

---

# Schatting van doorlaaffactoren (k-waarden) aan de hand van in boorarchieven aanwezige boorbeschrijvingen

A.B. Pomper

---

*In een vorig artikel in STROMINGEN (Pomper en Weerts, 1996) werd een pleidooi gehouden voor intensivering van het onderzoek naar methoden voor doorlatendheidsbepalingen. Naast een beschrijving van meetmethoden, werd ook schatting van k-waarden aan de hand van boorbeschrijvingen, kort genoemd. Een uitvoeriger beschrijving van de methode werd in het vooruitzicht gesteld. Bij dezen dus!*

*Het proces dat uiteindelijk leidde tot de in dit artikel beschreven schattingsmethode van k-waarden begon in feite in de dertiger jaren, toen Hooghoudt onderzoek deed naar de relatie tussen de korrelgroottesamenstelling van boormonsters en de verzadigde doorlatendheid van de ondergrond. Dit heeft geleid tot een grote stroom van publikaties. Vanaf de veertiger jaren werd het werk samen met Van Deemter uitgevoerd en later met Ernst, die na de dood van Hooghoudt het werk voortzette.*

*Uitgegaan werd van doorlatendheidsmetingen aan met boormonsters gevulde cilindres. Van dezelfde boormonsters werden nauwkeurige zeefanalyses uitgevoerd.*

*De weerstand die water ondervindt bij het bewegen door een zandpakket is afhankelijk van meerdere factoren: doorsnede van de korrels, aard van het oppervlak van de korrels (rond/langwerpig, glad/ruw, hoekig enz.), de ligging van de korrels ten opzichte van elkaar, verschillen in korrelgrootte binnen het zandpakket (sortering), cohesie tussen water en het korrelmateriaal, e.d. Daar komt bij dat ook binnen een bepaald sedimentpakket een zekere laagopbouw bestaat als gevolg van dagelijks variërende sedimentatieomstandigheden. Door de ene sublaag beweegt het water anders dan door de andere.*

*Omdat er dus bij het bepalen van de doorlatendheden, veel meer factoren een rol spelen als alleen de korrelgroottesamenstelling, is het niet mogelijk alleen op basis van deze laatste grootte de doorlatendheid verantwoord vast te stellen. Toch is er behoefte aan een zekere indicatie, al is het alleen maar om tot een betere correlatie te komen tussen punten waar de doorlatendheid op een verantwoorde manier is gemeten.*

*Van Rees Vellinga schatte tijdens het beschrijven van boormonsters verschillende parameters die van belang zijn voor het vaststellen van het specifiek oppervlak (U-cijfer) van zandige monsters, waarna met behulp van door Ernst samengestelde tabellen, doorlatend-*

---

A.B. Pomper is werkzaam bij: Staring Centrum, Postbus 125, 6700 AC Wageningen, tel: (0317) 474308, fax: (0317) 424812, e-mail: A.B.Pomper@sc.dlo.nl

heden werden berekend. Later ging hij ertoe over, bestaande boorbeschrijvingen van deze— eveneens geschatte—waarden te voorzien en daarmee doorlatendheden te berekenen. Hoewel de methode nooit is gepubliceerd, werd zij veelvuldig toegepast bij regionale onderzoeken van het voormalige ICW. De aldus verkregen doorlatendheidscijfers vormden een waardevol hulpmiddel bij het correleren van gemeten waarden van grotere afstand van elkaar gelegen meetpunten.

De in het archief van het Staring Centrum aanwezige boorbeschrijvingen uit de zeventiger jaren werden opnieuw bestudeerd ten einde een trend in de bijgeschreven parameters te vinden. Het resultaat van dit werk werd vastgelegd in tabellen die in deze publikatie zijn opgenomen.

Thans wordt in samenspraak met Ernst, gewerkt aan een bewerking van het archief van Ernst—dat nog in het Staring Gebouw aanwezig is—om zo tot het vastleggen van zijn gedachtegoed op het terrein van de k-waardebepaling te komen.

### Specifiek oppervlak (U-cijfer) en doorlaatfaktor (k-waarde)

De basis van berekening van doorlatendheden uit de korrelgroottesamenstelling van zandmonsters is het specifieke oppervlak van de sedimentkorrels, het zgn. U-cijfer. De filosofie daarbij is dat de weerstand die water in de grond ondervindt samenhangt met de grootte van het oppervlak van de korrels en niet met de doorsnede. Het U-cijfer is de verhouding tussen het totale oppervlak van de korrels in een bepaald gewicht zand en hetzelfde gewicht aan bolvormige korrels met een doorsnede van 1 cm.

Bij de bepaling van het U-cijfer werd door Hooghoudt c.s. gebruik gemaakt van zeef- en pipetanalyses, wat thans vervangen is door geautomatiseerde en nauwkeuriger methoden. Het U-cijfer kan worden berekend met de formule van Zunker (Hooghoudt, 1935, 1937; Locher en De Bakker, 1990):

$$U = \frac{4343}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \times \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \quad (1)$$

Waarin:

- U = het specifieke oppervlak van een zandmonster binnen de korrel-diameters  $d_1$  en  $d_2$ ;
- $d_1$  = de ondergrens van de betreffende sedimentklasse;
- $d_2$  = de bovengrens van de betreffende sedimentklasse.

Door gewogen middeling van U-cijfers van de verschillende zandfrakties ontstaat het gemiddelde U-cijfer waarmee in dit artikel verder wordt gewerkt. Met behulp van dit U-cijfer stelde Ernst (ongepubliceerd) de volgende relatie op:

$$k U^2 = C \quad (2)$$

Hierin is:

- k = horizontale doorlaatfaktor (m/dag)

U	=	specifiek oppervlak (dimensieloos)
C	=	een constante die aanvankelijk empirisch werd gesteld op 27 000 m/dag later werd bijgesteld op 54 000 m/dag

Met behulp van formule (2) kan de k-waarde worden berekend:

$$k = \frac{C}{U^2} \quad (3)$$

Hierop werden dan nog correcties uitgevoerd op sorteringsgraad (S), slibgehalte (sl) en grindgehalte (gri).

De *sorteringsgraad* wordt uitgedrukt in het percentage dat de drie grootste zeeffracties in een monster innemen (S-getal). Het is derhalve een maat voor de homogeniteit van een monster. Een zeer homogeen monster wordt als S80 geklassificeerd en een zeer inhomogeen monster als S50 (tabel 1).

**Tabel 1:** Woordelijk omschreven graad van sortering met het bijbehorende S-cijfer.

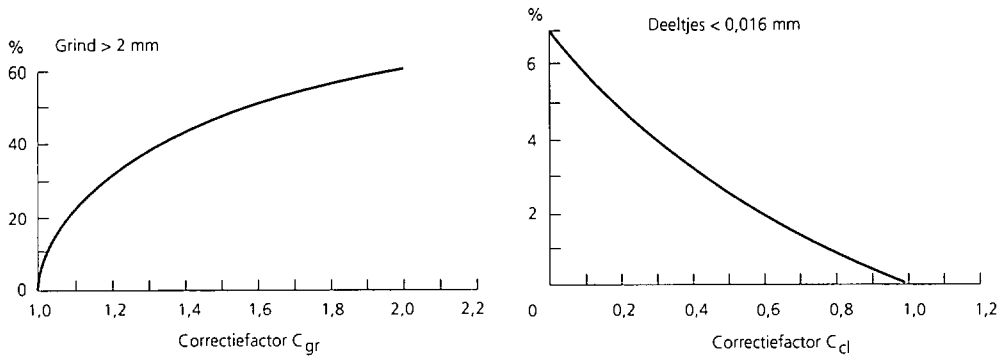
Omschrijving	S-cijfer
Zeer goed gesorteerd	80
Goed gesorteerd	75
Vrij goed gesorteerd	70
Matig gesorteerd	65
Slecht	60
Zeer slecht gesorteerd	55
Tweetoppig gesorteerd	50

Zoals in Pomper en Weerts (1996) al is aangegeven, is het *slibgehalte* van groot belang voor de doorlatendheid van zandafzettingen. Geringe slibgehalten kunnen al een belangrijke invloed hebben op de doorlatendheid. Ernst (ongepubliceerd, 1955) heeft de relatie tussen slibgehalte en doorlatendheid vastgesteld. Het resultaat wordt gegeven in figuur 1<sup>a</sup> uit: (Cultuurtechnische Vereniging, 1988). Daaruit blijkt dat zand met een slibgehalte van 7%, vrijwel ondoorlatend is.

Anders is het gesteld met het *grindgehalte*. Wel heeft grind—in zekere mate—een verhogend effect op de doorlatendheid, maar de invloed is niet zo sterk als bij het slibgehalte. Een grindgehalte van 60% betekent slechts een verdubbeling van de doorlatendheid (figuur 1<sup>b</sup>). Daar komt bij dat het verhogend effect tot aan een bepaald gehalte doorgaat. Ook speelt de definitie van het begrip 'grind' een rol. Grind wordt over het algemeen gedefinieerd voor korrelgrootten 2000–63000  $\mu$ ; dat wil zeggen dat binnen de fractie 'grind' grote korrelgrootteverschillen voorkomen. Het resultaat is dan ook dat de doorlatendheden van als 'grindzand' omschreven monsters grote verschillen in doorlatendheid laten zien, waar geen éénduidige relatie met het U-cijfer uit naar voren komt.

### Schattingen van U-cijfers

In de zestiger jaren is bij het beschrijven van boormonsters de gewoonte ontstaan, naast de woordelijk beschreven waarnemingen, ook schattingen te geven van U-cijfer, slibgehalte,



**Figuur 1:** De correctiefactoren van slib- en grindgehalte op berekening van de doorlatendheid uit de korrelgrootteverdeling van zand (naar Ernst (ongepubliceerd) in Cultuurtechnische Vereniging, 1988).

grindgehalte en sorteringsgraad. Tussen de verschillende 'beschrijvende instanties' was regelmatig contact om een zekere uniformiteit te waarborgen.

Van Rees Vellinga heeft een methode ontwikkeld om aan de hand van de beschrijvingen en met behulp van door Ernst samengestelde tabellen (ongepubliceerd), *van elke opgeboorde laag* schattingen uit te voeren van de k-waarden. Met de aldus opgedane kennis en ervaring ging hij ertoe over bij goed uitgevoerde boorbeschrijvingen waarvan geen metingen zijn uitgevoerd, deze alsnog een schatting van de k-waarden te uit kunnen voeren.

Bij deze methode zijn uit wetenschappelijk oogpunt de nodige vraagtekens te stellen, maar in de praktijk vormde de methode toch een waardevolle aanvulling op gemeten waarden en zo een mogelijkheid voor het uitvoeren van redelijk verantwoorde interpolaties tussen ver van elkaar gelegen waarnemingen.

**Tabel 2:** Relatie tussen de zandfractie van woordelijk beschreven sedimenten en de bijbehorende U-cijfers.

Omschrijving	U-cijfer
Uiterst fijn	180
Zeer fijn tot uiterst fijn	160
Zeer fijn	140
Zeer fijn tot middel fijn	120
Middel fijn	100
Middel fijn tot matig fijn	80
Matig fijn, iets grover	70
Matig fijn	60
Matig fijn tot matig grof, iets grover	55
Matig fijn tot matig grof	50
Matig fijn tot matig grof, iets fijner	45
Matig grof	40
Matig grof tot middel grof, iets grover	35
Matig grof tot middel grof	30
Middel grof	25
Middel grof tot zeer grof	20
Zeer grof	15
Uiterst grof	10

**Tabel 3:** Woordelijk beschreven slibgehalten met de bijbehorende percentages.

Omschrijving	Slibgehalte (%)
Slibvrij	0,
Slibarm	0,5
Zeer zwak slibhoudend	1,
Zwak slibhoudend	1,5
Slibhoudend	2,
Fijn slibhoudend zand	4,

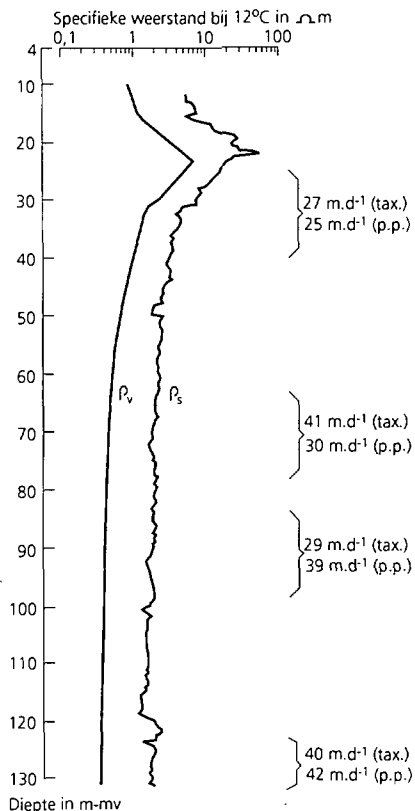
**Tabel 4:** Woordelijk omschreven grindgehalten met bijbehorende percentages en correctiefactoren

Omschrijving	Grindgehalte (%)	Correctiefactor
Zeer weinig grind	10	1,10
Weinig grind	12	1,25
Grindhoudend	15-20	1,50-1,60
Veel grind	25-30	1,70-1,85
Zeer veel grind	45-60	1,95-2,90
Uiterst veel grind	80	4,00

In de loop van de tijd ontstond bij de boorbeschrijvende instanties de volgende vertaling van woordelijk beschreven boormonsters naar getalsmatige grootheden (tabel 2).

Bovendien worden aan deze beschrijving getallen toegevoegd voor de sorteringsgraad (tabel 1), slibgehalten (tabel 3) en grindgehalten (tabel 4).

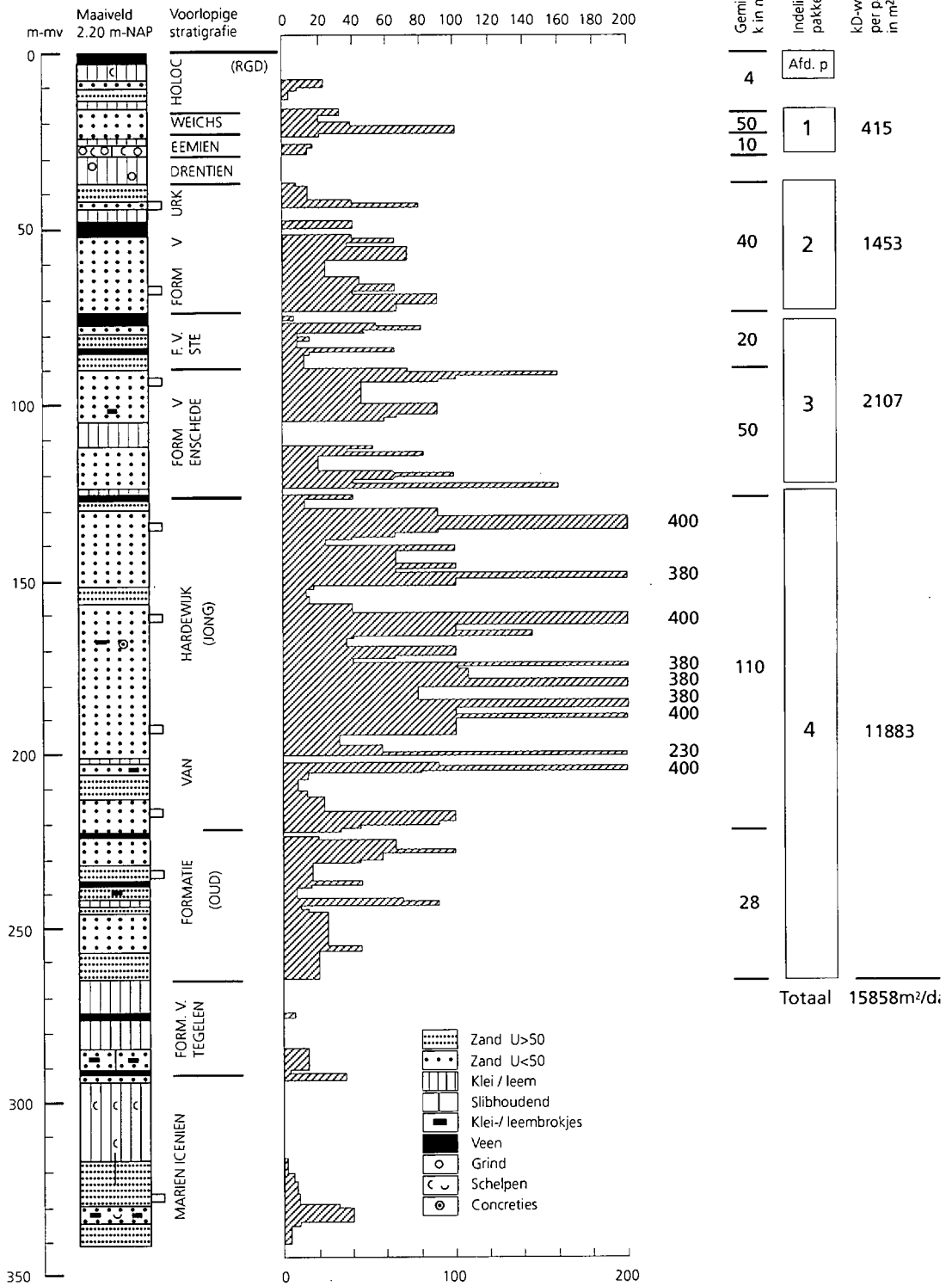
Met behulp van deze tabellen werden voor verschillende regionale onderzoeken in West-Nederland door Van Rees Vellinga de boorbeschrijvingen in het boorarchief van de Rijks Geologische Dienst bewerkt en van doorlaatfactoren voorzien. Deze cijfers werden in genoemde onderzoeken gebruikt en waar nodig bijgesteld. Het resultaat van één van de bewerkte boringen wordt gegeven in figuur 2 (Pomper, 1979); figuur 3 geeft een dergelijke bewerking in vergelijking met met de resultaten van in dezelfde boring uitgevoerde mini-pompproeven (Van Rees Vellinga, 1982).



**Figuur 2:** Schatting van k-waarden in boring 19 E.85 (Noord-Holland) (Pomper, 1979).

19 E/85

Geschatte doorlaatfactor (k) in m/dag



**Figuur 3:** Vergelijking van k-waarden uit mini-pompproeven en getaxeerde k-waarden in boring 14D/61 (Noord-Holland) (Van Rees Vellinga, 1982).

Aan de hand van de door Van Rees Vellinga bewerkte boorbeschrijvingen van Noord-Holland en Zuid-Holland is een tabel samengesteld van de in de boorbeschrijvingen woordelijk vermelde gegevens en de schatting van de doorlaatfactoren (m/dag). De tabel is niet compleet omdat niet alle mogelijke bodemsoorten in de boorbeschrijvingen zijn vermeld of niet bestaan. Het resultaat wordt gegeven in tabel 5.

**Tabel 5:** Vertaling van woordelijk beschreven boorbeschrijvingen naar doorlaatfactoren (m/dag).

	Slibgehalte										
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
Middelfijn zand (U140)											
S80		12	8			4			2		
S70		9									
S60	6	6				4		2	1		
S55		4				2			1		
S50											0.5
Middel fijn - matig fijn (U80)											
S80		9	7	6	4	5			3		1
S70		6		5		4		3			
S65		6									
S60		5		4		3				1	
S50		4		3		2					
Matig fijn (U60)											
S80		15	12	10	9	8	7	6		5	
S70		13	12	9	8	7	6	5	4		
S65		11	9	8	7	6	5	4	3		
S60		10	8	7	6	5	4		3		1
S55		9	7	6	5	4	3	2.5	2		
S50		8	6	5	4	3			2		
S40		6	5	4	3	2			1		0.5
Matig fijn - matig grof (U50)											
S80	24	22									
S70	22	19									
S65	19	17	15								
S60	17	15	13	11							
S55	15	13	11	10	9						
S50	13	11	10	9	8	7					
S40	11	10	9	8	7	6					
Matig grof (U40)											
S80	43										
S70	34	30									
S65	30	27									
S60	27	23	20	18	15	13					
S55	23	20	18	15							
S50	20	18	15	14							
S40	18	15	13	10	9						

Tabel 5 (vervolg):

	Slibgehalte										
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
Middel - matig grof (U30)											
S80	76										
S70	60										
S65	53	48									
S60	45	39					23				
S55	40	36									
S50	40	31									
S40	30	25									
Middelgrof (U25)											
S70	86	54			45						
S65	50	48									
S60	45	42									
S55	40	38									
Middelgrof (U20)											
Grof (U20)											
Zeer grof met grind (U20)											
S65	210										
Middel - zeer grof met grind (U20)											
S80	170										
S70	139	121				72					
S65	119										
S60	115										
Middel - zeer grof zonder grind (U20)											
S70	110			51							
Matig fijn, tweetoppig											
S50	10	7	6	5		4	3	2	1		
Middel-matig grof, tweetoppig											
S50	35	31									
S40	28										
Matig grof, tweetoppig											
S70	86										
S65	70	27									
S60	45	20									
S50	25	18		14		10					

Daarnaast is een aantal monsters beschreven als 'grindzand'; zand dus met een zeer hoog grindgehalte. Vaak bevatten deze monsters ook nog vrij veel slib. Het betreft dus sterk heterogeen materiaal waarbij een sterk wisselende k-waarde werd geschat. Aan deze monsters is geen éénduidige k-waarde te schatten.

Bij de omschrijving 'tweetoppig' is duidelijk sprake van twee groepen lagen binnen het monster met een sterk wisselende granulaire samenstelling. Het betreft wel een omschrij-



ving die voor veel boormonsters wordt gegeven, zodat toch wel een duidelijke k-waarde kan worden geschat.

## Discussie

Hoewel aan de schattingsmethode uit wetenschappelijk oogpunt de nodige vraagtekens kleven, betreft het een methode om—behalve uit metingen—uit boorbeschrijvingen waarden voor de doorlatendheid van de ondergrond te verkrijgen. Met deze methode kunnen interpolaties worden uitgevoerd tussen ver van elkaar gelegen metingen. Bovendien wordt een dimensie toegevoegd aan het gebruik van de in de archieven aanwezige boorbeschrijvingen.

Voor het berekenen van de radiale weerstand rond sloten, drains, e.d., is het nodig te beschikken over puntwaarnemingen voor de doorlatendheid. Men kan er daarbij niet omheen gebruik te maken van gestoken monsters, wat gezien de geringe diepte waar meestal sprake van is, zeer goed mogelijk is. De schattingsmethode is daarvoor ongeschikt omdat daarbij een grote nauwkeurigheid is vereist. Wel is het toepassen van de schattingsmethode mbv. handboringen, geschikt voor het uitvoeren van interpolaties tussen de gemeten waarnemingen en eventueel het vaststellen van lokaties voor—aanvullende—metingen van de doorlatendheden.

Voor het huidige regionale onderzoek is de methode ongeschikt, alleen al omdat zij erg bewerkelijk is en globale informatie, ondersteund door modelberekeningen meestal ruimschoots voldoende is. Maar voor onderzoek waarvoor puntwaarnemingen nodig zijn, zoals milieuonderzoek is de methode zeer geschikt. Voor dergelijk detail onderzoek kan de methode goed worden toegepast, als toevallig in het betreffende gebied boorbeschrijvingen beschikbaar zijn uit het verleden of als pulsboringen worden uitgevoerd.

Verdere uitwerking en standaardisering van de schattingsmethode is dan ook zeer gewenst.

## Literatuur

**De Bakker, H. en W.P.Locher (red) (1990)** Bodemkunde van Nederland; Malmberg.

**Cultuurtechnische Vereniging (1988)** Cultuurtechnisch Vadamecum.

**Hooghoudt, S.B. (1935)** Bepaling van het uitwendige oppervlak van het minerale gronddeeltjes-complex; Bijdrage tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen Nr. 41 (1).B, Bodemkundig Instituut te Groningen.

**Hooghoudt, S.B. (1937)** De werkzame korreldoorsnede, het specifieke getal en de gemiddelde korreldoorsnede; Bijdrage tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen Nr. 43 (1).B, Bodemkundig Instituut te Groningen.

**Pomper, A.B. (1979)** De geologische en geohydrologische opbouw van Noord-Holland beoorden het Noordzeekanaal; ICW-Nota 1135.

**Pomper, A.B. en H.J.T.Weerts (1996)** Doorlatendheidsmetingen: Absolute noodzaak of luxe uit het verleden; in: *Stromingen*, jrg 2, nr 1.

**Van Rees Vellinga, E. (red) (1976)** Werkgroep Middenwest Nederland; hydrologie en kwaliteit van Middenwest Nederland; ICW-Regionale Studies 9.

**Van Rees Vellinga, E. (red) (1982)** Werkgroep Noord-Holland; Kwantiteit en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in Noord-Holland benoorden het IJ; ICW-Regionale Studies 16.