

Theoriebundel

Metingen aan water en andere vloeistoffen

Milieu-onderzoeker
Milieu-inspecteur MO41

Inhoud

Hoofdstuk 1	Niveaumetingen.....	3
1.1	Niveaumetingen in niet stromende vloeistoffen	3
1.2	Niveaumetingen in stromende waterlopen	8
1.3	Afsluiting.....	11
Hoofdstuk 2	Stroomsnelheid en debietmetingen in waterstromen.....	12
2.1	Meetopstellingen	12

Hoofdstuk 1 Niveaumetingen

Oriëntatie

Om al het water dat we in het vorige hoofdstuk hebben beschreven goed te kunnen meten, hebben we een groot aantal meetinstrumenten ontwikkeld. In dit hoofdstuk zijn we geïnteresseerd in water en andere vloeistoffen in tanks, grondwaterpeilbuizen en andere afgesloten ruimten. Het is in de meeste gevallen niet goed mogelijk om vanaf de buiten- of bovenkant af te lezen wat het vloeistofniveau is in afgesloten ruimten. Toch is het noodzakelijk dat je op zijn minst een schatting kunt maken van de hoeveelheid vloeistof in een tank. Ook de hoogte van de grondwaterstand in een peilbuis is een gegeven dat regelmatig moet worden gemeten. Er is voor dit soort metingen een grote variatie aan meetinstrumenten ontwikkeld. Je zult zien dat ze uiteenlopen van heel simpel tot erg vernuftig.

Voordat je gaat meten is het vanzelfsprekend belangrijk dat je weet waarom je een meting gaat uitvoeren. Wat wil je er uiteindelijk mee bereiken? Als oriëntatie op de lesstof moet je eerst eens overwegen waarom je in de volgende situaties metingen uitvoert, wat kun je met de resultaten.

- Meting van de aanwezige hoeveelheid huisbrandolie in een te verwijderen tank.
- Meting van de grondwaterstanden in een groot natuurgebied.
- Meting van de vloeistofniveaus in een partij vaten met afgewerkte olie in een illegale opslag.

Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

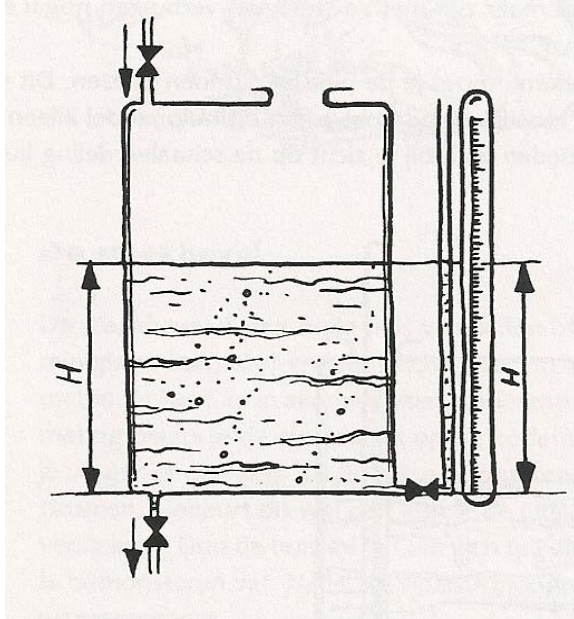
- metingen uitvoeren aan vloeistofniveaus in stilstaande vloeistoffen
- metingen uitvoeren aan vloeistofniveaus in stromende leidingen en waterlopen
- volume berekeningen uitvoeren aan cilindrische en onregelmatig gevormde vaten

1.1 Niveaumetingen in niet stromende vloeistoffen

Het kan soms nogal wat verschil uitmaken of je het vloeistofniveau in een tank of in een beek wilt meten. Bij een handhavingsactie ben je bijvoorbeeld zeer benieuwd hoeveel afgewerkte olie iemand in een tank heeft opgeslagen. Je wilt dit gegeven bijvoorbeeld eens vergelijken met zijn vergunning. De waterstand in een beek is van belang voor het instellen van de hoogte van een stuw. In dit laatste geval meten we vaak gedurende een bepaalde tijd continu en worden de meetgegevens over deze tijdsperiode automatisch opgeslagen. Welke instrumenten ons hierbij ter beschikking staan, leren we in deze paragraaf.

Onder "niet stromend" verstaan we vloeistoffen die bijvoorbeeld opgeborgen zijn in vaten of tanks. Om te weten met hoeveel vloeistof we hierin te maken hebben is vaak niet meer dan het niveau ten opzichte van de bodem van het vat of de tank voldoende. In veel opslagvaten is daartoe een afleesschaal voor het vloeistofniveau in de opstelling ingebouwd. Zo voorkom je meetfouten die ontstaan doordat je niet goed met de apparatuur omgaat of dat verschillende waarnemers een andere afleesmethode en registratie hanteren. De afleesschaal kan in de vorm van een

peilglas naast het vat zijn aangebracht. Je kunt dit zien als een vorm van communicerende vaten waarbij het peilglas van een schaalverdeling is voorzien.



Figuur 1.1 Het peilglas.

Zoals bij alle niveauregistraties is de stap naar hoeveelheden in de meeste gevallen niet eenvoudig. Een vulhoogte in een vat is soms geen directe maat voor de hoeveelheid vloeistof die zich er nog in bevindt. Is het een cilindrisch vat dat rechtop staat, dan is het omrekeningswerk niet ingewikkeld. Indien een tank, zoals meestal, op zijn kant ligt, is het niveau van de vloeistof moeilijk tot een gevulde inhoud te herleiden. Als een peilglas ontbreekt moeten we zelf de meting ter hand nemen.

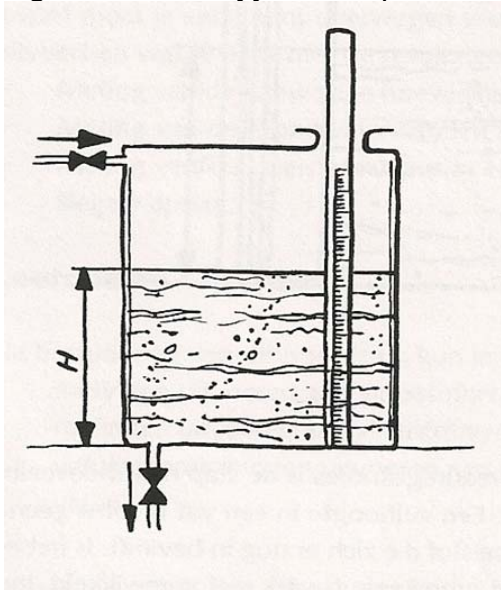
Een niveau definieer je altijd ten opzichte van een vast punt. Voor waterlopen in het vrije veld is dit het Normaal Amsterdams Peil (NAP), maar voor een vat of een tank is dit willekeurig. Je kunt kiezen voor de afstand van de vulopening tot de vloeistofspiegel of voor die van de bodem tot de vulhoogte. Meestal ga je ervan uit dat de vloeistofhouder regelmatig van vorm en waterpas geplaatst is. De vloeistofspiegel zal altijd wel horizontaal verlopen maar als de afstand tot bijvoorbeeld de bodem wisselt of de wanden niet symmetrisch zijn, worden niveaustanden steeds minder interessant.

Het is altijd goed je vooraf af te vragen in wat voor vloeistof de meting wordt uitgevoerd. Zijn het neutrale waterige oplossingen dan zal de keuze van de meetapparatuur niet moeilijk zijn. In sterke zuren of basen, oxidatoren of organische oplosmiddelen doen zich wel problemen voor. We zullen een aantal mogelijkheden bespreken.

De peilstok

De peilstok is een eenvoudig instrument. Je kunt hem als het ware zelf maken en toerusten op de waarnemingen die je ermee gaat uitvoeren. Zo kun je een grote schaalverdeling (10 cm) nemen voor delen van de stok die bij de meting niet gebruikt worden en in het meetbereik de schaal verkleinen. Naast een goede ijking van de schaal is de materiaalkeuze belangrijk. Een aluminium staaf is licht in het gebruik maar wordt aangetast in zure oplossingen. Houten stokken worden doornat en zijn bovendien moeilijker te reinigen. Inerte materialen zoals PVC en teflon hebben deze nadelen niet maar zijn niet zo stevig en verbuigen nogal eens. Een andere optie is roestvrij staal.

Vanzelfsprekend moet je de peilstok kunnen aflezen. Dit wordt in een vat of tank echter een moeilijke opdracht zodat dit hulpmiddel alleen bruikbaar is onder omstandigheden waarbij je zicht op de schaalverdeling kunt houden.

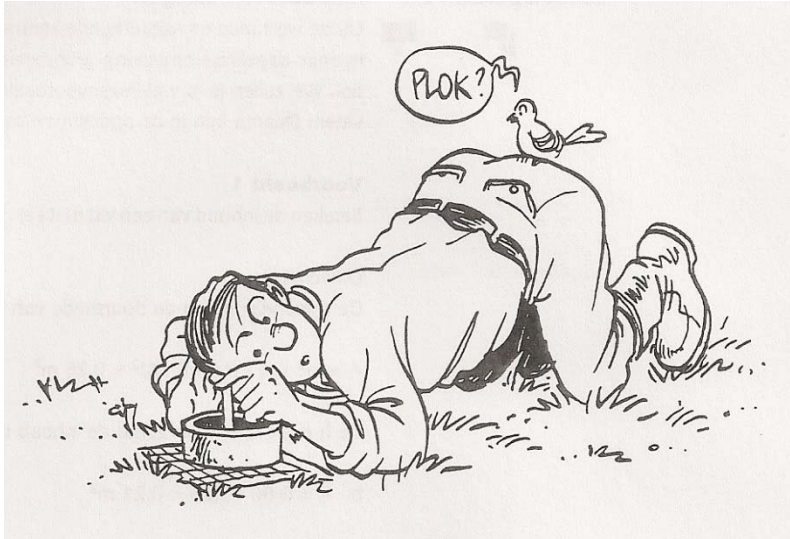


Figuur 1.2 De peilstok

Meetsonde

Een meetsonde bestaat in zijn eenvoudigste vorm uit een metalen staafje met een holle ruimte aan de onderzijde. Aan een meetlint wordt de sonde in het vat gelaten. Bij het bereiken van de vloeistofspiegel zal de lucht in de holle ruimte in botsing komen met de vloeistof en een “plokkend” geluid produceren. Door een aantal malen de sonde op vloeistof te laten neerkomen kun je vrij nauwkeurig de niveauhoogte ten opzichte van de opening van het vat op het meetlint aflezen. Een veel gemaakte fout bij de registratie is dat men de lengte van de sonde niet in de meetlintaflezing betreft.

Een tweede type meetsonde maakt gebruik van de elektrische geleiding van de vloeistof waarvan je het niveau wilt meten. Indien de sonde ondergedompeld wordt ontstaat er een geleidend contact zodat een lampje gaat branden of een pieper een geluidssignaal produceert. Op deze wijze is het eveneens eenvoudig af te lezen wat de diepte van het vloeistofniveau is. Vanzelfsprekend geldt deze werkwijze slechts in geleidende vloeistoffen.



Figuur 1.3 De meetsonde

De steekhevel

De steekhevel is een holle buis van teflon of ander inert, doorzichtig en goed reinigbare kunststof en leent zich goed om vloeistofhoogten in tanks of vaten op te meten. Je hebt ze in allerlei maten, variërend zowel in lengte als in doorsnede. Bij een meting plaats je de steekhevel op de bodem van het vat en sluit de bovenzijde met je vinger of een stop af. Bij het omhoog brengen mag er geen vloeistof uit de buis stromen. Gebeurt dit wel dan kun je de uitstroomopening met een doorboorde stop verkleinen. Gun de buis de tijd om zich te vullen. Breng deze daartoe langzaam in het te bemonsteren vat. Naast de vloeistofhoogte is zo ook een eventuele lagenstructuur waarneembaar.

Vragen 1.1

- In een verticaal geplaatste cilindrische tank van 5.000 liter en 3 m hoogte meten we het vloeistofniveau met een peilstok. Op deze peilstok moeten een minimum en een maximum merkstreep worden aangebracht. Je wilt bijvoorbeeld vanwege bezinskel dat de tank niet volledig leeg raakt en ook niet tot de rand wordt afgevuld. Bij het meten raakt de peilstok de bodem. Op welke hoogten moeten de merkstrepen worden aangebracht voor een minimuminhoud van $0,77 \text{ m}^3$ en een maximuminhoud van $4,08 \text{ m}^3$? Waarom denk je dat soms een tank niet volledig mag worden afgevuld?
- In een vat bevindt zich een olie drijfslag op een waterige vloeistof. Waarom is het gebruik van een elektrische meetsonde hier voor een totaal-niveaumeting niet bruikbaar?
- Geef in een tekening aan dat als in een vat het vloeistofniveau twee keer zo hoog is, het kan betekenen dat er veel meer dan twee keer zoveel vloeistof in dat vat zit.
- Noem drie redenen waarom je moet weten in wat voor soort vloeistof je gaat meten.

Berekeningen 1.1

Uit de wiskunde en natuurkunde kennen we de inhoud van enige standaard vormen in onze dagelijkse omgeving. Voorbeelden hiervan zijn de cilinder, de kubus en de bol. We zullen je in wat rekenvoorbeelden vertrouwd maken met het rekenen met vaten. Daarna kun je de opdrachten zelf uitvoeren.

Voorbeeld 1

Bereken de inhoud van een vat met een hoogte van 80 cm en een diameter van 58 cm.

Uitwerking

De oppervlakte van de doorsnede van het vat is πr^2 .

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,58\right)^2 = 0,26 \text{ m}^2$$

De hoogte is 0,80 m zodat de inhoud is:

$$h \cdot A = 0,80 \cdot 0,26 = 0,21 \text{ m}^3$$

Voorbeeld 2

Hoeveel vloeistof bevat dit vat indien de vloeistofspiegel zich 23 cm onder de bovenrand bevindt?

Uitwerking

Het vat is gevuld tot $80 - 23 = 57$ cm. Dit is het $57/80$ ^e deel van het totale volume.

$$57/80 \cdot 0,21 \text{ m}^3 = 0,15 \text{ m}^3$$

Opdrachten

- Een werkplaats heeft een vergunning voor de opslag van 1000 liter olie. Je constateert dat er 12 geheel gevulde vaten in een goed uitgeruste opslagplaats bij elkaar staan. Om te kunnen bepalen of de inhoud van de vaten de toegestane 1000 liter niet overschrijdt ga je de totale inhoud bepalen. De diameter van het bovenzvlak van een vat is 32 cm en het is 1 m hoog. Wat is de totale inhoud van de vaten en houdt de eigenaar zich aan zijn vergunningsvoorschrift?
- Iemand wil zijn vaten met afgewerkte oplosmiddelen afvoeren op een wagen met een laadoppervlak van 5m x 2m. Hoeveel vaten van 100 liter die 80 cm hoog zijn kun je op deze wagen plaatsen?
- In een staande cilindrische tank verzamelt een inzamelaar van afvalzuren de vloeistoffen die dagelijks bij bedrijven worden opgehaald. Een dergelijke tank heeft een diameter van 2 m en een hoogte van 3,20 m is voorzien van een peilglas met schaalverdeling.
 - Bereken de inhoud van de tank in hele m^3 .
 - Bereken de afstand tussen de deelstrepen op de schaalverdeling als de deelstrepen per 50 liter zijn aangebracht. (afronden op hele mm)

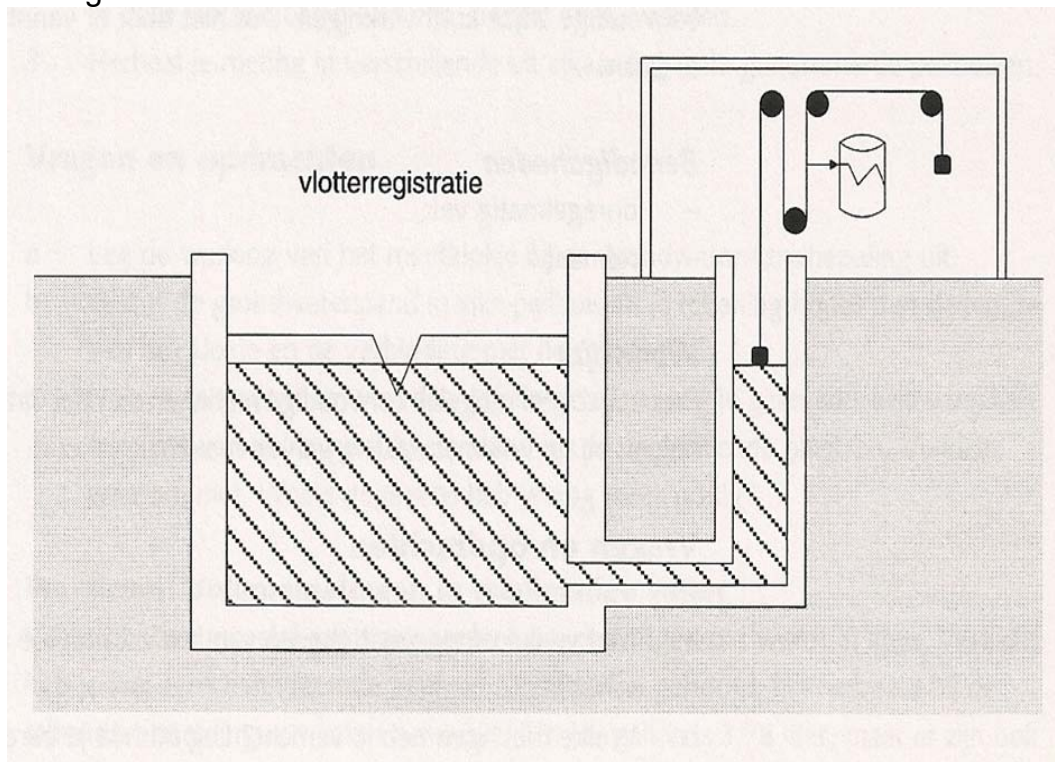
1.2 Niveaumetingen in stromende waterlopen

Elke dag kun je op de radio de waterstanden in onze grote rivieren horen. Deze waarden hebben een functie bij het waterbeheer. Zij geven aan hoe hoog het water staat ten opzichte van de dijk maar ook bij lage waterstanden of scheepvaart nog mogelijk blijft. In beken is de waterstand van belang omdat we in droge tijden de beek niet leeg willen laten lopen. Hiertoe worden stuwen geplaatst zodat stroomopwaarts er voldoende water in de waterloop aanwezig blijft. Het waterschap als waterkwantiteitsbeheerder heeft graag een goed inzicht van de waterstanden in haar werkgebied. Om die te meten zijn een aantal apparaten ontwikkeld waarmee we in deze paragraaf kennis maken: de vlotter, de borrelpijp, de drukdoos, het sonoorsysteem.

Het vlottersysteem

Bij dit systeem wordt de hoogte gemeten met behulp van een drijver die verbonden is met een registratietoestel. De vlotter wordt meestal opgehangen in een aparte vlotterkamer. Het is een eenvoudige opstelling.

Het nadeel van dit systeem is de aangroeiing van vuil, waardoor corrosie van de kabel ontstaat. Hierdoor is dit toestel erg kwetsbaar voor storingen. Een vlotter is tot slot geen mobiel meetapparaat dat je ergens mee naar toe kunt nemen om een meting uit te voeren.

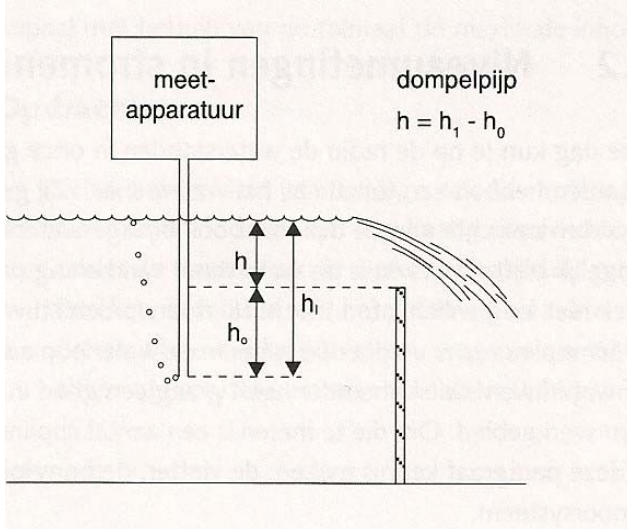


Figuur 1.4 Het vlottersysteem

De borrelpijp

In een borrelpijp blazen we lucht door een buis die in de vloeistof steekt. De lucht zal via de vloeistof ontsnappen. Om dit laatste te bereiken, zal eerst in de buis een druk worden opgebouwd. Deze is afhankelijk van de indompeldiepte. Wanneer je aan de buis een manometer plaatst, kun je de druk aflezen. Heeft de manometer een schaalverdeling in mm waterkolom, dan komt dit overeen met de indompeldiepte van de buis.

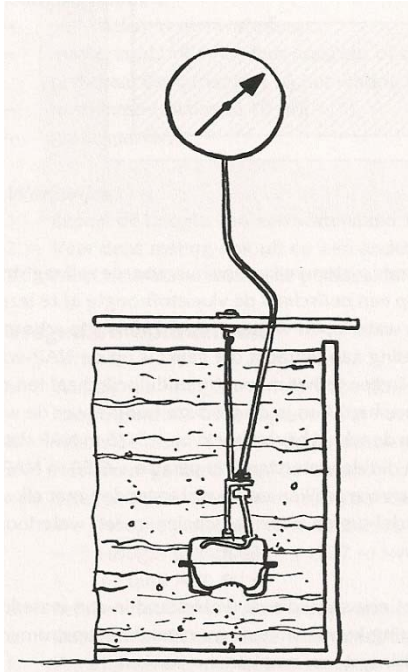
Wanneer de vloeistofhoogte daalt, zal de druk ook dalen. Bij verdere perfectie van de meting kunnen we een zelf registrerende drukmeter gebruiken.



Figuur 1.5 De borrelpijp

De drukdoos

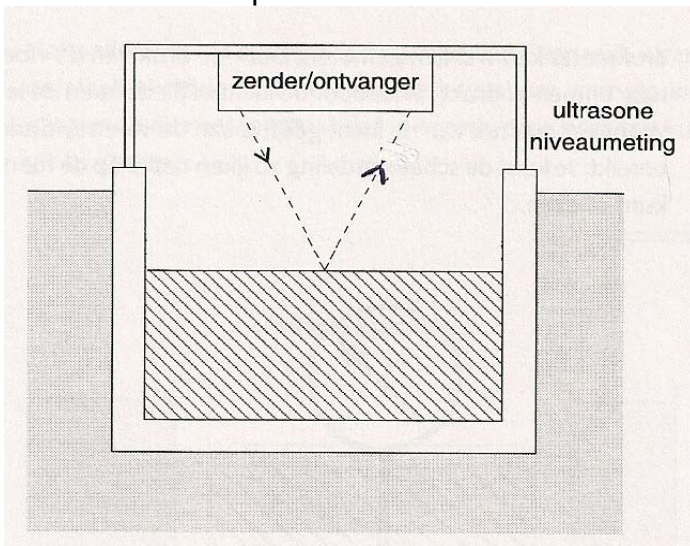
De werking van dit apparaat berust op het feit dat de druk op een punt in de vloeistof een maat is voor de vloeistofhoogte boven dit punt. De druk van de vloeistof wordt door middel van een membraandrukdoos omgezet in een luchtdruk, die met een drukmeter kan worden gemeten. Door de druk van de vloeistof wordt het membraan naar binnen gedrukt, waardoor de lucht in de doos en de leiding wordt samengeperst. Wanneer de druk van de lucht gelijk is aan de vloeistofdruk, is de evenwichtstoestand bereikt. Je kunt de schaalverdeling zo ijken dat je op de manometer de diepte in meters kunt aflezen.



Figuur 1.6 De drukdoos

Het sonoorsysteem

Deze installatie werkt geheel aanrakingsvrij van de te meten vloeistof. De sensor (zender) is gemonteerd boven de waterspiegel en zendt een signaal, dat door de waterspiegel wordt weerkaatst. In de tijd tussen twee zendimpulsen werkt de sensor als ontvanger van het gereflecteerde signaal. De tijd tussen zendimpuls en ontvangst is een maat voor de waterhoogte. De snelheid van het geluid in lucht verandert met de temperatuur van lucht. (Bij verhoging van de temperatuur neemt de snelheid toe). In het systeem moet men dus een automatische temperatuurcompensatie inbouwen om fouten te compenseren.



Figuur 1.7 Het sonoorsysteem

Alle genoemde systemen kunnen hun waarde zelf registreren en opslaan. Eenvoudiger is het om op een peilschaal de vloeistofhoogte af te lezen. Deze vaste meetpaal vind je overal in waterlopen waar de vloeistofhoogte schommelt. Op de paal is een schaalverdeling aangebracht die geijkt is op de NAP-waarde van een punt in de omgeving. Indien je het nulpunt van de peilschaal t.o.v. NAP uitgedrukt weet (waterschap) kun je de precieze hoogte van de waterstand bepalen. Als het nulpunt van de schaal bijvoorbeeld op + 5,75 m NAP staat betekent een schaalhoogte van 0,75 m dat de waterstand ter plaatse + 6,50 m NAP bedraagt. Deze waarde kun je met andere vergelijken en zo waterstanden met elkaar in verband brengen. Het hoogteverschil tussen twee peilschalen in een waterloop noemen we het verval.

Vragen 1.2

- a. Je kunt een stuw die de waterstand in een waterloop reguleert, met een regelkring koppelen aan een niveau meetinstrument. Leg eens uit hoe een dergelijk systeem zou kunnen werken.
- b. Stel dat bij de sonormeting de temperatuurcorrectie defect is. Wanneer zou de meter dan de hoogste waarde van in de praktijk gelijke waterstanden aangeven, 's zomers of 's winters?
- c. Geef aan welke van de meetprincipes 1, 2 en 3 zijn toegepast bij de onderstaande instrumenten.

1. hydrostatische druk uitgeoefend door een vloeistof;
2. opwaartse kracht uitgeoefend door verplaatste vloeistof;
3. communicerende vaten.

Instrumenten: peilglas, vlotter, drukdoos en borrelpijp

1.3 Afsluiting

We hebben in dit hoofdstuk kennis gemaakt met allerlei systemen voor niveaumetingen in oppervlaktewateren, vaten, tanks of open kuipen. Ook hebben we er allerlei berekeningen mee uitgevoerd. We sluiten dit hoofdstuk af met een opdracht.

Vragen 1.3

Als afsluiting wordt je nu gevraagd om alle drie de instrumenten voor metingen in niet stromende vloeistoffen en de vier voor waterlopen op een rij te zetten. Je vermeldt van elk apparaat een plus en een minpunt in het gebruik. Denk hierbij aan zaken als nauwkeurigheid, handig in gebruik, gevoelig voor vuil en wat je verder nog belangrijk acht. Geef ook voor elk apparaat aan in welke situatie het je een optimaal stuk gereedschap lijkt.

Hoofdstuk 2 Stroomsnelheid en debietmetingen in waterstromen

Oriëntatie

Overal om je heen vind je instrumenten die hoeveelheden aangeven. Heb je je wel eens afgevraagd hoe het mogelijk is dat je bijvoorbeeld kunt aflezen hoeveel water er deze dag door jou is verbruikt of hoeveel vloeistof er gedurende een maand een bepaald punt in een leiding is gepasseerd? Hoe kan een meetinstrument de hoeveelheid water die langs stroomt meten terwijl je hiervoor toch meerdere gegevens moet hebben? Met dit probleem gaan we ons in dit hoofdstuk bezighouden. Om alles goed te kunnen begrijpen moet je een beetje natuurkunde en wat wiskunde kunnen hanteren.

Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- aangeven welke meetsystemen er zijn voor het meten van stroomsnelheden van vloeistoffen in leidingen en waterlopen
- een keuze maken uit de genoemde systemen voor een toepassing in de praktijk
- berekeningen uitvoeren aan meetopstellingen voor debietmeting in waterlopen

2.1 Meetopstellingen

In het vorige hoofdstuk hebben we enkele niveau meetinstrumenten in waterstromen besproken. Vaak gebruiken we het niveau in een waterloop voor een zeker zo interessant gegeven, het debiet. Het debiet vertelt ons over hoeveel water er in een bepaalde tijd een bepaald punt passeert. Het debiet van onze grootste rivier, de Rijn, bepaalt bijvoorbeeld hoeveel Rijnwater we naar de zee afvoeren en hoeveel er naar het IJsselmeer gaat en wordt ingenomen voor de drinkwaterwinning. Ook in leidingen is het belangrijk debieten te kunnen meten. Als bedrijven lozen op de riolering is naast de concentratie van stoffen in het afvalwater natuurlijk ook de hoeveelheid afvalwater van belang. Je begrijpt dat er voor leidingen en rivieren andere apparatuur voor de debietmeting is ontwikkeld.

Voor het berekenen van het debiet heb je een aantal waarden nodig:

- een volume en de tijd die het volume nodig heeft om het punt te passeren of
- de stroomsnelheid en de doorsnede van de waterloop.

In deze paragraaf gaan we een aantal meetopstellingen om het debiet van een waterstroom te meten onder de loep nemen. Een meter produceert niet zomaar een waarde, zoals je zult begrijpen. Er ligt een meetproces aan ten grondslag, een natuurkundig principe waarop de meting verricht wordt. Dat kan een verandering van de stijghoogte van het water zijn, maar ook de verandering van een magnetisch effect of de tijd die een geluidsgolf onderweg is. Er zijn gelukkig nogal wat natuurkundige principes die we voor onze metingen kunnen gebruiken. Je zult er in deze paragraaf enkele leren kennen.

Wat een meter in werkelijkheid meet is niet direct dat wat wij graag willen weten. Een meter meet bijvoorbeeld niet direct de stroomsnelheid, maar het aantal toeren die een rotor maakt die ronddraait in een stromende waterloop. De relatie tussen het aantal omwentelingen en de stroomsnelheid wordt soms in het apparaat zelf, maar vaak ook door de waarnemer, omgezet in de stroomsnelheid van het water. Deze omzetting vinden we terug in de relatiefactor tussen dat wat gemeten wordt en dat wat we willen weten. Voor waterstromen heet deze factor bijvoorbeeld de afvoerrelatie.

We bespreken de volgende meetopstellingen:

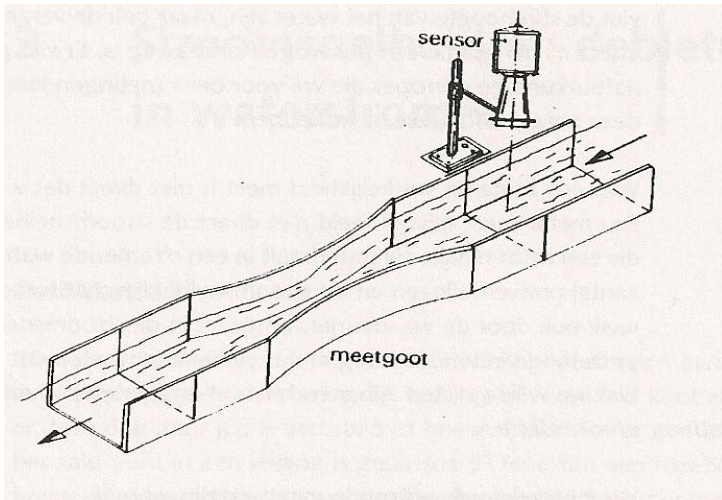
- venturigoot
- magnetische stromingsmeter
- ultra-sonic flowmeter
- turbinemeter
- rotor
- meetschot
- stuw.

De venturigoot

Venturigoten worden vaak toegepast bij het meten van afvoerwaterstromen in bedrijven en waterzuiveringsinstallaties zodat we hier wat nadrukkelijker bij stil staan. Met een venturigoot wordt een verband bereikt tussen een hoogte h en het debiet Q . Voor de nauwe opening van de venturi (de "keel") wordt het water opgestuwd. In de keel gaat het water ineens snel stromen waardoor het waterpeil snel daalt. Als het water verderop weer langzamer gaat stromen zal het niveau weer stijgen tot bijna de oude hoogte. De hoogte voor de keel blijkt af te hangen van het debiet dat door de goot stroomt.

$$\text{Er geldt: } Q = a \cdot h^b$$

De waarden a en b zijn constanten die afhangen van de maten en vormen van de venturi en de eigenschappen van de vloeistof. De hoogte h kan hier worden aangeduid als de opstuwhoogte (is de hoogte in de goot voor de keel). Aangezien venturi's vrijwel altijd door gespecialiseerde bedrijven geleverd worden is het zo dat de afvoerrelatie niet zelf uitgezocht hoeft te worden.

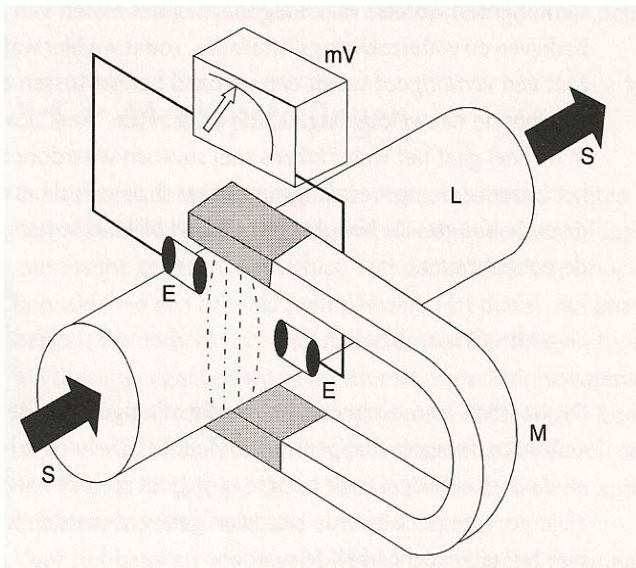


Figuur 2.1 Venturigoot

De magnetische stromingsmeter

Dit type meter heeft een aantal goede eigenschappen, die vooral in de industrie van belang zijn. De meeste debietmetingen worden beïnvloed door o.a. de temperatuur, viscositeit, het stromingsprofiel in de leiding en vaste deeltjes in het te meten medium.

De magnetische flowmeter heeft deze nadelen niet. Daar de meter aan de binnenkant vrijwel glad is, is deze ook goed te reinigen. Dit meetsysteem kan alleen toegepast worden bij vloeistoffen waarin zich elektrisch geladen deeltjes bevinden (ionen). Een toepassing van dit meetsysteem tref je ook weer in transportleidingen van afvalwater.



Figuur 2.2 Magnetische stromingsmeter

meetprincipe

De vloeistof stroomt door een kunststof buis welke bevestigd is tussen de polen van een magneet. De vloeistof bevat positief en negatief geladen deeltjes. Door het magnetisch veld worden deze deeltjes in tegengestelde richting afgebogen.

Bijvoorbeeld gaan de positieve deeltjes naar de bovenzijde en de negatieve naar de onderkant van de doorstroombuis. Hierdoor ontstaat een spanningsverschil dat via de elektroden (E) te meten is. Het spanningsverschil is evenredig met de stroomsterkte in de leiding.

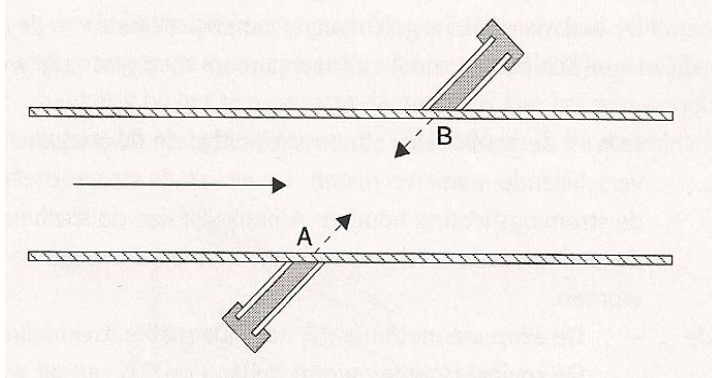
De ultrasone flowmeter

Daar waar hygiëne een grote rol speelt, b.v. in de zuivelindustrie, zou de ultrasone flowmeter toegepast kunnen worden. Het meetstelsel komt n.l. niet in aanraking met het te meten medium. Er bestaan een aantal meters die vallen onder de omschrijving ultrasone debietmeter. We zullen er een bespreken.

Looptijdmeting

In de figuur is het principe van deze meter weergegeven. In de buis wordt aan weerszijden een ultrasone zender/ontvanger geplaatst. Zender A zendt een golf uit naar B. De tijd dat deze golf erover doet wordt gemeten. Daarna wordt een golf teruggestuurd en wordt ook deze tijd gemeten. De ene golf zal door de stroming versneld worden, de andere afgeremd. Uit het verschil in de benodigde tijd kan de snelheid van de vloeistof berekend worden.

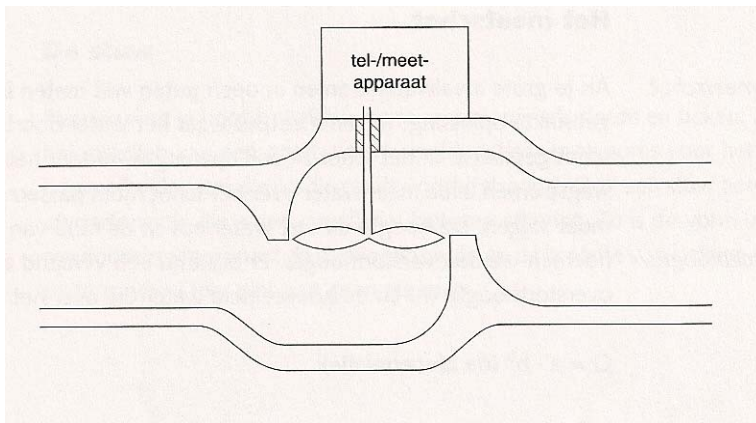
Bij toepassing van dit principe moet de vloeistof of het gas "akoestisch transparant" zijn, wat betekent dat geluidsgolven er gemakkelijk doorheen kunnen.



Figuur 2.3 Ultra-sone meter

De turbinemeter

In de afbeelding is een tekening gegeven van een z.g. turbinemeter. In deze meter zit een schroef die door de stroming van de vloeistof of het gas aangedreven wordt. Naarmate de stroming sneller gaat zal de schroef sneller gaan draaien. Door de draaisnelheid van de schroef te meten is de snelheid van de stroming bekend. De schroef draait vrijwel zonder wrijving waardoor de nauwkeurigheid van de meting hoog is. Een turbinemeter kom je vaak tegen in een gesloten leiding en vormt dan een nauwkeurige "in line" meetunit voor debietmetingen.



Figuur 2.4 Turbinemeter

De rotor

In het veld werk je vaker met een schroef of rotor zonder behuizing. Ook bij deze meter is er een relatie tussen het aantal omwentelingen en de stroomsnelheid van de passerende vloeistof. De formules die het aantal omwentelingen van de schroef omrekenen naar de stroomsnelheid zien er zo uit (let op: vanaf een bepaalde omwentelingssnelheid (n_k) gelden andere constanten a & b , want de rotor reageert anders bij lage omwentelingssnelheden):

voor $0 < n \leq n_k$ geldt $v = a_1 n + b_1$

voor $n > n_k$ geldt $v = a_2 n + b_2$

Hierin is:

v = stroomsnelheid

n = aantal omwentelingen per sec. (variabel)

n_k = een bepaald aantal omwentelingen per sec., verschilt per rotor.

a en b zijn coëfficiënten, afhankelijk van merk/model rotor (grootte vd bladen, gewicht etc.)

De waarde van b_1 is gelijk aan de aanloopsnelheid van de meter. Is de stroomsnelheid lager dan b_1 dan moet naar een andere meetmethode worden omgezien (want dan komt de rotor niet in beweging).

Je kunt de gemiddelde stroomsnelheid in de dwarsdoorsnede van een waterloop op verschillende manieren meten. De as van de stroomsnelheidsmeter moet je altijd in de stromingsrichting houden. Afhankelijk van de snelheidsverdeling in de dwarsdoorsnede en de waterdiepte kunnen de volgende metingen uitgevoerd worden:

De éénpuntmethode (bij normale snelheidsverdeling en geringe waterdiepte). De snelheidsmeting wordt gedaan op 0,6 van de waterdiepte gerekend vanaf de waterpiegel. De waargenomen snelheid kun je beschouwen als de gemiddelde snelheid over de hele diepte.

De tweepuntmethode (bij normale snelheidsverdeling en waterdiepte groter dan 60 cm). De snelheid wordt gemeten op 0,2 en 0,8 van de waterdiepte. Hier kun je het

gemiddelde van beide snelheden beschouwen als de gemiddelde stroomsnelheid over de hele diepte.

Zo bestaat er ook een drie- en een vijfpuntsmethode voor zeer onregelmatig stromende waterlopen.

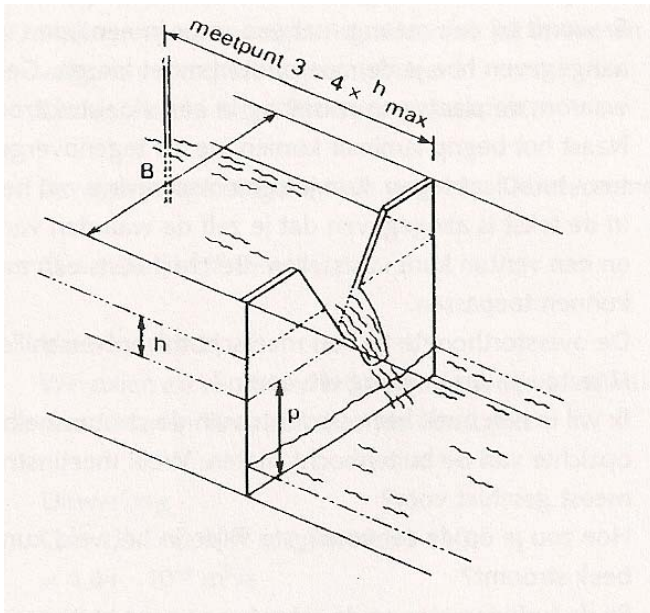
Het meetschot

Als je grote afvalwaterstromen in open goten wilt meten is het meetschot een veel gebruikte oplossing. In een meetput waar het water doorheen stroomt, wordt een schot geplaatst. In het schot zit een opening waardoor het water over het schot kan wegstromen. Hoe meer water over het schot moet passeren, hoe meer het waterpeil moet stijgen. De hoogte die het water boven de rand van het meetschot uitstijgt noemen we de overstorthoogte. Er blijkt nu een verband te bestaan tussen deze overstorthoogte (h) en de hoeveelheid water die over het meetschot stroomt (Q):

$$Q = a \cdot h^b \text{ (de afvoerrelatie)}$$

In deze formule zijn de a en de b constanten die afhangen van de maten en de vorm van het meetschot en van de eigenschappen van de vloeistof. Als de waarde van a en b bekend zijn en h kan gemeten worden dan kunnen we het debiet Q berekenen. Het meten van de overstorthoogte kan op een aantal manieren gebeuren. De waarden van a en b kunnen gevonden worden door een theoretische afleiding of door ijking. Om a en b door een theoretische afleiding te kunnen voorspellen is het nodig dat het meetschot volgens zeer nauwkeurige specificaties gemaakt wordt. Dit soort specificaties zijn vastgelegd in normeringen (NEN, DIN). Een andere oplossing is om het meetschot iets minder nauwkeurig te maken (maar wel veel goedkoper) en de a en de b door ijking te bepalen.

Voor een goede werking moet een meetschot geplaatst worden in een zogenaamde meetput. De bedoeling hiervan is om de stroming in de buurt van de opening van het schot zo regelmatig mogelijk te laten verlopen. Het is belangrijk dat de aanstroomsnelheid naar het meetschot zo gering mogelijk is. Als het water snel op het meetschot afgaat zal het 'over de rand schieten'. Dat is niet de bedoeling. Het water moet vanzelf 'over de rand vallen'. Als het water al een zetje meekrijgt zal de overstorthoogte kleiner zijn. Dit wordt bereikt door het plaatsen van een keerschot voor de uitstroomopening van bijvoorbeeld een riool. Het meetschot is meestal in een sponning in de put geplaatst zodat het gemakkelijk verwijderd kan worden. Dit is makkelijk bij het reinigen van de put. Ook kan het meetschot verwijderd worden op dagen dat niet gemeten wordt. De hindernis in de stroming is dan niet aanwezig.



Figuur 2.5 Het Thomson meetschot

De stuw

Stuwen vind je hoofdzakelijk in open waterlopen als sloten en beken. Ze dienen voor het instellen van een goed waterkwantiteitsbeheer en soms voor het meten van de hoeveelheid water die op die plaats voorbij stroomt. Ook een stuw heeft hiervoor een afvoerformule die weer van allerlei factoren afhangt. Zo is de vorm van de overlooptrempel naast de overloophoogte en de breedte van belang. We zullen later in dit moduul hier wat aan gaan rekenen.

Dynamisch meetbereik

Een belangrijke eigenschap van debietmeters (en ook sommige andere apparatuur) is dat de meter niet over het gehele meetgebied goed te gebruiken is. Als een meter een bereik heeft van 0 - 500 l/h dan zal deze nooit de allerlaagste debieten goed kunnen meten. De meter zal bijvoorbeeld vanaf 50 l/h voldoende nauwkeurig kunnen werken. Onderin het meetgebied zullen de fouten voor de debietmeting steeds groter worden. Het meetgebied waarover de meter goed werkt wordt aangeduid als het dynamisch meetbereik. Voor de genoemde meter zou dit dus 50 - 500 l/h zijn. De verhouding tussen de laagste en de hoogste nauwkeurige waarde die een meter aan kan geven, blijkt vooral af te hangen van het soort meter. Voor een venturimeter, die we hieronder behandelen, geldt bijvoorbeeld een verhouding van 1 : 5. Heeft de meter dus een maximaal meetbereik van 100 l/s dan zal hij onder de 20 l/s niet meer goed werken. Een andere venturimeter met een maximaal meetbereik van 250 l/s, zal onder de 50 l/s niet meer juist de waarden weergeven.

Bij het kiezen van een debietmeter is het belangrijk om goed hierop te letten. Een zo groot mogelijk deel van de voorkomende debieten moet binnen het dynamisch meetbereik van de meter vallen.

Op het einde van dit hoofdstuk voeren we hierover een opdracht uit.

Vragen 2.1

- a. Het begrip debiet heeft een samengestelde eenheid uit meerdere standaardeenheden. Wat is de eenheid van debiet?
- b. Er wordt bij een meting met een rotor in een open waterloop nauwkeurig aangegeven hoe je de meetpunten moet kiezen. Geef eens wat voorbeelden waarom de plaats van je meting in een vloeistofstroom zo belangrijk is?
- c. Als tegenovergestelde van turbulent komen we de term "laminair" als stromingsvorm tegen. Kun je een omschrijving van het begrip "laminair" geven?
- d. In de tekst is aangegeven dat je zelf de waarden van a en b bij een meetschot en een venturi kunt vaststellen. Hoe zou je dat moeten aanpakken? Denk aan de formule $Q=a \cdot h^b$
- e. De overstorthoogte bij een meetschot is op verschillende manieren te bepalen. Hoe zou jij deze meting uitvoeren?
- f. Ik wil in een beek het verschil tussen de stroomsnelheid in de binnenbocht ten opzichte van de buitenbocht meten. Welk meetinstrument lijkt jou daar het meest geschikt toe?
- g. Hoe zou je op de meest eenvoudige wijze in het veld kunnen meten hoe hard een beek stroomt?
- h. Bij de turbinemeter en de rotor kennen we het begrip "aanloopsnelheid". Wat denk je dat we hiermee bedoelen?