INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 300, II dd. 1 augustus 1966

Resultaten van wandruwheidsmetingen in een aantal leidingen van het waterschap "De Oostermoersche Vaart" in Drenthe

J. Pieters en A. J. Flach

Inhoud

I. INLEIDING

In 1964 werd het wandruwheidsonderzoek (I.C.W. nota nrs. 231 en 276) voortgezet in vijf leidingen van het waterschap 'De Oostermoersche Vaart'. De doelstelling van dit onderzoek was drieledig. Op de voorgrond stond de invloed van het gedrag van een in de tijd toenemende begroeiing in open leidingen op de stromingsweerstand. Het begroeid raken van leidingen heeft tot gevolg dat bij een bepaalde afvoer het leidingpeil zich hoger instelt dan wanneer die afvoer door een schone leiding zou plaats vinden. De stuwende invloed van een toenemende begroeiing veroorzaakt afwijkingen van de normatief gekozen wandruwheidsfactor in de formule van Manning.

In de tweede plaats hadden de waarnemingen ten doel een inzicht te verkrijgen in de onderhoudstoestand van de leidingen. Het verwijderen van de vegetatie uit de leiding beïnvloedt het afvoerend vermogen in gunstige zin. Door periodiek wandruwheidsmetingen te verrichten is aldus een onderhoudsdiagram op te stellen.

Tenslotte is met dit onderzoek getracht de kwaliteit van de verschillende onderhoudsmethoden te toetsen. Als maat voor deze kwaliteit is het wandruwheidseffect ingevoerd, waaronder wordt verstaan de toename van de wandruwheidsfactor na het maaien van de leiding; het wandruwheidseffect is dus afhankelijk van de toegepaste onderhoudsmethode.

De keuze van de waterlopen in het waterschap 'De Oostermoersche Vaart' hield verband met een onderzoek naar de techniek en economie van het leidingonderhoud, ingesteld door het Provinciaal Onderzoekscentrum van de Landbouw in Drenthe, onder auspiciën van de Commissie Economie Waterhuishouding (I.C.W. nota 310 gewijzigd).

II. DE MEETOBJECTEN

De metingen werden uitgevoerd in leidingen die bij het waterschap bekend waren als:

1 leiding 10 (Drouwenerveen), gemiddelde breedte van 4,50 m
2 leiding 10.62 (Buinen), gemiddelde breedte van 2,30 m
3 leiding 14 (Westdorp), gemiddelde breedte van 1,80 m
4 leiding 6 (Gieten), gemiddelde breedte van 3,75 m
5 leiding 8 (Veenhof), gemiddelde breedte van 1,80 m

en waarvan figuur 1 een overzicht geeft.

De leiding 10 vormt een gedeelte van de zijtak van de hoofdstroom (de Oostermoersche Vaart) en is evenals de leidingen 6 en 14 te beschouwen als een transportleiding (afwateringsleidingen). Leiding 14 voert voornamelijk kwelwater van het bosgebied op de hoge gronden van Midden Drenthe ten zuid-oosten van Schoonlo af.

De metingen in de leidingen 10, 10.62 en 14 werden op regelmatige tijdstippen uitgevoerd; bij de metingen in de leidingen 6 en 8 was dit niet mogelijk omdat de stroomsnelheden in het zomerseizoen te gering waren.

III. DE MEETMETHODIEK

De gevolgde meetmethode werd reeds eerder beschreven in I.C.W. nota 231 en 276.

Het debiet werd bepaald door stroomsnelheidsmetingen, waarbij steeds gebruik werd gemaakt van een vleugelmolentje van Ott, behalve bij de metingen in leiding 10 (Drouwenerveen). Voor een in deze leiding voorkomende klepstuw werd een afvoergrafiek samengesteld (fig. 2). De metingen voor deze grafiek werden bij verschillende debieten uitgevoerd waneer de leiding schoon was. Uit deze metingen kon een curve worden berekend volgens:

$$Q = C\ H^{3/2}$$

waarin :

Q = het debiet over de stuw (m^3/sec)

C = 6,59 en is een constante waarin opgenomen de breedte van de stuw (3,5 m)

H = hoogte van de overstortende straal.

Deze werd bepaald uit het niveauverschil van bovenkant stuwklep en de waterspiegel op een afstand van 5 m vanuit de stuw. Hierbij werd gebruik gemaakt van een waterpasinstrument, waarbij voor de stuwklephoogte werd volstaan met 2 aflezingen links en rechts van de stuw; de hoogte van de waterstand werd bepaald uit een gemiddelde van 3 aflezingen.

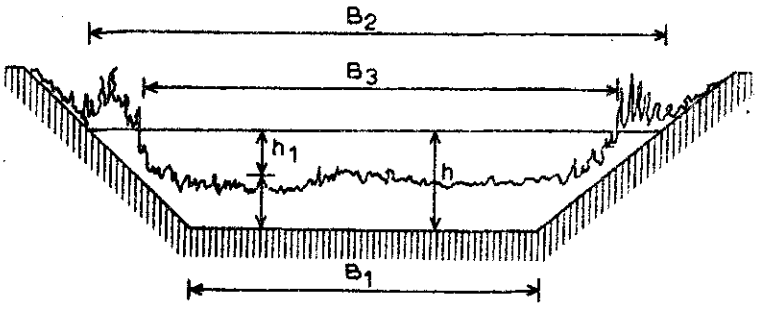
Voor de bepaling van het natte profiel werd onder andere gebruik gemaakt van een P.V.C. - buis, waarop een centimeter - verdeling was aangebracht. De buis was voorts voorzien van een ronde voet met een middellijn van 10 cm en samengesteld uit twee delen die met een schroefbout in de juiste afleesstand konden worden verbonden. Deze peilbuis werd geconstrueerd door de Technische Dienst van het Instituut (MEIJER).

Het bodemverhang van de meetvakken blijkt uit figuur 3. In de leidingen 10, 10.62 en 6 was dit enigszins onregelmatig, in de leidingen 14 en 8 echter regelmatig. In alle leidingen was het verval per raaiafstand gering (gemiddeld 0,03 °/oo).

De begroeiingsintensiteit werd tijdens elke meting in een klasse ingeschat volgens tabel 1.

Tevens werd de kwantiteit van de vegetatie afzonderlijk gewaardeerd in een profielvulling. Onder profielvulling werd verstaan de door de begroeiing ingenomen oppervlakte van de dwarsdoorsnede der watergang, uitgedrukt als een percentage van de natte dwarsdoorsnede. Wanneer een gedeelte van deze natte doorsnede onbegroeid of minder dicht begroeid bleef kwam dit tot uitdrukking in de schatting van het percentage zoals dit uit de volgende schetsen blijkt.

A.



Natte doorsnede = $\frac{1}{2}(B_1 + B_2) . h$

Begroeid deel van de doorsnede is:

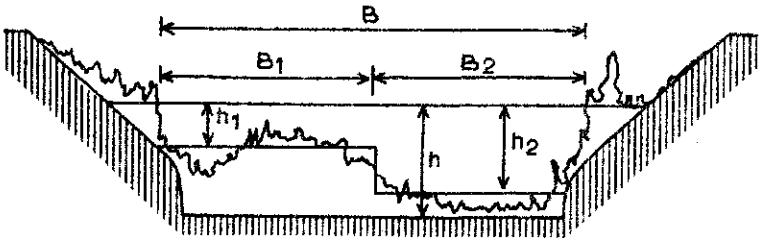
$\frac{1}{2} . h . (B_1 + B_2) - B_3 (.h_1)$

Profielvulling in % :

$$100 \left(1 - \frac{B_3 . h_1}{\frac{1}{2} h (B_1 + B_2)}\right)$$

h = waterdiepte

B.



Profielvulling in % :

$$100 \left(1 - \frac{(B_1 \times h_1 + B_2 \times h_2)}{B . h}\right)$$

In de praktijk zal $B_1 + B_2$ ongeveer overeenkomen met de gemiddelde leidingbreedte B.

Tabel 1. Classificering van de leidingvegetatie

Begroeiingsklasse	Aard van de begroeiing	Overeenkomende profielvulling
1	ideaal schoon	0 - 5 %
2	zeer schoon	5 - 10 %
3	schoon	10 - 15 %
4	vrij schoon	15 - 25 %
5	licht begroeid	25 - 35 %
6	matig begroeid	35 - 50 %
7	sterk begroeid	50 - 75 %
8	dicht begroeid	75 -100 %

Bij het schatten van de profielvulling is rekening gehouden met de variatie in begroeiing in lengterichting van de watergang.

Het gemiddelde beeld is verkregen door in de afzonderlijke meetraaien (8 stuks) de begroeiing in een profielvulling te schatten.

In wezen komen de profielvulling en de begroeiingsklassen met elkaar overeen; echter is het bepalen van een begroeiingsklasse meer globaal dan het schatten van een gemiddelde profielvulling omdat de laatste methode meer kwantitatief het begroeiingspatroon benadert.

Het schatten van de profielvulling/begroeiingsklasse heeft ten doel een methode te kunnen vinden om de waarde van de wandruwheidsfactor te benaderen door waardering van de in de leiding voorkomende begroeiing.

IV. OVERZICHT VAN DE WATERLEIDINGEN

a. Leiding 10

Deze leiding had een regelmatig profiel en vlakke taluds. Direct stroomopwaarts van het meetvak kwam een vernauwing van het dwarsprofiel voor, ontstaan door plaatselijke inkalvingen van het benedentalud. Over circa 200 m' was hier aan de oostzijde een betuining aangebracht die tot voorbij raai 5 in het meetvak doorliep. Verder kwamen aan dezelfde zijde betuiningen voor tussen de raaien 7 en 9, terwijl deze aan de zuidzijde voorkwam tussen de raaien 1 en 3.

De grondsoort van de bodem bestond tussen de meetraaien 4 en 9 uit een vaste zandbodem, voor het overige gedeelte uit een losse fijn zanderige laag met een weinig slib. De taluds waren voorzien van een teeltaardelaag, het maaiveld zelf uit veenachtig materiaal. Langs de oevers kwam afwisselend weiland en bouwland (aardappelteelt) voor. De eerste meetraai werd 100 m' stroomafwaarts van de klepstuw gekozen; het meetvak ter lengte van 200 m maakte deel uit van een recht gedeelte van de leiding. Enkele inmondende greppels en perceelssloten stonden tijdens de metingen steeds droog. Het bodemverhang was zeer gering (fig. 3).

b. Leiding 10.62.

Deze leiding lag gedeeltelijk in een veengebied; de bodem en wanden in het eerste gedeelte van het meettraject (ca. 125 m) lagen geheel in een veenbodem en het overige gedeelte van het gekozen meetvak had een vaste zandbodem. Hierin kwamen veel grove en fijnere veenkluiten voor, terwijl de veenbodem in het meettraject zeer slap was. Deze leiding voert onder andere het kwelwater van het hoger gelegen Hondsruggebied tussen Exloo en Borger af. Hij werd in het kader van de ruilverkaveling Buiner- en Bronneger Veen in het najaar van 1963 gegraven. Een aantal inmondende greppels werden tijdens de metingen altijd droog aangetroffen. Aan beide oeverzijden kwam uitsluitend weiland voor.

c. Leiding 14

De wanden van deze leiding bleken over een gedeelte van de benedentaluds door de waterstroom te zijn aangetast. Hoewel langs beide oevers een verdediging van tuin- en bleeslatten was aangebracht, vond achter deze oeververdediging plaatselijk vrij grote uitspoelingen plaats. Voor

de keuze van het meetvak kon een lengte met constant profiel worden gevonden, doch 50 m stroomafwaarts van de laatste raai kwam een gedeelte voor met een afwijkende grotere breedte van circa 40 %.

De grondsoort van bodem en wanden bestonden uit fijn zand met op de taluds en maaiveld een overgang naar humeus veen. Afwisselend werden ter weerszijden van de leiding aardappelen verbouwd, terwijl het overige deel als grasland in gebruik was.

Inmondende sloten en greppels kwamen in het meettraject niet voor, terwijl de leiding voorts werd gekenmerkt door een gelijkmatig bodemverhang van slechts 0,02°/oo.

d. Leiding 6

Het profiel van deze leiding was zeer regelmatig met vlakke taluds. De bodem van de watergang en de onderzijde van het talud waren van fijn zand, vermengd met veen dat vooral aan het einde van het meettraject een slappe bodemlaag veroorzaakte ter dikte van circa 40 cm; het maaiveld bestond ter plaatse eveneens uit veen. Stroomafwaarts gezien werden aan de linkeroever aardappelen verbouwd, aan de rechterzijde bevond zich weiland.

De waterstand in de leiding kon door middel van een in de benedenloop aanwezige stuw worden beheerst. Verhoging van het peil geschiedde in een aantal fasen; de eerste verhoging met 0,55 m, vond plaats op 17 april. Alle waarnemingen werden verricht met gestuwd peil. Tijdens de zomermaanden waren geen metingen uitvoerbaar; door een te gering debiet was het verhang niet te meten.

e. Leiding 8

Ook deze leiding had een regelmatig profiel. De bodem en wanden van de watergang bestaan uit vast zand met een betuining langs beide oevers. In het gekozen meetvak kwamen vijf inmondingen van perceelsscheidingen voor, die tijdens de meetperiode water aanvoerden. Tijdens de metingen werden deze greppels, waarvan de uiteinden van duikers waren voorzien, afgesloten, zodat het debiet in het meettraject niet werd beinvloed. Door de handhaving van een gestuwd peil waren slechts weinig metingen in ongestuwde toestand mogelijk, terwijl ook hier gedurende de zomermaanden wegens te geringe afvoeren, metingen niet uitvoerbaar bleken.

Het bodemverhang van leiding 8 was in vergelijking tot die van alle andere meetvakken het grootst.

V. BEGROEIING EN ONDERHOUDSTOESTAND VAN DE LEIDINGEN

a. Leiding 10 (Drouwenerveen)

De begroeiing van de leiding werd voor het merendeel gevormd door mannagras met daarnaast fonteinkruiden, zoals het gekruld- en het kamfonteinkruid. Langs de taluds kwamen behalve de gewone onkruiden voornamelijk mannagras en liesgras voor. Deze laatste alleen ter plaatse van de betuiningen. De bodembegroeiing kwam begin mei tot ontwikkeling, gelijkmatig verspreid over het bodemprofiel (bodemvulling ca. 80 %). *)

Een eerste reiniging van de bodem vond plaats op 21 mei met het schakelmes. Vervolgens werd een tweede reiniging verricht tussen 14 en 17 juli met de zeis, waarbij eveneens de taludzoombegroeiing (vegetatie langs water-taludlijn) werd gemaaid; op 20 augustus en 1 oktober volgde weer een onderhoudsbeurt met het schakelmes. De benedentaluds werden nogmaals met de zeis gemaaid op 14 oktober. Het maaien van de bermen en de boven-taluds (boven de waterlijn) werd regelmatig langs mechanische weg (de Wibo met Agria-tractie) verricht.

b. Leiding 10.62 (Buinen)

Het beeld van de begroeiing was het gehele seizoen zeer onregelmatig. Tot de helft van juni bleef de leiding geheel schoon, daarna begon de vegetatie zich in groepjes (fonteinkruid, liesgras, waterpest, waterweegbree) te ontwikkelen. Deze planten nemen in het achterste gedeelte van het meetvak (vanaf de raai 5) in de loop van het seizoen ongeveer de helft van de natte doorsnede in beslag. Dit had tot gevolg dat naast deze plantengroepen bodemuitschuring plaatsvond; de waterdiepte werd hierdoor ter plaatse soms verdubbeld, waarbij ook stroomversnellingen optraden. Tussen de groepsgewijs voorkomende begroeiing bleef de bodem zeer schoon. In de loop van het seizoen nam de taludzoombegroeiing wel enigszins toe. Deze bestond vooral uit liesgras met plaatselijk sterke grasgroei, overhangend tot in de waterspiegel. In figuur 4 is dit schetsmatig weergegeven. De breedte waartoe deze planten uitgroeiden in de breedterichting van de leiding, bedroeg maximaal circa 40 cm.

De taluds werden op 4 juni en 3 december in handkracht gemaaid; het bodemgedeelte werd gedurende het seizoen alleen in de eerste week van december met de zeis gemaaid. Alleen tijdens de laatste onderhouds-

*) Onder bodemvulling moet worden begrepen het door de vegetatie ingenomen bodemdeel van het leidingprofiel, uitgedrukt als een percentage van de natte omtrek.

beurt werd dus het gehele leidingprofiel gemaaid.

c. Leiding 6 (Gieten)

In het bodemgedeelte van de leiding kwamen verschillende soorten fonteinkruid en waterweegbree tot ontwikkeling net langs de oeverstroken, direct langs de water- taludlijn tot een afstand van ongeveer 0,5 à 1,0 m hieruit, sterrekroos, waterpest en algen. In een verder stadium van het seizoen breidde deze oevervegetatie zich tot de as van de leiding uit. De begroeiing kwam zeer gelijkmatig en dicht tot ontwikkeling (bodemvulling tot 90%).

De reiniging van de boventaluds vond voor de eerste maal plaats op 26 mei; daarna op 28 juni, 21 september en 21 december. Dit vond steeds mechanisch (Wibo) plaats. Het reinigen van het natte profiel werd verricht op 10 augustus (schakelmes) en daarna op 21 september (schakelmes). Bij de laatste onderhoudsbeurt op 21 december werd het gehele leidingprofiel met de zeis gemaaid.

d. Leiding 8 (Westdorp)

In deze leiding kwam gedurende het seizoen een zeer geringe bodembegroeiing voor, die in het achterste gedeelte van het meettraject enigszins in dichtheid toenam; er werd alleen het mannagras en gekruld fonteinkruid aangetroffen met enkele verspreide polletjes kleine waterweegbree.

Er ontwikkelde zich daarentegen een zeer dichte taludbegroeiing van mannagras langs de taludzoom (een gedeelte van het talud direct aansluitend met de water-taludlijn), waardoor in de eerste helft van augustus een ogenschijnlijke profielverkleining (in de waterspiegel) van 50 à 60% werd veroorzaakt.

Het onderhoud beperkte zich vrijwel tot het maaien van de taluds (mechanisch) en van de taludzomen. Deze laatste worden gevormd door een begroeide strook direct grenzend aan de water-taludlijn. De geringe begroeiing van bodem en taludzomen werden gelijktijdig met de zeis gemaaid op 17 juni en 19 augustus. De taluds boven water werden bovendien gemaaid op 24 juni, 31 augustus en 26 oktober.

VI. DE WANDRUWHEIDSFACTOR (k_M)

a. Leiding 10 (Drouwenerveen)

De uit de waarnemingen verkregen en berekende meetresultaten zijn verzameld in tabel 2.

In deze tabel zijn eveneens de waterdiepte H (kolom 12), de gemiddelde profielvulling en hiermee corresponderende begroeiingsklasse en de watertemperatuur weergegeven (kolommen 13, 14 en 15).

Het verloop van de wandruwheidsfactor in de tijd voor leiding 10 blijkt uit figuur 5. Hierin zijn eveneens de geschatte begroeiingsklassen en de gemiddelde stroomsnelheden aangegeven. Het onderhoud is in deze en volgende figuren (5, 10, 11, 12 en 13) aangeduid met de volgende symbolen :

Onderhoud	Symbool
taluds boven de waterspiegel gemaaid	I
taluds onder water (taludzoom) gemaaid	II
bodemonderdeel met het schakelmes gemaaid	III
bodemonderdeel met schakelmes gemaaid en nagereinigd met zeis of geheel met zeis gemaaid	IV
afsterven van de bodembegroeiing	V
leiding stroomopwaarts gereinigd	VI

Uit het verloop van de k_M in de tijd en uit de toename van zijn waarde na een onderhoudsbeurt, kan worden opgemerkt, dat de gemiddelde onderhoudstoestand van deze leiding gunstig was.

De wandruwheidsfactor nam na een vrij hoge aanvangswaarde (k_M= 49,2) in korte tijd snel af tot een minimum k_M-waarde van 3,4 op 3 juli. Opmerkelijk is het geringe wandruwheidseffect van het eerste bodemonderhoud op 21 mei. Mogelijk houdt dit geringe wandruwheidseffect verband met de nog te geringe lengte van de vegetatie op die datum, waardoor het schakelmes over en niet door de vegetatie wordt getrokken. Bovendien ontwikkelde de begroeiing zich in deze periode zeer sterk.

In de periode na 14 oktober kwam de bodembegroeiing niet meer tot ontwikkeling, hetgeen ook door de sindsdien verrichte k_M-waarnemingen werd bevestigd. De periode, waarin de vegetatie afsterft, zal mede worden beinvloed door de watertemperatuur en de gevoeligheid daarvoor

van de voorkomende plantensoorten. Met waterpest verontreinigde leidingen kunnen bijvoorbeeld ook in het winterseizoen worden aangetroffen. De temperatuur van het water was op 14 oktober gedaald tot 10°C.

De reiniging op 14 juli had een toename van de k_M-waarde tengevolge tot ruim 68% van de uitgangstoestand. Bij de daaropvolgende onderhoudsbeurten bedroegen deze percentages respectievelijk 65% en 78%; de te maaien begroeiing tijdens deze laatste onderhoudsbeurten was geringer hetgeen ook tot uiting kwam in de lagere geschatte begroeiingsklassen.

Bij het reinigen van het bodemgedeelte bleek bij eenzelfde uitgangstoestand de toename van k_M, teweeggebracht door de schakelmesmethode circa 72% te bedragen van de toename die ontstond door het gecombineerd reinigen met schakelmes en zeis. De benedentaluds worden hierbij extra gemaaid met de zeis, omdat een gedeelte van het natte profiel nabij de water-taludlijn, afhankelijk van leidingbreedte, taludhellingen en hoogte ten opzichte van het maaiveld, moeilijk te reinigen is met het schakelmes.

Gedurende het seizoen vonden een aantal wijzigingen van de waterstand plaats op de volgende data :

1 verhoging met 14 cm op 15 mei;
2 verhoging met 14 cm op 17 mei;
3 verhoging met 12 cm op 27 mei;
4 verlaging met 12 cm op 27 augustus
5 verlaging met 26 cm op 13 oktober.

Deze wijzigingen van de waterstand hadden betrekking op het peil in de hoofdstroom, circa 2 km stroomafwaarts, dat op 12 mei 1965 3,25 + N.A.P. bedroeg.

Het blijkt dat deze waterstandswijzigingen nauwelijks aantoonbare invloed uitoefende op het verloop van de k_M. Wel kan mogelijk de geringe verschuiving van de k_M tussen de waarnemingen op 26 mei en 2 juni hierdoor worden verklaard.

Men mag verwachten, dat de waarde die k_M na een onderhoudsbeurt bereikt (voor deze leiding resp. 33,7, 32,8 en 38,5 (zie fig. 5)) afhankelijk is van de kwaliteit van het werk. Deze kwaliteit houdt direct verband met de gevolgde werkmethode. De hoge waarde voor k_M na de derde reiniging op 1 oktober (schakelmes) kan gedeeltelijk worden verklaard uit het reeds afsterven van de begroeiing; de hierdoor verminderde vegetatie kon meer afdoende worden verwijderd. De hogere

begroeiingsklasse, die zoals eerder vermeld werd, onafhankelijk van de profielvulling werd geschat, wijst eveneens in deze richting.

Aangezien bij alle toegepaste onderhoudsmethoden de waarde van k_M steeds beneden 40 bleef, kan de vraag worden gesteld of het mogelijk is in de leidingen van deze grootte een gunstiger k_M te bereiken. Om dit na te gaan werden eveneens een aantal wintermetingen verricht, waarbij als eerste die waarneming is aangenomen toen de begroeiingsgraad weer op 1 werd geschat.

Deze metingen (alle waarnemingen na de maand november) konden bij verschillende debieten worden verricht; het valt hierbij op, dat de waarde van de wandruwheidsfactor oploopt tot een maximum van circa 45 bij een gemiddelde stroomsnelheid van 0,30 m/sec.

Opmerkelijk is dat de hogere k_M-waarden (k_M= 40-45) eerst na enkele vorstperioden weer wordt bereikt. Hoewel de begroeiingsgraad steeds het cijfer 1 bedroeg, werden kennelijk de nog gering in aantal aanwezige planten afgevroren en daarna tijdens dooiperioden afgevoerd.

Uit tabel 2 blijkt dat in de periode tussen de opeenvolgende onderhoudsbeurten van 21 mei en 17 juli de natte doorsnede circa 150% groter werd;(door het vergelijken van de metingen 4 en 13); hoewel het debiet in deze periode vrij gelijkmatig was, daalde de gemiddelde stroomsnelheid. Tijdens de onderhoudsbeurt voorafgaand aan de meting van 17 juli daalde de waterstand 50 cm en nam de gemiddelde stroomsnelheid toe tot het dubbele van zijn waarde op 14 juli. De afvoer verminderde tijdens de waarneming van 17 juli met circa 42 % ten opzichte van 14 juli.

Uit het voorgaande valt af te leiden dat de opstuwing van de waterspiegel, veroorzaakt door de tot ontwikkeling komende begroeiing in de watergang vrij aanzienlijke vormen kan aannemen. Tevens blijkt dat snelheidsvermindering mede wordt veroorzaakt door toename van de begroeiing; houdt men rekening met het feit, dat bij snelheidsafname de groeifactoren voor de waterplanten worden bevorderd, dan volgt hieruit dat toenemende leidingvervuiling en relatieve afname van de stroomsnelheid elkaar onderling beinvloeden.

De tendens van een sterk stijgende waterstand kwam bij de na 17 juli volgende onderhoudsbeurten minder sterk naar voren. In figuur 6 is de samenhang tussen afvoer, waterdiepte en k_M in het zomerseizoen weergegeven. Het blijkt dat in de maand juni een sterk verhoogd peil optrad, dat niet veroorzaakt werd door kunstwerken. In deze periode

daalde de wandruwheidsfactor beneden een waarde van k_M = 20. Hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat bij lagere k_M-waarden van circa 20 vooral een stijging van de waterstand optreedt.

Het mag bekend worden verondersteld, dat de drooglegging in grote leidingen in sterkere mate afneemt dan bij kleine leidingen, wanneer de maatgevende afvoer van deze leidingen procentueel in gelijke mate toeneemt (BIJKERK, 1958).

Aangezien de begroeiing in een leiding eveneens de drooglegging beinvloedt, is dit aspect voor leiding 10 (gemiddelde breedte langs de waterspiegel 5.00m) met vroegere waarnemingen in leiding L76 (leidingbreedte 3.50 m) van het infiltratiegebied te Kuinre (N.O.P.) vergeleken.

Men kan zeggen dat een wijziging van de waterdiepte in een leiding wordt veroorzaakt door verandering van het debiet of door een toename van de weerstand, die stromend water in een leiding ondervindt.

Zet men de bij elke waarneming optredende waterdiepte uit tegen de berekende k_M dan wordt het verband verstoord door debietverschillen. Bij meer of minder vervuilde leidingen is het afzonderlijke aandeel van de genoemde invloeden in de totale toename van de waterdiepte moeilijk vast te stellen. Voor een schone leiding daarentegen kan men er van uitgaan dat de toename van de waterdiepte uitsluitend veroorzaakt wordt door een toegenomen debiet, daar de wandruwheidsfactor hier constant wordt verondersteld.

Kent men uit waarnemingen de samenhang tussen afvoer en waterdiepte (wintermetingen) dan is deze invloed bij de zomerwaarnemingen gemakkelijk te elimineren. Van de leiding 10 te Drouwenerveen was het gemiddelde debiet van alle waarnemingen 280 l/sec en deze bedroeg voor leiding L76 (beschreven in nota 231) 175 l/sec. Het verband tussen waterdiepte en debiet bij niet of zeer gering begroeide leidingen wordt weergegeven in figuur 7. Voor de grens waarbij geacht werd, dat de begroeiing een te verwaarlozen waterstandsverhoging tengevolge had, werd begroeiingsklasse 3 gekozen. Dit mede in verband met de weinige wintermetingen die voor leiding L76 beschikbaar waren. (Deze infiltratieleiding staat namelijk gedurende de periode van november tot april nagenoeg droog).

De aldus verkregen curven konden voor de leidingen L10 en L76 in formulevorm worden weergegeven volgens :

a. voor leiding 10 $H_{10} = 61,6\ Q^{0,58}$ (correlatiecoeff. 0,967)
b. voor leiding L76 $H_{L76} = 133,9\ Q^{0,77}$ (correlatiecoeff. 0,952)

De volgens deze curven gecorrigeerde waterstand voor afvoeren van respectievelijk 280 l/sec en 175 l/sec voor de leidingen 10 en L76

zijn weergegeven in tabel 3. De nauwkeurigheid van de herleide waterstanden moet voor leiding L76 enigszins geringer worden geacht, omdat de debietverschillen ten opzichte van de correctiecurve (steunend op de waarnemingen) groter waren dan bij leiding 10.

De aldus gecorrigeerde waterstanden werden vervolgens in figuur 8 voor beide leidingen uitgezet tegen de tijdens deze waarnemingen optredende wandruwheidsfactor. In formulevorm kan dit verband worden weergegeven, voor leiding 10 volgens $H_{280} = 162,3\ k_M^{-0,44}$ (correlatiecoeff. 0,92) en voor leiding L76 volgens $H_{175} = 78,1\ k_M^{-0,24}$ (correlatiecoeff. 0,84). In deze formules stellen H_{280} en H_{175} de waterdiepten voor bij een constant debiet van respectievelijk 280 en 175 l/sec. Uit beide curven is de invloed af te leiden van de vergroting van de waterdiepte (dus een afname van de drooglegging) tengevolge van leidingvervuiling. Deze is voor de kleinere leiding L76 met een leidingbreedte langs de waterspiegel van 3,50 m van geringere betekenis dan leiding 10, die een overeenkomstige gemiddelde breedte heeft van circa 5,0 m'.

Dit zou er op kunnen wijzen dat de invloed van leidingvervuiling (verlaging van de k_M-factor) op de waterdiepte in grotere leidingen toeneemt op analoge wijze zoals dit het geval is met de relatie tussen de waterdiepte en debiet naar leidinggrootte.

Bij leiding 10 blijkt bovendien de waterdiepte sterker toe te nemen, wanneer k_M beneden de waarde van 20 à 25 daalt (zie ook blz. 12) Zo is bijvoorbeeld de toename van de waterdiepte van $k_M = 35$ naar k_{25} circa 8 cm en deze bedraagt 13 cm, wanneer k_M verder afneemt tot $k_M = 15$.

Aangezien in de praktijk een grote waarde wordt toegekend aan de handhaving van de landbouwkundig noodzakelijke drooglegging, lijkt de methode een benadering te kunnen geven omtrent het verloop van deze drooglegging met betrekking tot de k_M-waarde en waarbij een korte meetperiode reeds globaal inzicht geeft. De nauwkeurigheid kan door waarnemingen op langere termijn worden opgevoerd; het berekenen van curven voor meerdere debieten is eveneens mogelijk.

Ontwerp-technisch is het op deze wijze mogelijk voor een zekere toelaatbare overschrijding van de waterdiepte bij maatgevende afvoer een kritische k_M te kiezen.

In hoofdstuk III werd reeds gewezen op het schatten van de in de

leiding voorkomende vegetatie met als doel, de waarde van de wandruwheidsfactor te benaderen door een waardering van deze vegetatie.

In figuur 9 is de berekende k_M uitgezet tegen de geschatte profielvulling. De waarde hiervan is berekend uit het gemiddelde van het gehele meetvak. Hoewel uit de figuur wel een zeker verband is af te leiden, moet de spreiding die vooral bij hogere waarden voor k_M optreedt, vrij groot worden geacht. Het blijkt bijvoorbeeld dat de geschatte profielvulling voor k_M = 30 varieert tussen de percentages 7 en 20. Juist bij geringere leidingvervuiling is het schatten van de profielvulling onnauwkeurig en dit wordt bemoeilijkt doordat de schattingen veelal in min of meer verontreinigd water gebeuren. Een andere factor is de grote gevoeligheid van k_M voor leidingvervuiling bij de hogere k_M-waarden.

Leiding 10.62 (Buinen)

Aangezien deze leiding nieuw gegraven werd, kon worden verwacht, dat in deze leiding weinig begroeiing gedurende het meetseizoen zou worden aangetroffen. Het was daarom interessant na te gaan hoe de wandruwheid in de tijd zou verlopen.

Uit figuur 10 blijkt dat k_M slechts in geringe mate daalde tijdens het seizoen. Hieruit zou kunnen worden opgemaakt dat een zeer verspreide begroeiing minder van invloed is op de weerstandsfactor dan een meer gelijkmatige ontwikkeling van de leidingvegetatie. De toenemende onregelmatige bodembegroeiing veroorzaakte een geringe verlaging van de k_M; deze plantenconcentraties werden blijkbaar in de geschatte begroeiingsgraad te hoog gewaardeerd.

Een maximale k_M (33,0) werd berekend uit een waarneming van 9 december, nadat in deze week de taluds, die voordien vrij zwaar waren begroeid en het bodemonderdeel werden gereinigd met de zeis. In dit geval nam k_M toe met 36% ten opzichte van de voorgaande waarneming.

De meetresultaten werden verzameld in tabel 4. De vrij lage gemiddelde waarde voor k_M is mogelijk beinvloed door de oneffenheden in de bodem.

Leiding 14 (Westdorp)

De uit de waarnemingen berekende meetresultaten werden verzameld in tabel 5. Opvallend zijn de hoge aanvangswaarden voor k_M bij een

schone leiding. Mogelijk kan dit worden verklaard op grond van de volgende overwegingen:

a. De stroomsnelheid bij deze waarnemingen bleef langs de verticale wanden (gevormd door betuiningen) steeds ongeveer gelijk aan de stroomsnelheid in het midden der leiding. Dit resulteerde in een zeer gelijkmatige snelheid over het gehele dwarsprofiel.
   Na beide onderhoudsbeurten daalde de k_M in korte tijd (na ca. 2 à 3 weken) tot een waarde van $k_M = 40$, waaruit blijkt dat voor deze leiding (gootprofiel) een geringe wandbegroeiing een grote invloed had op de hoge waarden van de weerstandsfactor.
b. De hydraulische straal ($= \frac{\text{natte doorsnede}}{\text{natte omtrek}}$) van het leidingprofiel was in de genoemde gevallen $< 0,10$ (geringe waterdiepte).
c. Mogelijk speelt de omstandigheid een rol dat het hier een kwelleiding betrof, waarbij door toetreding van kwelwater uit bodem en wanden het debiet en dus indirect de stroomsnelheid werd beïnvloed. Uit een gemiddelde van 7 waarnemingen was het debiet 50 m' stroomafwaarts van de derde meetraai 1,9% meer, en op een afstand van 100 m' uit deze meetraai in benedenstroomse richting 2,4 % hoger dan bij raai 3 (gem. van 4 waarnemingen). Deze toenemende afwijking wijst enigszins in de richting van optredende kwel in het meetvak.

Het verloop van de wandruwheidsfactor (k_M) werd weergegeven in figuur 11. Hieruit valt af te leiden dat de weerstandsfactor over het algemeen minder lage waarden bereikte tengevolge van de optredende wandbegroeiing dan in andere onderzochte leidingen waar zich een bodembegroeiing ontwikkelde; vergelijk bijvoorbeeld het k_M-verloop van deze leiding met de leidingen van figuur 12.

Ook bleek de waarde voor de k_M meer door de stroomsnelheid te worden beïnvloed (zie o.a. de waarnemingen na 1 september van fig.10). Dit is verklaarbaar omdat het mannagras vanuit het talud boven water tot in de leiding uitgroeide (max. ca. 0,7 m). Deze min of meer losse vegetatie kunnen bij hogere stroomsnelheden gemakkelijk naar de taluds worden gedrukt, aangezien stengelplanten geheel ontbraken.

Hoewel deze leiding betrekkelijk smal was (1,80 m) en de wandbegroeiing visueel een grote profielvulling veroorzaakte, blijkt uit de figuur dat de wandruwheidsfactor niet tot zeer lage waarden daalde; het taludonderhoud (boventalud en taludzoom tezamen) is daarom vanuit het gezichtspunt van leidingcapaciteit van minder importantie dan het bodemonderhoud. De beoordeling van de begroeiingsgraad was om deze redenen te pessimistisch (fig. 11), terwijl bij het schatten hiervan vrij grote verschillen optraden.

Leidingen 6 en 8 (Gieten en Veenhof)

In leiding 6 werden de metingen tot 14 augustus regelmatig uitgevoerd. De meetresultaten hiervan zijn verzameld in tabel 6[a], terwijl het verloop van de wandruwheidsfactor uit figuur 13 blijkt. Eveneens werd het peil circa 1,5 kilometer stroomopwaarts weergegeven voor een stuw, die de waterstand in het gemeten leidingvak beïnvloedde. De invloed van de kunstmatig verhoogde waterstand op de k_M als afzonderlijke factor kon niet worden aangetoond. Daarom is het niet goed mogelijk om na te gaan in hoeverre door kunstmatige stuwing het k_M-verloop afwijkt ten opzichte van dat in andere leidingen. Mogelijk kan de vrijwel constante waarde voor k_M in de tweede helft van april worden toegeschreven aan de verhoging van de waterstand die in deze periode belangrijk toenam. Ook kan worden opgemerkt, dat het niveau van k_M tijdens deze metingen, voor dit type leiding laag was.

In tabel 6[b] zijn enkele wandruwheidsmetingen verzameld van leiding 8. Deze leiding kwam qua type en in grootte overeen met leiding 14 (Westdorp). In dit meetvak was het mogelijk uit enkele waarnemingen de beide onderhoudsmethoden van reinigen met schakelmes (bediend door 2 man) en de zeis, met betrekking tot de met deze methoden bereikte weerstandsafname te vergelijken. Direct voorafgaand aan het reinigen met het schakelmes werd een k_M-waarde van 9,8 berekend; deze waarde nam na deze onderhoudsbeurt toe met circa 80% tot een k_M van 17.4.

De technische dienst van het waterschap verleende medewerking aan een verzoek deze leiding nogmaals met de zeis zo grondig mogelijk te reinigen. Dit gebeurde op 2 oktober, waarbij de wandruwheidsfactor na het maaien toenam tot een waarde van $k_M = 36,4$; deze toename was dus tweemaal zo groot als het resultaat van het maaien met het schakelmes. Bij vroeger onderzoek werd geconstateerd dat de laatste onderhoudsmethode in de kleinere leidingen minder goede resultaten geeft. Dit wordt door de hier besproken meting bevestigd.

VII. SAMENVATTING

De wandruwheidsmetingen werden voortgezet in enkele leidingen van het waterschap 'De Oostermoersche Vaart'. De vegetatie die in de gekozen leidingen voorkwam verschilde in karakter naar soort en dichtheid. Twee grotere leidingen begroeiden regelmatig en met een grote dichtheid (bodemvulling tot 90%); in leiding 6 (Gieten) werd de waterstand gedurende de waarnemingen door middel van een klepstuw gestuwd. Verder werden twee leidingen in het onderzoek betrokken, waarvan leiding 10.62 (Buinen) het gehele seizoen een bodembegroeiing had met zeer onregelmatige spreiding; deze plantenconcentraties namen in de loop van het seizoen in omvang toe. De leiding 14 nabij Westdorp had ongeveer dezelfde profielgrootte als 10.62, doch hier bleef de bodembegroeiing zeer gering waarbij echter een zeer zware wandbegroeiing optrad van mannagras. Tenslotte werden in leiding 8 (Veenhof) enkele waarnemingen verricht, waarbij het wandruwheidseffect (dit is de werkkwaliteit uitgedrukt in de toename van k_M) van twee onderhoudsmethoden in handkracht met elkaar konden worden vergeleken.

In de leiding 10 (Drouwenerveen) nam k_M zeer snel af van circa 50 tot 4. Daarbij werd een toenemende waterdiepte geconstateerd bij nagenoeg constant debiet. De onderhoudsmethoden die voor deze leiding (breedte langs de waterspiegel circa 5 m) werden toegepast, sorteerden meer effect dan in een kleinere leiding bij vroeger onderzoek werd geconstateerd; dit gold zowel voor het maaien in handkracht met de zeis als met het schakelmes. Uit een waarneming in leiding 8 bleek dat het maaien met de zeis een grotere toename van k_M tengevolge had, dan een onderhoudsbeurt met het schakelmes, hetgeen een bevestiging was van vroegere metingen.

Bij de onderhoudsbeurten die in 1964 in leiding 10 werden verricht, bereikte k_M niet de waarde van de eerste meting bij een schone leiding. Uit wintermetingen bleek dat k_M weer toenam tot circa 45. Hieruit mag worden geconcludeerd dat deze onderhoudsmethoden blijkbaar niet grondig genoeg kunnen worden verricht.

Voor leiding 10 kon een verband worden gegeven tussen de waterdiepte bij een debiet van 280 l/sec en de optredende wandruwheidsfactor; dit houdt in dat het dus voor deze leiding mogelijk is bij het genoemde debiet de vermindering van de drooglegging te relateren

aan de afname van k_M bij optredende leidingvervuiling. Het onderhoud kan volgens deze methode worden gekoppeld aan een vooraf te kiezen kritische weerstandsfactor.

Voor leiding 6 was het niet mogelijk de invloed na te gaan, die de kunstmatig verhoogde waterstand had op k_M; wel moeten de waarden van de wandruwheidsfactor berekend uit de eerste drie waarnemingen, laag worden beschouwd voor dit type leiding (leidingbreedte ca. 4,00 m' langs de waterspiegel); deze bedroegen respectievelijk 32,7, 29,4 en 29,3.

In leiding 10.62 bleef de wandruwheidsfactor op hetzelfde niveau. Hoewel in deze leiding plaatselijk grote pollen vegetatie voorkwam, had dit blijkbaar weinig invloed op de wandruwheidsfactor. Na een éénmalige onderhoudsbeurt in december nam k_M toe van 24,2 naar 33,0. Merkwaardig is het feit, dat k_M bij metingen in de onbegroeide leiding 14 (nabij Westdorp) een voor dit type leiding hoge waarde bereikte (ca. 58). Wel nam deze snel af tengevolge van een zwaarbegroeide taludzoom van mannagras.

In het algemeen kan worden gezegd, dat bij alle onderzochte leidingen het onderhoud op een behoorlijke wijze werd verricht, waarbij de wandruwheidsfactor zich handhaafde tussen de waarden 20 en 40. Bij schone leidingen en na een onderhoudsbeurt bereikte k_M een waarde die varieerde tussen 58 en 35. De leiding 6 te Gieten maakte hierop een uitzondering; in deze leiding werd een maximale waarde voor k_M gemeten van 32,7.

Het verrichten van wandruwheidsmetingen en het berekenen van de wandruwheidsfactoren is vrij arbeidsintensief. Daarom werd getracht de k_M te benaderen door een waarderingssysteem van de in de leiding voorkomende begroeiing. Het schatten hiervan bleek vooral bij weinig begroeide leidingen niet voldoende nauwkeurig; ook het voorkomen van een onregelmatige vegetatie is moeilijk in een gemiddelde vullingsgraad in te schatten. Voor leiding 10 bleek een variatie in de geschatte profielvulling voor een waarde van k_M= 30 op te treden, die lag tussen 7 en 20 %. Door een nauwkeurige analyse van de voorkomende begroeiing zou deze methode mogelijk tot betere resultaten kunnen leiden.

De aanduiding g staat op gemiddeld.
(gemiddelde uit drie metingen).

Tabel 2. Resultaten wandruwheidsonderzoek in leiding 10 van het waterschap "De Oostermoerse Vaart" te Drouwenerveen (provincie Drente) over 1964

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
No.	Maand	Dag van de maand	Ag m^2	Og m	Rg = 4:5 m	S m/m	$\sqrt{S}$	Q debiet m^3/sec	Vg m/sec	k_M m1/3/sec	H waterdiepte cm	Gemiddelde profielvulling %	Begroeiingsklasse	Watertemperatuur °C
1	april 1964	29	1,072	4,41	0,243	0,00027	0,0164	0,338	0,315	49,2	30	0	1	12
2	mei	5	1,180	4,14	0,254	0,00029	0,0170	0,316	0,268	39,3	31	3	2	12
3		15	1,149	4,66	0,247	0,00025	0,0158	0,235	0,205	32,9	32	8	3-4	
4		22	1,289	4,67	0,276	0,00019	0,0138	0,202	0,157	26,8	37	25	5	19
5		26	1,128	4,53	0,249	0,00021	0,0145	0,161	0,143	24,9	31	22	4-5	21 5
6		28	1,037	4,44	0,234	0,00022	0,0148	0,114	0,110	19,6	30	35	> 5	21 5
7	juni	4	1,757	4,98	0,353	0,00023	0,0152	0,250	0,142	18,7	45	37	6	18 5
8		10	1,960	5,10	0,384	0,00029	0,0170	0,202	0,103	11,5	50	50	6	18
9		18	2,341	5,46	0,429	0,00042	0,0205	0,195	0,083	7,1	59	60	7	20 5
10		24	2,902	5,58	0,520	0,00041	0,0202	0,202	0,070	5,4	70	70	7	21 5
11	juli	2	3,168	5,79	0,547	0,00042	0,0205	0,137	0,043	3,4	76	75	8	17
12		7	3,190	5,80	0,550	0,00043	0,0208	0,183	0,057	4,1	76	-	8	16
13		14	3,278	5,88	0,557	0,00040	0,0200	0,201	0,061	4,5	78	80	8	18
14		17	0,076	4,24	0,207	0,00013	0,0114	0,127	0,134	33,7	28	15	3	21
15		23	1,241	4,71	0,263	0,00013	0,0114	0,170	0,137	29,2	34	20	4-5	18
16		30	1,591	4,88	0,326	0,00008	0,0087	0,140	0,088	21,4	42	20	4	16 5
17	augustus	4	1,231	4,68	0,263	0,00012	0,0110	0,102	0,083	18,4	33	30	> 5	17
18		11	1,139	4,43	0,257	0,00018	0,0134	0,099	0,087	16,0	31	33	> 5	-
19		21	1,452	4,86	0,299	0,00014	0,0118	0,246	0,169	32,0	39	9	3	15 5
20		25	1,286	4,67	0,275	0,00013	0,0114	0,205	0,159	32,8	35	15	3	-
21	september	1	1,234	4,66	0,265	0,00013	0,0114	0,155	0,126	26,8	33	18	4	14
22		9	1,298	4,72	0,275	0,00015	0,0122	0,162	0,125	24,2	36	28	> 5	16
23		16	1,372	4,85	0,283	0,00013	0,0113	0,146	0,106	21,8	37	37	6	16
24		23	1,476	4,89	0,302	0,00022	0,0148	0,209	0,142	21,3	39	27	5	13
25	oktober	2	1,292	4,75	0,272	0,00006	0,0078	0,163	0,126	38,5	34	9	2-3	13
26		9	1,331	4,83	0,276	0,00033	0,0182	0,361	0,271	35,1	37	8	3	13
27		14	1,165	4,64	0,251	0,00031	0,0176	0,291	0,250	35,7	33	2	2	10
28		20	1,485	4,86	0,306	0,00032	0,0180	0,429	0,289	35,4	40	4	2	8
29		28	1,379	4,83	0,286	0,00032	0,0080	0,402	0,292	37,3	38	2	2	9
30	november	4	1,499	4,90	0,306	0,00031	0,0176	0,450	0,300	32,5	40	0	1	-
31		18	1,591	4,88	0,326	0,00026	0,0161	0,499	0,314	41,1	41	0	1	-
32		26 1)	1,315	4,80	0,274	0,00027	0,0164	0,425	0,323	46,6	37	0	1	6
33	december	2	1,190	4,70	0,253	0,00029	0,0170	0,315	0,265	39,0	32	0	1	2
34		9	2,032	5,17	0,393	0,00030	0,0173	0,737	0,363	39,1	51	0	1	7 5
35		16	1,953	5,14	0,380	0,00027	0,0164	0,704	0,360	41,8	50	0	1	6 5
36		23	1,316	4,76	0,277	0,00025	0,0158	0,368	0,280	41,7	35	0	1	3
37	januari 1965	15	1,174	4,71	0,249	0,00022	0,0146	0,276	0,235	40,6	29	0	1	-
38	februari	19	1,2211	4,72	0,259	0,00026	0,0161	0,322	0,264	40,4	32	0	1	-
39	maart	19	1,2973	4,76	0,273	0,00025	0,0158	0,388	0,299	45,0	34	0	1	-
40		26	1,4031	4,79	0,293	0,00024	0,0155	0,438	0,312	45,6	36	0	1	-
41	april	9	1,1895	4,70	0,253	0,00027	0,0164	0,356	0,299	45,6	31	0	1	-

1) tijdens de meting daalde de waterspiegel 17 mm.

$Q = A K_M R^{2/3} \sqrt{S}$

A = natte doorsnede

R = hydraulische straal

Ag = gemiddelde natte doorsnede

Og = gemiddelde natte omtrek onder water

$R = \frac{Ag}{Og}$

S = verhang.

Rg = gemiddelde hydraulische straal

Vg = gemiddelde stromingsheid

$\left(= \frac{Q}{Ag}\right)$

$Q = Vg\, Ag$.

meet S → berekenen $\sqrt{S}$.

Dus werkwijze is: meet Ag, meet Og } berekenen $Rg = \frac{Ag}{Og} \rightarrow R^{2/3}$

meet Vg → berekenen $Q = Vg\, Ag$

} berekenen K_M uit: $K_M = \frac{Q}{A R^{2/3} \sqrt{S}}$.

Tabel 3. Waarden van de tijdens de waarnemingen gemeten debieten Q, de waterdiepten H, de berekende k_M-factoren en herleide waterdiepten H' met behulp van de formules uit figuur 7

A. Leiding 10. Herleiding van de waargenomen waterdiepten voor een debiet van 280 l/sec

Nummer van de waarneming	Debiet Q in m^3/sec	Waterdiepte H in cm	Wandruwheids-factor k_M in m $1/6^{M}$/sec	Herleide waterdiepte H' in cm
1	0,338	30	49,2	26,6
2	0,316	31	39,3	28,9
3	0,235	32	32,9	34,8
4	0,202	37	26,8	42,1
5	0,161	31	24,9	39,1
6	0,114	30	19,6	42,0
7	0,250	45	18,7	46,9
8	0,202	50	11,5	55,1
9	0,195	59	7,1	64,6
10	0,202	70	5,4	75,1
11	0,137	76	3,4	86,0
12	0,183	76	4,1	82,4
13	0,201	78	4,5	83,2
14	0,127	28	33,7	38,8
15	0,170	34	29,2	41,4
16	0,140	42	21,4	51,8
17	0,102	33	18,4	46,1
18	0,099	31	16,0	44,3
19	0,246	39	32,0	41,1
20	0,205	35	32,8	39,9
21	0,155	33	26,8	41,6
22	0,162	36	24,2	44,0
23	0,146	37	21,8	45,3
24	0,209	39	21,3	43,6
25	0,163	34	38,5	41,9
26	0,361	37	35,1	32,3
27	0,291	33	35,7	32,3
28	0,429	40	35,4	31,7
29	0,402	38	37,3	31,1
30	0,450	40	37,5	30,7
31	0,499	41	41,1	29,3
32	0,425	37	46,6	28,9
33	0,315	32	39,0	29,9
34	0,737	51	39,1	28,8
35	0,704	50	41,8	29,2
36	0,368	35	41,7	29,9
37	0,276	29	40,6	29,2
38	0,322	32	40,4	29,5
39	0,388	34	45,0	27,9
40	0,438	36	45,6	27,3
41	0,356	31	45,6	26,6

B. Leiding 76. Herleiding van de waargenomen waterdiepten voor een debiet van 175 l/sec

L 70

Nummer van de waarneming	Debiet Q in m^3/sec	Waterdiepte H in cm	Wandruwheids-factor k_M in m $1/6^{M}$/sec	Herleide waterdiepte H' in cm
1 [1]	0,129	28	36,8	35,3
2	0,139	32	32,4	37,7
3	0,102	25	19,6	36,9
4	0,128	33	14,0	40,5
5	0,234	52	9,8	43,2
6	0,319	61	10,2	40,4
7	0,238	52	9,0	42,7
8	0,183	45	10,1	43,8
9	0,180	35	21,4	34,2
10	0,181	36	21,8	35,1
11	0,183	37	21,2	35,8
12	0,197	41	19,4	37,7
13	0,236	46	16,8	37,0
14	0,229	48	15,7	40,0
15	0,269	56	14,4	42,3
16	0,318	65	14,2	44,6
17	0,169	45	10,3	45,9
18	0,205	51	9,1	46,5
19	0,110	41	8,5	51,5
20	0,171	31	31,2	31,6
21	0,115	27	24,5	36,7
22	0,119	30	20,1	39,0
23	0,157	31	23,5	33,8
24	0,169	35	22,3	35,9
25	0,169	36	21,7	36,9
26	0,069	21	21,6	38,9
27	0,097	27	22,0	40,0
28	0,160	26	38,2	28,3
29	0,107	23	29,0	34,0
30	0,091	20	35,4	33,8

1) Deze waarnemingen zijn beschreven in I.C.W. nota 231

Tabel 4. Resultaten wandruwheidsonderzoek in leiding 10.62 van het waterschap "De Costermoerse Vaart" nabij Buinen (Drente) over 1964

1 No.	2 maand	3 dag	4 Ag m^2	5 Og m	6 Rg m	7 S m/m	8 $\sqrt{S}$	9 Q m^3/sec.	10 Vg m/sec.	11 k_M m 1/3/sec.	12 begroeiings-klasse	13 gem.breedte van profielvulling
1	juni	4	0,443	2,56	0,173	0,00030	0,0173	0,068	0,154	28,6	1	0
2		9	0,368	2,45	0,150	0,00034	0,0184	0,061	0,166	32,0	1	1
3		18	0,338	2,48	0,136	0,00030	2,0175	0,044	0,130	28,5	1	0
4		24	0,417	2,59	0,161	0,00035	0,0187	0,062	0,149	26,9	1	1,5
5	juli	2	0,321	2,42	0,132	0,00028	0,0167	0,043	0,133	30,7	2	2
6		13	0,393	2,49	0,158	0,00027	0,0164	0,047	0,119	24,8	2	2
7	augustus	4	0,340	2,46	0,138	0,00030	0,0173	0,042	0,123	26,6	- 3	4
8	september	1	0,333	2,45	0,136	0,00032	0,0179	0,049	0,147	21,1	- 3	10
9		23	0,397	2,49	0,159	0,00033	0,0182	0,053	0,133	24,9	- 3	15
10	cktober	9	0,423	2,54	0,167	0,00036	0,0190	0,064	0,151	26,1	- 3	7
11		20	0,470	2,60	0,181	0,00035	0,0187	0,077	0,163	27,2	2	4
12	november	18	0,477	2,58	0,185	0,00037	0,0192	0,072	0,151	24,2	2	2
13	december	9	0,482	2,65	0,182	0,00035	0,0187	0,096	0,199	33,0	1	0

Tabel 5. Resultaten wandruwheidsonderzoek in leiding 14 van het waterschap "De Oostermoerse Vaart" te Westdorp (provincie Drente) over 1964

1 No.	2 maand	3 dag	4 Ag m^2	5 Og m	6 Rg m	7 S m/m	8 $\sqrt{S}$	9 Q m^3/sec.	10 Vg m/sec.	11 k_M m 1/3/sec	12 begroeiings-klasse	13 gemiddelde profielvulling in %	14 breedte van de tot. wand-begroeiing in % van de watersp. breedte
1	juni	4	0,253	2,12	0,119	0,00043	0,0207	0,051	0,202	40,3	1	5	35
2		9	0,245	2,13	0,115	0,00050	0,0224	0,045	0,184	34,8	2	10	40
3		18	0,190	1,98	0,096	0,00027	0,0164	0,038	0,200	58,2	1	1	0
4		25	0,211	2,05	0,104	0,00030	0,0173	0,042	0,199	51,8	2	10	10
5	juli	3	0,211	2,04	0,103	0,00030	0,0173	0,034	0,161	42,5	3	20	20
6		14	0,277	2,13	0,130	0,00026	0,0161	0,039	0,141	34,2	5	30	30
7		22	0,349	2,24	0,156	0,00018	0,0134	0,043	0,123	31,8	5	35	40
8	augustus	4	0,377	2,28	0,165	0,00014	0,0118	0,037	0,098	27,6	6	45	45
9		12	0,308	2,16	0,143	0,00045	0,0212	0,036	0,117	20,0	7	60	60
10		21	0,193	1,99	0,097	0,00029	0,0170	0,040	0,207	57,7	1	1	0
11	september	1	0,231	2,07	0,112	0,00022	0,0148	0,036	0,156	45,4	3	10	20
12		23	0,243	2,15	0,113	0,00034	0,0184	0,037	0,152	35,4	3	15	30
13	oktober	9	0,235	2,14	0,110	0,00037	0,0192	0,039	0,166	37,8	4	20	35
14		20	0,315	2,17	0,145	0,00032	0,0179	0,063	0,200	40,3	5	25	45
15		28	0,298	2,12	0,141	0,00034	0,0184	0,049	0,164	32,9	6	30	50
16	november	26	0,261	2,12	0,123	0,00046	0,0214	0,047	0,180	34,0	2	3	15
17	december	9	0,327	2,14	0,153	0,00051	0,0226	0,090	0,275	42,5	1 à 2	3	20
18		16	0,324	2,15	0,151	0,00046	0,0214	0,081	0,250	41,1	1	3	30

Tabel 6a. Resultaten wandruwheidsonderzoek in de leiding 6 van het waterschap "De Oostermoerse Vaart" te Gieten over 1964

No	Datum maand	Datum dag	Ag m^2	Og m'	Rg=Ag/Og m'	S m/m	$\sqrt{S}$	Q m^3/sec.	V m/sec.	k_M $m^{1/3}$/sec.	Water-diepte cm	Begroeiings-graad	Profiel-vulling
1	april	16	0,531	3,32	0,160	0,000075	0,0087	0,045	0,085	32,7	23	1	0
2		22	0,349	2,89	0,121	0,000112	0,0106	0,027	0,077	29,4	17	1	2
3		29	0,538	3,23	0,166	0,000095	0,0097	0,046	0,086	29,3	26	2	2
4	mei	6	0,979	3,97	0,260	0,000070	0,0084	0,063	0,064	19,0	35	3	4
5		15	0,862	3,60	0,239	0,000046	0,0068	0,027	0,031	11,8	30	3	15
6		22	0,835	3,59	0,233	0,000038	0,0062	0,018	0,022	9,4	32	4	30
7	juni	25	1,739	4,53	0,384	0,000020	0,0045	0,020	0,012	4,6	53	6	40
8	juli	3	1,743	4,52	0,386	0,000009	0,0031	0,010	0,006	4,0	53	7	65
9		13	2,013	4,73	0,426	0,000051	0,0071	0,034	0,017	4,2	63	7	70
10	augustus	11	1,293	4,15	0,312	0,000035	0,0059	0,057	0,044	16,2	43	3	15
11	september	24	1,103	3,96	0,279	0,000041	0,0064	0,037	0,034	12,4	29	5	35
12	oktober	7	0,978	3,84	0,255	0,000041	0,0064	0,025	0,026	10,1	33	4	25
13		14	1,161	3,96	0,293	0,000040	0,0063	0,035	0,030	10,8	40	3	25
14		28	1,242	4,02	0,309	0,000033	0,0057	0,056	0,045	17,3	42	4	25
15	november	18	1,269	4,01	0,316	0,000043	0,0066	0,063	0,050	22,7	43	4	20
16	december	14	1,709	4,52	0,378	0,000040	0,0063	0,151	0,088	26,7	54	2	5

onjuiste schatting!

Tabel 6b. Resultaten wandruwheidsonderzoek in leiding 8 te Veenhof

2	mei	5	0,170	1,94	0,088	0,00047	0,0217	0,031	0,184	42,2	11	1	3
3		15	0,140	1,91	0,073	0,00052	0,0228	0,020	0,142	35,3	8	3	3
4	september	29 1)	0,412	2,21	0,186	0,00026	0,0161	0,022	0,054	9,8	23	6	45
5		29 2)	0,240	1,97	0,122	0,00030	0,0173	0,016	0,068	17,4	14	4	17
6	oktober	2	0,155	1,94	0,080	0,00016	0,0126	0,014	0,088	36,4	8	2	4
7		7	0,154	1,92	0,080	0,00032	0,0179	0,013	0,087	26,0	10	3	5 3)
9		28	0,247	2,04	0,121	0,00032	0,0179	0,032	0,131	29,8	14	5	11

1) meting 's morgens voor het maaien

2) meting 's middags na het maaien

3) over 50 m was in het midden van het meetvak de profielvulling tot 25% toegenomen

GASSELTE
BORGER
BUNEN
WESTDORP
BUNEN-SCHOONOORD
testing 14