grondwater zich naar put M200 toe toch gaat gedragen als semi-spanningswater, waarop ook het feit wijst dat daling in deze ver gelegen put zo snel intreedt. Uit profiel 2 blijkt verder dat inderdaad de minder doorlatende bovenlaag dikker wordt.

We mogen dus, te meer daar aan het einde van de pompproef een evenwichtstoestand is ingetreden, de formule van De Glee gebruiken voor stationaire stroming:

$$h_m = \frac{Q}{2\pi kD} K_0 \frac{r}{\sqrt{kDc_v}}$$

hierin is:

$h_m$	de maximale daling in de waarnemingsfilters in m
$Q$	het debiet van de pomp in $m^3/dag$
$kD$	de doorlatendheid in $m^2/dag$
$r$	de afstand van pompput tot peilput
$c_v$	de verticale weerstand
$\lambda = \sqrt{kDc}$	de spreidingslengte
$K_0$	Besselse functie van de 2e soort, orde nul.

Evenals bij de methode van Theis wordt hier de type-curve, in dit geval van de Besselse functie vergeleken met de dalingen in de peilputten.

Hiertoe wordt de afstand-potentiaalcurve zoveel mogelijk passend gelegd op de type curve zie figuur 9.

$$\text{De afstand tussen de horizontale assen} = 4 \cdot 10^{-2} = \frac{Q}{2\pi kD}$$

$$\rightarrow \underline{kD = 3700 \text{ m}^2/dag}$$

De afstand tussen de verticale assen =

$$2,7 \cdot 10^2 = \sqrt{kDc_v} \rightarrow \underline{c_v = 18 \text{ dagen}}$$

Ook aan de toepassing van deze methode in het onderhavige geval, kleven bezwaren. De Glee gaat er namelijk van uit dat de dalingen in de ondiepe filters gering zijn. Daaraan is hier niet voldaan, zeker niet bij put M200.

#### Methode van Thiem

De formule van Thiem berust op het feit dat wanneer er aan het einde van de proef evenwicht is ingetreden, de hoeveelheid water die naar de put stroomt, evenredig is met de  $kD$ -waarde en de gradiënt van de potentiaal

$$Q = 2\pi kD \frac{h_1 - h_2}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$$

Hierin zijn  $h_1$  en  $h_2$  respectievelijk de maximale potentiaaldalingen in de waarnemingsputten respectievelijk op afstand  $r_1$  en  $r_2$  van de pompput.

Toegepast op:

M215 en M214	$kD = 3300 \text{ m}^2/\text{dag}$
M215 en M200	$kD = 4000 \text{ m}^2/\text{dag}$
M214 en M200	$kD = 4600 \text{ m}^2/\text{dag}$

Overzicht van de resultaten

Gemiddelde  $kD$ -waarde

Theis	$6000 \text{ m}^2/\text{dag}$
De Glee	$3700 \text{ m}^2/\text{dag}$
Thiem	$4000 \text{ m}^2/\text{dag}$

Aangehouden wordt een  $kD$ -waarde van  $5000 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

Literatuur

- GLEE, G.J. DE (1930) Over grondwaterstroming bij wateronttrekking door middel van putten (Thesis Delft).
- RIDDER, N.A. DE. De Geohydrologische gesteldheid van de Achterhoek (interim rapport) Nota 327 I.C.W. 1966.
- THEIS, C.V. The relation between the lowering of the piezometric surface and the duration of discharge of a well using groundwater storage. T.A.G.U. vol. 16 1935.
- THIEM, G. Hydrologische Methoden Gebhardt, Leibzig 1906.