

N31545.0276

CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING  
NOTA 276, d. d. 29 oktober 1964

Methodiek voor het verrichten van wandruweidsmetingen  
in open leidingen

J. Pieters

BIBLIOTEK  
STARINGSBOW

---

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.

---

149097

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0021 7931

## I. INLEIDING

Wandruweidsmetingen in open leidingen hebben ten doel de weerstand te bepalen die stromend water in deze leidingen ondervindt. In alle bekende ontwerpformules komt een coëfficiënt voor, waarin deze weerstand tot uitdrukking komt. Voor open begroeide leidingen met een éénparige stroomsnelheid wordt vrij algemeen de ontwerpformule van Manning - Strickler aanvaard, die de betrekking tussen afvoer, stroomweerstand, verhang, profielvulling en hydraulische straal als volgt weergeeft:

$$Q = A \cdot K_m R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

waarin:

- Q de afvoer ( $m^3/sec.$ )
- A de natte doorsnede ( $m^2$ )
- R hydraulische straal van de doorsnede is,  $\frac{A}{O}$ , waarin O de natte omtrek van de doorsnede ( $m'$ )
- S het verhang in de leiding (dimensieloos)
- $K_m$  coëfficiënt verband houdende met de wandruwheid ( $m^{1/3}/sec.$ )

Gebleken is dat de weerstand onder meer afhankelijk is van:

1. De ruwheid van het bodemmateriaal.
2. Wijzigingen van de natte doorsnede en obstakels in de leiding.
3. Verontreiniging van de leiding door plantengroei.

Rekening houdende met een constant leidingprofiel zonder obstakels als bruggen, duikers, stuwen en dergelijke (voorwaarde voor éénparige beweging) is in de praktijk sub 3 een onzekere factor. Omtrent de weerstandsfactoren optredende in onbegroeide of beklede leidingen ten aanzien van de bodemruwheid, zijn uit modelproeven coëfficiënten bekend. (1. richtlijnen voor het ontwerpen van open waterlopen en van sommige bijbehorende kunstwerken; 2. de technische vraagbaak, deel W).

De verontreiniging van het leidingprofiel bestaat meestal uit een vegetatie, die tijdens het groeiseizoen met de tijd verandert.

Om een inzicht te verkrijgen over het verloop van de  $K_m$  in de tijd, is het

nodig regelmatig over het seizoen verdeeld, wandruweidsmetingen te verrichten. Op deze wijze kan eveneens een inzicht worden verkregen omtrent het effect van het leidingonderhoud op de afname van de leidingweerstand en zijn aldus verschillende onderhoudsmethodieken vergelijkbaar.

## II. DE METINGEN

### 1. Plaats der metingen

Een aantal metingen werden uitgevoerd in diverse leidingen van het waterschap 'De Oostermoersche Vaart' in de provincie Drenthe. Het betrof een methode-onderzoek voor wandruweidmetingen in kleine, middel-grote en grote leidingen. Dit geschiedde op verzoek van het onderzoekscentrum in de provincie Drenthe. Om technische redenen werden alleen de kleine en middel-grote leidingen (met een maximale breedte langs de waterspiegel van  $\pm 5$  M') in het onderzoek betrokken, en in deze nota beschreven.

### 2. Keuze van het meetobject

Bij de keuze van de meetobjecten werden dezelfde voorwaarden gesteld, die betrekking hadden op soortgelijke metingen in het infiltratiegebied te Kuinre in de N.O.P. beschreven in de I.C.W.-nota 231 (FLACH, PIETERS)

- a. Het meettraject moet recht zijn evenals een gedeelte van de leiding onmiddellijk stroomopwaarts en stroomafwaarts.
- b. Het leidingprofiel moet zoveel mogelijk constant zijn en vlak.
- c. Er mogen geen drains of zijsloten in het meetvak van de leiding uitmonden.
- d. Het meetvak moet bij aanwezigheid van stuwen en dergelijke stroomafwaarts worden gekozen, liefst op een minimale afstand van 100 M' uit het kunstwerk. Aangezien de formule van Manning uitsluitend betrekking heeft op éénparige stroming is het noodzakelijk de meetpunten zo te kiezen, dat stroomafwaarts gelegen stuwen, duikers en dergelijke geen stuwende invloed veroorzaken in het meettraject.

Deze afstand kan empirisch worden bepaald met behulp van de formule:

$$L = \frac{2z}{S}$$

waarin:

L = de leidinglengte (in m'), waarin de opstuwning merkbaar is

S = het verhang (dimensieloos) in de ongestuwde waterspiegel

z = het verval (in m'), veroorzaakt door het object

In dit verband is tevens te wijzen op de aanwezigheid van bodemvallen. De beweging van het water is permanent en éénparig wanneer in het betreffende onbegroeide meetvak het verhang, het natte profiel en de snelheid nagenoeg constant zijn.

- e. Gedurende de waarnemingsperiode moet steeds een meetbaar debiet aanwezig zijn.
- f. Het bodemverhang van de leiding moet gelijkmatig zijn.  
Veelal zullen geringe afwijkingen van de te stellen eisen en een normale veroudering van de leiding in de praktijk geaccepteerd worden, zoals dit ook bij de gekozen meetvakken het geval was.

### 3. Inrichting van het meetvak

De meetvakken werden 200 M' lang gekozen, verdeeld in 8 meetraaien van elk 25 M' (met 9 meetpunten). In de raaien 1, 5 en 9 werden vaste punten aangebracht door middel van perkoenpalen. Op elke perkoen werd een hoogte gefixeerd in de vorm van een ingeslagen spijker. De perkoenen hebben een drieledig doel:

- a. De daling, respectievelijk stijging van de waterspiegel tussen twee waarnemingstijdstippen kan nauwkeurig worden gemeten.
- b. Controle op eventuele wijzigingen van de waterspiegel tijdens de meting.
- c. Een globale controle van de waterpassing.

Inplaats van een transportabele meetbrug werd gebruik gemaakt van baddingen, die na het meten bij het meettraject achterbleven.

### 4. Tijdstip van de metingen en het aantal

Teneinde het verloop van de  $K_m$  zo goed mogelijk te kunnen volgen is het gewenst de meetvakken minimaal met tussenpozen van een week te meten. Het is belangrijk, enige waarnemingen te hebben verricht voordat de bodemvegetatie en de taludzoom-begroeiing tot ontwikkeling is gekomen. Het is ook wenselijk direct voorafgaand aan en na afloop van uitgevoerd leidingonderhoud te meten. Met de betreffende waterschapsopzichter werd hieromtrent overleg gepleegd, zodat de waarnemingen aan zijn onderhoudsschema konden worden aangepast.

Eveneens zijn de volgende inlichtingen van de leidingbeheerder van belang:

- a. Welke onderhoudsmethoden voor bepaalde leidingen worden toegepast.
- b. De lengte van het leidingvak dat voorafgaande aan de meting is gereinigd.
- c. Eventuele stagnerende factoren die van invloed zijn geweest op de afvoer zoals tussentijds gewijzigde stuwstanden en dergelijke.

De gegevens over verricht onderhoud buiten het meetvak zijn nuttig om even-

tuele twijfelachtige resultaten te kunnen verduidelijken. Tot ca. 1 km stroomafwaarts is de invloed van gepleegd onderhoud nog op het meetvak merkbaar gebleken (litt. I.C.W.-nota no 231, metingen in de N.O.P.).

Het aantal waarnemingen moet zo worden gekozen, dat over elke onderhoudscyclus, dat is de tijdsduur tussen twee opvolgende tijdstippen van reiniging, een goed verloop van de stromingsweerstand wordt verkregen.

De uitgevoerde metingen in de Noord-Oostpolder en in leidingen van het waterschap 'De Oostermoersche Vaart' hebben aangetoond, dat tengevolge van de ontwikkeling van de begroeiing voor of tijdens de eerste onderhoudscyclus omstreeks april - mei de weerstand in de leiding snel toeneemt. In mindere mate is dit eveneens het geval na het reinigen. Om deze redenen is in de eerste groeiperiode en na elk bodemonderhoud het uitvoeren van 2 metingen per week gedurende 3 à 4 weken en zelfs 3 metingen in de eerste week aan te bevelen. Daarna kan het aantal worden teruggebracht tot eenmaal per week.

#### 5. Werkwijze bij het meten

De werkzaamheden om een wandruweidmeting te verrichten, zijn:

- a. Het uitvoeren van een verhangmeting.
- b. Het opmeten van een aantal dwarsprofielen.
- c. Het verrichten van stroomsnelheidsmetingen of debietmetingen.
- d. Beschrijving van de leidingvegetatie en het schatten van een profielvulling alsmede een begroeiingsklasse voor de leiding.
- e. Notering van diverse indicatieve gegevens op een daartoe ingericht meetformulier.

De gevolgde werkwijze is gelijk aan de methode zoals die werd beschreven in de I.C.W.-nota 231. In het geval, waarbij een gewijzigde methode is toegepast zullen alleen deze afwijkingen worden verklaard.

Sub 5a. De waterpassing van de waterspiegel in de meetraaien werd verricht op 2 manieren:

1. Met een niveaustift vast aan de baak volgens de in de nota beschreven methode.
2. Een op de waterspiegel ingestelde niveaustift, los van de baak.

De niveaustift wordt bij de tweede methode in een daartoe geconstrueerde houder geplaatst die in de meetpunten aan vooraf geplaatste verticale buizen

worden bevestigd.

De in 1963 uitgevoerde verhangmetingen in de N.O.P werden uitgevoerd met een niveaustift vast aan de baak. Dit is een snelle en nauwkeurige meet methode gebleken die echter alleen doeltreffend is uit te voeren voor beschutte meettrajecten of op windstille dagen. Bij de in de provincie Drenthe verrichte verhangmetingen ging veel tijd verloren met controle-metingen wanneer tijdens de metingen de wind vrij krachtig was. Een afwijking van de juiste baakstand geeft onjuistheden in de aflezing en bij een sterkere windkracht wordt het bovineinde van de baak te veel heen en weer geslingerd om betrouwbare aflezingen te kunnen verrichten. De baakhouder moet zich dan immer concentreren op drie punten:

- . zuiver verticaal instellen van de baak
- . het instellen van de niveaustift op de waterspiegel en het continueren hiervan
- . het fixeren van de baak

Daarom is bij het uitvoeren van metingen, wanneer hinder werd ondervonden van de wind de tweede methode toegepast. Hiertoe is elk meetpunt van een circa 1,75 M' lange ijzeren buis voorzien, die op een afstand van 0,40 M' uit de oever in de leiding werd aangebracht (fig. 1). Deze buizen dienen voor het bevestigen van stifthouders (figuur 2), nodig om de niveaustift die bij het waterpassen wordt gebruikt, zuiver op de waterspiegel te kunnen instellen. De buizen werden ingeslagen tot een diepte van ca. 0,5 M', afhankelijk van de bodemgesteldheid, waarbij eveneens de bovenkant 0,3 à 0,4 M' boven het hoogst te verwachten H.W.-peil moet blijven. De lengtedient dus op genoemde overwegingen worden vastgesteld en in leidingen met een slappe veenbodem zal deze groter moeten zijn of andere voorzieningen getroffen, teneinde de stabiliteit te handhaven. De buis mag niet scheef zakken of in de bodem worden weggedrukt door het gewicht van de baak.

De stifthouder (fig.2) bestaat uit een horizontale staaf a. verstijfd met een lasplaat b, aan beide einden voorzien van stukjes pijp c. en d. Het buisje c. is een pijp, met een ca. 2 mm, ruimer inwendige diameter dan de in de meetpunten geplaatste buizen, en die langs deze buis op willekeurige hoogte kan worden vastgeklemd door middel van een klemschroef. De andere zijde van de stifthouder is voorzien van een doorboorde staaf (d) met een inwendige diameter van 7,5 mm, waarin de niveaustift kan worden bewogen en vastgeklemd met een klemschroefje.

Bovendien werd de stifthouder voorzien van een schoorpijpje (e) die onder een hoek van  $45^{\circ}$  aan het pijpje c werd gelast. Het bleek achteraf noodzakelijk de stabiliteit vooral in de lengterichting van de stifthouder te vergroten, om kantelgevaar tegen te gaan. Door e wordt nu een houten schoor aangebracht die in het talud wordt geslagen. Door het schoorpijpje direct aan de stifthouder te bevestigen, werd deze extra verstijfd, terwijl de

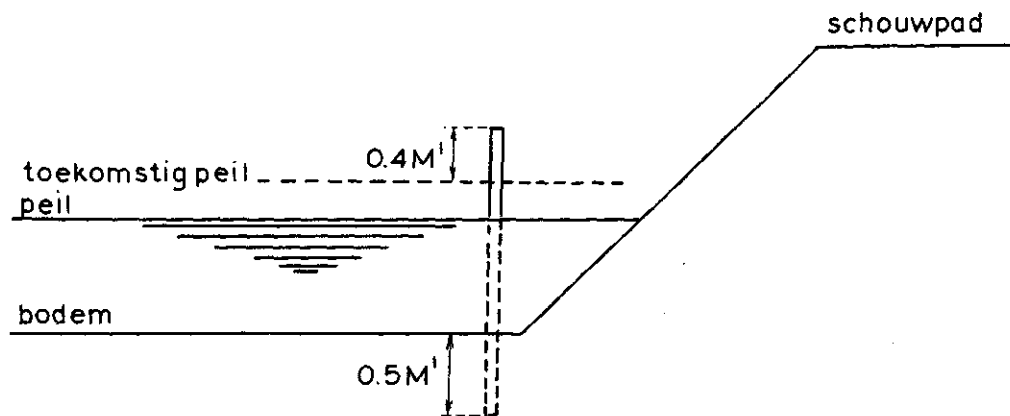


Fig.1 STIFTHOUDER - BEVESTIGING

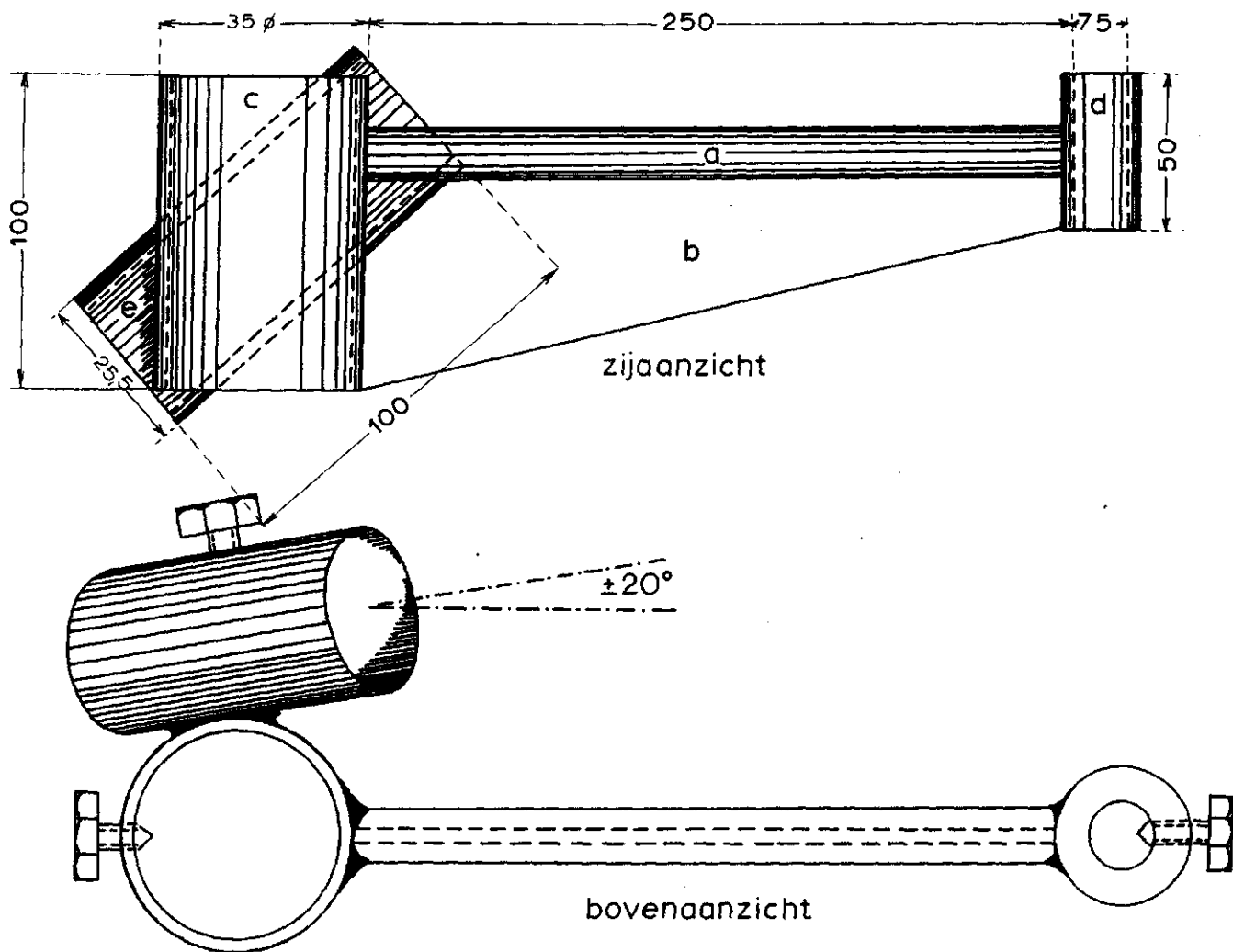


Fig.2 STIFT - HOUDER



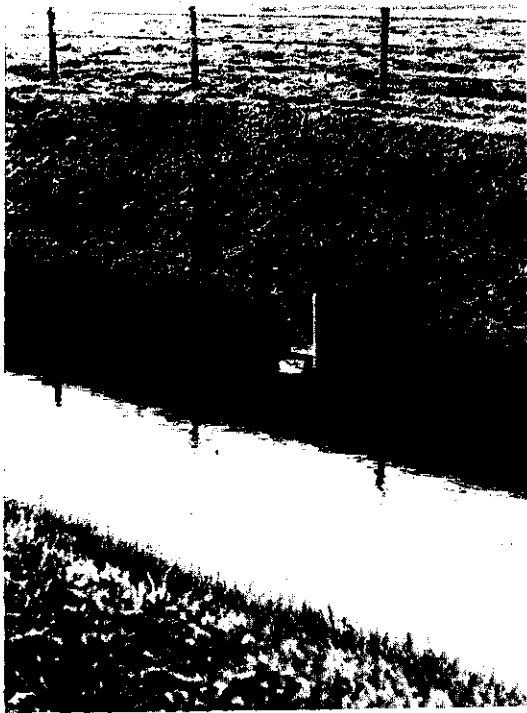


Fig. 3 OPSTELLING STIFTHOUDER IN DE WATERGANG



Fig. 4 STIFTHOUDER MET STIFT EN RESERVOIR (met opening)

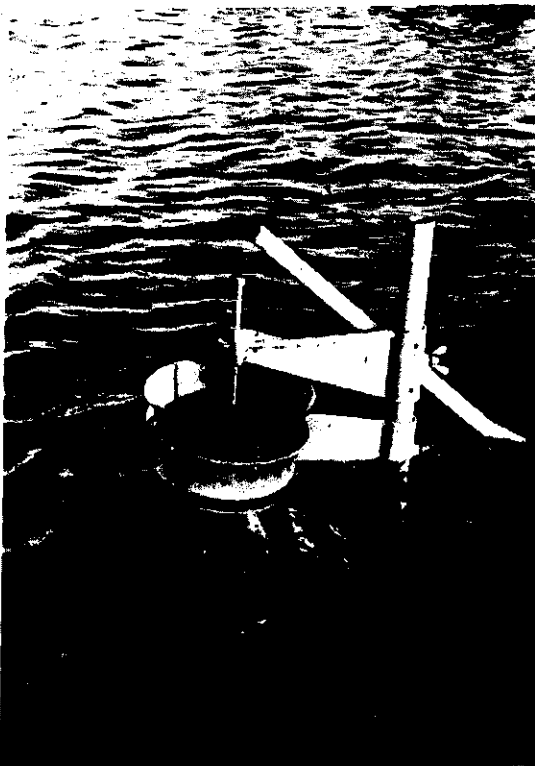


Fig. 5 OPTREDENDE GOLFDEMPING IN RESERVOIR

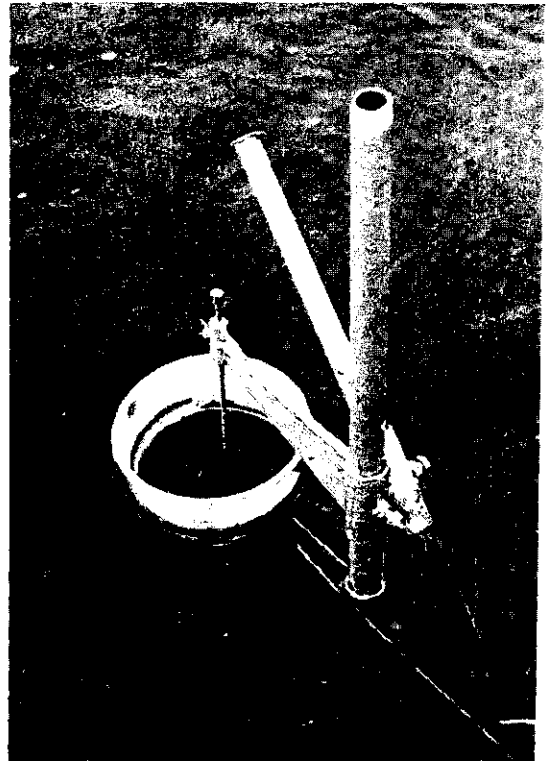


Fig. 6 AFSTELLEN VAN DE STIFT OP DE WATERSPIEGEL

schoor bovendien eventuele verticale verplaatsingen van het geheel belet. De denkbeeldige assen van de beide buisjes c. en d. dienen uiteraard parallel te lopen. Wanneer tevens een doosniveau op de stifthouder wordt geplaatst, kan de niveaustift telkens zuiver verticaal op de waterspiegel worden ingesteld. Bij de uitgevoerde metingen is volstaan door telkens de verticale stand van de buizen (fig. 1a) te controleren. De schoortjes worden na het verticaal stellen van deze buizen en plaatsen van de stifthouder voorzichtig aangebracht. De as van het schoorpijpje wijkt ongeveer  $20^{\circ}$  af van de as van de horizontale staaf a. om zeker te zijn dat de uiteinde van de houten schoor bij het waterpassen vrij blijft van de baak. De stifthouders moeten vóór elke meting aan de buizen worden bevestigd. De niveaustift wordt tijdens de waterpassing, telkens door de baakhouder op het juiste niveau ingesteld. De foto's no. 3 tot en met 6 tonen één en ander nader aan.

In grotere leidingen kan de verhangmeting worden bemoeilijkt door golfslag of hinderlijke deining, waardoor een juiste niveauinstelling moeilijkheden oplevert. Om hieraan tegemoet te komen is geëxperimenteerd met beschermkappen en reservoirs. De beste resultaten worden verkregen door het gebruik van een plastic emmertje. Dit emmertje werd door middel van houders bevestigd aan de buizen (fig. 1). Aan de lijzijde was het emmertje voorzien van een gat met een middellijn van ca. 1 cm vlak boven de bodem. Hierdoor wordt de oppervlakte-deining van de waterspiegel gedempt en de invloed van golfslag volkomen genivelleerd. Door het emmertje zodanig te stellen, dat deze ongeveer half gevuld was, werd de directe windinvloed op de waterspiegel in het emmertje tegen gegaan, zodat het waterniveau in het emmertje zelfs bij golfslag van ca. 10 cm hoogte minimaal bewoog. Proeven genomen bij harde wind maakten het noodzakelijk in het emmertje een laagje olie op het water te brengen, waardoor in alle gevallen een rustige waterspiegel werd verkregen. Wel was een geringe daling en stijging van het waterniveau in de emmer merkbaar bij golven  $> 20$  cm. Of het niveau van het water in het emmertje door olie-toevoeging ook verandert ten opzichte van het niveau in de leiding is minder belangrijk, doordat alle emmertjes gelijk waren en gelijkelijk waren aangebracht. Voegt men dus in alle meetpunten evenveel olie toe, dan mag worden verondersteld, dat de verschillen tussen de meetpunten als de juiste worden gemeten.

Bij de uitgevoerde metingen in het waterschap 'De Oostermoersche Vaart' werd deze emmertjes-methode veelvuldig toegepast, zonder dat toevoeging van olie noodzakelijk was.

Het werken met de stifthouder-methode heeft het nadeel, dat voor een snelle werkwijze vaste buizen in de meetpunten moeten worden aangebracht, hetgeen voor de beheerder enige last veroorzaakt bij het door hem uit te voeren leidingonderhoud. Een voordeel van deze methode is het feit, dat:

- . controle verhangmetingen eventueel kunnen vervallen
- . alle metingen op precies dezelfde plaats worden genomen
- . op meetdagen met vrij veel wind sneller kan worden gewerkt
- . In grote leidingen met een zeer klein verhang nauwkeuriger kan worden gewerkt

Sub 5b. De natte doorsnede van de leidingen is steeds bepaald als gemiddelde van drie gemeten dwarsprofielen. Vanaf de grens water-taludlijn (nulpunt van de meetbalk) werd voor leidingen < 3 M' (breedte langs de waterspiegel) om de 20 cm een bodemdiepte-peiling met de baak verricht. De grotere leidingen werden om de 25 cm gepeild.

Sub 5c. Er zijn 2 methoden van debietmeten toegepast:

1. Debietmeting met het vleugelmolentje van Ott
2. Debietbepaling over stuwen

De eerste methode werd toegepast in leidingen waar geen kunstwerken zoals stuwen voorkwamen. Hier werd overeenkomstig de uitgevoerde metingen in de Noord-Oost-Polder (I.C.W.-nota 231) gewerkt. Een ernstig nadeel is de praktische toepassing in grotere leidingen. Immers bij een natte doorsnede van  $2 \text{ m}^2$  (ca.  $20 \text{ ft}^2$ ) zou volgens de formule van Addison het aantal meetpunten in een dwarsprofiel niet lager moeten zijn dan gemiddeld  $(6,5 \sqrt{20})$  30 meetpunten overeenkomende met een meetduur per dwarsprofiel van minstens 1 uur. Hiertegenover staat dat vrij recent een afleesbatterij verkrijgbaar is, waarbij direct in elk meetpunt het aantal omwentelingen per seconde is af te lezen. Dit levert een grote tijds winst op. Tegen molenmetingen is een ander nadeel aan te voeren. Wil men in begroeide leidingen een regelmatig verloop van de stroomsnelheid in verticale richting verkrijgen, dan moet een gedeelte van de leidingen over ca. 5 M' worden gereinigd. Het gevolg van het regelmatig meten is een geleidelijke afname van de begroeiing ter plaatse over grotere lengte, hetgeen weer van invloed is op de verhangmeting. Dit verschijnsel is echter bij frequente molenmetingen niet te voorkomen. In één leiding kwam een cipolette-meetstuw voor, waarvan het debiet met de bekende stuwformule is bepaald, overeenkomstig de in nota 231 beschreven methode. Wel werden enkele controlemetingen uitgevoerd. Aangezien in enkele leidingen normale stuwen voorkwamen en het bekend was, dat periodiek slechts zeer geringe afvoeren meetbaar waren, werden voor dit type stuwen afvoergrafieken samengesteld, door bij elke molenmeting op ca. 100 M' stroomafwaarts van de stuw de bijbehorende overstorthoogte van de stuw te bepalen. Deze methode heeft het voordeel dat bij zeer geringe afvoeren, wanneer een molenmeting niet effectief uit te voeren is, toch

een juiste afvoer kan worden bepaald omdat de overstorthoogte immers altijd nauwkeurig te meten is. De metingen van de ijkcurve werden bij wisselende afvoeren uitgevoerd om een afvoerkromme te verkrijgen, waarvan de berekende afvoeren regelmatig verlopen over het gehele debietinterval. Bovendien werden de molenmetingen alleen uitgevoerd, wanneer de leiding schoon was, dus na elke reiniging. De stroomsnelheid over het leidingprofiel is dan het meest regelmatig en dienovereenkomstig nauwkeuriger te berekenen. Ook is de stroomsnelheid bij zekere afvoer het grootst, omdat de stroomsnelheid afneemt bij een grotere profielvulling, die ontstaat tengevolge van het begroeid raken van de leiding. Uiteraard is de afvoergrafiek alleen geldig voor dit type stuw en voor afvoeren, waarbinnen deze waarden werden berekend.

Sub 5d. Naast een beschrijving van de plantensoorten, die in de leidingen werden aangetroffen en een indeling van de begroeiingsintensiteit in begroeiingsklassen, werd eveneens telkens tussen twee opvolgende meettraaien een profielvulling geschat. Hieronder wordt verstaan de gemiddelde verhouding (in percentages uitgedrukt) van de hoogte der bodemvegetatie ten opzichte van de totale waterhoogte. Voor elk meettraject werden aldus 8 profielvullingen genoteerd, waaruit een gemiddelde werd becijferd voor het gehele leidingvak. Aangezien de leiding ook werd geschat naar begroeiingsgraad volgens een indeling in één der volgende klassen 1 tot en met 8 (zie tabel 1) is de begroeiingsklasse gerel<sup>at</sup>veerd aan de overeenkomstige profielvulling, waarvan de voorlopige indeling is gekozen volgens tabel 1.

Tabel 1. Classificering van de leidingvegetatie

Begroeiingsklasse	Aard der 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 %

Getracht is hiermee een duidelijker begrenzing van de begroeiingsklassen te verkrijgen door de aard en dichtheid der begroeiing te correleren met een overeenkomende profielvulling, echter moet uit ervaring blijken, of bovenstaande indeling en percentages, wijziging behoeven. Bovenstaande indeling is een aanpassing van de schattingsmethode, welke werd gevolgd bij de metingen van 1963 in de Noord-Oost-Polder. Tenslotte werd de leidingvegetatie nog aangegeven als dicht, open, regelmatig of onregelmatig. Dit werd wenselijk geacht om stroomweerstandsverschillen bij gelijk geschatte begroeiingsgraden mogelijk te kunnen verklaren. De 'taludzoombegroeiing' is ingevoerd ter vervanging van het woord 'wandbegroeiing'. Het geeft de vegetatiestrook aan nabij de grens water-talud die geen deel uitmaakt van de bodembegroeiing 'Wandbegroeiing' omvat eveneens de begroeide taluds boven water en dit gedeelte van het dwarsprofiel is uiteraard van geen betekenis voor de stromingsweerstand.

### III. WERKZAAMHEDEN EN TIJDSDUUR

De werkwijze per meting en het aantal handelingen was voor leidingen, waarvan het debiet over een stuw werd bepaald, in volgorde der werkzaamheden:

1. Bepalen van de overstorthoogte van de stuw en van de waterstandshoogte (hoogteverschil van de spijkers in de perkoenen en het peil in de leiding).
2. Aanbrengen van de niveauhouders met eventueel geperforeerde emmertjes.
3. Het waterpassen van de waterspiegel in de meetraaien.
4. Noteren van gegevens op het meetformulier betreffende:
  - a. Leidinggegevens
  - b. Datum en weertype, windrichting en geschatte windkracht
  - c. Invullen van gegevens op een situatieschets
5. Controleren van eventuele wijziging in de waterstand, bijvoorbeeld bij perkoen 1.
6. Opmeten van 3 dwarsprofielen in de meetraaien 3, 5 en 7.
7. Controle van het leidingpeil, opnemen watertemperatuur en controle van de overstorthoogte van de stuw.
8. Bij afwezigheid van stuwen het uitvoeren van debietmetingen.
9. Beschrijven van de leidingvegetatie.
10. Demonteren van de niveauhouders en opbergen meetapparatuur.

Gemiddeld werd door een meetploeg van twee man een volledige meting in kleine leidingen (breedte langs de waterspiegel tot 3 M' en een gemiddelde waterdiepte van 0,30 M') 2 à 3 uren besteed en aan meting in middel-grote leidingen (waterspiegelbreedte 5 M') ca. 4 uren. Het opnemen en registreren vereist accuratesse, zodat het te snel meten moet worden vermeden.

#### IV. SAMENVATTING

In deze nota werd een meetmethode voor het bepalen van wandruweheidsfactoren in open leidingen besproken. Onder verwijzing naar de reeds eerder geplubliceerde I.C.W.-nota 231 werd hier speciaal aandacht besteed aan een verbeterde methode van verhangmeting door gebruik van meetstiften in golfslag-werende plastic-emmers. Debietmeting vond, waar mogelijk, plaats over stuwen, waarvan afvoercurven werden bepaald. Het schatten van de begroeiingsgraad van een leiding geschiedde in 8 klassen, die gere<sup>at</sup>leverd werden aan de profielvulling. De beschreven meetmethode vroeg per meting van 2 man 2 à 3 werkuren in kleine en 4 werkuren in middel-grote leidingen.