

ONDERZOEK NAAR DE GRONDWATERHUISSHOUING IN GRONDEN MET SLECHT
DOORLATENDE LAGEN.

door: Dr. Ir. J.C.F.M. Haans.

In het volgende worden de voorlopige resultaten besproken van een onderzoek dat plaatsvond op oude rivierkleigronden in de Lijmers.

Alvorens tot de behandeling van het onderzoek over te gaan, is het gewenst enkele fundamentele principes aangaande de stroming van het water in met water verzadigde grond, te bespreken.

De wet van Darcy.

De stroming van water in de grond wordt beschreven door een wet, in 1856 experimenteel door Darcy afgeleid. Aan de hand van de in fig. 1 weergegeven schematische proefopzet kan deze wet verduidelijkt worden. Wanneer l de lengte is van een grondlichaam met doorsnede F en h het verschil in potentiaal van het water tussen de uiteinden A en B van het grondlichaam, dan is, bij voldoende lage stroomsnelheden, het volume water Q dat per tijdseenheid door het grondlichaam stroomt:

$$Q = k \times \frac{h}{l} \times F = k \times i \times F.$$

In deze betrekking is de evenredigheidsfactor k de doorlaatfactor, bepaald door de aard van de grond en de viscositeit van het percolerende water (dimensie L/T).

$$\frac{h}{l} = i \text{ is de potentiaalgradiënt.}$$

Onder de potentiaal van het water in een bepaald punt van het grondlichaam wordt verstaan de som van de in dit punt bestaande drukhoogte (gemeten als de lengte van een waterkolom) en de hoogte van het betreffende punt ten opzichte van een horizontaal vergelijkingsvlak. De potentiaal is dus de som van de drukpotentiaal en de zwaartekracht- of plaatspotentiaal, uitgedrukt in een lengtemaat (potentiaal per gewichtseenheid water). De drukpotentiaal wordt gemeten t.o.v. de druk aan het freatisch vlak, die gelijk is aan de atmosferische.

Zo bedraagt de potentiaal in het punt A: $H_1 + Z_1$ cm.

De verdeling van de potentiaal in het grondlichaam bij de stroming van het water is in de tekening aangegeven.

De potentiaalgradiënt i , is de verandering in potentiaal per eenheid afstand in het grondlichaam.

combineert men Q/F tot v , dan krijgt men:

$$v = k \times i$$

v is de (schijnbare) snelheid van het water in de grond en de formulering zegt dus dat de snelheid evenredig is aan de drijvende kracht i .

(Bij gebruik van een meer fysisch-mathematische schrijfwijze wordt het verband:

$$v = -k \frac{dh}{dl}$$

De grondwaterstroming is een potentiaalstroming. Het water stroomt van punten met hogere naar die met lagere potentiaal. Bij de stroming zal steeds verlies aan energie optreden bij het overwinnen van de wrijvingsweerstand in de poriën. De verandering in energie in de richting van de stroming wordt gegeven door de potentiaalgradiënt.

Wanneer het grondwater in rust is, zijn er geen verschillen in potentiaal ($i = 0$, dus $v = 0$).

Meting van de potentiaal van het grondwater in het veld.

De potentiaal van het grondwater in een bepaald punt van een profiel kan o.a. gemeten worden met een piëzometer. Men brengt een nauwe buis in de grond tot op de diepte, waar men de potentiaal wil meten. De buis is alleen aan de onderzijde open of aan de onderzijde over een korte afstand van een filter, voorzien. De buiswand dient dicht aan de grond aan te sluiten, zodat er geen lekkage optreedt langs de buiswand en al het water aan de onderzijde binnenstroomt. De stijghoogte van het water in de buis, gemeten t.o.v. een bepaald vergelijkingsvlak, geeft de potentiaal van het grondwater aan de onderkant van de buis weer.

Wanneer in een grondlichaam op meerdere plaatsen en tot verschillende diepten piëzometers gebracht worden, kan vastgesteld worden of stroming optreedt en zo ja, in welke richting. Voor verticale benedenwaartse stroming is dit schematisch weergegeven in fig. 2. In een homogeen profiel, waar de regenval gelijk is aan de afvoer, zijn 3 piëzometers aangebracht, a, b en c. De stijghoogte in piëzometer a, gemeten t.o.v. een willekeurig horizontaal vlak, geeft de potentiaal in het punt A. De lengte van de waterkolom in buis a geeft de drukpotentiaal in A, de verticale afstand van A tot het vergelijkingsvlak de plaatspotentiaal. De potentiaal daalt van A naar B naar C. De stroomsnelheid tussen A en B (en tussen B en C) wordt gegeven door:

$$v = k \times \frac{h}{l} \text{ (vergelijk fig. 1).}$$

De piëzometers geven dus niet de ligging van het freatisch vlak aan. Die zou in principe gegeven worden door een piëzometer, die zo kort is dat er nog juist water inkomt.

Een indruk van de orde van grootte van de potentiaalverschillen die voorkomen bij stroming van water in de grond, geeft de volgende berekening.

Stel dat in het geval van fig. 2 er continu regen valt van 10 mm/etmaal, dat de doorlatendheid, k , van de grond 1 m/etmaal is en de afstand tussen A en B 1 m bedraagt. Dan is h 1 cm. Dit stijghoogteverschil zou in de praktijk niet meer te meten zijn. In redelijk tot goed doorlatende gronden kon men dus in de geschetste omstandigheden geen potentiaalverschillen van betekenis verwachten en in de piëzometers meet men praktisch gesproken het freatisch vlak. Bij gronden met geringe doorlatendheid worden de verschillen echter wel van betekenis.

In een grondwaterstandsbuis, een buis die over de volle lengte geperforeerd is, geeft de stijghoogte van het water het evenwicht weer tussen instroming en uitstroming in en uit alle lagen, die door de buis geraakt worden.

In het geval van verticale grondwaterbeweging geeft een grondwaterstandsbuis, evenmin als een piëzometer, de ligging van het freatisch vlak weer. Praktisch zullen echter, bij redelijk doorlatende gronden, de waargenomen standen niet van betekenis afwijken van de ligging van het freatisch vlak. Wanneer echter de buis door lagen heengaat, die sterk in doorlatendheid verschillen, kunnen bij verticale waterbeweging de afwijkingen wel van betekenis zijn (b.v. komkleiprofiel met korte klei in de ondergrond).

Wanneer de grondwaterstroming uitsluitend in horizontale zin plaatsvindt, geven grondwaterstandsbuizen zowel als piëzometers de ligging van het freatisch vlak aan. In verticale richting is er dan geen potentiaalverschil.

In het geval van statisch evenwicht (geen stroming) geven piëzometers en waterstandsbuizen eveneens het freatisch niveau aan.

Het onderzoek op de oude rivierkleigronden in de Lijmers.

De betreffende gronden, zandige lichte kleigronden liggen op een brede, flauwe rug. Plaatselijk komen er in de ondergrond zware, ondoorlatende kleilagen voor.

In fig. 3 en 4 zijn een aantal resultaten weergegeven van waarnemingen naar de stijghoogte van het grondwater op twee plaatsen van een in bouwland liggend perceel. Op beide plaatsen bestaan de bovenste 10 à 12 dm van het profiel uit zandige klei tot kleihoudend zand. In het geval van fig. 3 komt tussen 1.20 m en 2.20 m zware, ondoorlatende klei voor, daaronder grof zand. De bovengrond van dit profiel vertoont zeer duidelijk "kenmerken van natheid". In het geval van fig. 4 komt geen ondoorlatende klei voor en bestaat de gehele ondergrond uit goed doorlatend zand. De bovengrond is egaal bruin.

Het perceel ligt vlak, er is weinig verschil in hoogteligging tussen beide waarnemingsplaatsen. De oppervlakte grond met slecht doorlatende ondergrond is ongeveer 10 are groot (fig. 5).

In de profielen zijn plastic stijgbuizen, met een diameter van 25 mm, aangebracht. Er werd zorg voor gedragen dat de buizen nauw aansluiten bij de omringende grond. De in november 1960 geplaatste buizen hebben filters van 50 cm, bij de in maart 1961 geplaatste buizen waren ze 5 cm lang.

Uit fig. 3 blijkt dat de boven de slecht doorlatende laag geplaatste buizen 1a en 1b dezelfde stijghoogte vertonen. Buis 1, reikend tot in het grove zand onder de slecht doorlatende laag, heeft echter de gehele winter door + 80 cm lagere standen dan 1a en 1b, waarbij op te merken valt dat de fluctuaties ruwweg gelijk zijn en samenhangen met de regenval.

De buizen 3 en 3a, geplaatst op de plek waar de ondoorlatende laag ontbreekt, hebben zeer weinig verschil in stijghoogte (fig. 4). De standen liggen op ongeveer gelijk niveau als bij buis 1 en vertonen dezelfde fluctuaties.

In aansluiting op hetgeen hiervoor gezegd is over stroming van water in de grond, kan het volgende uit de waarnemingen worden afgeleid. De standen in de buizen 1a en 1b (fig. 3) geven de potentiaal van het grondwater boven de slecht doorlatende laag, die in buis 1 de potentiaal beneden de slecht doorlatende laag. Het verschil in potentiaal is een gevolg van de stroming van het water door de slecht doorlatende laag.

De zeer geringe doorlatendheid hiervan veroorzaakt het grote potentiaalverschil (vergelijk fig. 2). De doorlatendheid (K-factor) is van de orde van grootte van enkele mm's tot hooguit enkele cm's per etmaal, hetgeen uit een globale berekening valt af te leiden. Boven de slecht doorlatende laag zijn de verschillen in potentiaal zeer gering. De stand in de buizen 1a en 1b geeft zodoende tevens de ligging van het freatisch vlak.

De potentiaal van het grondwater in het profiel zonder storende laag (buis 3 en 3a, fig. 4) is ongeveer gelijk aan die in het water onder de slecht doorlatende laag. Deze standen geven hier tevens het freatisch vlak.

Terwijl in het profiel met de slecht doorlatende laag het grondwater de gehele winter door bijna tot in het maaiveld staat, heeft het andere profiel een redelijke drooglegging (profielkenmerken!).

Het water stroomt waarschijnlijk vooral verticaal door de storende laag. Horizontale afstroming is, voor zover uit deze en andere waarnemingen kon worden afgeleid, niet van grote betekenis.

Opgemerkt dient te worden dat men in het geval van fig. 3 niet kan spreken van het voorkomen van schijngrondwaterspiegels in het profiel. Er is slechts één grondwaterlichaam aanwezig.

Wanneer men in het profiel een (over de volle lengte geperforeerde) grondwaterstandsbuis aanbrengt, geeft deze, wanneer ze reikt tot in de grofzand-ondergrond, niet het freatisch niveau aan, maar een stand liggend tussen die in de buizen 1 resp. 1a en 1b.

Om de invloed na te gaan van de filterlengte op de meetresultaten, werden in maart 1961 een aantal buizen geplaatst met (bruto) 5 cm filter (no.'s 11, 11c en 11b, fig. 3). Buis 11 geeft aanvankelijk precies dezelfde standen als buis 1, maar gaat na een aantal weken wat trager reageren. Buis 11c, die midden in de slecht doorlatende laag staat, heeft weken tijd nodig om op niveau te komen en reageert dan praktisch niet meer op wisselingen in druk. Buis 11b heeft zich spoedig ingesteld, maar reageert toch duidelijk veel trager dan de buizen met 50 cm filter.

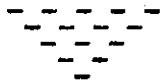
Het ontbreken van reactie bij 11c is, behalve van de geringe effectieve filterlengte (kans op dichtsmeren!), vooral een gevolg van de geringe doorlatendheid van de grond, waardoor het vullen en leegstromen van de buis bij veranderingen in potentiaal van het grondwater slechts uiterst vertraagd en afgezwakt plaatsvinden. Het op de duur trager reageren van de buizen 11 en 11c is waarschijnlijk een gevolg van het op de duur verzanden en dichtslibben van de filter. Het is namelijk een feit dat zich op de bodem van een stijgbuis spoedig wat blubber verzamelt, hetgeen vooral bij korte filters storend kan werken. Een filterlengte van 50 cm is echter voor bepaalde onderzoeksdoeleinden te lang. Er wordt daarom nog gezocht naar een constructie piëzometer, die goed voldoet (gemakkelijk te plaatsen en schoon te maken is en niet te traag reageren).

Conclusies.

Bij het door Stiboka uitgevoerde onderzoek naar de grondwaterhuishouding gaat het er meestal om de ligging van het freatisch vlak en de schommelingen die daarin optreden te leren kennen en verder om verbanden op te sporen tussen profielkenmerken en de ligging van dat vlak.

Het is duidelijk dat voor zulk onderzoek bij profielen, waarin lagen voorkomen met zeer geringe doorlatendheid, het aanbeveling kan verdienen geen grondwaterstandsbuizen te plaatsen (buizen over de volle lengte geperforeerd), maar twee of meer buizen van het type piëzometer, reikend tot verschillende diepte in het profiel in afhankelijkheid van de opbouw ervan. Men verkrijgt door metingen in dit type buizen een beter en juistere inzicht in de grondwaterhuishouding en in de betekenis van de doorlatendheid van de profiellagen.

Omgekeerd zal men gegevens over de stijghoogte van het grondwater, verkregen door metingen in grondwaterstandsbuizen op profielen met zeer ondoorlatende lagen, met voorzichtigheid moeten hanteren wanneer het doel van het onderzoek is het zoeken naar verbanden tussen profielkenmerken en de ligging van het freatisch vlak.



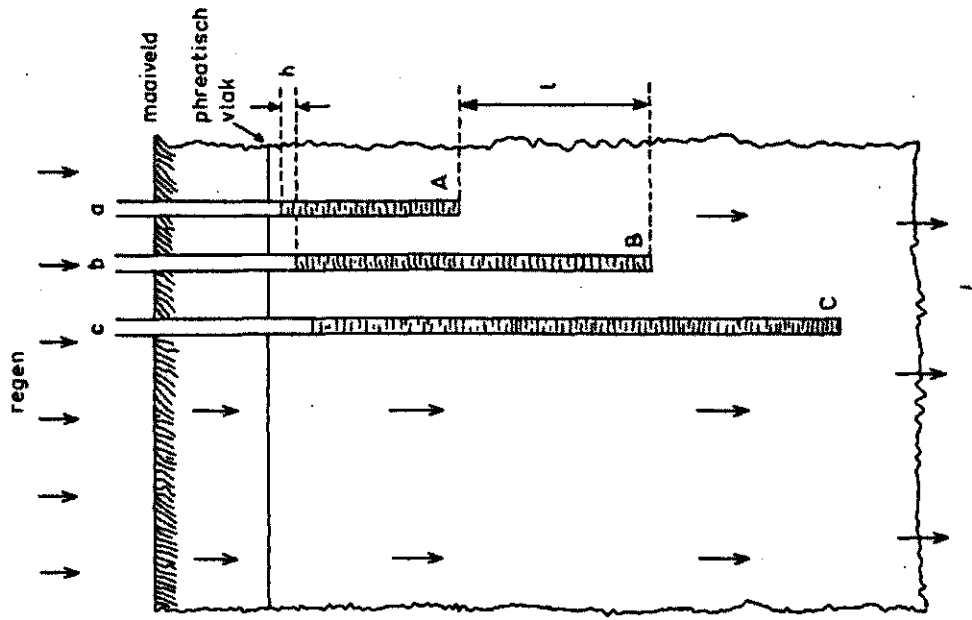


Fig.2 Verticale stroming van water door een grond

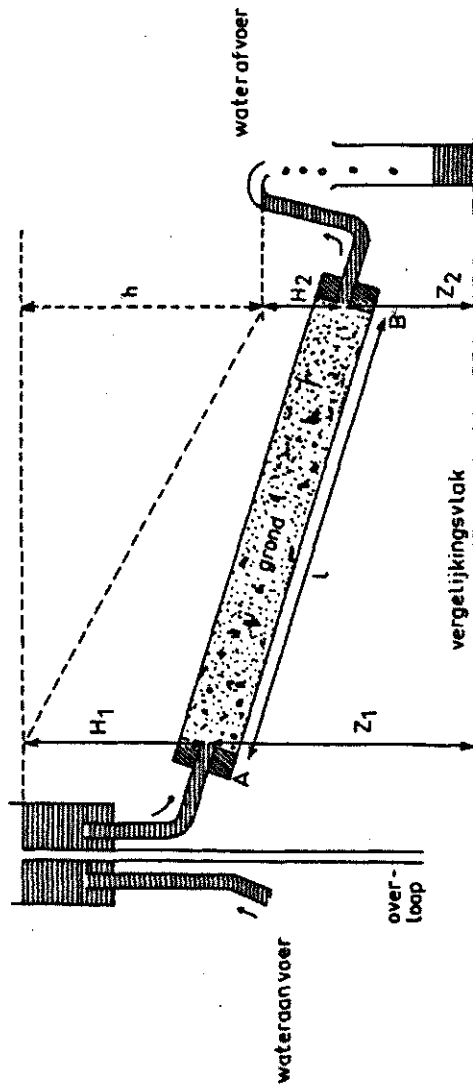
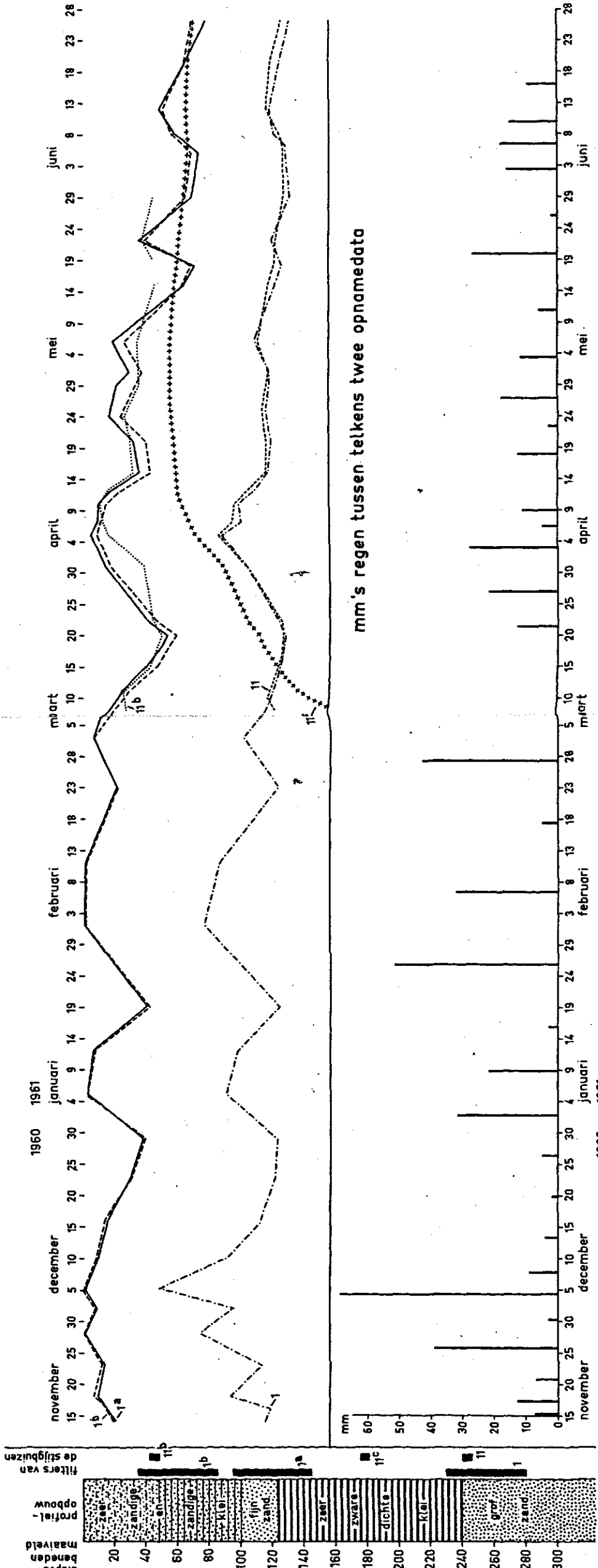


Fig.1 Schematische proefopzet ter verduidelijking van de wet op de stroming van water door de grond

Fig.3 Stijghoogte van het grondwater Serie1



61170-921-2

Fig.4 Stijghoogte van het grondwater Serie 3

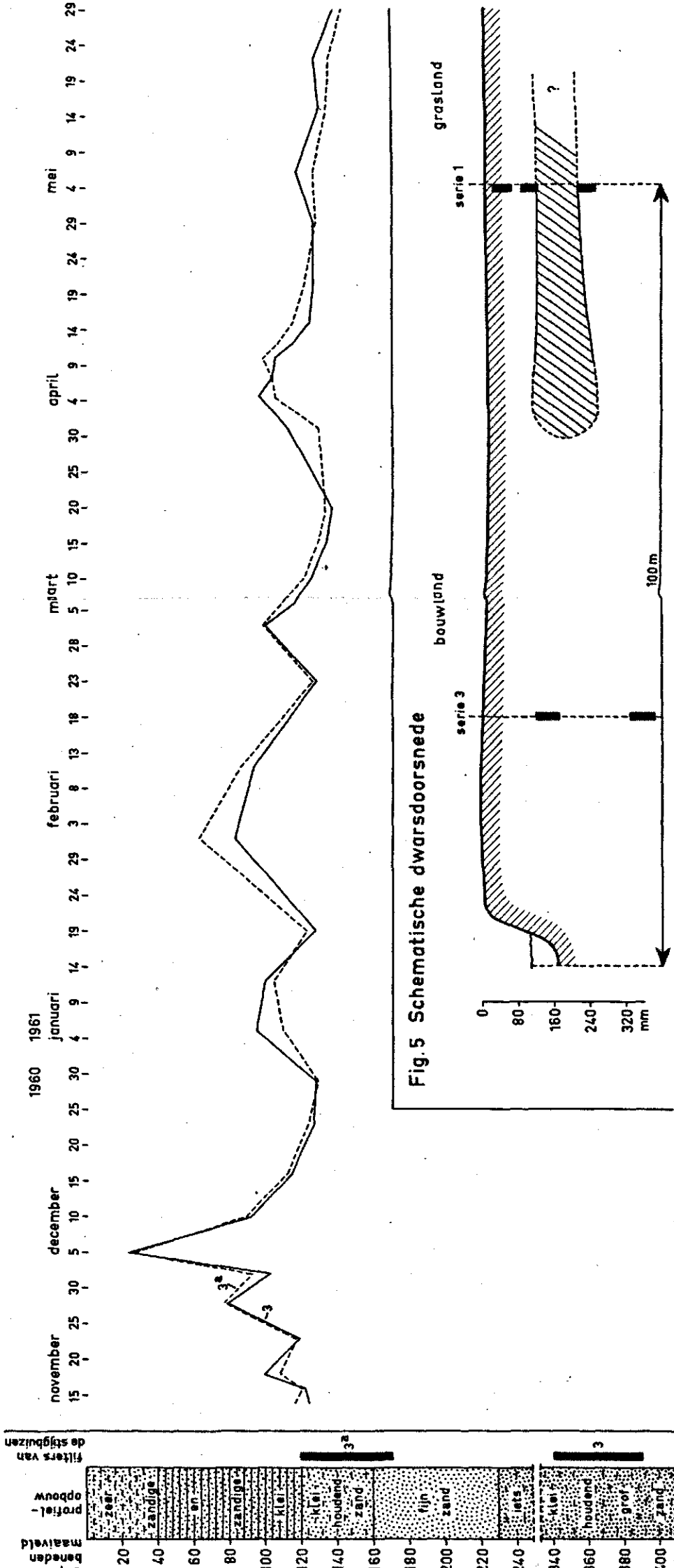


Fig.5 Schematische dwarsdoorsnede

