

Meetopstelling voor aan- en afvoer van water in de Vlietpolder bij Hoogmade

Onderdeel project "Water- en
Nutriëntenhuishouding Veenweidegebied"

A. Dommerholt

Rapport 95

Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen

ISSN 0926-230X

970151

Inhoud

1.	Inleiding	1
2.	Samenvatting Veenweideproject	2
3.	Keuze van de meetmethode	4
4.	Theoretische beschouwing van de meetopstelling	6
5.	Testen opstelling in het hydraulica laboratorium	10
6.	Enkele algemene aanbevelingen	13
	Fotopagina	14

1. Inleiding

Op 6 mei 1999 verleende het Hoogheemraadschap Rijnland per brief nr. 9908217 aan Wageningen Universiteit, Sectie Waterhuishouding, opdracht tot het uitbrengen van een advies voor het meten van de afvoer van een kavelsloot in de Vlietpolder bij Hoogmade als onderdeel van het project "Water- en Nutriëntenhuishouding Veenweidegebied" (zie hoofdstuk 2).

De opdracht is gebaseerd op voorgaand overleg en de daarop volgende WU offerte 99097 WB/ah d.d. 6 mei 1999.

Tijdens tussentijds overleg werd het zinvol geacht de voorgestelde meetopstelling en daaraan gekoppelde apparatuur te testen in het hydraulica laboratorium, alvorens een en ander in het veld te installeren. Hiervoor is op 30 augustus 1999 een aanvullende offerte uitgebracht (WU offerte 99202 AD/ah). De opdracht hiervoor werd op 7 september 1999 verleend middels brief nr. 9914211.

De meting van de afvoer in de kavelsloot in het kader van bovengenoemd project dient aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- de meting dient automatisch en continu plaats te vinden;
- zowel afvoer als aanvoer van water dient te worden gemeten, dus meting in twee richtingen;
- opstuwung van het slootpeil dient tot een minimum te worden beperkt ($< 0,10$ m bij het maximale debiet);
- afvoermeting dient mogelijk te zijn bij het huidige winter- en zomerpeil (ca. 0,20 m peilverschil);
- het minimaal te meten debiet bedraagt 0,05 l/s met een maximale onnauwkeurigheid van 10%;
- het maximaal te meten debiet zal ca. 5 à 6 l/s bedragen;
- de afvoermeting moet debietsafhankelijke bemonstering van het afgevoerde water mogelijk maken (koppeling met monsternameapparaat al dan niet via datalogger).

Het advies houdt het volgende in:

- keuze van de meest geschikte meetmethode;
- theoretische beschouwing van de meetopstelling;
- testen van de opstelling in het hydraulica-laboratorium.

Het advies voor de afvoermeting is uitgevoerd door ing. W. Boiten en ing. A. Dommerholt van Wageningen Universiteit.

2. Samenvatting Veenweideproject

Probleemstelling

In het veenweidegebied binnen Rijnland worden geldende normen voor de waterkwaliteit niet gehaald, met name voor stikstof en fosfor. Deze meststoffen, ook wel nutriënten of mineralen genoemd, die aanwezig zijn in het water kunnen afkomstig zijn van verschillende bronnen. Te noemen zijn onder andere atmosferische depositie, effluent van AWZI's, lozingen van afvalwater, ingelaten water, kwel en af- en uitspoeling van meststoffen uit de bodem.

Beleidskader

In de loop van de laatste twee decennia is het relatieve aandeel van de diffuse bronnen in de totale belasting van het open water met meststoffen toegenomen door een verbeterde efficiëntie van de AWZI's en sanering van puntbronnen. Diffuse bronnen verdienen aldus in toenemende mate aandacht als het gaat over verdere verbetering van de waterkwaliteit. Een analyse van alle bronnen van meststoffen in een gebied maakt kwantificering van de afzonderlijke bijdrage van bronnen mogelijk. In het Algemeen Strategisch Deel van het in voorbereiding zijnde **WBP-2** wordt de eutrofiëring in het veenweidegebied nog steeds als probleem ervaren. Ook is er binnen het WBP-2-kader aandacht voor de gewenste drooglegging van veengronden. In de nota 'Toekomst voor Water', het 'Actieprogramma Diffuse Bronnen' en ook tijdens de workshop 'Mineralenemissie Rundveehouderij' is het belang van de aanpak van diffuse bronnen nog eens bevestigd, maar ook van de noodzaak tot uitvoering van praktijkonderzoek. De mest- en ammoniakwetgeving op rijksniveau schiet ook na invoering van het MIneralen Aangifte Systeem (MINAS) tekort om de belasting van oppervlaktewater zodanig te reduceren dat een biologisch gezond watersysteem wordt verkregen. In rijksnota's wordt voorgesteld om op regionale schaal aanvullend beleid en maatregelen te implementeren. Daarom is voorgesteld om in dit project invulling te geven aan de behoefte aan praktijkonderzoek, mede ter onderbouwing van regionaal beleid. Het belang voor Rijnland bij het project is om vast te stellen of er een verband is tussen bedrijfsvoering van een melkveehouderij en emissie van meststoffen naar oppervlaktewater. De (landelijke) discussie omtrent verliesnormen voor stikstof en fosfor staat of valt met dit verband (evaluatie mestbeleid). Daarnaast is voor Rijnland een goede communicatie met de agrarische sector van belang, nu en in de toekomst, zeker wanneer gebiedsgerichte maatregelen en beleid worden voorbereid.

Doelstelling project

Het project heeft twee doelstellingen:

1. vergroting van kwantitatief inzicht in eutrofiërings-problematiek in het veenweidegebied en invloed daarvan op de belasting van het boezemsysteem met meststoffen;
2. definitie en implementatie van regionaal beleid ter reductie van de emissie van meststoffen naar het oppervlaktewater.

Werkwijze

Het project kent twee fasen, te weten een 3-jarige voorbereidings- en een 5-jarige uitvoeringsfase. Er zullen in de eerste fase van het project veldmetingen en registraties worden verricht. Deze metingen zullen zich richten op grondwaterstanden, greppel- en slootafvoeren, open water peilen, en hoeveelheden ingelaten en uitgeslagen water. Daarnaast zullen stofconcentraties in grond- en oppervlaktewater worden gemeten. Op betrokken landbouwbedrijven zal door middel van een bodemonderzoek en registratie van teelthandelingen informatie worden verkregen over de mineralenhuishouding van het bedrijf en afzonderlijke percelen (MINAS uitgebreid). De ontwatering en bemesting van grasland op veen bepalen samen (mede) de belasting van oppervlaktewater met meststoffen en zullen aldus tegelijkertijd onderwerp van het project zijn. De Vlietpolder, gelegen ten zuidoosten van Hoogmade, is uitgekozen als proefgebied omdat het een veen-graslandpolder betreft. Daarnaast is het gebied hydrologisch gezien redelijk goed te bemeten en zijn buiten de landbouw geen andere grote bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater aanwezig (bijv. AWZI).

In de uitvoeringsfase van het project zal een regionaal beleid worden ingevoerd voor de betrokken melkveehouderijbedrijven in het project. Dit beleid betreft ook andere bronnen van emissie van meststoffen in de onderzochte veenweidepolder (o.a. inlaatwater, ongezuiverde lozingen). Het beleid is erop gericht de emissie van meststoffen naar het oppervlaktewater te verminderen, zonder daarbij andere milieucompartimenten extra te belasten. De uitvoeringsfase zal aan het eind van de voorbereidingsfase meer concreet worden ingevuld, mede op basis van de uitkomsten van de eerste fase.

Samenwerking

In een dialoog met de melkveehouders in de Vlietpolder is het de bedoeling een draagvlak te creëren om t.z.t. aanpassingen in de bedrijfsvoering door te voeren ter vermindering van de mineralenverliezen naar het oppervlaktewater. Deze dialoog wordt opgebouwd door in het project te voorzien in bedrijfsvoorlichting voor melkveehouders en samenwerking met de WLTO. De WLTO zal samen met Rijnland een studieclub van melkveehouders oprichten dan wel uitbreiden die in dit project zal meewerken. De studieclub zal ook onderdeel vormen van het project van LTO-Nederland 'Praktijkcijfers' (landelijke referentiebeelden). Op het gebied van waterhuishouding en peilbeheer wordt samengewerkt met waterschap De Oude Rijnstromen. Verder is het project ingebed in het STOWA-onderzoek 'Belasting oppervlaktewater door emissies vanuit de rundveehouderij'. Hiermee wordt de landelijke relevantie van het project onderstreept. Arcadis Heidemij Advies verzorgt de coördinatie van het STOWA-onderzoek. Het STOWA-onderzoek voorziet in samenwerking met diverse instituten van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (AB, SC, LEI), Wageningen Universiteit en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Er zal een stuurgroep en projectgroep worden opgericht ter begeleiding van dit project.

Planning

De start van de voorbereidingsfase is voorzien in januari 1999. De looptijd van deze fase is 3 jaar. Tijdens de looptijd zijn voortgangsrapportages gepland. Eindrapportage van de eerste fase is gepland voor het najaar van 2002. Tijdens het voorjaar van 2002 zal de opzet van de uitvoeringsfase worden uitgewerkt worden, inclusief een begroting. Deze fase gaat in het najaar van 2002 van start en heeft een looptijd van 5 jaar. Het project zal worden afgesloten met een eindrapportage in 2008.

3. Keuze van de meetmethode

Voor het continu meten van afvoeren in open waterlopen zijn in principe verschillende mogelijkheden. Het meten met behulp van een meetstuw of meetgoot is daarvan het meest voor de hand liggend en zeer nauwkeurig. Er zijn in dit geval echter twee redenen waarom deze methode hier niet toepasbaar is.

1. Het te meten debiet is zeer klein, waardoor bij een meetstuw de overstorthoogten kleiner worden dan voor een nauwkeurige meting toelaatbaar is. Bovendien zullen er problemen ontstaan met "kleven" van de overstortende straal. Bij toepassing van een meetgootje zal deze zeer kleine afmetingen moeten hebben. Bij deze zeer kleine debieten zal het waarschijnlijk niet mogelijk zijn om in de keel van de meetgoot kritische stroming te verkrijgen. Door het meten van zowel de bovenstroomse als de benedenstroomse waterstand is het in principe na ijking in een hydraulica laboratorium mogelijk om deze debieten te meten. Het hoogteverschil tussen beide waterstanden zal echter zo klein worden, dat de gehele meting zeer onnauwkeurig zal zijn (in het bijzonder voor de kleine afvoeren).
2. Er moet in twee richtingen worden gemeten. De standaard meetstuwen en meetgoten zijn slechts geschikt voor meting in één richting. Door kleine aanpassingen is het mogelijk bepaalde stuwen of meetgoten geschikt te maken voor debietmeting in twee richtingen, maar blijft het onder punt 1. vermelde bezwaar.

Omdat zowel bij winter- als zomerpeil slechts zeer weinig opstuwning toelaatbaar wordt geacht, moet bovendien de meetopstelling in hoogte verstelbaar zijn. Een extra en kostbare technische voorziening. Een en ander geeft aanleiding om deze methode hier verder buiten beschouwing te laten.

Ook een door de opdrachtgever voorgestelde mogelijke oplossing, zoals beschreven in de ICW nota 1702 (Pankow en van den Toorn, april 1986) komt hier niet in aanmerking vanwege de hierboven beschreven bezwaren. Ook in die opstelling maakt een meetschot deel uit van de totale opstelling.

Wanneer het niet mogelijk is een methode toe te passen waarbij het water ergens *overheen* stroomt, dan ligt het voor de hand om te denken aan een methode waarbij het water ergens *doorheen of onderdoor* stroomt.

Een mogelijke oplossing is om één of meerdere openingen in een verticale afdichting in de kavelsloot aan te brengen. Het debiet door de opening(en) is een functie van het waterhoogteverschil boven- en benedenstrooms van de afdichting (damwand). Bij een dergelijke opstelling is meting in beide richtingen mogelijk. Aangezien zowel zeer kleine als grotere afvoeren moeten worden gemeten (meetbereik ca. 1:100) en opstuwingshoogte tot een minimum moet worden beperkt (< 0,10 m) zal het niet mogelijk zijn met één opening te werken, maar zullen meerdere openingen moeten worden gebruikt met verschillende diameters. Openingen moeten dan handmatig worden afgesloten en geopend, hetgeen in strijd is met de gestelde voorwaarden, of hiervoor moet een besturing worden ontwikkeld, waarbij de openingen debietsafhankelijk worden geopend en afgesloten (bijv. door magneetkleppen) door aansturing vanuit een datalogger. Een dergelijke opstelling zal voor installatie in het veld eerst moeten worden gecalibreerd in het hydraulica laboratorium.

Een nadeel is ook dat kleine openingen waarschijnlijk erg gevoelig zullen zijn voor vervuiling, zodat zeer regelmatig onderhoud nodig zal blijken te zijn.

Gezien de kosten die de ontwikkeling van een dergelijke opstelling met zich mee zal brengen, is gezocht naar een andere meetmethode, die is gevonden in de toepassing van een elektromagnetische debietmeter met een relatief kleine doorstroomopening. Dit type debietmeter wordt normaal gesproken gebruikt in gesloten leidingsystemen (bijv. in de procesindustrie of in drinkwatersystemen).

Een zogenaamde MagMaster van ABB Instrumentation (te leveren door Brinck HMT Meettechniek) heeft een meetbereik van 1:1000, waarbij de onnauwkeurigheid bij 1/100 van de maximale doorstroming 1% bedraagt en daarna verloopt naar 10% bij 1/1000 van de maximale doorstroming (fabrieksopgave). Door dit grote meetbereik kan bij de juiste keuze diameter van de debietmeter in principe worden volstaan met één meter voor het gehele te meten traject, aangezien dit ongeveer een bereik van 1:100 beslaat.

Het totale bereik van de debietmeter kan echter niet in zijn geheel worden benut, aangezien slechts een maximale opstuwingshoogte van ca. 0,10 m is toegestaan. De stroomsnelheid in de debietmeter is een functie van het waterhoogteverschil boven- en benedenstrooms van de debietmeter en de energieverliezen die optreden als het water door de debietmeter stroomt. Door deze verliezen zo klein mogelijk te maken, kan een zo hoog mogelijke snelheid worden toegelaten in de debietmeter zonder dat het waterhoogteverschil van ca. 0,10 m wordt overschreden.

De totale verliezen zijn opgebouwd uit intreeverliezen, wrijvingsverliezen en uittreeverliezen en eventuele andere lokale verliezen. Door het gebruik van afrondingen aan in- en uitstroomzijde en een geleidelijke verwijding aan de uitstroomzijde kunnen de verliezen tot een minimum worden beperkt.

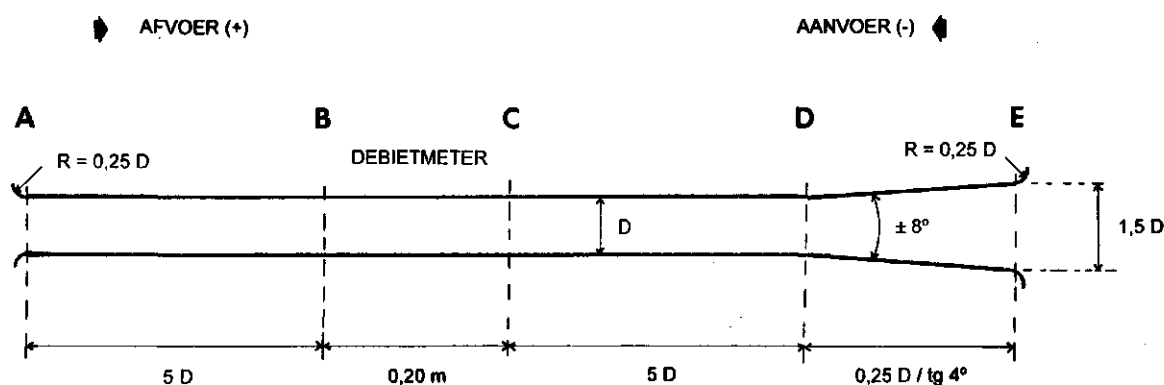
Voor een goede meting van de debietmeter moet zich voor het instrument een rechte leiding bevinden met dezelfde diameter als van het instrument en met een minimale lengte van $5x$ de diameter. Aangezien stroming in beide richtingen kan plaats vinden, moet zo'n lengte rechte leiding aan beide zijden van de debietmeter worden aangebracht. Aangezien het te verwachten debiet bij bemaling van de polder vele malen groter is dan wanneer water wordt ingelaten in de polder, kan worden volstaan met een geleidelijke verwijding aan de uitstroomzijde bij afvoer uit de polder. Daarnaast moet aan beide uiteinden nog een afronding worden aangebracht met een straal $r > \frac{1}{4} D$ (D =diameter van het uiteinde).

In- en uitstroomgedeelte kunnen met behulp van flenzen aan de debietmeter worden bevestigd.

4. Theoretische beschouwing van de meetopstelling

Bij een eerste globale berekening is gebleken, dat de diameter van de debietmeter waarschijnlijk uit zal komen op $D = 0,065$ m of $D = 0,080$ m.

Een nauwkeuriger berekening uitgaande van een debietmeter met een inwendige doorstroomdiameter van $D = 0,065$ m, een recht instroomgedeelte met een diameter van $0,065$ m en een lengte van $5D = 0,325$ m, een identiek recht uitstroomgedeelte gevolgd door een geleidelijke verwijding zoals weergegeven in figuur 1 leverde bij een maximaal toegestaan waterhoogteverschil van $\Delta h = 0,10$ m een maximale afvoer op van $Q_{\max} = 5,4$ l/s. Wanneer de stroomrichting werd omgekeerd (dus aanvoer van water in de polder), bedroeg het maximaal te meten debiet bij $\Delta h = 0,10$ m: $Q_{\max} = 3,8$ l/s.

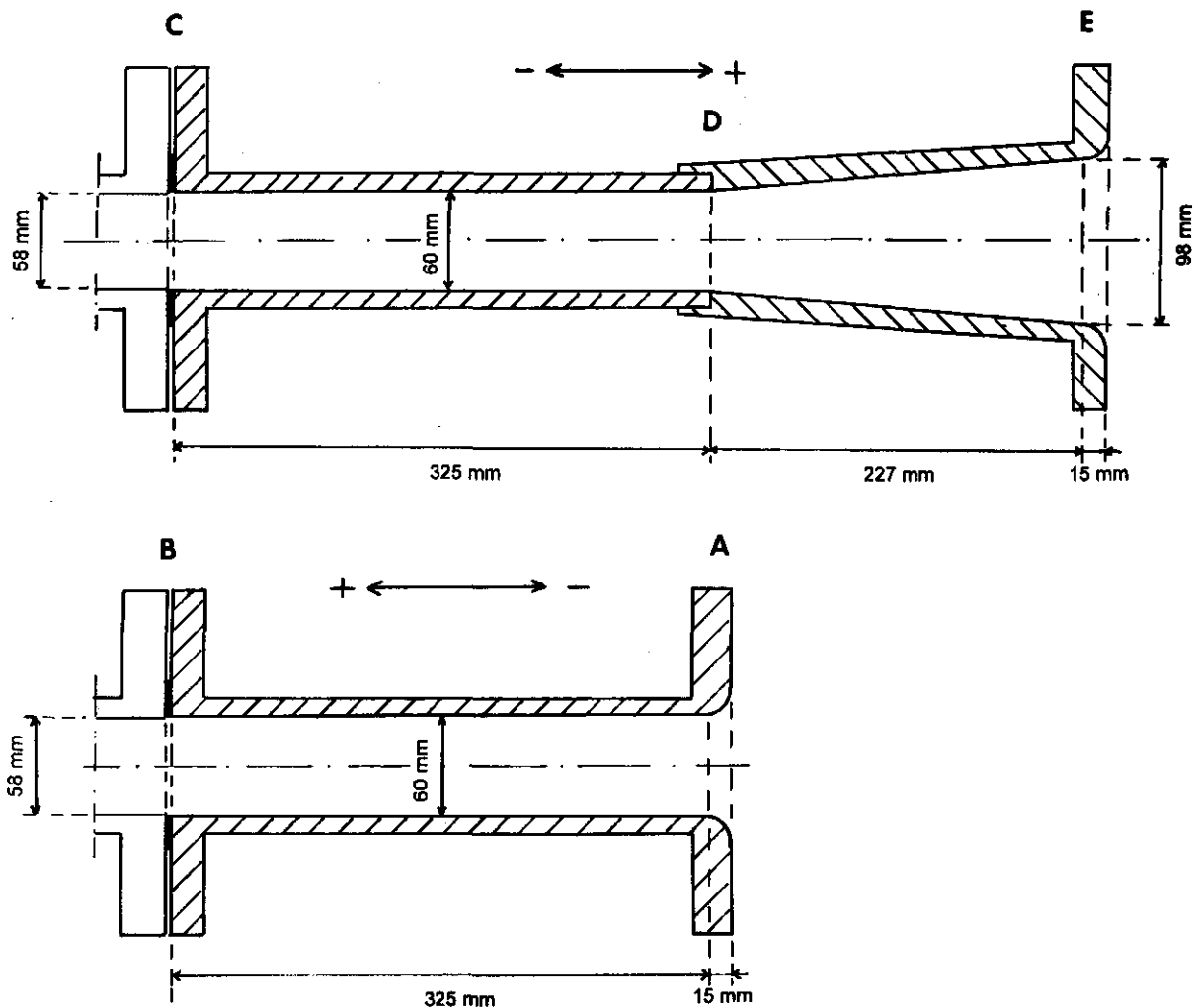


Figuur 1 Principeschets van in- en uitstroomgedeelte

Omdat het debiet bij aanvoer veel lager zal zijn dan bij bemaling, kunnen bij aanvoer van water in de polder grotere energieverliezen worden toegestaan, en is uit kosten oogpunt niet gekozen voor een volledig symmetrische opstelling. Uit de berekening blijkt dat een debiet-

meter van deze diameter voldoende is om de maximaal te verwachten afvoeren te meten, zonder dat het maximaal toegestane waterhoogteverschil van 0,10 m wordt overschreden.

Na levering van de debietmeter bleek de werkelijke doorstroomdiameter door de aangebrachte inwendige kunststof bekleding slechts 0,058 m te bedragen. Als het in- en uitstroomgedeelte ook op deze diameter worden aangepast, zal het energieverlies globaal met $(0,065/0,058)^5 = 177\%$ toenemen. Aangezien het materiaal hiervoor al was aangeschaft, was het zonder veel extra kosten niet mogelijk om het in- en uitstroomgedeelte kleiner dan met een diameter van 0,060 m te maken. Met deze gegevens is onderstaande gedetailleerde berekening van de energieverliezen uitgevoerd. Figuur 2 geeft de maatvoering van de gehele opstelling. In het verder verloop van dit rapport wordt de stroomrichting bij bemaling *positief* genoemd en bij wateraanvoer in de polder *negatief*. Bij negatieve stroomrichting wordt dus het trechtervormige uitstroomgedeelte de instroomkant.



Figuur 2 Maatvoering in- en uitstroomgedeelte

Berekening van de energieverliezen:

Alle energieverliezen worden uitgedrukt in een coëfficiënt ζ x de snelheidshoogte $\frac{v^2}{2g}$, waarbij v_{58} = de gemiddelde stroomsnelheid in het instrument zelf is en v_{60} = de gemiddelde stroomsnelheid bij een diameter van $D = 0,060$ m (dus in het in- en uitstroombedeelte).

A. Bij bemaling van de polder (dus afvoer uit de kavelsloot en positieve stroomrichting)
Het water stroomt in de figuren 1 en 2 van A naar E.

Intreeverlies bij A:	$\zeta_{\text{intree}} = 0,04$ ($R/D \approx 0,25$)	$\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$
Wrijvingsverlies A-B:	$\zeta_{\text{wrijving}} = \lambda \cdot (L/D) = 0,03 \cdot (0,325/0,060) = 0,163$ (aanname: weerstandscoeffiënt $\lambda = 0,03$)	$\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$
Vernauwing bij B:	$\zeta_{\text{vernauwing}} = 0,45 (1 - A_{58}/A_{60}) = 0,03$ ($A_{58} = 0,00264 \text{ m}^2$, $A_{60} = 0,00283 \text{ m}^2$)	$\left[\frac{v_{58}^2}{2g} \right]$
Wrijvingsverlies B-C:	$\zeta_{\text{wrijving}} = \lambda \cdot (L/D) = 0,03 \cdot (0,20/0,058) = 0,10$	$\left[\frac{v_{58}^2}{2g} \right]$
Verwijding bij C:	$\zeta_{\text{verwijding}} = (1 - A_{58}/A_{60})^2 = 0,01$	$\left[\frac{v_{58}^2}{2g} \right]$
Wrijvingsverlies C-D:	$\zeta_{\text{wrijving}} = \lambda \cdot (L/D) = 0,03 \cdot (0,325/0,060) = 0,163$	$\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$
Vertragingsverlies D-E:	$\zeta_{\text{vertraging}} = 0,18 (v_{60} - v_{98})^2 / 2g = 0,07$	$\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$
Uittredeverlies bij E:	$\zeta_{\text{uittree}} = 1 \cdot v_{98}^2 / 2g = 0,14$	$\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$

Het totale energieverlies ΔH is:

$$(0,04 + 0,163 + 0,163 + 0,07 + 0,14) \frac{v_{60}^2}{2g} + (0,03 + 0,10 + 0,01) \frac{v_{58}^2}{2g} =$$

$$0,58 \frac{v_{60}^2}{2g} + 0,14 \frac{v_{58}^2}{2g} = 0,64 \frac{v_{58}^2}{2g} \quad (\text{N.B. } \frac{v_{60}^2}{2g} = 0,87 \frac{v_{58}^2}{2g})$$

Uitgaande van een maximale afvoer van 5,4 l/s zal dat het volgende benodigde waterhoogteverschil opleveren:

$$Q = 0,0054 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow v_{58} = 0,0054/0,00264 = 2,05 \text{ m/s} \rightarrow v_{58}^2/2g = 0,214 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,64 \cdot 0,214 = \mathbf{0,137 \text{ m.}}$$

Omdat bij deze berekening bepaalde aannames zijn gedaan, waardoor het werkelijke energieverlies bij de laboratoriumproeven enigszins kan afwijken, is met de opdrachtgever in overleg met de leverancier afgesproken dat bij een afvoer van 5,4 l/s het waterhoogteverschil niet meer dan **0,15 m** mag bedragen. Is dit wel het geval, dan moet naar een andere oplossing worden gezocht (bijv. omwisselen van de debietmeter voor één met een grotere doorstroomopening en aanpassing van in- en uitstroomgedeelte).

B. Bij wateraanvoer in de polder (dus negatieve stroomrichting). Het water stroomt in de figuren 1 en 2 van E naar A.

Intreeverlies bij E: $\zeta_{\text{intree}} = 0,04 \frac{v_{98}^2}{2g} = \mathbf{0,01}$ $\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$

Wrijvingsverlies E-D: $\zeta_{\text{wrijving}} = \mathbf{0,07}$ (geïntegreerd van E-D) $\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$

Wrijvingsverlies C-D: $\zeta_{\text{wrijving}} = \lambda \cdot (L/D) = 0,03 \cdot (0,325/0,060) = \mathbf{0,163}$ $\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$

Vernauwing bij C: $\zeta_{\text{vernauwing}} = 0,45 (1 - A_{58}/A_{60}) = \mathbf{0,03}$ $\left[\frac{v_{58}^2}{2g} \right]$
 $(A_{58} = 0,00264 \text{ m}^2, A_{60} = 0,00283 \text{ m}^2)$

Wrijvingsverlies C-B: $\zeta_{\text{wrijving}} = \lambda \cdot (L/D) = 0,03 \cdot (0,20/0,058) = \mathbf{0,10}$ $\left[\frac{v_{58}^2}{2g} \right]$

Verwijding bij B: $\zeta_{\text{verwijding}} = (1 - A_{58}/A_{60})^2 = \mathbf{0,01}$ $\left[\frac{v_{58}^2}{2g} \right]$

Wrijvingsverlies B-A: $\zeta_{\text{wrijving}} = \lambda \cdot (L/D) = 0,03 \cdot (0,325/0,060) = \mathbf{0,163}$ $\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$

Uittredeverlies bij A: $\zeta_{\text{uittree}} = \mathbf{1,0}$ $\left[\frac{v_{60}^2}{2g} \right]$

Het totale energieverlies ΔH is:

$$(0,01 + 0,07 + 0,163 + 0,163 + 1,0) \frac{v_{60}^2}{2g} + (0,03 + 0,10 + 0,01) \frac{v_{58}^2}{2g} =$$

$$1,41 \frac{v_{60}^2}{2g} + 0,14 \frac{v_{58}^2}{2g} = \mathbf{1,37} \frac{v_{58}^2}{2g} \quad (\text{N.B. } \frac{v_{60}^2}{2g} = 0,87 \frac{v_{58}^2}{2g})$$

Uitgaande van een maximale afvoer van 5,4 l/s zal dat het volgende benodigde waterhoogteverschil opleveren:

$$Q = 0,0054 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow v_{58} = 0,0054/0,00264 = 2,05 \text{ m/s} \rightarrow v_{58}^2/2g = 0,214 \text{ m}$$
$$\Delta H = 1,37 \cdot 0,214 = \mathbf{0,293 \text{ m.}}$$

Anders gezegd: Bij een waterhoogteverschil van 0,15 m zal de afvoer 3,9 l/s bedragen.

Tijdens de testen in het hydraulica laboratorium zal moeten blijken of bepaalde aannames juist waren (grote afwijkingen zijn hierbij niet te verwachten).

In onderstaand overzicht wordt aangegeven welke minimale debieten met deze diameter debietmeter nog kunnen worden gemeten en met welke nauwkeurigheid (fabrieksopgave).

<u>Q (l/s)</u>	<u>max. onnauwkeurigheid (%)</u>
0,026	10
0,026 – 0,053	10 - 5
0,053 – 0,132	5 - 2
0,132 – 0,264	2 - 1
0,264 – 0,53	1 - 0,5
0,53 – 1,32	0,5 - 0,2
1,32 - 5,4	0,2

Deze debietmeter voldoet dus ook aan de eis dat een minimaal debiet van 0,05 l/s moet kunnen worden gemeten met een nauwkeurigheid beter dan 10%.

Tijdens de uit te voeren testen in het hydraulica laboratorium zullen de fabrieksgegevens op dit punt voor een aantal debieten worden geverifieerd.

5. Testen opstelling in het hydraulica laboratorium

Voor het testen van de elektromagnetische debietmeter inclusief in- en uitstroomgedeelte is deze opgesteld in een rechthoekige stroomgoot met een breedte van ca. 1 m. Het debiet door de stroomgoot is volumetrisch bepaald, omdat de normaliter voor het debiet in de goot gebruikte elektromagnetische debietmeter niet geschikt is voor kleine debieten. De nauwkeurigheid van deze methode mag echter beter dan 1% worden verondersteld.

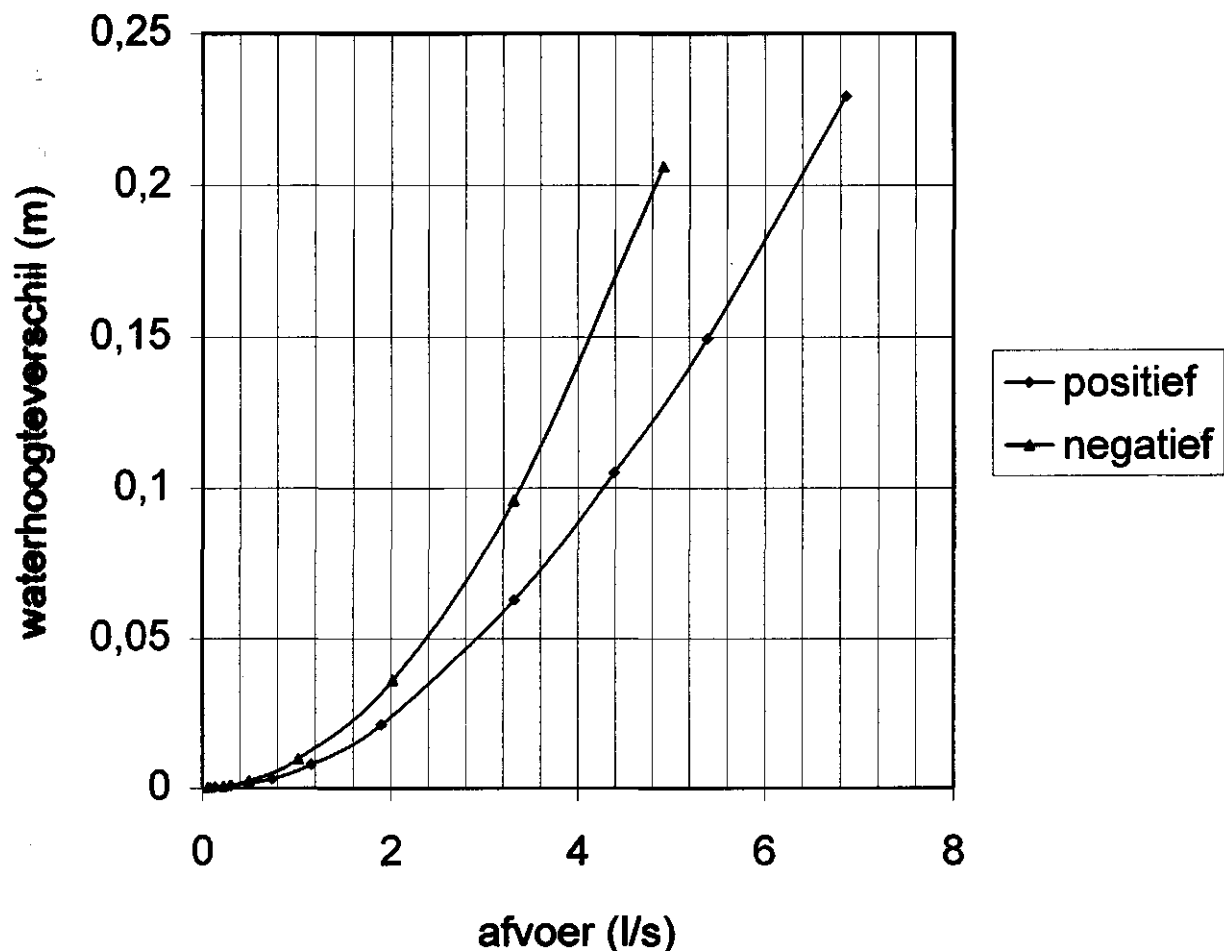
De waterhoogtes boven- en benedenstreams van de opstelling werden gemeten met peilnaalden met een resolutie van 0,1 mm en een maximale absolute onnauwkeurigheid van ca. 0,3 mm.

De opstelling was eenvoudig om te keren, zodat zowel de positieve als de negatieve stroomrichting kon worden onderzocht.

In tabel 1 zijn alle uitgevoerde metingen weergegeven. De resultaten worden hierna besproken.

A. Relatie debiet – waterhoogteverschil

In figuur 3 is grafisch het verband weergegeven tussen het debiet en het daarvoor benodigde waterhoogteverschil boven- en benedenstrooms van de opstelling. Dit is zowel voor de positieve als de negatieve stroomrichting gedaan. Voor de positieve stroomrichting (bemaling) blijkt dat bij een debiet van 5,4 l/s het waterhoogteverschil vrijwel exact met de als maximaal toelaatbaar gestelde waarde van 0,15 m overeenkomt. Er is dus geen reden om een debietmeter met grotere diameter toe te passen. Het bij de metingen gevonden waterhoogteverschil wijkt niet meer dan ca. 10% af van de theoretisch bepaalde waarde. Voor dit soort berekeningen is dit zeer acceptabel. Ook de metingen bij negatieve stroomrichting blijken goed overeen te komen met de theoretisch bepaalde waarden.



Figuur 3 Relatie afvoer – waterhoogteverschil bij positieve en negatieve stroomrichting

Tabel 1

Debiet – uitlezing (l/s)	Debiet – volumetrisch (l/s)	Afwijking (%)	Hoogteverschil (m)
Positieve stroomrichting (bemaling)			
0,038	0,0393	- 3,3	
0,058	0,0609	- 4,8	
0,137	0,138	- 0,7	
0,308	0,306	+ 0,7	
0,746	0,742	+ 0,5	
1,34	1,33	+ 0,8	
2,14	2,12	+0,9	
3,29	3,26	+ 0,9	
4,78	4,79	- 0,2	
6,70	6,69	+ 0,1	
	0,0393		0,0001
	0,0599		0,0001
	0,0840		0,0001
	0,137		0,0003
	0,306		0,0010
	0,496		0,0019
	0,744		0,0031
	1,16		0,0079
	1,90		0,0213
	3,32		0,0628
	4,39		0,1050
	5,39		0,1494
	6,86		0,2293
Negatieve stroomrichting (water-inlaat)			
- 0,046	- 0,0418	+ 10,0	
- 0,066	- 0,0598	+ 10,4	0,0001
- 0,090	- 0,0857	+ 5,0	0,0001
- 0,230	- 0,224	+ 2,7	0,0006
- 0,506	- 0,496	+ 2,0	0,0025
- 1,04	- 1,02	+ 2,0	0,0097
- 2,05	- 2,02	+ 1,5	0,0361
- 3,35	- 3,31	+ 1,1	0,0959
- 4,95	- 4,92	+ 0,7	0,2061

B. *Ijking debietmeter*

Voor de positieve stroomrichting blijken de gevonden resultaten goed overeen te komen met de door de fabriek opgegeven nauwkeurigheden bij de verschillende stroomsnelheden in de meter. Waar de fabriek nauwkeurigheden van 0,2% of 0,5% opgeeft is dit in het laboratorium niet op zijn waarde te controleren, omdat in het laboratorium slechts een nauwkeurigheid van 1% kan worden gegarandeerd. Een nauwkeurigheid van beter dan 1% , zoals over een groot gedeelte van het meetbereik is gevonden, is echter een goed resultaat.

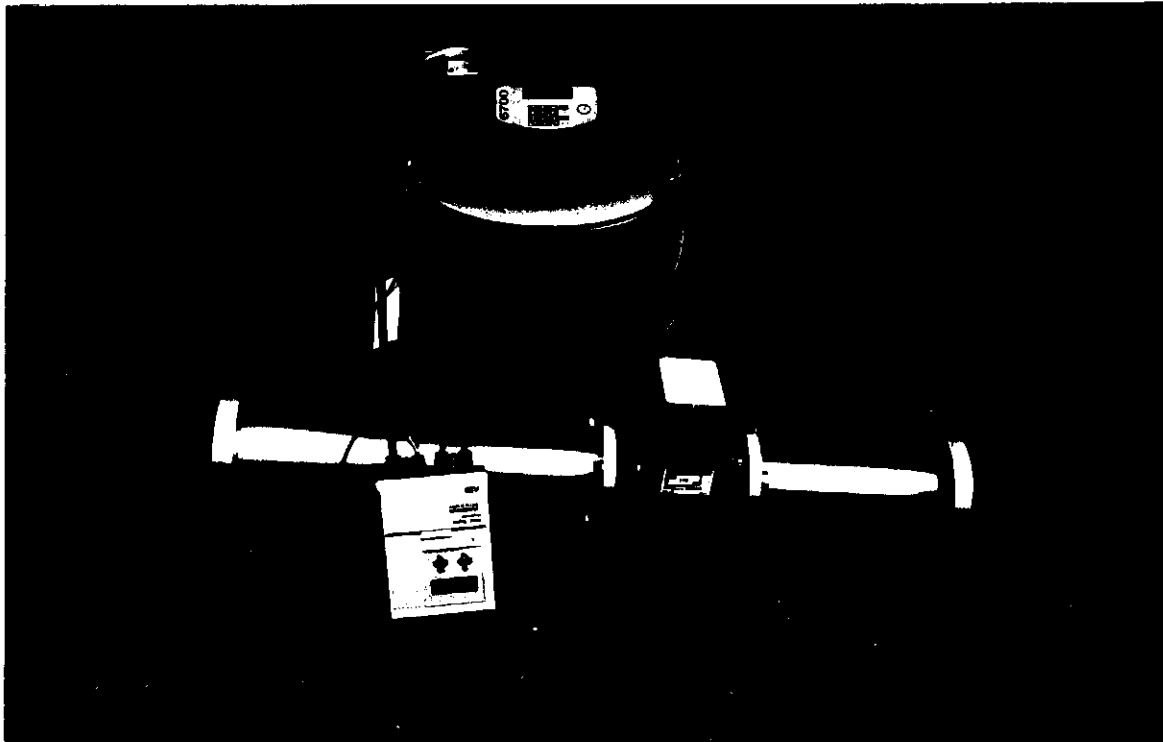
De resultaten voor de negatieve stroomrichting vertonen een iets grotere afwijking. Als daar behoefte aan blijkt te bestaan, kan de gebruiker de geregistreerde waarden bij verwerking eventueel corrigeren, door bijvoorbeeld regressie op de laboratoriummetingen uit tabel 1.

Tijdens de testperiode is de opdrachtgever de gelegenheid geboden om de apparatuur die aan de elektromagnetische debietmeter zal worden gekoppeld, zoals een datalogger voor het continu registreren van de afvoer en een watermonstername apparaat dat proportioneel monsters zal nemen, aangestuurd door de software van de debietmeter. Dit bleek zeer nuttig te zijn, omdat nu onder laboratorium omstandigheden nog enkele knelpunten opgelost konden worden. De verwachting is dan ook, dat na installatie in het veld geen al te grote problemen te verwachten zijn met het functioneren van het geheel.

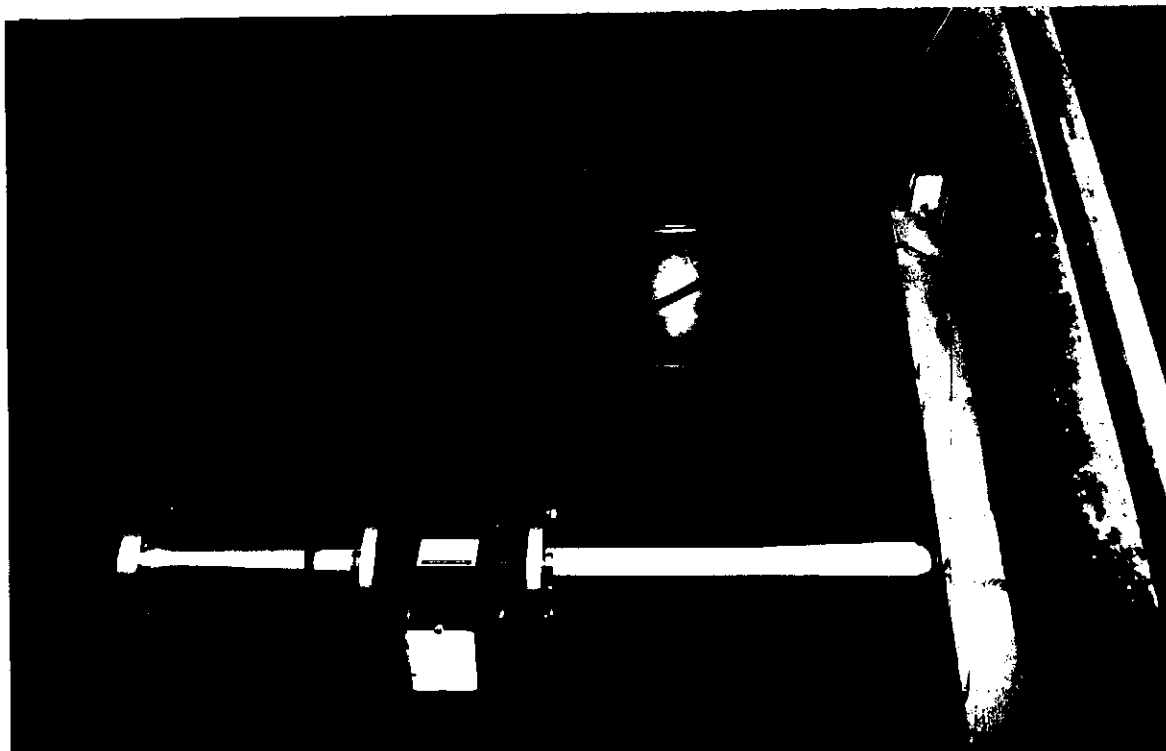
6. Enkele algemene aanbevelingen

1. Bij plaatsing in het veld dient dit op een zodanige hoogte te geschieden, dat de debietmeter en in- en uitstroomgedeelte zich zowel bij zomer- als winterpeil geheel onder water bevinden.
2. Het is aan te raden een voorziening aan te brengen om te voorkomen dat grof vuil de doorstroming door de debietmeter kan belemmeren, met als gevolg een grotere opstuwning dan is gewenst (drijfbalk, korf).
3. De bovenkant van de damwand waarin de debietmeter wordt geplaatst dient op een zodanig niveau te worden gekozen, dat bij verstopping van de debietmeter de damwand als noodoverlaat kan dienen, zodat geen inundaties op kunnen treden.
4. Er dient een voorziening te komen om de meetdoorlaat goed bereikbaar te maken voor regelmatig onderhoud. De meetdoorlaat dient wekelijks schoongemaakt te worden.

Fotopagina



Debietmeter voorzien van in- en uitstroombegedeelte met uitleesunit, datalogger en watermonstername apparaat.



Debietmeter in het hydraulica laboratorium (negatieve stroomrichting, van rechts naar links).