

1996-09_rioolstelsels-oppervlaktewater-leidraad-
metingen

stowa

Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater

Leidraad voor metingen en meetprogramma's

96-09

Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater



Leidraad voor metingen en meetprogramma's

96-09

Publikaties en het publikatieoverzicht
van de Stowa kunt u uitsluitend
bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-3611188
fax 079-3613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN nr. 90.74476.48.1

TEN GELEIDE

1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	3
	2.1 Algemeen	3
	2.2 Het watersysteem	3
	2.3 Opzet van de leidraad	4
3	VAN AANLEIDING TOT MEETPROGRAMMA	7
	3.1 Algemeen	7
	3.2 Aanleiding	8
	3.3 Meetdoelstellingen	9
	3.4 Beschrijving van het rioolstelsel en het oppervlaktewater	11
	3.5 De meetlocaties	11
	3.6 De te meten parameters	12
	3.7 Meetnauwkeurigheden en meetfrequentie	14
	3.8 Codering en opslag van gegevens	15
	3.9 Meet- en registratieapparatuur	16
	3.10 Organisatie	16
4	WATERKWANTITEIT: WATERPEILEN EN DEBIETEN	19
	4.1 Algemeen	19
	4.2 Overstortingsfrequentie	19
	4.2.1 <i>algemeen</i>	19
	4.2.2 <i>parameters</i>	20
	4.2.3 <i>meetopzet</i>	20
	4.2.4 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	20
	4.2.5 <i>meetduur</i>	20
	4.3 Overstortingsvolume	21
	4.3.1 <i>algemeen</i>	21
	4.3.2 <i>parameters</i>	21
	4.3.3 <i>meetopzet</i>	21
	4.3.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	23
	4.3.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	24
	4.3.6 <i>meetduur</i>	25
	4.4 Het calibreren van een bestaande overstortrand	25
	4.4.1 <i>algemeen</i>	25
	4.4.2 <i>parameters</i>	26
	4.4.3 <i>meetopzet.</i>	26
	4.4.4 <i>meetnauwkeurigheden en -frequenties</i>	28
	4.4.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	28
	4.4.6 <i>meetduur</i>	29
	4.5 Waterpeilen en debieten in het rioolstelsel	29
	4.5.1 <i>algemeen</i>	29
	4.5.2 <i>parameters</i>	29
	4.5.3 <i>meetopzet</i>	30
	4.5.4 <i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	30
	4.5.5 <i>gegevens, opslag en bewerking</i>	31
	4.5.6 <i>meetduur</i>	31

4.6	Meten van de inloop	31
4.6.1	<i>algemeen</i>	31
4.6.2	<i>parameters</i>	32
4.6.3	<i>meetopzet</i>	32
4.6.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	33
4.6.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	33
4.6.6	<i>meetduur</i>	33
4.7	Waterpeil en debieten in rioolgemalen	34
4.7.1	<i>algemeen</i>	34
4.7.2	<i>parameters</i>	35
4.7.3	<i>meetopzet</i>	36
4.7.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	37
4.7.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	38
4.7.6	<i>meetduur</i>	38
4.8	Waterpeilen en debieten in oppervlaktewater	38
4.8.1	<i>algemeen</i>	38
4.8.2	<i>parameters</i>	39
4.8.3	<i>meetopzet</i>	39
4.8.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	40
4.8.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	41
4.8.6	<i>meetduur</i>	42
5	WATERKWALITEIT: STOFFEN, SLIB EN BIOLOGIE	43
5.1	Algemeen	43
5.2	In de riolering, in het stelsel	43
5.2.1	<i>algemeen</i>	43
5.2.2	<i>parameters</i>	44
5.2.3	<i>meetopzet</i>	45
5.2.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	45
5.3	Metingen aan de samenstelling van de inloop	45
5.3.1	<i>algemeen</i>	45
5.3.2	<i>parameters</i>	46
5.3.3	<i>meetopzet</i>	46
5.3.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	47
5.3.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	47
5.3.6	<i>meetduur</i>	48
5.4	Metingen in het stelsel bij de overstorten	48
5.4.1	<i>algemeen</i>	48
5.4.2	<i>parameters</i>	49
5.4.3	<i>meetopzet</i>	50
5.4.4	<i>meetnauwkeurigheden en meetfrequentie</i>	51
5.4.5	<i>gegevens, opslag en bewerking</i>	51
5.4.6	<i>meetduur</i>	54
5.5	Metingen in rioolgemalen	54
5.6	Metingen in oppervlaktewater, algemeen	55
5.7	Metingen in het oppervlaktewater, fysisch-chemisch	57
5.7.1	<i>algemeen</i>	57
5.7.2	<i>parameters</i>	57
5.7.3	<i>meetopzet</i>	58
5.7.4	<i>meet- en bemonsteringsfrequentie</i>	58
5.7.5	<i>meet- en bemonsteringslocaties</i>	59
5.7.6	<i>apparatuur</i>	60

	5.8 Metingen in oppervlaktewater, biologisch	60
	5.8.1 <i>algemeen</i>	60
	5.8.2 <i>beoordelingssystemen en watertypen</i>	62
	5.8.3 <i>parameters</i>	63
	5.8.4 <i>meetopzet</i>	65
6	MEETMETHODEN	67
	6.1 Algemeen	67
	6.2 Waterpeilmetingen in de riolering	67
	6.3 Debietmeting in de riolering	67
	6.3.1 <i>algemeen</i>	67
	6.3.2 <i>debietmeting met een afvoerrelatie</i>	68
	6.3.3 <i>debietmeting met snelheidsmeting</i>	70
	6.4 Waterpeilmeting in open waterlopen	71
	6.4.1 <i>waterpeilmeting algemeen</i>	71
	6.4.2 <i>waterpeilmeting met peilschalen</i>	71
	6.4.3 <i>waterpeilmeting met vlotterssystemen</i>	72
	6.4.4 <i>waterpeilmeting met drukopnemers</i>	72
	6.4.5 <i>waterpeilmeting met ultrasone opnemers</i>	73
	6.5 Debietmeting in gesloten leidingen	73
	6.5.1 <i>algemeen</i>	73
	6.5.2 <i>flowinductiemeting</i>	74
	6.5.3 <i>ultrasoonmeting</i>	74
	6.6 Monstername	75
	6.6.1 <i>monsternamepunt</i>	75
	6.6.2 <i>wijze van monstername</i>	76
	6.6.3 <i>hoeveelheid monster</i>	76
7	NEERSLAG	79
	7.1 Algemeen	79
	7.2 Parameters	79
	7.2.1 <i>wegen</i>	79
	7.2.2 <i>vlottertype</i>	80
	7.2.3 <i>tipping bucket (kantelbakje)</i>	80
	7.2.4 <i>weerradar</i>	80
	7.3 Meetopzet	81
	7.4 Meetnauwkeurigheden en meetfrequentie	82
	7.5 Gegevens, opslag en bewerking	84
8	KOSTEN VAN MEETPROJECTEN	85
	8.1 Algemeen	85
	8.2 Opzet van het meetprogramma	85
	8.3 Meetinstallatie en inrichting van de meetlocatie	85
	8.4 Laboratoriumanalyses	86
	8.5 Veldonderzoek en onderhoud van de installatie.	88
	8.6 Data-analyse	88
	8.7 Amoveren van de installatie	88
9	REFERENTIES	89

BIJLAGEN:

1	Lijst van gebruikte afkortingen en begrippen	95
2	Lijst van gebruikte normen en methoden	97
3	Definitie van neerslag- en overstortingsgebeurtenis	99
4	Definitie van gemaal- en pompkarakteristiek	100

Ten geleide

Sinds het verschijnen van het afrondend NWRW-rapport is er in Nederland niet of nauwelijks meer onderzoek gedaan naar het praktisch functioneren van rioolstelsels. Zeker nu een aantal nieuwe vuil-emissie beperkende voorzieningen zich aandient, kan gesteld worden dat de behoefte aan betrouwbare meetgegevens van het functioneren van rioolstelsels en van de processen die zich afspelen binnen de stelsels toeneemt.

Metingen die aan stelsels en voorzieningen worden uitgevoerd zijn uitermate kostbaar door de specifieke omstandigheden, de bijzondere (monster)apparatuur en de vaak lange meetduur. Het is daarom van groot belang dat de meetresultaten voor een zo efficiënt mogelijk gebruik onderling vergelijkbaar, goed toegankelijk en eenduidig interpreteerbaar zijn.

De thans voorliggende leidraad gaat in op de aspecten die in acht genomen moeten worden bij de opzet met metingen in de praktijk aan het functioneren van de riolering en het door de riolering beïnvloede oppervlaktewater. Tevens worden richtlijnen verschaft voor de inrichting, organisatie en uitvoering van dergelijke meetprojecten en voor het opstellen van de meetprogramma's daarvoor.

In bepaalde gevallen is het niet noodzakelijk uitgebreid of gedetailleerd te meten, doch kan worden volstaan met eenvoudiger metingen en waarnemingen aan riolering en oppervlaktewater. Het STOWA-rapport 96-10 "Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater. Eenvoudige metingen en waarnemingen" verstrekt daarvoor de aanwijzingen.

De werkzaamheden werden door het bestuur van de STOWA opgedragen aan DHV Milieu en Infrastructuur te Amersfoort (projectteam bestaande uit ir. J.G. Voorhoeve, ir. F.H.L.R. Clemens, ir. H.M. van Mameren en ir. D. de Smit). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ir. E. van 't Oever (voorzitter), ing. T. Bronius, ing. J.Th. Heys, dr.ir. P.J. Huiswaard, ir. G. Martijnse, ir. P.C. Stamperius en ir. R.G. Veldkamp.

Utrecht, april 1996

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

Om riolering en oppervlaktewater adequaat te beheren is het noodzakelijk te beschikken over inzicht in het functioneren van deze systemen.

Het vergaren van informatie om dit inzicht te verkrijgen kan op verschillende wijzen geschieden, variërend van het verzamelen van incidentele waarnemingen tot het planmatig opzetten van waarnemingssystemen. Deze leidraad richt zich uitsluitend op het laatste en is bedoeld om richting te geven aan het opzetten van meetprojecten aan riolering en aan oppervlaktewater in relatie met riolering.

Waar voorheen de riolering uitsluitend een ingenieursvak was en de kwaliteit van oppervlaktewater voornamelijk door biologen en chemici werd bestudeerd, worden tegenwoordig riolering en oppervlaktewater steeds meer in samenhang bestudeerd en werken de genoemde disciplines binnen projecten samen. Dit is ondermeer geïnitieerd door de problematiek rondom riooloverstortingen, de lozing van effluent van rioolwaterzuiveringsinrichtingen en de invloed hiervan op de oppervlaktewaterkwaliteit.

De kennis van de relevante processen, zowel hydrologisch als biologisch en chemisch, en de samenhang hiertussen wordt grotendeels opgebouwd op basis van metingen in de praktijk. Het opzetten en uitvoeren van meetprojecten vraagt dan ook om specialistische kennis op de genoemde vakgebieden én om onderlinge afstemming van de vele details die hierbij van belang zijn.

Gebaseerd op beschikbare literatuur, ervaring en de inbreng van deskundigen worden in deze leidraad de aandachtspunten die van belang zijn bij het opzetten van meetprojecten bijeengebracht.

De opzet van een meetproject en het ontwerp van een meetopzet zijn afhankelijk van een groot aantal factoren waaronder de doelstelling van het project, algemene kenmerken van het studiegebied, de voorgenomen duur van het meetproject, de beschikbare kennis en de budgetten. Ingegaan wordt op de relatie tussen de doelstelling en de parameterkeuze, de gewenste meetnauwkeurigheden, de meetfrequentie en de opslag van de verkregen gegevens. De structuur en de inhoud van een meetprogramma worden behandeld, waarbij per onderdeel aandachtspunten worden uitgewerkt. Deze leidraad is complementair aan het STOWA-rapport 'Metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater. Eenvoudige metingen en waarnemingen.' [60], waarin de opzet van minder complexe meetprogramma's wordt beschreven.

De leidraad geeft voor de opzet en uitvoering van meetprogramma's aan riolering en oppervlaktewater aanwijzingen voor de bevordering van de vergelijkbaarheid van verschillende projecten met gelijksoortige doelstellingen en de overdraagbaarheid van hun gegevens.

Er wordt niet ingegaan op instrumentatie in de zin van beschrijving van leveringsprogramma's van diverse fabrikanten. Wel worden de verschillende werkingsprincipes van bestaande apparatuur beschreven.

2 INLEIDING

2.1 Algemeen

Inzameling en transport van afvalwater geschiedt in het merendeel van de gevallen met behulp van een rioolstelsel. Gedurende perioden zonder neerslag wordt het ingezamelde huishoudelijk en industrieel afvalwater naar rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi) gevoerd. Hier wordt het afvalwater gezuiverd, waarna lozing op het oppervlaktewater plaatsvindt.

Het rioolstelsel heeft een zekere bergende inhoud. Bij aanbod van bepaalde hoeveelheden neerslag raakt deze inhoud gevuld en schiet de hydraulische capaciteit van de rwzi tekort om lozing op oppervlaktewater elders te voorkomen.

In gevallen waar sprake is van gemengde rioolstelsels, waar inzameling en transport van neerslag en huishoudelijk en industrieel afvalwater in één leidingenstelsel plaatsvindt, wordt een mengsel van afvalwater en neerslag via overstorten geloosd. Bij gescheiden systemen, waar de inzameling en transport van neerslag en afvalwater in twee gescheiden leidingsystemen plaatsvindt, wordt via de regenwateruitlaat neerslag geloosd.

Genoemde lozingen vinden plaats op het oppervlaktewater. Rioolstelsel en rwzi hebben invloed op zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten van het oppervlaktewater.

Om de effecten van maatregelen binnen de riolering en het oppervlaktewater te kwantificeren is inzicht in het functioneren van deze systemen van belang. Om een dergelijk inzicht te verkrijgen, is het noodzakelijk om systematisch doelgerichte waarnemingen te doen.

Deze leidraad beoogt aspecten aan te geven die in acht moeten worden genomen bij de opzet van praktijkmetingen aan het functioneren van de riolering en het door de riolering beïnvloede oppervlaktewater, het geven van richtlijnen voor de inrichting, organisatie en uitvoering van meetprojecten en het opstellen van meetprogramma's. Hiermee wordt nagestreefd dat de overdraagbaarheid en de vergelijkbaarheid van resultaten van meetprojecten aan riolering en oppervlaktewater toenemen.

De inhoud van de leidraad beperkt zich tot waterkwantiteit en waterkwaliteit. Voor metingen aan bijvoorbeeld de constructieve staat van het riool wordt verwezen naar [40] en [41].

De hoofdlijn van deze leidraad is het redeneren vanuit een meetdoelstelling naar een gedetailleerde meetopzet.

De leidraad omvat dan ook voornamelijk:

- het formuleren van meetdoelstellingen op basis van de aanleiding tot meten;
- het uit de meetdoelstellingen afleiden van een meetprogramma;
- de keuze van meetfrequenties en meetnauwkeurigheden;
- de aandachtspunten bij de organisatie;
- de opslag en verwerking van resultaten.

Er wordt niet ingegaan op instrumentatie in de zin van beschrijving van leveringsprogramma's van diverse fabrikanten. Wel worden de verschillende werkingsprincipes van bestaande apparatuur beschreven.

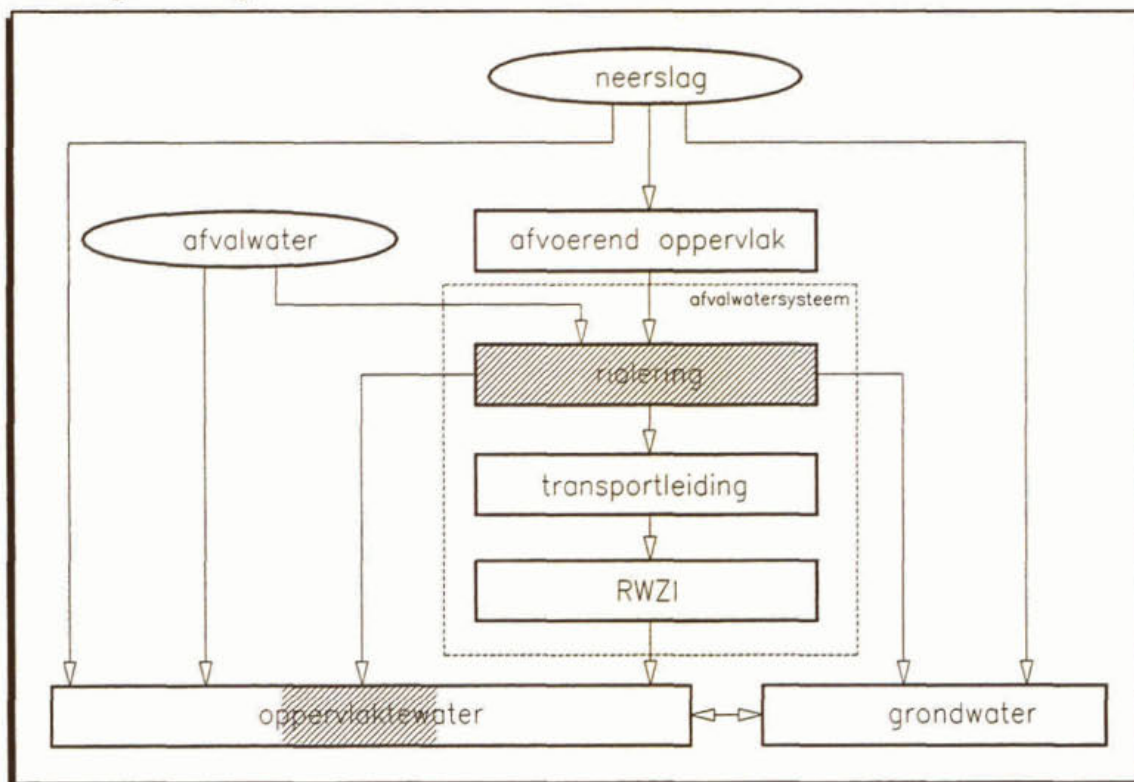
2.2 Het watersysteem

Het beheer van watersystemen richt zich op beheersing van de waterkwantiteit en op de instandhouding of verbetering van de waterkwaliteit om overlast te voorkomen en randvoorwaarden scheppen voor een gezond ecosysteem. Inzicht in de processen binnen het systeem en de daarmee samenhangende grootte van de water- en stofstromen is daarbij van belang.

Het watersysteem is schematisch weergegeven in figuur 1. Daarin zijn verschillende subsystemen te herkennen. In de Nederlandse situatie worden (clusters van) deze subsystemen door verschillende overheden beheerd:

- gemeenten : verhard en onverhard oppervlak, riolering (inzameling), stedelijk oppervlaktewater;
- waterbeheerders : transportleiding, rwzi en oppervlaktewater;
- provincies : het (diepe) grondwater.

Figuur 1 : Schematische weergave van het watersysteem met aanduiding van de subsystemen waarop onderhavige studie is gericht.



Wetgeving en beleidsvorming zijn gericht op integraal waterbeheer [18]. Daarmee wordt afstemming tussen beheerders en verschillende beleidsterreinen en eenduidige uitvoering van dat beleid beoogd. Bij het opzetten van meetprogramma's aan (onderdelen van) het watersysteem dient in dat licht de samenhang van de onderdelen van het watersysteem voorop te staan, ook al overschrijden dergelijke meetprogramma's vaak de beheersgrenzen.

Deze leidraad richt zich op de deelsystemen riolering én door riolering beïnvloede delen van het oppervlaktewater en houdt rekening met bredere verbanden.

2.3 Opzet van de leidraad

De leidraad is ingedeeld naar het type meting enerzijds en naar het te bestuderen systeem anderzijds. De inhoud van een meetprogramma en de aandachtspunten bij het opstellen ervan worden in hoofdstuk 3 toegelicht.

In de hoofdstukken 4 en 5 komen respectievelijk de waterkwantiteitsmetingen en de waterkwaliteitsmetingen aan de orde. Hierbij worden te meten parameters, meetopzet, nauwkeurigheden en bijzonderheden van de meting behandeld. Binnen deze hoofdstukken is steeds een tweedeling gemaakt naar riolering en oppervlaktewater.

Algemene zaken binnen meetprojecten zoals de organisatieaspecten, werkingsprincipes van apparatuur, gebruikte normen en dergelijke zijn in afzonderlijke hoofdstukken, paragrafen of bijlagen opgenomen. Daar waar goed toegankelijke literatuur van een onderwerp beschikbaar is, wordt daarnaar verwezen.

De in deze leidraad gebruikte terminologie is conform de ontwerp-NEN 3300 [39]; daar waar deze niet in voorziet is in de tekst een korte verklaring van termen opgenomen. In bijlage 1 zijn deze termen en hun verklaring gezamenlijk opgenomen.

3 VAN AANLEIDING TOT MEETPROGRAMMA

3.1 Algemeen

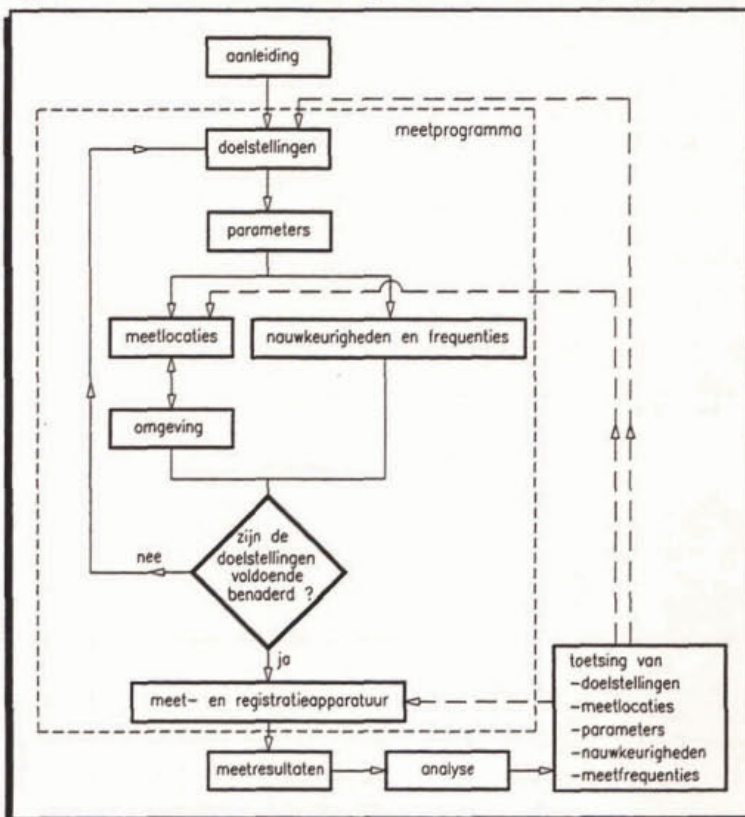
De behoefte aan meten komt altijd voort uit een bepaalde vraagstelling: de aanleiding. Deze vraagstelling dient helder te zijn, voordat daaruit de meetdoelstellingen kunnen worden geformuleerd. Het opzetten van een efficiënt en effectief meetprogramma begint bij het formuleren van de meetdoelstellingen. Daarmee kan worden voorkomen dat te veel of te weinig wordt gemeten.

Een meetprogramma omvat:

- de meetdoelstelling(en) en zondig de aanleiding;
- een beschrijving van het rioolstelsel en oppervlaktewaterstelsel;
- de meetlocaties;
- per locatie de te meten parameters;
- per locatie en parameter de gewenste meetnauwkeurigheden en -frequentie;
- de wijze van codering van gegevens;
- de wijze van data-opslag en verwerking;
- de afbakening van taken en verantwoordelijkheden van bij het meetproject betrokken bedrijven, instanties en personen;
- procedureafspraken over bijvoorbeeld monsterbehandeling.

De opzet en uitvoering van een meetprogramma is niet statisch. Ten gevolge van tussentijdse analyse van meetresultaten kan het noodzakelijk zijn veranderingen aan te brengen in één of meer van de genoemde onderdelen. In figuur 2 is deze terugkoppeling schematisch weergegeven.

Figuur 2 : Onderdelen en onderlinge relaties in een meetprogramma.



In dit hoofdstuk zal in algemene termen worden aangegeven hoe meetprogramma's worden opgebouwd uitgaande van de aanleiding (vraagstelling).

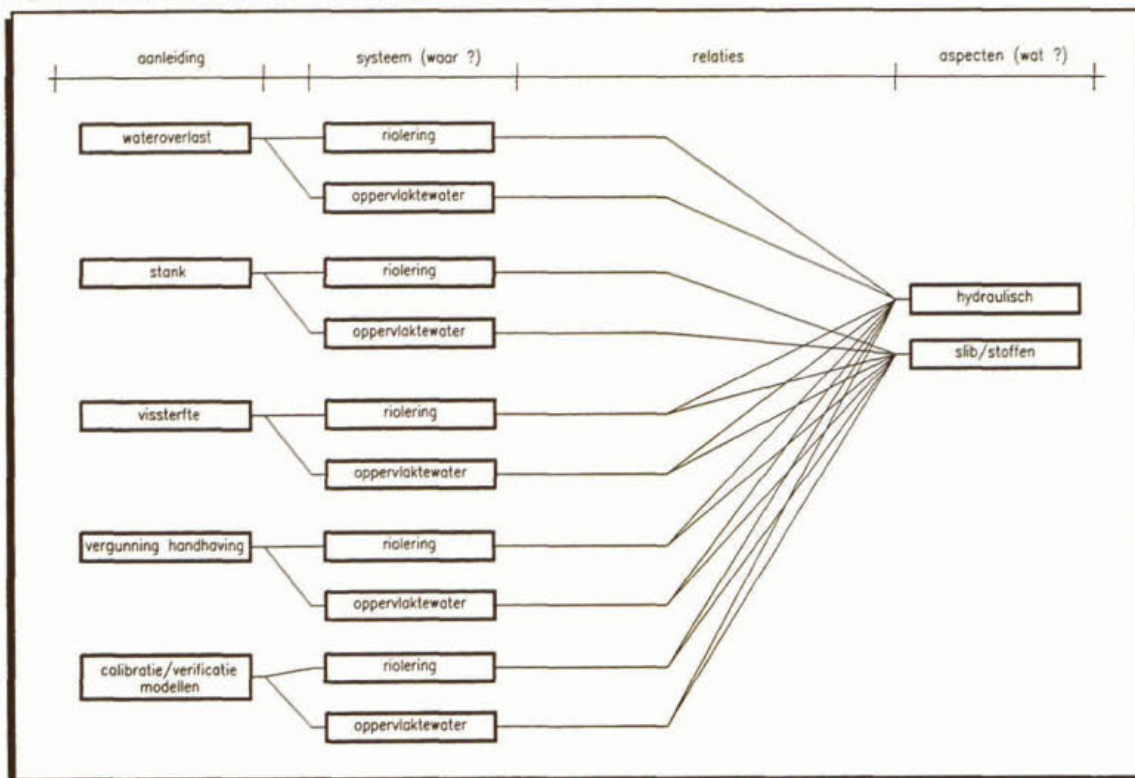
3.2 Aanleiding

In het algemeen zijn er de volgende aanleidingen om metingen te verrichten aan de riolering of het oppervlaktewater:

- controle op de naleving van voorschriften (bijvoorbeeld meting van lozingen in het kader van de Wvo);
- toetsing van te realiseren doelstellingen (bijvoorbeeld de controle van oppervlaktewaterkwaliteit, of het rendement van een randvoorziening zie [42]);
- geconstateerde afwijkingen van het gewenste functioneren (bijvoorbeeld het voorkomen van stankklachten of wateroverlast) zonder een direct voor de hand liggende oorzaak en oplossing;
- controle van de resultaten van (reken)modellen;
- onderzoek om het inzicht in processen die optreden in rioolstelsels te vergroten;
- onderzoek om het inzicht in processen die optreden in oppervlaktewater te vergroten.

In figuur 3 is de relatie tussen aanleiding tot meten, systeem waaraan gemeten wordt (riolering of oppervlaktewater) en het aspect waaraan gemeten wordt, aangegeven.

Figuur 3 : Relatie tussen aanleiding, systeem en aspecten.



Vaak blijkt uit eigen waarnemingen of waarnemingen van derden dat (delen van) de riolering of het oppervlaktewatersysteem niet naar wens functioneren. Er treedt bijvoorbeeld water op straat op of er wordt vissterfte geconstateerd. Er dient dan onderzocht te worden wat de oorzaak is en nagegaan te worden welke maatregelen het best getroffen kunnen worden om die oorzaak weg te nemen. Daarnaast is er altijd vraag naar informatie over het functioneren van

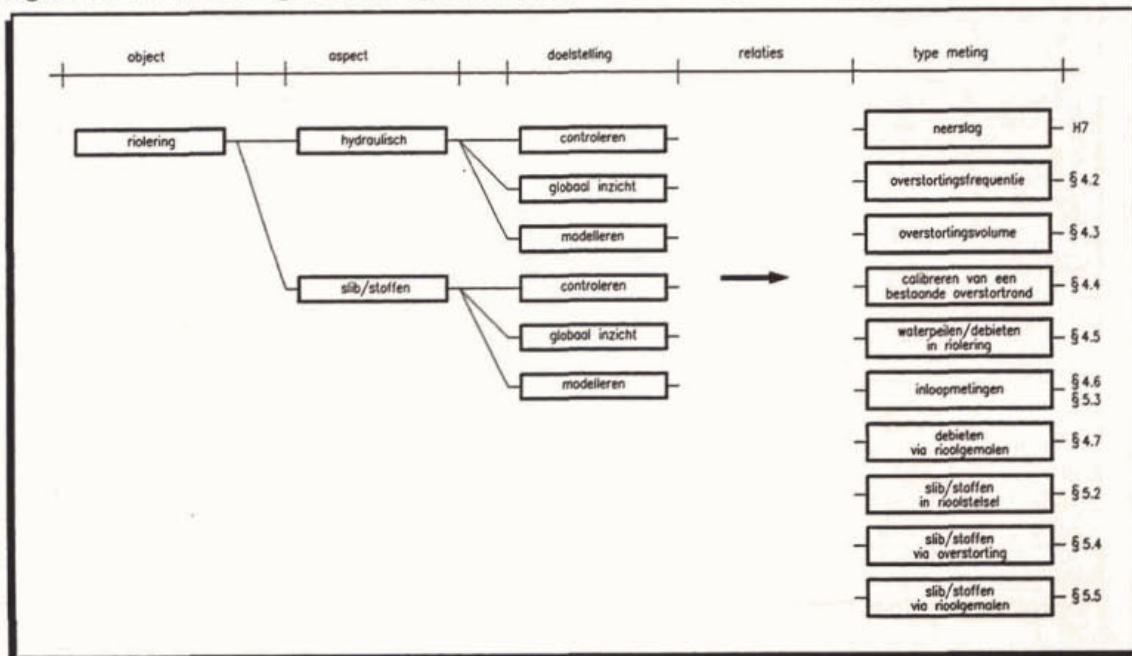
bestaande rioolstelsels of onderdelen hiervan om het ontwerp van nieuwe stelsels of verbeteringsmaatregelen te kunnen optimaliseren.

Om dergelijke vragen te kunnen beantwoorden, is inzicht nodig in het functioneren van de riolering en het oppervlaktewater.

3.3 Meetdoelstellingen

De doelstellingen van een meetprogramma moeten worden afgeleid uit de aanleiding. De aanleiding bepaalt het antwoord op de vragen waar en wat er gemeten moet gaan worden. In de schema's van de figuren 4 en 5 zijn op basis van de twee beschouwde systemen van links naar rechts via de aspecten de doelstellingen uitgesplitst, om van daaruit verbindingen te leggen met concrete metingen (rechter kolom). Er is aangegeven in welk hoofdstuk/paragraaf de betreffende meting is uitgewerkt. De relaties tussen doelstellingen en type meting zijn in de figuren 4 en 5 niet in detail uitgewerkt, in de verschillende paragrafen van de hoofdstukken 4 en 5 zijn per meting deze relaties in een detailfiguur uitgewerkt.

Figuur 4 : Van doelstellingen tot metingen (met paragraafaanduiding). Rioleringssysteem.



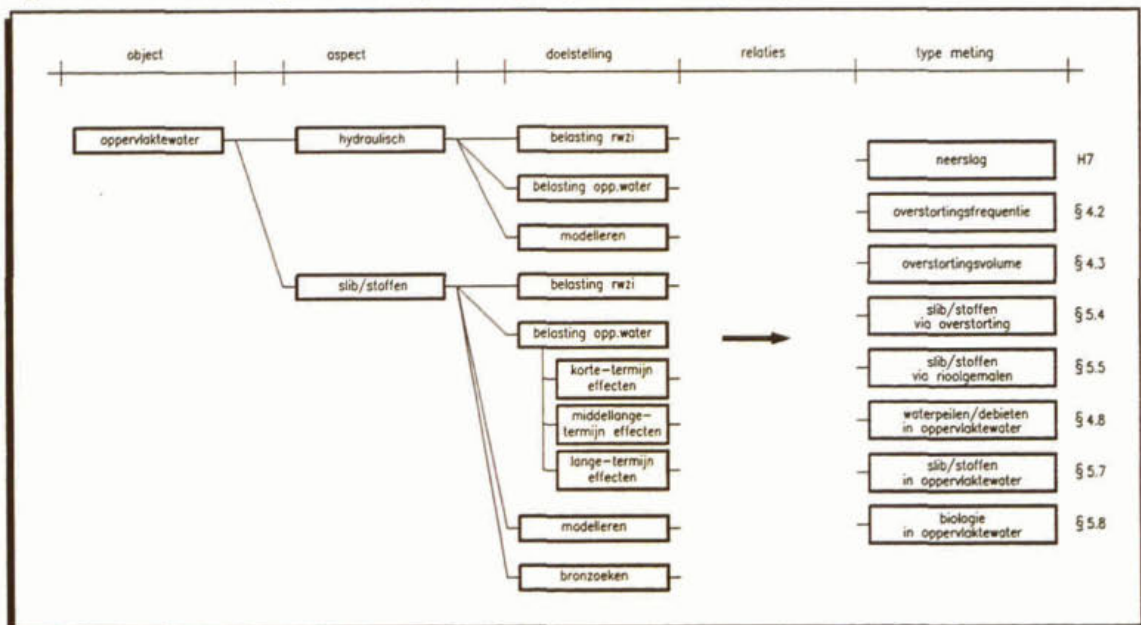
De gebruikte termen in de figuren 4 en 5 zijn als volgt gedefinieerd:

- **Globaal inzicht:**
Het globale inzicht is de eenvoudigste vorm van inzicht in het totale functioneren van het systeem en het vereist geen diepgaande kennis van details.
- **Controleren:**
Onder controleren wordt verstaan het volgen van het functioneren van (delen van) het systeem gedurende een bepaalde periode.
- **Modelleren:**
Modelleren is het beschrijven van het systeem. Meestal wordt een wiskundige beschrijving toegepast. Deze beschrijving eist een grondig inzicht in details. Modelleren stelt daarom de hoogste eisen aan de te verrichten metingen. Bestaande

modellen kunnen ook getoetst worden (zie [19]) met de uitkomsten van eenvoudige metingen en waarnemingen, zoals beschreven in [60].

- **Bronzoeken:**
Bronzoeken is het zoeken naar de veroorzaker (bron) van een bepaalde vervuiling of van waterhoeveelheden, die buiten de normale belastingen van het systeem vallen.
- **Belasting op het oppervlaktewater:**
De belasting op het oppervlaktewater is in dit kader de kwantiteit en kwaliteit van het overstortende water vanuit de riolering op het oppervlaktewater
- **Belasting op RWZI:**
De belasting op de rwzi is in dit kader de kwantiteit en kwaliteit van het afvalwater dat naar de rwzi wordt geloosd.

Figuur 5 : Van doelstellingen tot metingen (met paragraafaanduiding). Oppervlaktewatersysteem.



In het algemeen kunnen voor het meten aan de riolering of aan onderdelen hiervan (bijvoorbeeld randvoorzieningen), de volgende doelstellingen van een meetprogramma worden geformuleerd (zie ook figuur 4):

- het controleren van het hydraulisch functioneren van een rioolstelsel;
- het verkrijgen van een globaal inzicht in het hydraulisch functioneren;
- het verkrijgen van gegevens voor het calibreren en valideren van hydraulische (reken)modellen;
- het bepalen van de hydraulische belasting op de rwzi;
- het bepalen van de belasting van de rwzi met stoffen of biota;
- het controleren van slib of stoffen in een rioolstelsel;
- het verkrijgen van een globaal inzicht in (transport)processen van slib of stoffen in de riolering;
- het verkrijgen van gegevens voor het calibreren en valideren van (reken)modellen voor slib of stoffen in de riolering.

De doelstellingen voor het meten aan het oppervlaktewater kunnen zijn (zie ook figuur 5):

- het bepalen van de hydraulische belasting op het oppervlaktewater;
- het verkrijgen van gegevens voor het calibreren en valideren van hydraulische (reken) modellen;
- het bepalen van de belasting op het oppervlaktewater met stoffen of biota en de optredende effecten in dit oppervlaktewater (hierbij is nog onderscheid te maken naar korte-, middellange- en lange-termijn effecten);
- het verkrijgen van gegevens voor het calibreren en valideren van (reken)modellen voor stoffen of biota in oppervlaktewater.

3.4 Beschrijving van het rioolstelsel en het oppervlaktewater

In een meetprogramma moet een beschrijving van het systeem waaraan gemeten wordt, worden opgenomen. Hierbij is het van het belang dat er actuele gegevens worden gebruikt.

Een dergelijke beschrijving omvat voor wat betreft de riolering:

- een overzichtstekening van de ligging van het stelsel;
- een topografische kaart van de omgeving;
- gegevens van diameters van leidingen, afmetingen van putten;
- hoogteligging van het maaiveld;
- ligging van gemalen en overstorten;
- omvang en aard van het op de riolering afvoerende oppervlak;
- locatie van vaste bestaande meetpunten;
- gemaalcapaciteiten;
- bijzonderheden die van belang kunnen zijn voor het meetprogramma zoals probleemlocaties of resultaten van rioolinspecties;
- de resultaten van berekeningen van het hydraulisch functioneren, zie [19].

Veel van de gegevens die noodzakelijk zijn voor de beschrijving van het rioolstelsel kunnen worden ontleend aan het basisrioleringsplan (BRP) of aan het gemeentelijk rioleringsplan (GRP).

Voor wat betreft het oppervlaktewater omvat de beschrijving:

- een overzichtstekening;
- een topografische kaart van de omgeving;
- afmetingen van het stroomprofiel;
- ligging van duikers, gemalen en andere kunstwerken;
- overwegende stroomrichtingen;
- waterpeilen (zowel normaalpeil als extremen, zomer- en winterpeil);
- locatie van vaste bestaande meetpunten;
- bijzonderheden voorzover van belang voor het meetprogramma, bijvoorbeeld de resultaten van visuele inspectie;
- de aan het oppervlaktewater toegekende functie;
- afvoerend gebied.

Veel van deze gegevens zijn terug te vinden in de waterbeheersplannen opgesteld door de waterbeheerders.

3.5 De meetlocaties

In het meetprogramma moeten de verschillende meetlocaties worden aangegeven. Het selecteren van de meetlocaties volgt uit de aanleiding en de doelstelling van het meetproject, zie ook [61]. Daarnaast wordt de keuze voor de meetlocaties bepaald door de toegankelijkheid en de

aanwezigheid van voorzieningen als elektriciteit, telefoon en dergelijke of gewenste representativiteit.

Uiteraard is de keuze van de meetlocatie niet los te zien van de keuze van meet- en monsternameapparatuur.

In zijn algemeenheid is in de riolering een drietal verschillende typen meetlocaties aan te wijzen:

- in het rioolstelsel zelf (putten/leidingen);
- op overstortlocaties;
- bij gemalen.

In meetprogramma's waarin de effecten van de riolering op het oppervlaktewater of de rwzi in beschouwing worden genomen, hoeven geen metingen in het riool te worden verricht. Men kan zich dan beperken tot de randen van het rioolstelsel (de overstorten of de gemalen). Dit zijn als regel toegankelijke en bereikbare locaties.

Als er in het rioolstelsel gemeten moet worden, is het selecteren van meetlocaties minder eenvoudig. Als de meetdoelstelling de calibratie of verificatie van een rekenmodel is, kan aan de hand van de rekenresultaten een aantal meetlocaties worden geselecteerd. De criteria hiervoor kunnen divers zijn. Men kan bijvoorbeeld selecteren op grond van extreme uitkomsten zoals snel variërende waterstanden op een bepaald locatie of grote of regelmatig voorkomende slibophopingen. In elk geval moet er bij het calibreren/valideren van een rekenmodel op ten minste twee onafhankelijke locaties in het stelsel worden gemeten.

Bij meten naar aanleiding van klachten over functioneren van de riolering (stank, water op straat) moeten de meetlocaties worden bepaald aan de hand van de locatie waar de klachten optreden in combinatie met een bepaald vermoeden van de oorzaak.

Het kiezen van meetlocaties in het oppervlaktewater wordt binnen het kader van deze leidraad gekoppeld aan de aanwezigheid van lozingspunten van rwzi's of rioolstelsels.

In dit geval worden er dus meetlocaties in het oppervlaktewater gekozen en meetlocaties aan de randen van het rioolstelsel.

Zo kunnen de gegevens dienen voor een studie naar optimalisatie van het afvalwatersysteem als geheel: moeten maatregelen worden getroffen op de rwzi of aan overstorten of aan gemalen van het rioolstelsel of in het rioolstelsel zelf? Metingen aan het oppervlaktewater kunnen dienen om vast te stellen of de oorzaak van het niet voldoen aan de waterkwaliteitsnormen bij overstortingen moet worden gezocht. Hierbij geldt als algemeen uitgangspunt dat een drietal meetlocaties noodzakelijk is:

- een referentiepunt: een locatie waarvan bekend is dat hier geen beïnvloeding door een overstorting kan plaatsvinden;
- een locatie nabij de overstortlocatie;
- een locatie op grotere afstand van de overstortlocatie. De noodzakelijke minimale afstand hangt af van de lokale menging en de snelheid waarmee de vuilwaterprop door het oppervlaktewater beweegt.

Aanbevolen wordt om bij nieuwbouw van overstorten, randvoorzieningen of gemalen in de riolering bouwkundige maatregelen te nemen om metingen mogelijk te maken. Hierbij moet worden gedacht aan toegankelijkheid, ruimte voor kabels en bijzondere maatregelen zoals het aanbrengen van verstelbare overstortranden.

3.6 De te meten parameters

De vraag wat er gemeten moet worden, is direct afhankelijk van de aanleiding tot het meten. In grote lijnen kunnen er vier groepen van parameters worden onderscheiden:

- waterhoeveelheden (waterpeilen/debietten);
- stoffen:
 - slib;
 - gesuspendeerde/opgeloste stoffen;
- biota (in zijn algemeenheid alleen in het oppervlaktewater);
- omgevingsvariabelen.

Afhankelijk van de meetdoelstelling en de meetlocatie zal in het algemeen de nadruk kunnen verschuiven van het meten van waterhoeveelheden en slib naar het meten van stoffen of biota. Het meten aan oppervlaktewater in relatie tot de riolering richt zich voornamelijk op de waterkwaliteit. Het accent van metingen aan het oppervlaktewater ligt dan ook voornamelijk op stoffen en biota; dit wil overigens niet zeggen dat debietmeting en waterpeilmeting niet noodzakelijk zijn; deze vormen vrijwel altijd een belangrijke basis.

In tabel 1 zijn de accenten van de verschillende aspecten aangegeven (++: erg belangrijk, +: belangrijk, 0: niet persé noodzakelijk).

Tabel 1 : Accenten op te meten aspecten.

meten aan (waar?)	meten van (wat?)				
	1. waterhoeveelheden	2. stoffen		3. biota	4. omgevingsvariabelen
		slib	gesuspendeerd/opgelost		
Riolering					
A. de riolering	++	++	+	0	++
B. de randen van het rioolstelsel	+	+	+	0	++
C. het oppervlaktewater	0	0	0	0	0
Oppervlaktewater					
A. de riolering	0	0	0	0	0
B. de randen van het rioolstelsel	+	+	++	0	++
C. het oppervlaktewater	+	+	+	++	++

De omgevingsvariabelen zijn gegevens die als regel niet continu worden gemeten maar in de loop van een project wel kunnen veranderen. Voorbeelden hiervan zijn wijzigingen in het aangesloten afvoerende oppervlak op een rioolstelsel, een wijziging in het peilbeheer van het oppervlaktewater of wijzigingen in de geometrie van het systeem.

Het is van belang dat deze gegevens bij het begin van een meetproject bekend zijn en dat belangrijke wijzigingen bijtijds bij de betrokkenen bekend zijn.

In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn de hoogteligging van riolen bij het begin en het eind van het meetproject te bepalen aan de hand van metingen. Zeker in gevallen waarin het rioolstelsel in een zettingsgevoelig gebied is gelegen, kan in de loop van enkele jaren een aanzienlijke verzakking optreden waardoor ook een tussentijdse hoogtemeting noodzakelijk is.

Het in detail vaststellen welke parameters worden bemeaten, hangt sterk af van de specifieke aanleiding tot het doen van metingen. Bij het opstellen van een meetprogramma moet zeer kritisch worden gekeken naar de in beschouwing te nemen parameters.

Als er een zeer specifieke vraagstelling is, is het eenvoudig om de te meten parameters te benoemen. Bij minder specifieke vraagstellingen moet een keuze worden gemaakt: een breed scala aan parameters meenemen of een nadere uitwerking geven aan de doelstellingen van het meetproject.

Van elke te meten parameter moet het 'nut' en de uitwisselbaarheid en toepasbaarheid voor andere situaties worden bekeken, immers elke extra op te nemen parameter vraagt:

- inzet van instrumentatie;
- tijd van personeel;
- analysekosten.

Bij parameters waarvan op voorhand niet duidelijk is of ze kunnen bijdragen aan het onderzoek, maar waarvan wordt vermoed dat er belangrijke informatie uit voort kan komen, moet bij een tussentijdse analyse aandacht worden besteed aan de vraag of de parameter in het onderzoek moet worden gehandhaafd (zie ook figuur 2).

Een ander punt van aandacht bij de keuze van de set parameters is de keuze van het aantal parameters versus de meetfrequentie en meetnauwkeurigheid (zie ook § 3.7). Bij beperkte budgetten zal een keuze moeten worden gemaakt:

- veel parameters met een lage meetnauwkeurigheid en - frequentie
of
- een beperkte set parameters met hoge meetnauwkeurigheid en -frequentie.

Afhankelijk van het doel van het meetproject zal men hiertussen een keuze moeten maken. Als dit onzorgvuldig gebeurt, kan blijken dat men met de metingen geen antwoord kan geven op de vraagstelling: men heeft zeer nauwkeurig de verkeerde parameter gemeten of men heeft de belangrijke parameter met een te lage frequentie gemeten.

Bij het calibreren/verifiëren van modellen wordt aanbevolen om met zo min mogelijk parameters (vastgelegd in het te calibreren model) aan het werk te gaan, gekoppeld aan een hoge nauwkeurigheid en een hoge frequentie.

In gevallen waarin om budgettaire redenen keuzen moeten worden gemaakt, moet in het oog worden gehouden dat de onderzoeksvraag dient te worden beantwoord. Als dat niet mogelijk is, moet hetzij de doelstelling worden aangepast, hetzij worden besloten van meten af te zien.

3.7 Meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De aanleiding tot het meten bepaalt tevens de benodigde mate van detail van de meetresultaten. Indien kan worden volstaan met een interpretatie van de ruwe meetresultaten op basis van 'expert judgement' zijn veel minder gedetailleerde gegevens nodig dan wanneer er gedetailleerde rekenmodellen worden ingezet.

Per parameter en per locatie moet in de eerste opzet van het meetprogramma een eerste schatting worden gemaakt van de gewenste meetnauwkeurigheid en de meetfrequentie. Hierbij moeten de meetnauwkeurigheid en -frequentie van de afzonderlijke parameters steeds in samenhang worden beschouwd om onevenwichtigheden te voorkomen.

Het verdient aanbeveling om gedurende de eerste fase van een meetproject met hogere meetfrequenties te werken dan op grond van theoretische analyses noodzakelijk wordt geacht. Hierdoor wordt een wat gedetailleerder beeld van de variabiliteit van de gemeten parameters verkregen en kan op grond van tussentijdse analyse van de meetgegevens de meetfrequentie worden aangepast.

Het schatten van de gewenste meetnauwkeurigheid is meer kritisch. Door het vragen van een hoge nauwkeurigheid wordt de mogelijke keuze in meetmethode en meetapparatuur sterk beperkt. Het aanpassen van de meetnauwkeurigheid van een bestaande meetinstallatie betekent als regel dat andere meetapparatuur moet worden geïnstalleerd.

Voorbeeld:

Als men het doel heeft om bijvoorbeeld van een bepaalde stof het concentratieverloop tijdens een overstorting te meten en de vrachten te bepalen die de overstortrand passeren, dan moet de gewenste nauwkeurigheid van deze parameter worden vastgesteld. Hieruit volgt dan een combinatie van eisen aan de meetnauwkeurigheden en -meetfrequenties van de grootheden waaruit de stofvracht wordt bepaald: debiet en concentratie.

Als in dit voorbeeld het debiet wordt gemeten door middel van een waterpeilmeting in combinatie met een afvoerrelatie wordt de uiteindelijke meetnauwkeurigheid bepaald door:

- *meetnauwkeurigheid in de waterpeilmeting;*
- *nauwkeurigheid van de afvoerrelatie;*
- *meetfrequentie van waterpeilmeting;*
- *meetnauwkeurigheid van de stofconcentratie;*
- *meet(monster)frequentie van de stofconcentratie.*

De wijze waarop deze afzonderlijke nauwkeurigheden en frequenties doorwerken in de uiteindelijke nauwkeurigheid van de stofvracht is maar ten dele te kwantificeren. In de praktijk wordt de uiteindelijke nauwkeurigheid van de vracht vooral bepaald door de monsternamefrequentie. In veel gevallen is hiervoor een hoge frequentie niet haalbaar, omdat dit resulteert in zeer hoge analysekosten.

Een eerste schatting van de meetfrequentie kan worden gemaakt door een schatting te maken van de tijdschaal waarop een significante variatie in de beschouwde parameter optreedt. Voor bijvoorbeeld overstortingsdebieten kan hiervoor het berekeningsresultaat van een niet-stationair hydraulisch rekenmodel worden gehanteerd [19].

Voor de bepaling van concentraties van stoffen kan de monsternamefrequentie worden geschat door het verrichten van metingen met een hoge frequentie aan een eenvoudig meetbare en reproduceerbare parameter.

Voor overstortwater kan hierbij bijvoorbeeld worden gedacht aan het meten van de troebelheid of het elektrisch geleidbaarheidsvermogen (EGV).

In de keuze van meetnauwkeurigheden en -frequenties moet een evenwicht worden gevonden tussen de gewenste nauwkeurigheid en de daaruit voortvloeiende kosten. Met name in gevallen waarin dure monsteranalyses noodzakelijk zijn (bijvoorbeeld PAK-bepaling) heeft het voorschrijven van een hoge monsternamefrequentie een grote kostenpost tot gevolg.

Daarnaast zijn er nog organisatorische zaken die aandacht moeten krijgen bij het vaststellen van de monsternamefrequentie; zo moet het verwerken, voorbereiden en analyseren van grote hoeveelheden monsters passen binnen de beschikbare verwerkingscapaciteit van het laboratorium en de beschikbaarheid van personeel buiten de normale werktijden.

In (vrijwel) alle praktijkgevallen zal men ten gevolge van randvoorwaarden van budget en capaciteit keuzen moeten maken.

3.8 Codering en opslag van gegevens

In het meetprogramma moeten de afzonderlijke meetlocaties een unieke identificatie krijgen en moet worden aangegeven welke parameters er worden gemeten/bemonsterd.

Deze locatie-identificatie is een vast onderdeel in de codering van (groepen) meet- en analyse-resultaten en monsteraanduidingen.

Bij het opzetten van een coderingsysteem moeten de volgende aspecten in beschouwing worden genomen:

- eenduidigheid;

- het uniek zijn van afzonderlijke codes;
- herkenbaarheid.

De opslag van meetgegevens moet zodanig worden ingericht dat van elk meetresultaat eenduidig is vastgelegd waar, wanneer en welke parameter het betreft. Door in de opslag van de gegevens de locatie-identificatie, de datum en een code voor de parameter te hanteren, is dit gewaarborgd. Een belangrijk onderdeel van codering is het leggen van een eenduidige fysieke relatie tussen genomen monster en overige gegevens, zoals bijvoorbeeld datum, tijd en monsternamepunt.

De methode van opslag van gegevens, inclusief een beschrijving van de toegankelijkheid en de samenhang van de gegevens moet worden opgenomen in het meetprogramma.

In deze leidraad worden in de hoofdstukken 4, 5 en 7 voor de verschillende metingen aangegeven welke gegevens moeten worden opgeslagen. Het exacte formaat zal per project moeten worden bepaald. Hierbij wordt uitdrukkelijk verwezen naar bestaande uitwisselingsformaten zoals die bijvoorbeeld door de Unie van Waterschappen en de STOWA ([59], [63] en [64]) en de Stichting RIONED ([45], [47] en [48]) zijn gedefinieerd.

3.9 Meet- en registratieapparatuur

In het meetprogramma moet worden aangegeven welke meet-en registratieapparatuur wordt gebruikt. Hierbij moet per meetlocatie, per te bemeten parameter minimaal het volgende worden vermeld:

- het merk en type van het apparaat;
- minimaal noodzakelijke onderhoudsfrequentie;
- minimaal noodzakelijke calibratiefrequentie (indien van toepassing);
- beschrijving van in- en uitgaande signalen;
- de noodzakelijke voorzieningen (netspanning, telefoon en dergelijke);
- relatie met andere apparaten binnen de meetopzet;
- wijze van data-opslag en data-transmissie.

Daarnaast moet worden beschreven hoe de verschillende apparaten worden aangestuurd, bijvoorbeeld het wijzigen van de meetfrequentie tijdens neerslag of gedurende een overstoring.

3.10 Organisatie

Er is een aantal organisatorische aspecten dat bij het opzetten en uitvoeren van een meetprogramma aan de riolering en het ontvangende oppervlaktewater steeds weer de nodige aandacht verdient. Organisatorisch zijn drie stadia te onderkennen:

- voorbereiding van het meetprogramma;
- ontwerp van de meetstelling en de bouw van de meetinstallatie;
- uitvoering van het meetprogramma.

In de voorbereidingsfase is vooral overleg nodig tussen alle betrokken instanties, ook op bestuurlijk niveau. Bij de voorbereiding dient op bestuurlijk niveau in de betrokken organisaties overeenstemming te zijn over de noodzaak en wenselijkheid van het meetprogramma, waarna er beslissingen genomen worden over budgetten en dergelijke. De organisaties conformeren zich daarmee aan de consequenties die de uitvoering van het meetprogramma tot gevolg zullen hebben: de extra inzet van mensen en middelen.

Tijdens de ontwerp- en bouwfase is het aan te raden de uitvoerders van het meetprogramma te betrekken bij het ontwerp, om acceptatie te vergroten en de uitvoering in later stadium te vereenvoudigen. Ook bij de uitvoerders (soms van meerdere instanties) mag geen twijfel bestaan over de noodzaak van de metingen. Aanbevelingen zijn dan ook:

- gebruik niet het gehele budget tijdens het ontwerp en de bouw van de installatie, er kunnen nog wijzigingen nodig zijn;
- ondersteun het ontwerpproces zoonodig met hydrodynamische berekeningen voor betere schattingen van de nauwkeurigheden, meetfrequenties en de noodzakelijke meetbereiken;
- maak zo mogelijk gebruik van één centrale tijdwaarneming voor alle apparatuur, zodat verschillende tijdreeksen achteraf eenvoudig met elkaar in verband kunnen worden gebracht. Een centrale tijdwaarneming heeft het voordeel dat het probleem van niet-synchroniteit wordt voorkomen.

De volgende organisatorische aanbevelingen zijn algemeen geldig voor het uitvoeren van meetprogramma's:

- zorg dat het betrokken personeel op de hoogte is van de werking van het meetsysteem en dat de bevoegdheden van een ieder duidelijk zijn, ook tijdens zon- en feestdagen;
- laat alle betrokkenen het operationeel logboek bijhouden, zodanig dat zij steeds geïnformeerd blijven over eventuele bijzonderheden. Afwijkingen kunnen daarmee achteraf verklaard worden;
In een operationeel logboek moeten bijvoorbeeld worden genoteerd:
 - weersgesteldheid (is er sprake van harde wind, vorst, sneeuw etcetera.);
 - storingen aan apparatuur;
 - is na een overstorting sprake van slibafzetting op het talud van het ontvangende oppervlaktewater;
- stel uitvoering van de (dure) laboratoriumanalyses uit tot zeker is dat de gehele meetopstelling correct heeft gefunctioneerd. Dit betekent dat binnen de toelaatbare standtijd van de monsters een controle moet worden verricht op het correct functioneren van:
 - debietmeting(en);
 - neerslagmeting(en);
 - tijdregistratie;
 - monsternameapparatuur;
- kies een meetperiode die voldoende lang is om een representatief beeld te verkrijgen. Voor metingen aan de riolering en het ontvangende oppervlaktewater is een periode van minimaal een jaar, maar liever twee jaar of langer aan te bevelen;
- zorg ervoor dat bij gebruik van automatische bemonsteringsapparatuur gedurende de looptijd van het onderzoek te allen tijde (365 dagen per jaar, 24 uur per dag) iemand beschikbaar is om de monsters uit de apparatuur te halen, er nieuwe flessen in te zetten en de genomen monsters naar het laboratorium te brengen. Automatische bemonsteringsapparatuur heeft een beperkte capaciteit (bijvoorbeeld tot 20 monsters). Zeker bij minder frequent werkende overstorten zijn de gegevens van elke gebeurtenis zeer waardevol;
- zorg in perioden dat de bemonsteringsapparatuur niet gebruikt wordt (het overgrote deel van de tijd) voor regelmatige controle om zeker te zijn van een goede werking bij de volgende gebeurtenis;
- voer regelmatig een inspectie uit van de meetinstallatie en van de meetlocaties;
- elke meetlocatie heeft regelmatig onderhoud nodig. Hieronder vallen:
 - reiniging;
 - vervanging van defecte onderdelen;
 - aanpassingen aan het instrumentarium;

- het verdient aanbeveling om onderhoud en inspectie te laten verrichten door één en dezelfde instantie die bij voorkeur snel ter plaatse kan zijn in het geval van calamiteiten;
- voorafgaand aan het werkelijke meten moeten de analysemethoden voor de meetgegevens worden vastgesteld. Dit hoeft niet uitputtend te zijn maar moet in elk geval geschikt zijn voor:
 - het snel beoordelen van de bruikbaarheid van de meetgegevens (in verband met het al dan niet laten uitvoeren van laboratoriumanalyses);
 - tussentijdse evaluatie van de meetopzet en het meetprogramma zodat eventuele aanpassingen in bijvoorbeeld meetlocaties, meetparameters of meetfrequenties nog gedurende het project kunnen worden uitgevoerd;
 De gehanteerde analysemethoden moeten zeer exact worden beschreven om een éénduidige interpretatie van de resultaten mogelijk te maken;
- zorg ervoor dat de oorspronkelijke meetgegevens beschikbaar en toegankelijk blijven. Dit kan worden bereikt door voorafgaand aan het werkelijke meten eenduidige keuzen te maken voor:
 - opslagmedium;
 - opbouw en samenhang van de gegevens;
 - beveiliging van de verkregen gegevens.

4 WATERKWANTITEIT: WATERPEILEN EN DEBIETEN

4.1 Algemeen

Meten van waterpeilen en debieten in oppervlaktewater en riolering is noodzakelijk voor vrijwel elk meetprogramma. Voor het verkrijgen van gegevens van het hydraulisch functioneren is dit evident. In meetprogramma's waarin stofstromen worden gemeten of relaties tussen waarnemingen aan riooloverstortingen en waarnemingen aan het oppervlaktewater worden onderzocht, is meting van waterpeilen en debieten een voorwaarde.

In dit hoofdstuk komen aan de orde:

Riolering:

- het meten van waterpeilen en debieten ten behoeve van validatie (controleren van de juistheid van een model) en calibratie (controleren van de juistheid van gebruikte parameters) van hydraulische modellen;
- het meten van overstortingsfrequenties;
- het meten van overstortingsvolumes;
- het calibreren (bepalen Q-H relatie) van een bestaande overstorttrand;
- het meten van waterstanden en debieten in het rioolstelsel;
- het meten van waterstanden en debieten in een rioolgemaal.

Oppervlaktewater:

- meting van waterpeilen;
- meting van debieten.

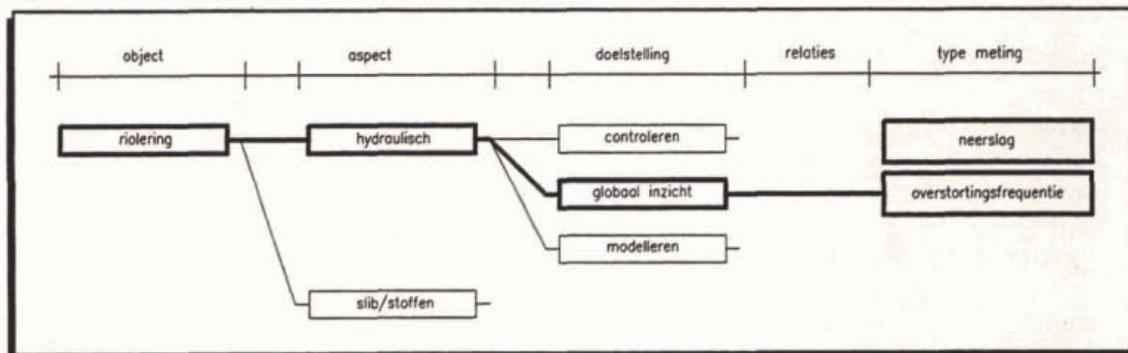
Van deze metingen wordt beschreven welke parameters moeten worden gemeten, de algemene meetopzet, de gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties en de opslag en bewerking van gegevens. Voor wat betreft de gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties zijn in deze leidraad richtwaarden gegeven. Voor details en achtergrondinformatie over dit onderwerp wordt verwezen naar [62]: hierin wordt expliciet ingegaan op meetfouten en het werken hiermee bij metingen ten behoeve van het stedelijk waterbeheer.

In de hoofdstukken 6 en 7 wordt ingegaan op de verschillende meettechnieken.

4.2 Overstortingsfrequentie

4.2.1 algemeen

Figuur 6 : Meten van de overstortingsfrequentie.



De overstortingsfrequentie is een parameter die een globaal inzicht kan verschaffen in het hydraulisch functioneren van een rioolstelsel (zie figuur 6).

Het bepalen van uitsluitend de overstortingsfrequentie is alleen zinvol vanuit het oogpunt van normhandhaving en wordt dan ook veelal gedaan in het kader van vergunningverplichtingen (zie onder meer [70]). Zonder gelijktijdige neerslagwaarneming is het gebruik voor controle van rekenkundige uitkomsten niet mogelijk.

4.2.2 *parameters*

Als men inzicht wil verkrijgen in de overstortingsfrequentie van een overstort zijn slechts twee parameters relevant, namelijk de tijd en het aantal malen dat de waterstand in het riool het drempelpeil passeert in de tijd. In combinatie met de definitie van een overstortingsgebeurtenis (zie bijlage 3) kan uit deze metingen de overstortingsfrequentie worden bepaald.

4.2.3 *meetopzet*

Met een overstortteller wordt elke passage van het waterpeil boven drempelpeil geregistreerd [69]. Een probleem bij dit soort metingen is de zogenaamde 'knipperende overstorting', dit is een overstorting waarbij het waterpeil met snelle fluctuaties (enkele minuten tot circa 30 minuten) rondom het drempelpeil varieert. Dit is een kwestie van definitie van het begrip overstorting (zie ook bijlage 3). Er zijn twee soorten overstorttellers in omloop, één waarmee uitsluitend de frequentie en de totale duur van de overstorting wordt gemeten en één waarbij per overstorting tevens begin- en eindtijdstip worden geregistreerd.

Het is van groot belang dat de tellerhoogte correct wordt ingesteld: deze moet regelmatig worden gecontroleerd.

Behalve toepassen van overstorttellers kan uiteraard ook gebruik worden gemaakt van een continue waterpeilmeting. Uit de analyse van de waterpeilen in combinatie met de bekende drempelhoogte kan dan de overstortingsfrequentie worden bepaald.

De waterpeilregistratie hoeft niet continu te werken. Men kan het registreren laten beginnen zodra het waterpeil hoger is dan een bepaald waarschuwingspeil. Dit waarschuwingspeil ligt bijvoorbeeld 10 cm beneden drempelpeil.

4.2.4 *gegevens, opslag en bewerking*

De overstortlocatie dient eenduidig herkenbaar te zijn door een unieke nummering of naamgeving. In de eenvoudigste uitvoering moet de tellerstand op locatie worden afgelezen.

Afhankelijk van de tijdsperiode die men hanteert bij het vaststellen van de frequentie dient het meetobject te worden bezocht.

Een minimum is één's per maand. Bij het opnemen van de tellerstand dient te worden genoteerd:

overstortidentificatie, datum, tijdstip, tijdsduur, tellerstand

Direct na installatie van de teller dient de initiële stand te worden geregistreerd.

Als gebruik wordt gemaakt van een continue waterpeilregistratie moeten de volgende gegevens per overstortlocatie worden opgeslagen:

datum, tijd, waterpeil

Deze gegevens moeten bij voorkeur in een ASCII-bestand worden opgeslagen.

4.2.5 *meetduur*

De meetduur voor het bepalen van de overstortingsfrequentie kan zo lang of kort zijn als noodzakelijk. Als de interesse uitgaat naar de overstortingsfrequentie in één bepaald jaar dan

zal gedurende dat jaar gemeten moeten worden. Voor de bepaling van een jaargemiddelde overstortingsfrequentie is een meetperiode van enkele (minimaal 5) jaren noodzakelijk.

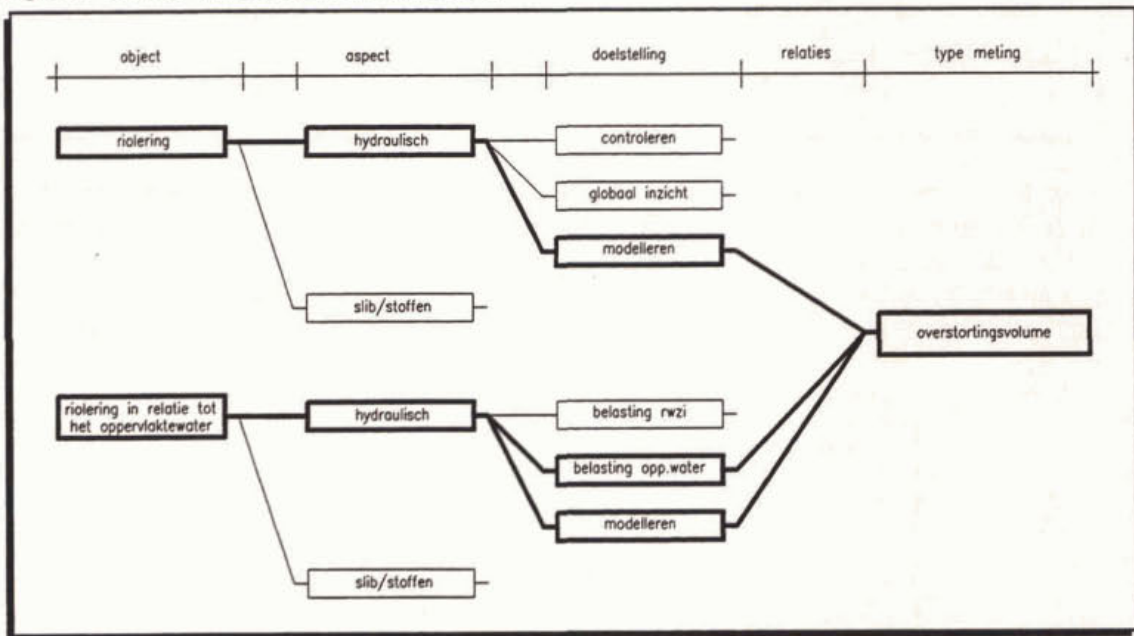
4.3 Overstortingsvolume

4.3.1 algemeen

Het meten van het overstortingsvolume (figuur 7) is van belang voor:

- het calibreren en verifiëren van hydraulische modellen (zowel voor riolering als voor oppervlaktewater);
- het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de riolering binnen het watersysteem als geheel;
- het vaststellen van de hydraulische belasting op het ontvangende oppervlaktewater;
- het expliciet vaststellen van de vuiluitwerp, zie ook § 5.4.

Figuur 7 : Meten van het overstortingsvolume.



Indien naast de overstortende hoeveelheden tevens de onderliggende metingen (debietsverloop in de tijd), aangevuld met neerslagwaarnemingen worden geregistreerd, zijn de meetresultaten tevens bruikbaar voor toetsing van rekenuitkomsten en statistische analyse.

4.3.2 parameters

In dit geval dient men het debiet als functie van de tijd over de overstort te meten. Via een bewerking (integratie) wordt dan de overstortende hoeveelheid verkregen. Het registreren van het verloop in de tijd is ook van belang in verband met het definiëren van afzonderlijke overstortingsgebeurtenissen (zie ook bijlage 3). Het wordt aanbevolen om naast tijd en debiet ook neerslagmeting (zie hoofdstuk 7) te verrichten met het oog op de bruikbaarheid van de meetresultaten voor calibratie en verificatie van rekenmodellen.

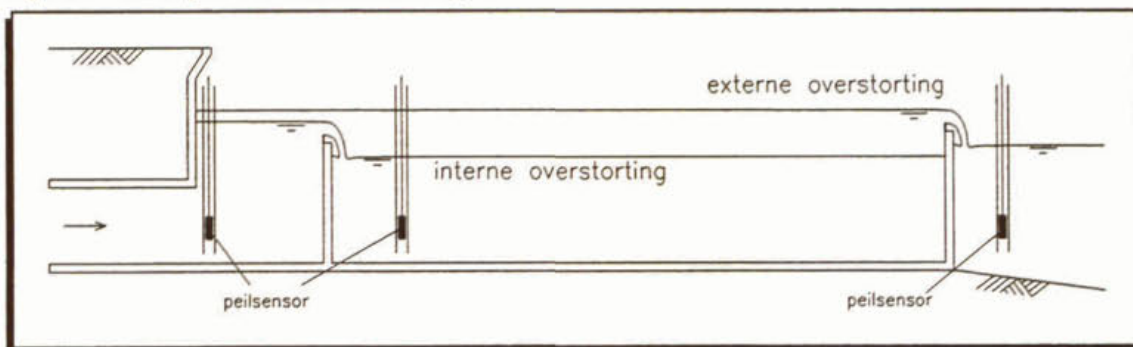
4.3.3 meetopzet

Het bepalen van het overstortingsvolume kan op twee manieren:

- door continue debietmeting als functie van de tijd;
- door directe meting van het overstortingsvolume.

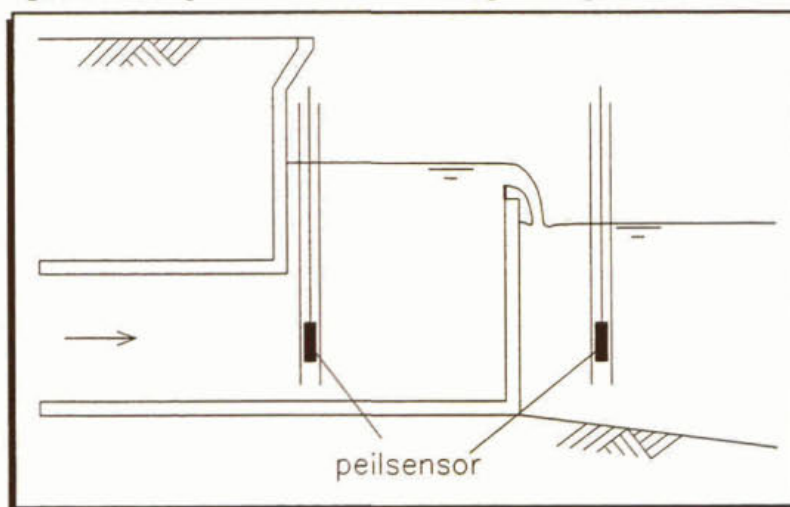
De eerste methode geldt in het algemeen voor overstortlocaties die direct op het oppervlakte-water lozen. Directe meting van het overstortingsvolume vindt vooral toepassing bij overstortingen vanuit een rioolstelsel in een retentie- of bezinkbassin [27], [28]. In een dergelijk geval kan door meting van de waterstand en de tijd in combinatie met een volume/waterpeil-relatie van het betreffende bassin het overstortingsvolume worden bepaald (zie figuur 8). Deze methode is vaak slechts gedurende een deel van de tijd van een overstorting bruikbaar; zodra het bassin geheel gevuld is, werkt deze methode niet meer en moet worden teruggevallen op debietmeting.

Figuur 8 : Meetopzet voor randvoorzieningen.



Voor het meten van debieten is een aantal mogelijkheden beschikbaar. Bij de meetopzet dient de debietmeting te worden gekoppeld aan de waterstand in de overstortput om er zeker van te zijn dat de juiste tijdsduur in de bewerking van meetresultaten wordt meegenomen. Met de meting van het waterpeil kan namelijk controle plaatsvinden op het al dan niet in werking zijn van de overstort. In de figuren 9 en 10 zijn twee meetopzetten schematisch weergegeven.

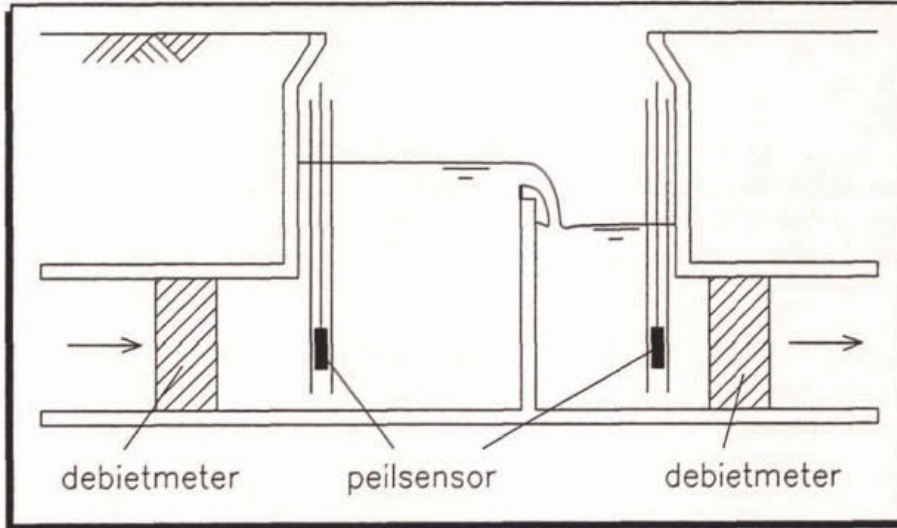
Figuur 9 : Meetopzet voor externe overstort, peilmeting met afvoerrelatie.



In de eerste meetopzet (figuur 9) wordt in de overstort de waterstand gemeten en wordt het debiet aan de hand van een goed gecalibreerde afvoerrelatie van de overstort bepaald. Deze methode heeft als voordeel dat met slechts drie parameters (twee waterstanden en tijd) aan de doelstelling kan worden voldaan. Nadeel is echter dat het vaststellen van de afvoerrelatie van de overstort een probleem kan zijn, zeker bij overstorten met een grote capaciteit of bij overstorten waar de buitenwaterstand te hoog oploopt. In elk geval moet, als door middel van waterpeilmeting het debiet over een overstort wordt bepaald, ook steeds het benedenstroomse waterpeil worden gemeten om een onvolkomen overlaatsituatie te kunnen onderkennen. In de

tweede meetopzet (figuur 10) is een directe debietmeting voor of achter de overstort geplaatst (hiervoor kunnen diverse methoden worden gebruikt, zie hoofdstuk 6).

Figuur 10 : Meetopzet externe overstort met debietmeting voor of achter de overstort.



In dit geval moet ook een meting van het verloop van de waterstand in de tijd in het riool plaatsvinden. Hiermee kan worden bepaald gedurende welke periode de overstorting plaatsvond. Het verdient aanbeveling om bij het toepassen van directe debietmeting er zorg voor te dragen dat de leiding waarin dit wordt gedaan tijdens overstorting altijd geheel gevuld is; hiermee worden als regel nauwkeuriger meetresultaten bereikt.

Deze meetmethode kan worden gebruikt om de afvoerrelatie van een overstort te bepalen. Zodra deze bekend is, kan de meting worden voortgezet met gebruikmaking van de meetopzet zoals weergegeven in figuur 9. In gevallen waarin van een permanente meetopstelling sprake is, kan gedurende een periode van één jaar de opstelling van figuur 10 worden gebruikt voor het vaststellen van de afvoerrelatie die in de meetopzet van figuur 9 moet worden gebruikt. Bij het vaststellen van de meetbereiken (maximale waterstanden) kan worden uitgegaan van de resultaten van een hydraulische berekening. Bij het gebruik van deze resultaten wordt aanbevolen om een behoorlijke veiligheidsmarge in acht te nemen. In gevallen waarin praktijkwaarnemingen aanwezig zijn, die een indicatie geven van de optredende waterstanden in de put, kan hiervan worden uitgegaan. Een dergelijke indicatie is bijvoorbeeld een aftekening aan de wand ten gevolge van een drijfslag. Bij het meten aan open bassins verdient het aanbeveling om op twee zover mogelijk uit elkaar gelegen locaties in het bassin de waterstand te meten, hierdoor kan het optreden van opwaaiing worden onderkend en in de gegevensverwerking worden uitgemiddeld.

4.3.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De bewerking van de metingen naar de overstorthoeveelheid gaat als volgt:

$$V = \int_{t_s}^{t_e} Q(t) dt \quad (1)$$

Waarin:	V	overstortingsvolume	$[m^3]$
	$Q(t)$	overstortingsdebiet als functie van de tijd	$[m^3/s]$
	t_e	eindtijdstip overstorting	$[s]$
	t_s	begintijdstip overstorting	$[s]$

De nauwkeurigheid van de bepaling van het volume is afhankelijk van de meetnauwkeurigheden in het debiet en in de tijd. Als het debiet niet continu wordt gemeten, wordt bovendien nog een interpolatiefout gemaakt in de numerieke integratiemethode die afhankelijk is van het tijdsinterval in de registratie en de gehanteerde integratiemethode. Bij (vrijwel) continue meting en registratie van het debiet kan deze fout verwaarloosbaar klein worden gemaakt en is de nauwkeurigheid van de volumebepaling praktisch gelijk aan de meetfout gemaakt in de debietmeting.

Als de tijdmeting wordt verricht met elektronische middelen valt de invloed van de tijdnauwkeurigheid in de bewerkte meetresultaten praktisch gezien weg. De meeton nauwkeurigheden in de debieten variëren tussen circa 1 % en 20 %, afhankelijk van het gekozen meetprincipe, de uitvoering van de apparatuur en de inrichting van de meetlocatie (zie ook hoofdstuk 6).

De meetfrequentie kan, afhankelijk van de apparatuur, zeer hoog zijn (tot één meting per seconde). Als het overstortingsvolume volgens formule (1) direct in de meetopstelling wordt bepaald, kan naast het registreren van het debiet ook het cumulatief volume in de tijd worden geregistreerd. Dit heeft als voordeel dat er geen extra onnauwkeurigheid optreedt in het bepalen van het overstortingsvolume ten gevolge van de registratiefrequentie, die als regel (veel) lager is dan de debietmeetfrequentie in de apparatuur.

In tabel 2 zijn indicaties voor de gewenste meetnauwkeurigheid en meetfrequentie aangegeven.

Tabel 2 : Meetnauwkeurigheden en meetfrequenties.

parameter	gewenste nauwkeurigheid	meetfrequentie
Volume (V)	5-20 %	-
Debiet (Q)*	1-5 %	meer dan eens per 5 minuten
tijd (t)*	0,1 sec	meer dan eens per 5 minuten
* De onderlinge samenhang tussen meetnauwkeurigheid en meetfrequentie moet worden bepaald uit de gehanteerde integratiemethode en de gewenste nauwkeurigheid van de volumebepaling.		

Voor een diepgaande beschouwing over meetnauwkeurigheden en meetfrequenties wordt verwezen naar [62].

4.3.5 gegevens, opslag en bewerking

De overstortlocatie dient eenduidig herkenbaar te zijn door een unieke nummering of naamgeving. De gegevens behorende bij een overstort moeten bij elkaar te worden opgeslagen. Minimaal dienen de volgende gegevens te worden opgeslagen:

overstortidentificatie, overstortingsidentificatie, begindatum, begintijdstip overstorting, einddatum, eindtijdstip overstorting, overgestort volume.

Op grond van deze gegevens kunnen na statistische bewerking uitspraken worden gedaan over gemiddeld overstortingsvolume per tijdseenheid en per gebeurtenis. Tevens kunnen uitspraken worden gedaan over extremen. Hiervoor moet wel een meetreeks van voldoende lengte worden gehanteerd. Een minimale meetperiode voor dergelijke toepassingen is 2 jaar.

Als een meer uitgebreide opslag wordt gehanteerd, kunnen de metingen worden gebruikt bij studies naar de calibratie van hydraulische modellen. De opslag van de gegevens dient dan de meetgegevens van debieten en tijdstippen te bevatten.

De opslag kan er dan als volgt uit zien:

overstortidentificatie, overstortingsidentificatie, startdatum, begintijdstip, einddatum, eindtijdstip, totaal overstortingsvolume

daarna een reeks van :

datum, tijdstip, debiet, (waterstand, in geval van het gebruik van een afvoerrelatie)

Als de berekening van het volume volgens formule (1) is gedaan met gebruikmaking van een hogere meetfrequentie dan de registratiefrequentie moet de reeks van gegevens als volgt worden ingericht:

datum, tijdstip, cumulatief volume, debiet (waterstand)

De reden hiervoor is dat de nauwkeurigheid van de volumebepaling als regel hoger is bij hoge meetfrequenties. De registratiefrequentie is als regel lager dan de meetfrequentie van het debiet. De laatstgenoemde opslagmethode verdient de voorkeur omdat hiermee meer gebruiksmogelijkheden worden geboden en achteraf een betere controle op de metingen mogelijk is. Overigens kan door het vergelijken van de rekenresultaten voor het overstortingsvolume berekend met meetfrequentie en met registratiefrequentie, een schatting worden gegeven voor de onnauwkeurigheid die de berekeningsmethode met zich meebrengt. Voor de achtergronden hiervan wordt verwezen naar de literatuur over numerieke wiskunde, bijvoorbeeld [14].

Bij het verwerken van de meetgegevens speelt de definitie van een overstortingsgebeurtenis een belangrijke rol. In deze leidraad wordt uitgegaan van het gebruik van definities zoals deze zijn geformuleerd in de Leidraad Riolering [19]. Voor alle duidelijkheid zijn in bijlage 3 deze en andere, daarmee samenhangende, definities opgenomen.

4.3.6 *meetduur*

De meetduur is afhankelijk van de exacte doelstelling. In elk geval moet een periode van circa enkele maanden (waarbinnen 2 à 5 overstortingen plaatsvinden) in acht worden genomen voordat de meetinstallatie volledig correct functioneert. Als men de gegevens wil gebruiken voor het calibreren en verifiëren van rekenmodellen is het voldoende enkele overstortingsgebeurtenissen te bemeten. Als men vooral geïnteresseerd is het kwantificeren van statistische kentallen, zoals gemiddeld jaarlijks overstortingsvolume, moet een meetperiode van enkele jaren worden aangehouden.

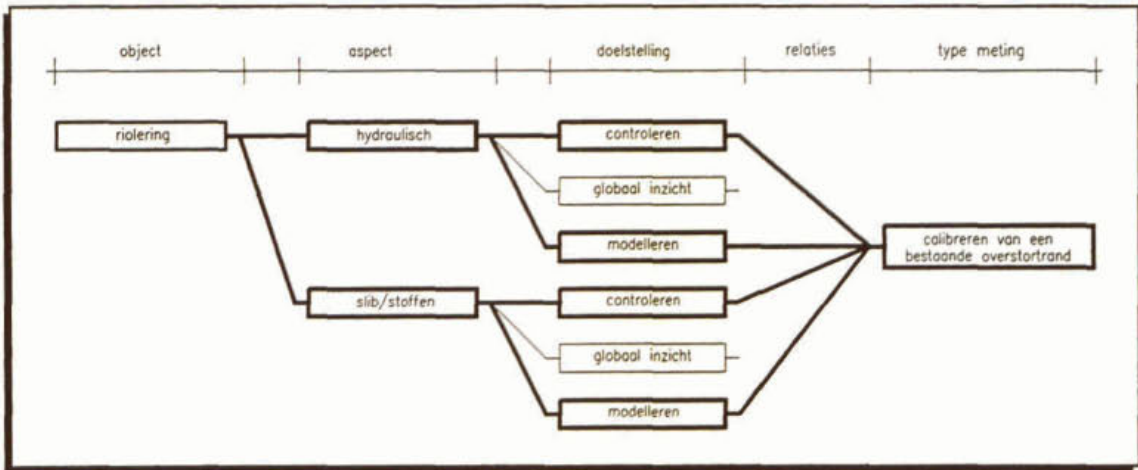
4.4 **Het calibreren van een bestaande overstortrand**

4.4.1 *algemeen*

In veel gevallen is de enige mogelijkheid om het overstortingsdebiet te meten in een bestaande toestand het gebruik maken van de bestaande overstortconstructie als debietmeter. Hiervoor is het noodzakelijk de relatie tussen debiet en waterpeil in de overstortput via een calibratie te bepalen. Wil een bestaande overstortconstructie geschikt zijn voor debietmeting, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- de overstortdrempel ligt horizontaal en is gelijkmatig afgewerkt, bij voorkeur is een scherpe overstortrand aangebracht;
- de overstortconstructie is toegankelijk voor onderhoud (wegruimen van slib en dergelijke);
- de instroming in de put is bij voorkeur symmetrisch en haaks op, of evenwijdig aan, de overstortrand;
- er sluit slechts één leiding direct aan op de overstortput;
- er treedt geen, of slechts bij hoge uitzondering, terugstuwing op vanuit het oppervlaktewater.

Figuur 11 : Het calibreren van een bestaande overstortrand



4.4.2 parameters

De te meten parameters bij het calibreren zijn :

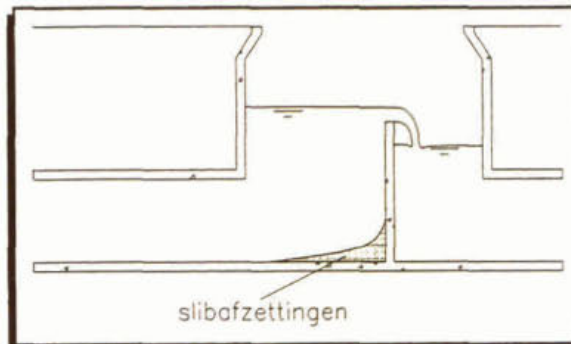
- ontwikkelde lengte van de overstortrand;
- peil van de overstortrand;
- debiet;
- waterpeil(en) in de put;
- tijd.

Het waterpeil kan op verschillende plaatsen in de put worden gemeten om zo de meest geschikte plaats te vinden voor de definitieve opstelling. Bij verandering van debiet moet registratie van de tijd plaatsvinden om te kunnen vaststellen of er sprake is van een stationaire toestand waarbij gemeten kan worden.

4.4.3 meetopzet.

In eerste instantie moet de put worden ontdaan van slib en ander materiaal. In veel overstortputten worden sedimentafzettingen aangetroffen zoals weergegeven in figuur 12.

Figuur 12 : Locatie slibafzettingen in een overstortput.



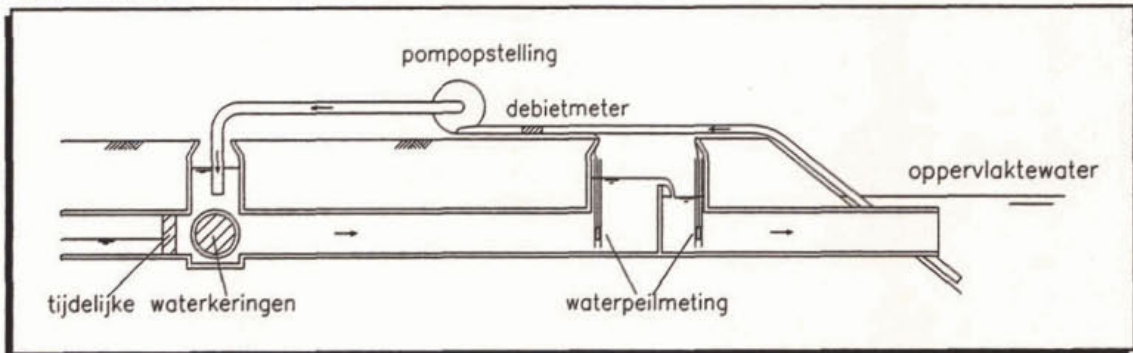
Door deze te verwijderen wordt een reproduceerbare geometrie verkregen. Dit houdt wel in dat gedurende het gebruik van de overstortconstructie als debietmeter de put schoon moet zijn en dus slibafzettingen regelmatig moeten worden verwijderd.

In het algemeen zal worden uitgegaan van een meetopzet als weergegeven in figuur 13.

De overstortconstructie en de aanvoerleiding moeten van de rest van het rioolstelsel worden geïsoleerd door het aanbrengen van tijdelijke waterkeringen.

In de overstortput wordt het waterpeil gemeten op ten minste één plaats. Als er in de put een onrustig stroombeeld ontstaat, is meting van de waterstand op meerdere plaatsen aan te bevelen.

Figuur 13 : Algemene meetopzet voor de calibratie van een overstort.



De waterstand aan de benedenstreamse zijde van de drempel moet worden gemeten om te controleren of er overgangen van volkomen naar onvolkomen overlaat-toestand optreden. Dit is met name van belang bij een uitstroomconstructie.

Tijdens de calibratie moet de ontwikkelde lengte van de overstortrand worden gemeten. Met behulp van een transporteerbare pomp wordt een waterstroom op gang gebracht. Met een in het gesloten leidingcircuit opgenomen nauwkeurige debietmeter wordt het debiet gemeten. De eisen die aan opstelling worden gesteld, zijn:

- stabiele werking van pomp en drukleidingsysteem;
- voldoende bereik (zowel stabiele lage debieten als een voldoende hoog maximaal debiet)
- lekvrij;
- in de leiding tussen instroomput en overstortput mogen geen andere lozingen plaatsvinden.

Het noodzakelijke debietbereik kan worden geschat door het maximaal optredende waterpeil in de overstortput te schatten en met een standaard overlaatformule het maximale debiet te berekenen, bijvoorbeeld volgens formule (2):

$$Q = 1,7bH^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

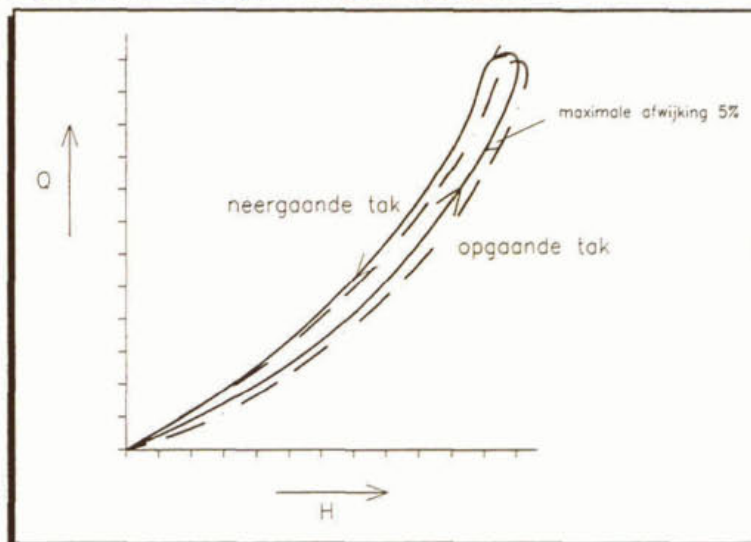
waarin:	b	ontwikkelde lengte van de overstortdrempel	[m]
	H	waterpeil in de put boven het drempelpeil	[m]
	Q	overstortingsdebiet	[m ³ /s]

Gestart wordt met een zo laag mogelijk debiet. De waarde van dit debiet wordt bepaald door de pompstelling en door het meetbereik van de debietmeter. Er wordt gewacht totdat de debietmeting stabiel is en er gedurende een periode van ongeveer 5 minuten geen variatie is waargenomen in de waterstand in overstortput.

Daarna wordt steeds in kleine stappen het debiet verhoogd waarbij de procedure wordt herhaald. Als het maximale debiet is bereikt, wordt het debiet in kleine stappen verlaagd waarbij steeds per stap de meetprocedure wordt herhaald, totdat het laagste debiet weer is bereikt.

Op deze manier wordt een 'opgaande' en een 'neergaande' meting gedaan. Bij hysteresis in de Q-H relatie van de overstort wordt deze zichtbaar bij de uitwerking van de metingen (zie figuur 14).

Figuur 14 : Voorbeeld hysteresis in een Q-H relatie.



Omdat de calibratie in-situ wordt gedaan en herhaling kostbaar is, wordt aanbevolen om ter plekke de meetgegevens te controleren en eventuele foutieve metingen te herhalen.

De proef moet tenminste twee maal worden gedaan; tussen de twee gemeten curves mag niet meer dan 5 % afwijking voorkomen in de waargenomen waterstand bij een bepaald debiet.

4.4.4 meetnauwkeurigheden en -frequenties

De meetnauwkeurigheden moeten zo hoog mogelijk zijn. Bij toepassing van een juist geplaatste flowmeter zijn nauwkeurigheden van 0,5 % haalbaar voor de debietmeting. De waterpeilmeting moet worden uitgevoerd op minimaal 0,002 m nauwkeurig.

De meetfrequentie is niet relevant voor de calibratie, in zoverre dat wel wordt aanbevolen om de calibratie in duplo uit te voeren om na te gaan of er geen fouten zijn gemaakt.

De calibratie moet na afloop van de onderzoeksperiode worden herhaald om na te gaan of gedurende het onderzoek geen veranderingen in de Q-H relatie zijn ontstaan.

4.4.5 gegevens, opslag en bewerking

De gegevens die moeten worden opgeslagen zijn:
overstortidentificatie, lengte overstortdrempel

daarna, per meting

datum, tijdstip, debiet, waterpeil in put (rioolzijde), waterpeil in put (oppervlaktewaterzijde)

Tijdens de meting moeten de resultaten in een grafiek worden uitgezet zodat afwijkende meetresultaten direct opvallen. In dezelfde grafiek moet ook de duplo-bepaling worden uitgezet; hiermee worden eventuele systematische fouten direct zichtbaar.

Tijdens de calibratie moet een operationeel logboek worden bijgehouden zodat eventuele bijzonderheden kunnen worden vastgelegd. In dit logboek moet in elk geval worden genoteerd met welke (meet)apparaten is gewerkt. Omdat het een incidentele meting betreft die in de toekomst wellicht moet worden herhaald, is het van belang deze gegevens vast te leggen.

4.4.6 meetduur

De meetduur van het calibreren van een bestaande overstort kost, bij een goede voorbereiding, 1 tot 2 dagen afhankelijk van de problemen die ontstaan.

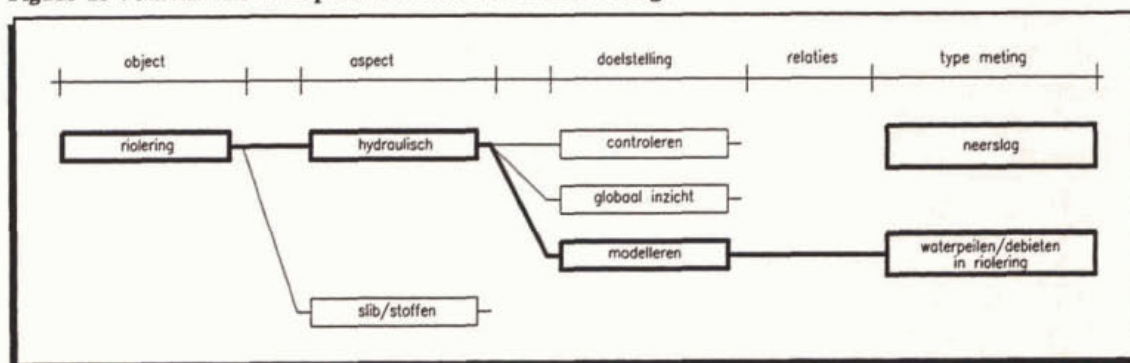
Bij de keuze van het meetmoment moet rekening worden gehouden met de weersverwachtingen. Wanneer neerslag van enige betekenis wordt verwacht op de geplande dag of de 2 dagen direct daarna, is het aan te bevelen de calibratie uit te stellen.

4.5 Waterpeilen en debieten in het rioelstelsel

4.5.1 algemeen

Bij het gebruik van rekenmodellen bestaat behoefte aan meetresultaten voor de validatie en calibratie van deze modellen (zie figuur 15). Dit komt voort uit het grote aantal slecht te schatten coëfficiënten in de berekeningen, zie onder meer [19].

Figuur 15 : Meten van waterpeilen en debieten in de riolering.



4.5.2 parameters

Een hydraulisch rekenmodel voor de riolering berekent, uitgaande van de geometrie van het rioelstelsel en de rioelinloop, het verloop in de tijd van waterstanden in de rioelputten, de debieten door de leidingen en over de overstorten, en de werking van gemalen.

Bij de controle (validatie) van de juistheid van een gebruikt model dienen dus als parameters gebruikt te worden:

- debieten;
- waterstanden;
- inlooppelingen.

Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid wordt een bepaalde meetopzet gekozen. Om praktische redenen wordt de inlooppeling vaak vervangen door neerslagmeting. De inloop is namelijk per inlooppunt sterk verschillend en het meten van de inloop resulteert in een voor niet strikt-wetenschappelijke doeleinden onhandelbare meetopstelling vanwege het grote aantal inlooppunten. In § 4.6 wordt ingegaan op het meten van de inloop in het rioelstelsel. De inloop wordt via de neerslagmeting in het hydraulisch model ondergebracht. De praktisch gehanteerde meetparameters zijn dan:

- debieten;
- waterstanden;
- neerslag.

Wanneer wordt gemeten om modellen te kunnen calibreren en verifiëren is een goede beschrijving van het rioelstelsel zeer belangrijk. Bovendien moet ook aandacht worden besteed aan:

- het al dan niet tot afstroming komen van onverharde oppervlakken;

- de beschikbare inspectiegegevens;
- gegevens van de weersgesteldheid ten tijde van de metingen (bijvoorbeeld vorst, dooi na vorst, of extreme wind).

Deze gegevens moeten worden vermeld in het operationele logboek.

4.5.3 *meetopzet*

Een algemeen geldige meetopzet is niet te geven omdat deze zeer sterk afhangt van lokale omstandigheden en stelselspecifieke kenmerken. Een meetopzet dient in elk geval de mogelijkheid te bieden de in- en uitgaande stromen te kwantificeren. Dit houdt in dat op **alle** randen van het rioolstelsel het verloop van de debieten moet worden gemeten.

- meting van de verpompte hoeveelheden;
- meting van de overstortingsdebieten;
- meting van de waterstanden.

De meting van de overstortende hoeveelheden kan worden uitgevoerd als beschreven onder § 4.3 met dien verstande dat de uitgebreide registratie wordt gebruikt zodat het verloop van het debiet in de tijd wordt vastgelegd. Een principiële keuze die gemaakt moet worden in de meetopzet is of men één of enkele gebeurtenissen (buien die tot één of meer werkende overstortingen aanleiding geven) wil meten, of dat van een lange meetperiode wordt uitgegaan. Het opstellen van een kortlopend meetprogramma vraagt om een andersoortige organisatie en meetopzet dan een min of meer permanent programma. Voor het calibreren en verifiëren van gedetailleerde rekenmodellen op knoop/strengniveau is een kortdurende meetopzet voldoende. Als echter uitspraken over statistische kentallen van het hydraulisch functioneren moeten worden geverifieerd, is een min of meer permanente meetopzet noodzakelijk.

Op minimaal twee punten in het rioolstelsel dienen waterstanden (of debieten) als functie van de tijd te worden geregistreerd.

De keuze van deze punten kan worden gedaan aan de hand van de resultaten van hydraulische berekeningen aan het betrokken stelsel. Op grond van deze berekeningen verkrijgt men inzicht in het verwachte functioneren van het stelsel en kan men belangrijke locaties in het systeem aangeven.

De neerslagmeting dient op locatie te worden uitgevoerd. Gebruik van neerslagwaarnemingen van een nabij gelegen weerstation wordt ontraden omdat dit geen representatieve waarneming kan zijn, tenzij het weerstation binnen de geografische grenzen van het bemeten rioolstelsel is gelegen. In het geval van uitgestrekte systemen (groter dan ongeveer 2 bij 2 kilometer) is het noodzakelijk meerdere neerslagmeetpunten in te richten. Als een nauwkeurige meting van het neerslagvolume noodzakelijk is, zijn ongeacht de gebiedsgrootte minimaal twee neerslagmeters vereist, zie ook hoofdstuk 7 en [17].

4.5.4 *meetnauwkeurigheden en meetfrequentie*

De nauwkeurigheden van de verschillende metingen dienen met elkaar in overeenstemming te zijn. Waterstanden, indien deze niet worden gebruikt voor debietsbepaling met een afvoerrelatie, worden gemeten met nauwkeurigheden van ongeveer 0,02 m in absolute zin. Een hogere nauwkeurigheid is onder de condities in een rioolstelsel alleen met onevenredig hoge kosten en inspanning haalbaar en heeft weinig toegevoegde waarde.

De meetnauwkeurigheden van waterstanden, indien gebruikt voor de bepaling van de debieten over overlaten, dienen te worden gerelateerd aan de gewenste nauwkeurigheid van de debietmeting.

Voor debietmetingen dient een meetnauwkeurigheid van circa 5 % te worden nagestreefd gedurende neerslagafvoer. In de droogweerssituatie is een dergelijke nauwkeurigheid praktisch

moeilijk haalbaar. Omdat als regel de droogweersituatie minder belangrijk wordt geacht voor de validatie van hydraulische modellen kan een nauwkeurigheid van 10-20 % als voldoende worden beschouwd.

De meetfrequentie is afhankelijk van de snelheid waarmee significante veranderingen optreden in waterstand of debiet in de tijd. Door middel van berekeningen met niet-stationaire hydraulische modellen kan hiervoor een eerste schatting worden gegeven. Voor afvoer tijdens neerslag kan een frequentie van éénmaal per minuut tot éénmaal per 5 minuten worden aangehouden, voor metingen tijdens droogweerafvoer is een meetfrequentie van éénmaal per 15 minuten voldoende. De geregistreerde gegevens moeten bij voorkeur tijdgemiddelde waarden zijn en geen momentane waarden. Hiermee wordt zogenaamde 'meetruis' onderdrukt, zie onder meer [62]. In tabel 3 zijn de genoemde waarden voor nauwkeurigheid en frequentie samengevat.

Tabel 3 : Meetnauwkeurigheden en meetfrequenties.

parameters	gewenste nauwkeurigheid	frequentie
Debiet (Q) ⁽¹⁾	5 %	éénmaal per 5 minuten.
Debiet (Q) ⁽²⁾	10 - 20 %	éénmaal per 15 minuten.
Waterpeil (H)	0,02 m	éénmaal per 5 ⁽¹⁾ -15 ⁽²⁾ minuten.
Neerslag (P)	0,1 mm	éénmaal per 5 minuten.
⁽¹⁾ tijdens neerslag ⁽²⁾ tijdens droogweer		

4.5.5 gegevens, opslag en bewerking

Van de verschillende parameters dienen de volgende gegevens te worden opgeslagen:

waterpeilmeting

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, waterpeil

debietmeting:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, debiet

Voor de opslag van de neerslaggegevens wordt verwezen naar § 7.5.

4.5.6 meetduur

De noodzakelijke meetduur kan variëren van kort (één neerslaggebeurtenis waarin alle componenten hebben gefunctioneerd) tot zeer lang (jaren) als het gaat om de controle van frequentievoorspellingen. Bij het opzetten van een meerjarig meetprogramma moet rekening worden gehouden met een opstartfase van circa 2-6 maanden (waarin 2 à 5 overstortingen plaatsvinden), voordat de meetopstelling als geheel correct functioneert.

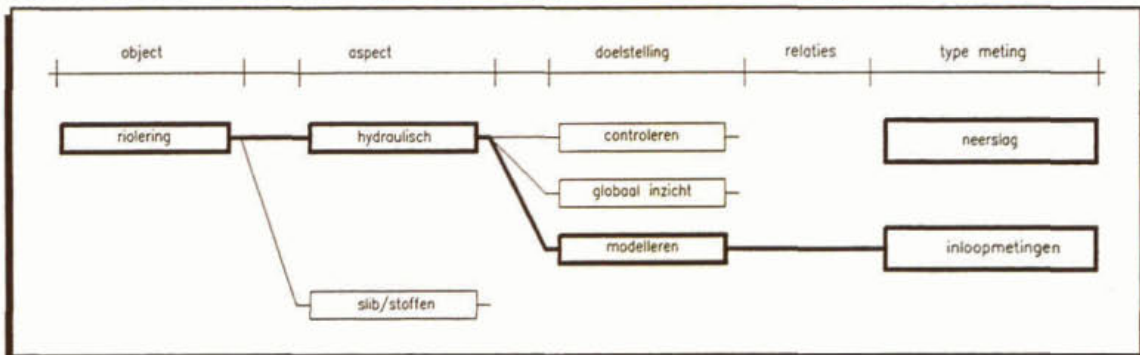
4.6 Meten van de inloop

4.6.1 algemeen

Zoals in § 4.5 is aangegeven, is het meten van de inloop vanaf afvoerende oppervlakken in het rioolstelsel in de praktijk slechts op bescheiden schaal mogelijk. Om dit volledig te meten zou immers op elke straatkolk een debietmeting van de inloop als functie van de tijd moeten worden verricht. Het meten van de relatie tussen neerslag en inloop wordt feitelijk uitsluitend

gedaan om zogenaamde inloopmodellen te verifiëren of te calibreren (figuur 16), zie ondermeer [21].

Figuur 16 : Meten van de inloop vanaf afvoerende oppervlakken naar de riolering.



4.6.2 parameters

Omdat inloopmetingen voornamelijk worden gedaan om rekenmodellen te verifiëren of te calibreren hangen de te meten parameters af van het model waarmee wordt gewerkt. In het algemeen zullen in elk geval de volgende parameters moeten worden gemeten:

- neerslag als functie van de tijd;
- het inloopdebiet als functie van de tijd;
- parameters waarmee het afvoerende oppervlak wordt beschreven.

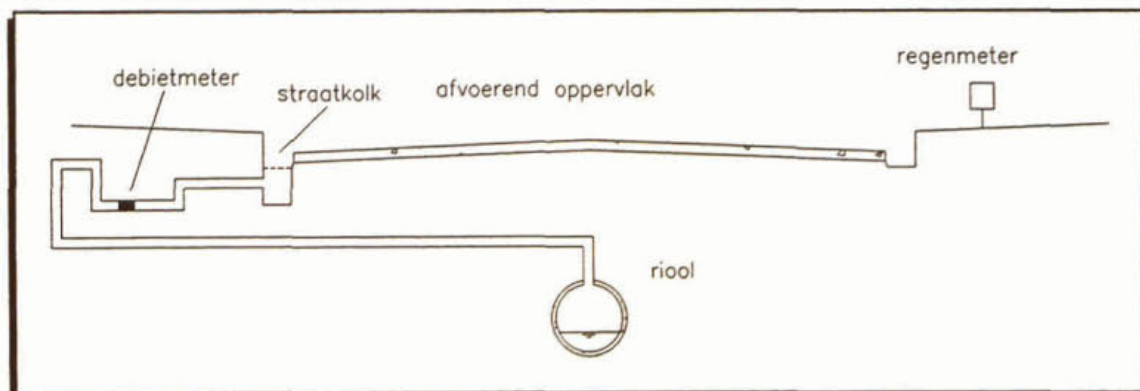
De beschrijvende parameters van het afvoerende oppervlak variëren per model. In het algemeen zullen ten minste de volgende kenmerken bekend moeten zijn:

- grootte van het oppervlak;
- de vorm en de aard van het oppervlak;
- de terreinhelling;
- de locatie van het inlooppunt in het terrein.

4.6.3 meetopzet

In de praktijk zijn de grootte en de vorm van het op een bepaalde straatkolk afvoerend oppervlak slecht te bepalen. Vaak variëren grootte en vorm van dit oppervlak met bijvoorbeeld de neerslagintensiteit. Daarom zal als regel kunstmatig een bepaald afvoerend oppervlak worden gedefinieerd door het nemen van bouwkundige maatregelen, zie bijvoorbeeld [65]. Figuur 17 laat een schematische weergave van de meetopzet zien.

Figuur 17 : Schematische meetopzet voor de inloopmeting.



De opstelling omvat een regenmeter, zie ook hoofdstuk 7, een debietmeter en een tijdwaarneming. In het voorbeeld in figuur 17 is de afvoerleiding van de straatkolk naar het straatriool zodanig ingericht dat een bepaalde sectie van de afvoerleiding steeds volledig gevuld blijft. In deze sectie is een debietmeter geplaatst.

Om de geschetste meetopzet te realiseren zijn bouwkundige maatregelen noodzakelijk. De leidingsectie waarin de debietmeter is opgenomen, moet toegankelijk blijven voor regelmatige inspectie en onderhoudswerkzaamheden.

Bij het dimensioneren van de meetinstallatie, de keuze van de diameter van de afvoerleiding en de keuze voor een debietmeter kan een eerste schatting worden gedaan voor het noodzakelijke meetbereik door uit te gaan van een neerslagbelasting van 200 l/s.ha. De onderbegrenzing waarboven nauwkeurige metingen mogelijk zijn, hangt af van de gekozen flowmeter en het gewenste meetbereik. In het algemeen kan als eerste schatting voor de onderbegrenzing een waarde van circa 5 l/s.ha. worden aangehouden.

De omvang het afvoerende oppervlak is een belangrijke maat bij het ontwerp van de meetopstelling, immers hiermee wordt het noodzakelijke meetbereik van de debietmeting bepaald.

De regenmeter moet direct op locatie aanwezig zijn, omdat er een directe relatie tussen lokaal gemeten neerslag en lokaal gemeten inloop moet worden gelegd. De regenmeter moet zorgvuldig worden opgesteld. Bij voorkeur wordt een grondregenmeter (§ 7.3) gebruikt.

4.6.4 *meetnauwkeurigheden en meetfrequentie*

Omdat inloopmetingen als regel worden gebruikt voor de verificatie en calibratie van rekenmodellen en wetenschappelijk onderzoek moet een zo groot mogelijke meetnauwkeurigheid worden nagestreefd. Dit geldt ook voor gevallen waarin de resultaten van de metingen worden gebruikt voor extrapolatie naar grotere gebieden. In tabel 4 zijn de gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties samengevat.

Tabel 4 : Gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties ten behoeve van inloopmeting.

parameter	nauwkeurigheid	frequentie
Debiet (Q)	1 %	éénmaal per 1 tot 5 minuten
Neerslag (P)	0,01 mm	éénmaal per 5 minuten
Afvoerend oppervlak (A)	1 - 5 %	éénmalig

4.6.5 *gegevens, opslag en bewerking*

Van de debietmeting moeten de volgende gegevens worden opgeslagen:
meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, inloopdebiet

Voor de opslag van de neerslaggegevens wordt verwezen naar § 7.5.
De bewerking van de meetgegevens wordt ondermeer beschreven in [66].

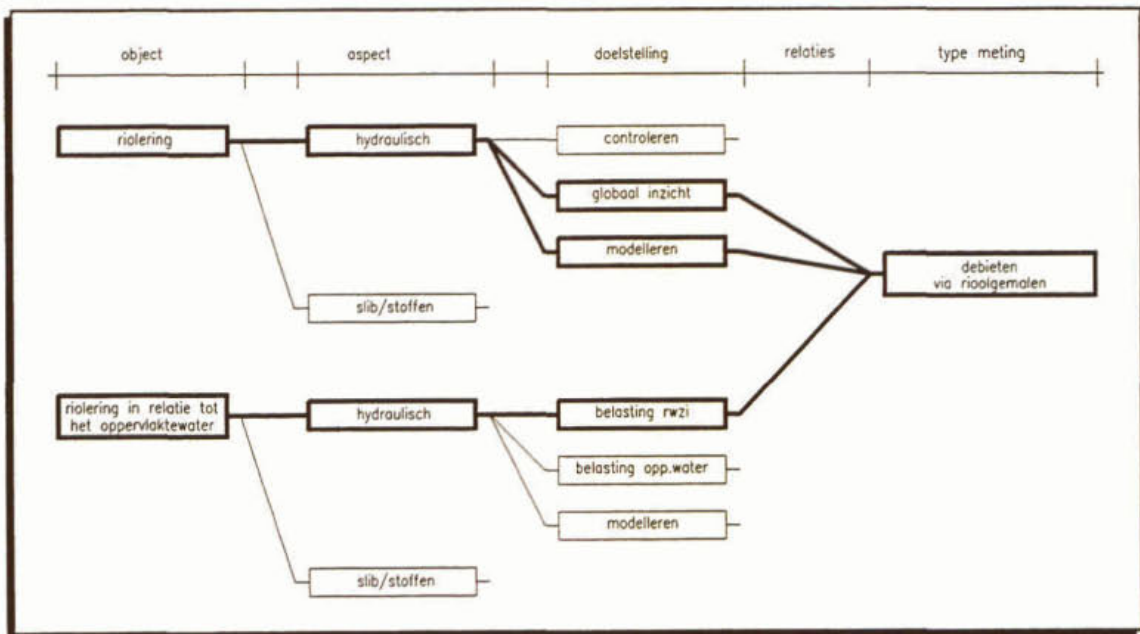
4.6.6 *meetduur*

De noodzakelijke meetduur kan variëren van kort (één neerslaggebeurtenis waarin alle componenten hebben gefunctioneerd) tot zeer lang (jaren) als het gaat om het verkrijgen van statistische kentallen. Bij het opzetten van een meerjarig meetprogramma moet rekening worden gehouden met een opstartfase van circa 2-6 maanden (waarin enkele buien van enige omvang plaatsvinden) voordat de meetopstelling als geheel correct functioneert.

4.7 Waterpeil en debieten in rioolgemaal

4.7.1 algemeen

Figuur 18 : Meten van waterpeilen en debieten in rioolgemaal.



Het meten van debieten in rioolgemaal is noodzakelijk (figuur 18) wanneer men inzicht in het functioneren van de riolering wil hebben. Dit kan een globaal inzicht zijn of een gedetailleerd inzicht wanneer bijvoorbeeld hydraulische modellen gecalibreerd en geverifieerd moeten worden, of bij het vaststellen van de hydraulische belasting van een rwzi.

In de praktijk wordt vaak veel waarde gehecht aan de draaiurenregistratie van een gemaal. Bij een verondersteld constant debiet door het gemaal wordt uit de draaiuren het verpompte volume afgeleid. Ten gevolge van in- en uitschakelverschijnselen, slijtage van onderdelen, samenloop van pompen of gemalen is het door een gemaal geleverde debiet niet constant in de tijd. Het gebruik van draaiurenregistratie blijft dan ook slechts beperkt voor het verkrijgen van een globaal inzicht in het verpompte volume.

Toch kan uit een registratie van de werking van een rioolgemaal op een betrekkelijke eenvoudige manier belangrijke informatie worden gewonnen over het functioneren van het rioolstelsel. In het hiernavolgende wordt uitgegaan van gemalen waarin waaierpompen zijn opgesteld omdat dit de grote meerderheid betreft. In enkele gevallen worden vijzelgemalen toegepast, zie hiervoor [58].

De grotere gemalen zijn tegenwoordig uitgerust met een automatische registratie van de draaiuren en het waterpeil in de pompkamer.

Het meten van debieten in gemalen kan op de volgende manieren worden uitgevoerd:

- door meting van druk of waterstanden te combineren met een pomp- of gemaalkarakteristiek;
- door directe meting van het debiet in een achter het gemaal gelegen persleiding of open waterloop.

Meting van debieten in gemalen wordt uitgebreid besproken in het STOWA 'Handboek debietmeten in open waterlopen' [58]; daarom wordt hier volstaan met het vermelden van de belangrijkste begrippen en aspecten.

Bij het gebruik van de zogenaamde Q-H relatie moet men bedacht zijn op het verschil tussen de pompkarakteristiek en de gemaalkarakteristiek. In bijlage 4 wordt hierop nader ingegaan. De wezenlijke verschillen tussen pomp- en gemaalkarakteristiek zijn:

- pompkarakteristiek
Dit is de relatie tussen debiet en manometrische opvoerhoogte. Deze relatie geldt dus zuiver voor de pomp. De invloed van de zuig- en persleiding zijn hierin niet betrokken. De pompkarakteristiek is de Q-H relatie zoals deze door de fabrikant wordt opgegeven. Het bepalen van de pompkarakteristiek is vastgelegd in ISO-normen [12];
- gemaalkarakteristiek
Dit is de relatie tussen debiet en de statische opvoerhoogte. Deze wordt bij voorkeur bepaald door calibratie na voltooiing van het gemaal, maar kan ook worden geschat door berekening van de wrijvingsverliezen. De gemaalkarakteristiek geldt dus voor de combinatie van pompen, leidingwerk en appendages.

Voor het bepalen het verpompte volume in een bepaalde periode moet het debiet in de tijd worden geïntegreerd. In § 4.3.4 is hierop nader ingegaan.

Opgemerkt wordt dat bij nieuwbouw van een gemaal het met betrekkelijk weinig kosten mogelijk is het gemaal zo in te richten dat een debietmeter eenvoudig kan worden ingebouwd. Achteraf inbouwen is als regel een kostbare zaak.

4.7.2 parameters

Bij het meten van het debiet dat een gemaal passeert, zijn de te meten parameters afhankelijk van de toegepaste meetmethode:

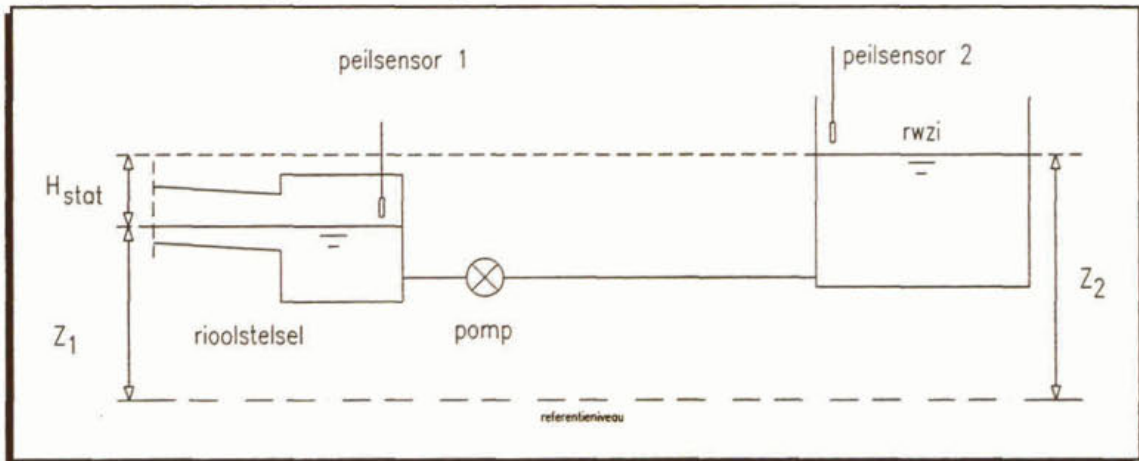
- uitgaan van de pompkarakteristiek
Hierbij moet de manometrische opvoerhoogte op exact dezelfde wijze worden gemeten als in de testopstelling van pomp, zie ook [12] en [58].
- uitgaan van de gemaalkarakteristiek
De relatie tussen geleverd debiet en de statische opvoerhoogte kan worden bepaald door de wrijvingsverliezen te berekenen waarbij voor de verliescoëfficiënten wordt uitgegaan van waarden uit handboeken, bijvoorbeeld [8].
De nauwkeurigheid van een dergelijke gemaalkarakteristiek kan erg tegenvallen omdat er vrij veel onzekerheid zit in de verschillende waarden van verliescoëfficiënten en de onderlinge beïnvloeding van de lokale verliezen.
Het is beter uit te gaan van een gemeten $Q-H_{\text{statisch}}$ -relatie. Hiervoor kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een tijdelijke debietmeting in de persleiding. Bij gebruik van de $Q-H_{\text{statisch}}$ -relatie moeten de volgende parameters worden gemeten:
 - waterpeil in de gemaalkelder als functie van de tijd;
 - waterpeil op het ontvangtpunt als functie van de tijd;
- uitgaan van debietmeting in de persleiding
In deze meetopzet wordt in de persleiding een debietmeter geplaatst. Deze meetopzet is verreweg de meest betrouwbare. Met name in gevallen waarin samenloop van pompen kan optreden, of het gemaal aangesloten is op een systeem van persleidingen waarop meerdere gemalen zijn aangesloten, is deze opstelling aan te bevelen. Het meten van debieten in gesloten leidingen kan op verschillende wijzen worden uitgevoerd, zie ook hoofdstuk 6.

4.7.3 meetopzet

In de figuren 19, 20 en 21 zijn drie verschillen meetopzetten weergegeven.

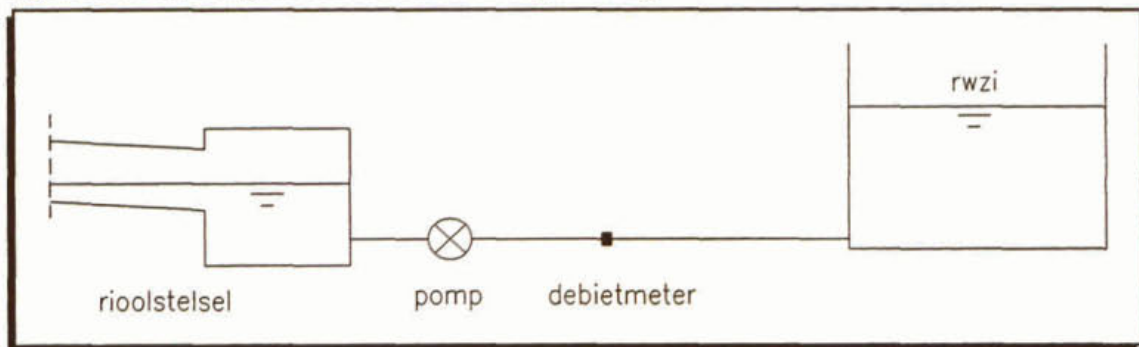
In figuur 19 is aangegeven hoe met gebruik van een tweetal waterpeilmetingen en een bekende gemaalkarakteristiek moet worden gemeten. Het is van belang dat het referentiepeil met hoge nauwkeurigheid wordt ingemeten. Met name in zettingsgevoelige gebieden is een regelmatige controle van de hoogteligging van de referentiepeilen van belang. Afhankelijk van de toegepaste peilsensoren zijn meetnauwkeurigheden van maximaal 0,005 m in peilmetingen haalbaar. Behalve meting van de peilen moeten de in- en uitslagtijdstippen van de betreffende pomp continu worden geregistreerd.

Figuur 19 : Meetopzet bij gebruik van de gemaalkarakteristiek.



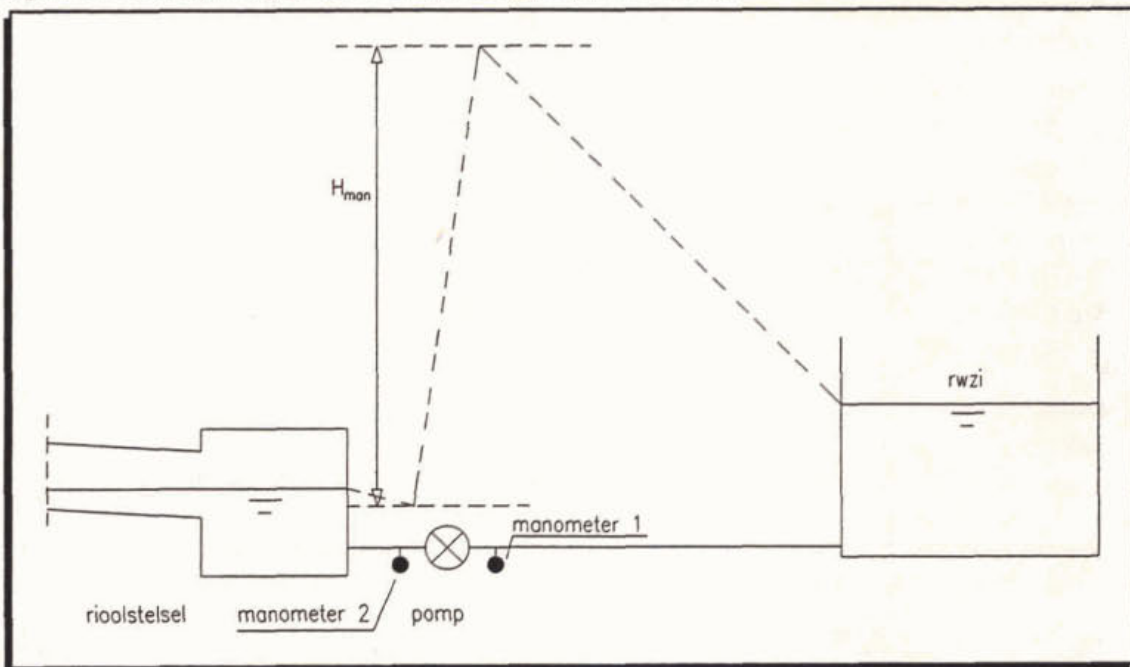
In figuur 20 is de meetopzet weergegeven waarin direct achter de pomp in de persleiding een debietmeter is geplaatst. In de meeste gevallen is deze methode verreweg de eenvoudigste, maar is in bestaande gemalen niet altijd mogelijk. Voor de inbouw van een debietmeter worden eisen gesteld aan ongestoorde aanvoer- en afvoertrechten in de persleiding (geen bochten of appendages.) Bovendien zijn de mogelijkheden voor inbouw in een bestaand gemaal ook afhankelijk van de toegankelijkheid voor het aanbrengen van wijzigingen in de constructie.

Figuur 20 : Toepassing van een debietmeter in de persleiding.



In figuur 21 tenslotte is de meetopzet voor het gebruik van de pompkarakteristiek weergegeven. Het voordeel van deze meetopzet is dat met relatief eenvoudige middelen op een locatie (in tegenstelling tot de vorige meetopzet) met een vrij grote nauwkeurigheid het debiet kan worden gemeten. De exacte inbouwafstanden van de manometers zijn vastgelegd in ISO-standaard 2548.

Figuur 21 : Meetopzet bij gebruikmaking van de pompkarakteristiek.



4.7.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De nauwkeurigste resultaten worden bereikt door uit te gaan van de volgens ISO-normen bepaalde pompkarakteristiek en een meetopzet die identiek is aan de opzet die gebruikt is in de testopstelling. Deze methode wordt in de praktijk echter weinig toegepast. Als wordt uitgegaan van de gemaalkarakteristiek worden de meest nauwkeurige resultaten bereikt als deze is gecalibreerd. Hierbij geldt als voorwaarde dat regelmatige hercalibratie van de gemaalkarakteristiek plaatsvindt. Ten gevolge van slijtage van de pomp en vervuiling van zuig- en persleiding (zie [13]) kan de werkelijke karakteristiek van het gemaal in de loop van de tijd sterk gaan afwijken van de aangenomen relatie.

Tabel 5 : Meetnauwkeurigheden en meetfrequenties.

parameter	nauwkeurigheid	frequentie
meetopzet 1 (Figuur 19): waterpeil (z_1, z_2)	0,005 m	éénmaal per 5 minuten
meetopzet 2 (Figuur 20): debiet (Q)	1-5 %	éénmaal per 5 minuten
meetopzet 3 (Figuur 21): druk (p_1, p_2) ⁽¹⁾	< 1%	éénmaal per 5 minuten

⁽¹⁾ p_1 is de afgelezen druk van manometer 1, p_2 is de afgelezen druk van manometer 2, zie figuur 21

Gemiddeld is hercalibratie eens per jaar noodzakelijk, hoewel afvalwaterleidingen in bepaalde gevallen ook binnen een kortere termijn vervuild kunnen raken. Aanbevolen wordt om in elk geval bij de aanvang en de beëindiging van een meetproject een calibratie uit te voeren, en na elke wijziging aan gemaal of persleiding, bijvoorbeeld na reiniging van de persleiding.

In gevallen waarin op een persleiding meerdere gemalen zijn aangesloten, verdient de toepassing van een debietmeter in de persleiding de voorkeur.

Voor de meetfrequentie geldt hetgeen er onder § 4.5.4 is gesteld, met als extra kanttekening dat uitsluitend moet worden gemeten als het gemaal (of een van de opgestelde pompen) in werking is. In tabel 5 zijn indicaties van de gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties samengevat.

4.7.5 *gegevens, opslag en bewerking*

De metingen worden gebruikt bij studies naar de calibratie van hydraulische modellen. De opslag van de gegevens dient dan de meetgegevens van debieten en tijdstippen te bevatten.

De opslag wordt, als is gewerkt volgens meetopzet 1 (figuur 19) en met gebruik van de gemaalkarakteristiek:

gemaalidentificatie, datum, tijdstip, waterpeil in de gemaalkelder, waterpeil in het ontvangspunt

Voorwaarde is wel dat de beide peilsensoren gelijktijdig worden uitgelezen. Als dit niet zo is, moeten per sensor datum, tijdstip en uitgelezen waarden worden opgeslagen.

De opslag wordt, als is gewerkt volgens meetopzet 2 (figuur 20) en met gebruik van directe debietmeting:

gemaalidentificatie, datum, tijdstip, aflezing debietmeter

De opslag wordt, als is gewerkt volgens meetopzet 3 (figuur 21) en met gebruik van de pompkarakteristiek:

Per pompopstelling :

gemaalidentificatie, pompidentificatie, datum, tijdstip, aflezing manometer 1, aflezing manometer 2

Voorwaarde is wel dat de beide manometers gelijktijdig worden afgelezen. Als dit niet zo is, moeten per manometer datum, tijdstip en uitgelezen waarden worden opgeslagen.

In het geval van vijzelgemalen moeten de volgende gegevens worden opgeslagen:

gemaalidentificatie, datum, tijdstip, benedenwaterstand, bovenwaterstand, toerental

Voor wat vijzelgemalen betreft wordt verwezen naar [58].

4.7.6 *meetduur*

De noodzakelijke meetduur kan variëren van kort (één neerslaggebeurtenis waarin alle componenten van de meetinstallatie hebben gefunctioneerd) tot zeer lang (jaren) als het gaat om het kwantificeren van statistische kentallen, of zelfs permanent met als doel controle van de verpompte hoeveelheden naar de rwzi.

Bij het opzetten van een meetprogramma moet rekening worden gehouden met een opstartfase van enkele weken voordat de meetopstelling als geheel correct functioneert.

4.8 **Waterpeilen en debieten in oppervlaktewater**

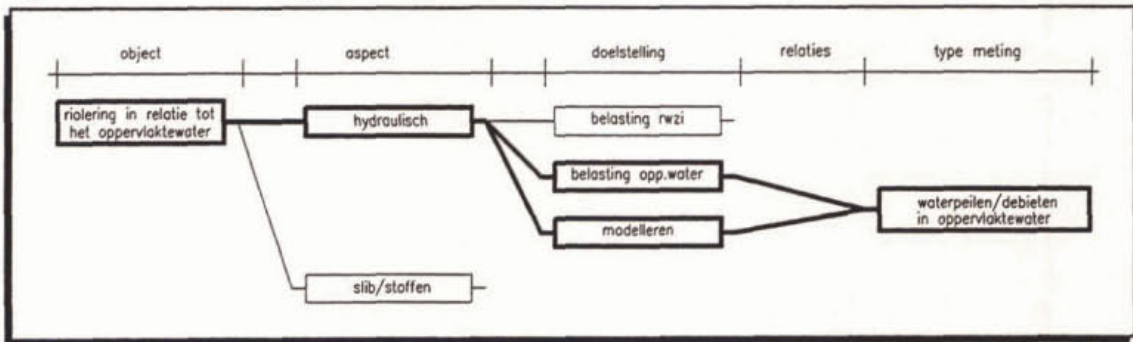
4.8.1 *algemeen*

Door het meten van waterpeilen of debieten in het ontvangende oppervlaktewater kan een indruk worden verkregen van de hydraulische belasting van het oppervlaktewater door

riooloverstortingen. Ook kunnen dergelijke metingen dienen voor het calibreren en verifiëren van oppervlaktewaterkwantiteitsmodellen (zie ook figuur 22).

Het verdient aanbeveling om, wanneer wordt gemeten in oppervlaktewater waarop riooloverstorten lozen, ook het overstortingsdebiet te meten, zie § 4.3. Ten minste zal moeten worden geregistreerd of de overstort in werking is geweest door bijvoorbeeld waterpeilmeting in de overstort, zie hoofdstuk 6 en § 4.2.

Figuur 22 : Meten van waterpeilen en debieten in oppervlaktewater.



4.8.2 parameters

De te meten parameters zijn waterpeilen, debieten en de tijd. Afhankelijk van de gekozen meetmethode voor het debiet kan het nodig zijn nog andere parameters te meten. In hoofdstuk 6 wordt nader ingegaan op meetmethoden voor waterpeilen en debieten.

4.8.3 meetopzet

Bij het bepalen van de meetopzet voor debieten is de duur van de meting van belang; gaat het om een incidentele meting of om een meting die een min of meer permanent karakter heeft. In het algemeen geldt dat voor het nauwkeurig meten van debieten in open waterlopen kan worden gekozen voor arbeidsintensieve incidentele metingen, of voor materieelintensieve permanente metingen. Arbeidsintensief zijn bijvoorbeeld de velocity-area methode en de tracer methode. In het eerste geval worden in een dwarsprofiel van de waterloop de geometrie en snelheidsverdeling zo nauwkeurig mogelijk opgemeten waaruit dan een debiet volgt. In het tweede geval wordt een oplossing van een stof (bijvoorbeeld een kleurstof of een zout) in de waterloop ingebracht. Door stroomafwaartse meting van de concentratie kan het debiet in de waterloop worden bepaald.

Deze incidentele meetmethoden zijn zeer geschikt voor calibratie of verificatie van rekenmodellen, ze lenen zich echter minder goed voor continue meting en zijn zeker niet te gebruiken voor de metingen die in verband staan met riooloverstortingen.

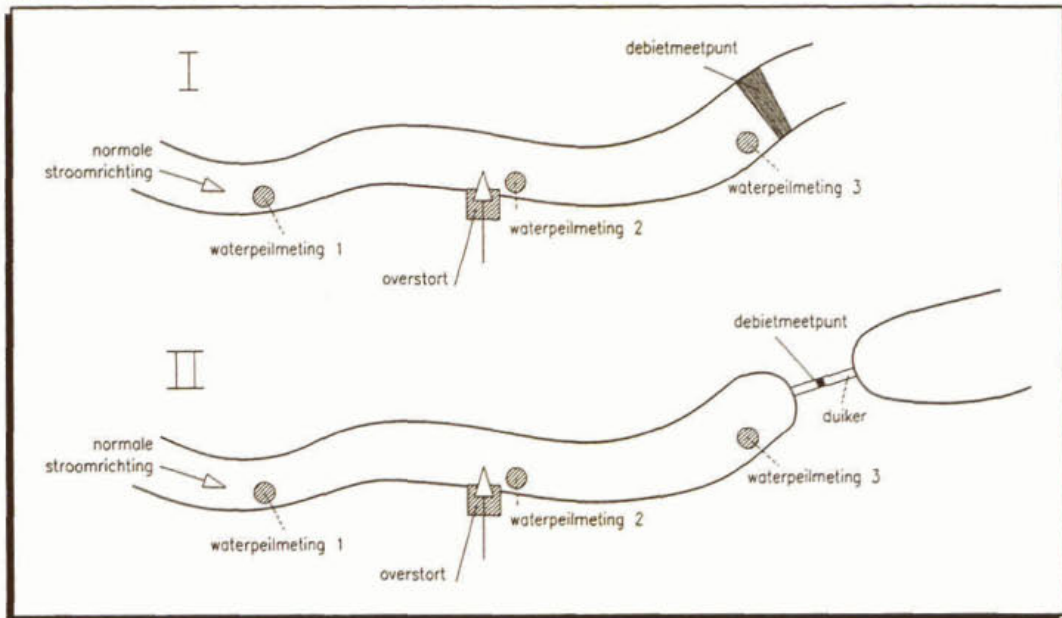
Voor dergelijke metingen komen alleen continuumetingen in aanmerking met bijvoorbeeld meetstuwen, venturi's of debietmeters.

In figuur 23 is een voorbeeld gegeven van een veel voorkomende situatie. Een overstort loost op een kleine waterloop en men wil de invloed van riooloverstortingen op de waterkwantiteit van deze waterloop vaststellen.

De meetopzet is in dit geval zo gekozen dat benedenstrooms van de overstort een debietmeting plaatsvindt; in de opzet in figuur 23 I moet deze meting plaatsvinden in het volledige profiel. In de opzet volgens figuur 23 II is een kleine duiker aanwezig, die kan worden gebruikt voor het plaatsen van een voor leidingen geschikte debietmeter. In deze duiker kan met een betrekkelijk goedkope debietmeter een vrij nauwkeurig resultaat worden behaald. Het overstortingsdebiet wordt gemeten en de waterstand wordt op een drietal plaatsen gemeten. De waterpeilmetingen 1 en 3 zijn noodzakelijk om in combinatie met de debietmeting te kunnen

worden gebruikt voor de calibratie en validatie van oppervlaktewaterkwantiteitsmodellen. Hiervoor is het overigens tevens noodzakelijk het overstortingsdebiet te meten. De waterpeilmeting 2 is noodzakelijk om de waterstand ter plaatse van de overstort te meten in verband met de werking van de overstort, zie ook § 4.3.3.

Figuur 23 : Meetopzet voor debietmeting in oppervlaktewater rondom een overstort.



Als men is geïnteresseerd in korte-termijn effecten (zie ook § 5.6) van een rioolwateroverstorting op de waterkwaliteit moet in de meetopzet ook een snelheidsmeting (zowel grootte als stroomrichting) bovenstrooms van de overstort worden geplaatst. Het kan namelijk zo zijn dat ten gevolge van het overstortingsdebiet een tijdelijke waterstroom optreedt, die tegengesteld is aan die onder normale condities.

In het algemeen bepalen de lokale omstandigheden sterk de keuze van de meetopzet.

4.8.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De gewenste nauwkeurigheden hangen af van de doelstelling van de meting. Voor calibratie van modellen moet een nauwkeurigheid van circa 0,02 m in de waterpeilen worden nagestreefd en een minimale nauwkeurigheid van circa 10% in de debietmetingen. In veel gevallen zal een nog nauwkeuriger waarneming noodzakelijk zijn. Uiteraard moet de nagestreefde nauwkeurigheid in relatie worden gezien tot bijvoorbeeld de haalbare (en betaalbare) nauwkeurigheid van het overstortingsdebiet als deze in de meting wordt betrokken.

Voor de meetfrequenties kunnen de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- bij droogweer elke 15-30 minuten (afhankelijk van de tijdschaal waarop tijdens droogweer veranderingen merkbaar zijn.);
- bij neerslag elke 5-15 minuten;
- bij overstorting elke 1- 5 minuten.

Bij doorvoering van dit onderscheid in een meetopstelling moet in de meetopzet in elk geval een neerslagmeting worden opgenomen (zie hoofdstuk 7). In tabel 6 zijn voor de in figuur 23 weergegeven meetopzetten de gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties samengevat.

Tabel 6 : Meetnauwkeurigheden en meetfrequenties.

parameters	nauwkeurigheid	frequentie
Waterstanden ($H_1, H_2, H_3^{(4)}$)	0,02 m	éénmaal per 1-5 minuten ⁽¹⁾ éénmaal per 5-15 minuten ⁽²⁾ éénmaal per 15-30 minuten ⁽³⁾
Debiet (Q)	10-20 %	éénmaal per 1-5 minuten ⁽¹⁾ éénmaal per 5-15 minuten ⁽²⁾ éénmaal per 15-30 minuten ⁽³⁾
Neerslag (P)	0,1 mm	éénmaal per 5 minuten
Waterpeil in de overstort (H_{ov})	0,02 m	éénmaal per 1-5 minuten ⁽¹⁾ éénmaal per 5-15 minuten ⁽²⁾
⁽¹⁾ bij overstorting ⁽²⁾ bij neerslag ⁽³⁾ bij droogweer ⁽⁴⁾ zie figuur 23		

4.8.5 gegevens, opslag en bewerking

Van de verschillende meetpunten in de meetopzetten weergegeven in figuur 23 dienen de volgende gegevens te worden opgeslagen:

waterpeilmeting 1:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, waterpeil 1

waterpeilmeting 2:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, waterpeil 2

waterpeilmeting 3:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, waterpeil 3

debietmeting:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, debiet

De opslag van neerslaggegevens is beschreven in § 7.5.

Van de snelheidsmeting tussen de waterpeilm Meetpunten 1 en 2 worden de volgende gegevens opgeslagen:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, snelheid, stroomrichting*

* positief is stromend van waterpeilm Meetpunt 1 naar waterpeilm Meetpunt 3.

Gegevens van het overstortingsdebiet moeten worden opgeslagen zoals beschreven onder § 4.3.5.

waterpeil van de overstort:

meetpuntidentificatie, datum, tijdstip, waterpeil

Eventueel kan men volstaan met het opslaan van de periode waarin het waterpeil van de overstort boven drempelpeil is geweest; de opslag kan er dan als volgt uitzien:

overstort:

meetpuntidentificatie, startdatum, starttijdstip, einddatum, eindtijdstip

Deze gegevens kunnen tot bijvoorbeeld overstortingsgebeurtenissen worden bewerkt met behulp van de definities voor overstortingen, zie bijlage 3.

4.8.6 *meetduur*

De noodzakelijke meetduur kan variëren van kort (een beperkt aantal overstoringen waarin alle componenten van de meetinstallatie hebben gefunctioneerd) ten behoeve van calibratie en verificatie van rekenmodellen tot zeer lang (jaren) als het gaat om de controle van frequentievoorspellingen. Bij het opzetten van een meetprogramma moet rekening worden gehouden met een opstartfase van circa 2-6 maanden, voordat de meetopstelling als geheel correct functioneert.

5 WATERKWALITEIT: STOFFEN, SLIB EN BIOLOGIE

5.1 Algemeen

De stoffen die worden aangetroffen in afvalwater en oppervlaktewater zijn zeer divers. Met het oog op het verrichten van metingen kan onderscheid worden gemaakt in stoffen die direct kunnen worden gemeten en stoffen waarvan via monsternamen en laboratoriumanalyse de concentratie kan worden bepaald. Met directe meting wordt bedoeld dat de concentratie van een stof min of meer direct en continu wordt bepaald op de plaats waar het te meten proces zich afspeelt. Daarvoor is inmiddels geavanceerde apparatuur op de markt.

De meting kan worden uitgevoerd met een geschikte sensor (directe meting) of automatische monsternamen- en analyse-apparatuur. Het eerst genoemde type 'in proces' metingen is (veel) goedkoper dan het laatstgenoemde type. De volgende parameters kunnen 'in proces' worden gemeten (de opsomming is niet uitputtend):

- temperatuur, met sensor;
- zuurstofgehalte, met sensor;
- zuurgraad, met sensor;
- elektrisch geleidbaarheidsvermogen, met sensor;
- chloride, met sensor;
- troebelheid, met doorstroomcuvet.

Voor onder meer de volgende parameters is een laboratoriumanalyse vereist:

- ammonium;
- nitraat;
- ortho-fosfaat;
- CZV (Chemisch Zuurstof Verbruik);
- BZV (Biochemisch Zuurstof Verbruik);
- TOC (Total Organic Carbon)
- TSS (Total Suspended Solids = droogrest).

Voor een aantal van deze parameters is wel in-situ analyse apparatuur beschikbaar, deze is echter kostbaar en storingsgevoelig waardoor de toepasbaarheid in afvalwater vooralsnog zeer beperkt is.

Wanneer bij bepalingen concentraties voorkomen die beneden de detectiegrens van de laboratoriumanalyse of de toegepaste sensor liggen, moet voorafgaand aan de verdere bewerking van de meetgegevens worden aangegeven hoe deze waarden worden verwerkt. Aanbevolen wordt om 50% van de detectiegrens aan te houden. Deze waarde mag niet worden ingevuld in de bestanden waarin de meetresultaten worden opgeslagen. Omwille van de herkenbaarheid moet hierin voor concentraties beneden de detectiegrens een duidelijk herkenbare code worden ingevoerd. Hiervoor wordt het symbool '<' aanbevolen.

5.2 In de riolering, in het stelsel

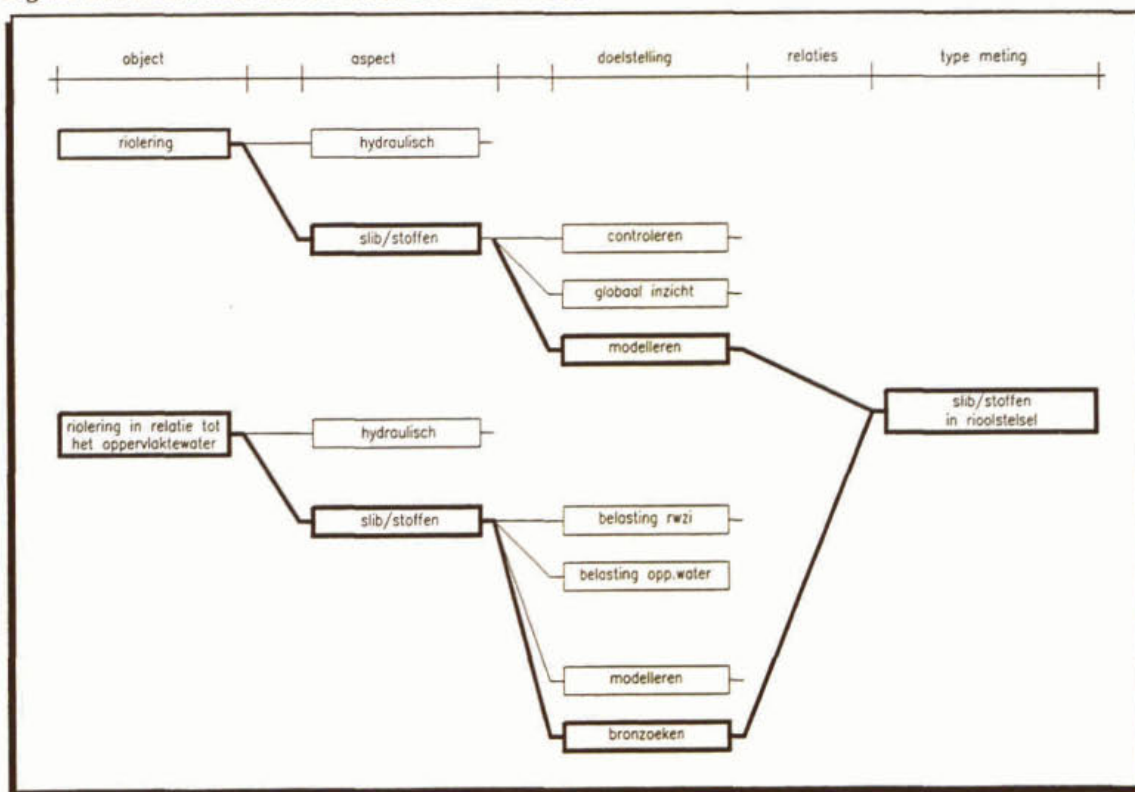
5.2.1 algemeen

Het meten aan slib en stoffen in het rioolstelsel (figuur 24) komt voort uit de behoefte aan het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de riolering en het calibreren of verifiëren van waterkwaliteits- of vuiluitworpmoedellen. Voor dit laatste is het noodzakelijk om tevens over een gecalibreerd en geverifieerd hydraulisch model te beschikken.

Een tweede aanleiding voor het meten aan stoffen en slib in het rioolstelsel is het zoeken naar bronnen van specifieke stoffen, die via de riolering het oppervlaktewater verontreinigen.

In het algemeen wordt het meten aan slib en stoftransporten momenteel uitsluitend uitgevoerd in het kader van wetenschappelijk onderzoek. De ontwikkeling van meettechnieken is nog onvoldoende om op min of meer routinematige wijze metingen te verrichten aan slibhoeveelheden of slibtransport. Hier zal daarom worden volstaan met een schets van de mogelijkheden.

Figuur 24 : Meten aan slib en stoffen in het rioolstelsel.



5.2.2 parameters

Bij het calibreren van een vuiltransportmodel is het noodzakelijk de balans van (een deel van) de riolering voor wat betreft stoffen te meten.

De te meten parameters zijn dan:

- aanwezigheid slibhoeveelheden;
- slibtransport;
- slibsamenstelling.

Het meten van slibhoeveelheden is zeer moeilijk, zie onder meer [24], [25] en [26]. Ristenpart [50] behandelt de meest recente ontwikkelingen op het gebied van sliblaagdiktemeting in riolen; hier wordt volstaan met de opmerking dat een continumeting die direct toepasbaar is in de praktijk nog niet beschikbaar is. Het incidenteel meten van sliblaagdikte met behulp van speciale meetinstrumenten is wel mogelijk. Hierbij wordt opgemerkt dat een profielmeting over lengte en breedte van het gehele slibbed erg arbeidsintensief is met de tot op heden ontwikkelde instrumenten.

Voor het correct opstellen van een stoffenbalans moeten de ingaande en uitgaande flux worden bepaald. Een deel van het slib zal als suspensie worden getransporteerd, een ander deel wordt langs de bodem getransporteerd. Suspensietransport kan bijvoorbeeld worden bepaald door het combineren van snelheidsprofielmetingen met concentratieprofielmetingen. Het meten van snelheids- en concentratieprofiel in een riool is wel mogelijk (zie onder meer [50]), maar is zeker geen routinematige meting.

Onder bepaalde omstandigheden gedraagt het slib zich als een zware vloeistof en gaat de beschrijving in de vorm van een sedimenttransport niet meer op. De te meten parameters moeten dan worden uitgebreid met dichtheid als functie van hoogte en het meten van snelheidsprofielen.

Behalve de te meten parameters voor hoeveelheden en transport kan er een aantal kwaliteitsparameters worden gemeten:

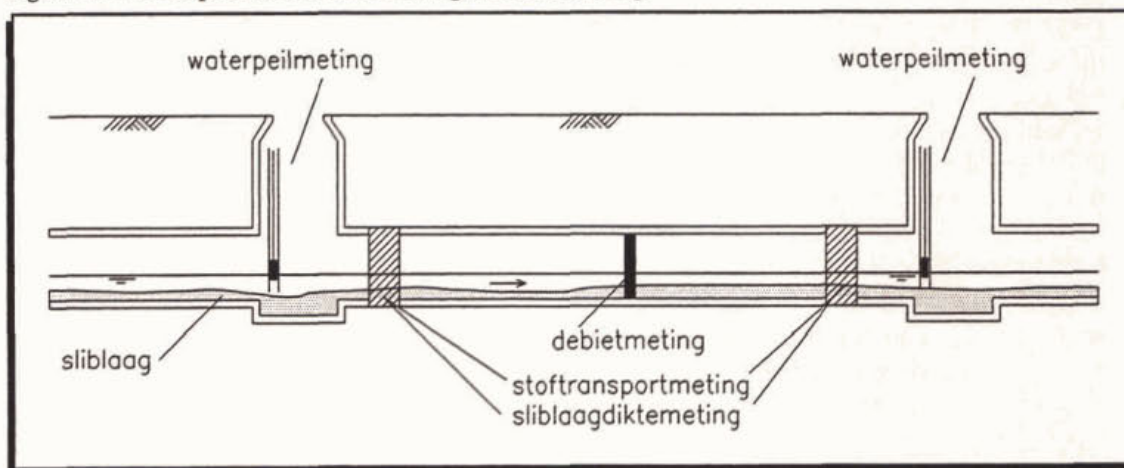
- CZV;
- zware metalen;
- nutriënten.

In het algemeen zal men moeten uitgaan van de parameters die in het te calibreren model zijn opgenomen.

5.2.3 meetopzet

In figuur 25 is een algemene meetopzet weergegeven waarmee de stoffenbalans van één riool kan worden gemeten. Naast de meetpunten voor waterpeilen en debiet zijn er twee meetpunten voor suspensietransport (of transport van opgeloste stoffen) en minimaal twee meetpunten voor sliblaagdikte. Voor de meeste debietmeetsystemen leidt de aanwezigheid van een laag bodemslib tot systematische fouten in de debietmeting. Afhankelijk van de doelstelling kan een meer gedetailleerde opzet noodzakelijk zijn waarbij bijvoorbeeld over het gehele leidingtraject de sliblaagdikte worden gemeten.

Figuur 25 : Meetopzet voor slib/stof-metingen in de riolering.



5.2.4 meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

Haalbare meetnauwkeurigheden van sliblaagdiktemetingen zijn niet gedocumenteerd, maar zijn waarschijnlijk zeer laag. In [16] wordt een schatting gegeven van de noodzakelijke meetnauwkeurigheden en meetfrequenties. Tijdens droogweer is een meetfrequentie van ongeveer eens per 15 minuten voldoende, tijdens neerslagafvoer kunnen afhankelijk van de optredende processen zeer hoge frequenties (éénmaal per minuut of vaker) noodzakelijk zijn.

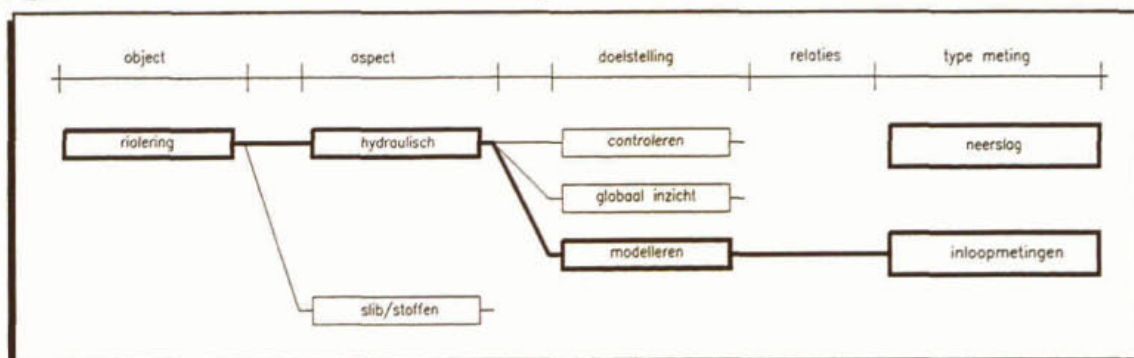
5.3 Metingen aan de samenstelling van de inloop

5.3.1 algemeen

De kwaliteit van het de riolering instromende water kan om praktische redenen op slechts een beperkt aantal locaties tegelijk worden gemeten, zie ook § 4.6. In de praktijk zal dan ook de

kwaliteit van een aantal soorten oppervlak worden gemeten waarna de meetresultaten model staan voor soortgelijke oppervlakken. De kwaliteit van de van oppervlakken afstromende neerslag wordt voornamelijk gemeten om rekenmodellen te verifiëren en te calibreren (figuur 26).

Figuur 26 : Meten van de kwaliteit van de rioolloop.



In bepaalde gevallen is kwaliteitsmeting ook noodzakelijk uit oogpunt van normhandhaving, bijvoorbeeld het controleren van afstroming van bedrijfsterreinen.

5.3.2 parameters

De te meten parameters zijn niet in zijn algemeenheid te geven. Vooral als het gaat om normhandhaving zijn de te meten parameters afhankelijk van de te handhaven norm. In ieder geval zal wel de neerslag moeten worden gemeten, zodat kan worden nagegaan of er geen sprake is van inloop met een andere oorzaak dan neerslag.

Als men een studie wil verrichten naar de massabalans van bepaalde stoffen die op een bepaald oppervlak terecht komen, wordt de meetopzet aanzienlijk gecompliceerder.

In dat geval moeten worden gemeten:

- neerslag als functie van de tijd;
- de samenstelling van de neerslag als functie van de tijd;
- droge atmosferische depositie;
- de infiltratie als functie van de tijd;
- de samenstelling van de infiltratie;
- de rioolloop als functie van de tijd;
- de samenstelling van de rioolloop.

5.3.3 meetopzet

In de praktijk zijn de grootte en de vorm van het op een bepaalde straatkolk afvoerend oppervlak slecht te bepalen. Vaak variëren grootte en vorm van dit oppervlak met bijvoorbeeld de neerslagintensiteit. Daarom zal als regel kunstmatig een bepaald afvoerend oppervlak worden gedefinieerd door het nemen van bouwkundige maatregelen, zie bijvoorbeeld [65].

In figuur 27 is een algemene meetopzet weergegeven die zich beperkt tot het meten van de hoeveelheid en de samenstelling van de rioolloop. De opstelling omvat een regenmeter, zie ook hoofdstuk 7, een debietmeter, een monstername en een tijdwaarneming. In het voorbeeld in figuur 27 is de afvoerleiding van de straatkolk naar het straatriool zodanig ingericht dat een bepaalde sectie van de afvoerleiding steeds volledig gevuld blijft. In deze sectie is een debietmeter geplaatst. Om de geschetste meetopzet te realiseren zijn bouwkundige maatregelen noodzakelijk. De leidingsectie waarin de debietmeter is opgenomen, moet toegankelijk blijven voor regelmatige inspectie en onderhoudswerkzaamheden. Bij het dimensioneren van de meetinstallatie, de keuze van de diameter van de afvoerleiding en de keuze voor een debietmeter kan een eerste schatting worden gedaan voor het noodzakelijke meetbereik door uit te gaan

De wijze van opslag en bewerking van gegevens hangt sterk af van het doel van onderzoek. Hiervoor is geen algemene regel te geven. Wel is het van belang dat in het operationele logboek het verloop van de weersomstandigheden nauwgezet wordt bijgehouden. Dit is belangrijke informatie bij de interpretatie van de meetresultaten.

5.3.5 *gegevens, opslag en bewerking*

In tabel 7 zijn de gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties samengevat.

parameter	nauwkeurigheid	frequentie
Debiet (Q)	1%-20%	niet tot eenmaal per minuut ⁽¹⁾
Neerslag (P)	0,01 mm - 1 mm	dagsom tot eenmaal per minuut
Monsternamme	afhankelijk van parameter	van eens per maand tot eens per 5 minuten ⁽¹⁾
Afvoerend oppervlak (A)	1 - 5%	eenmalig

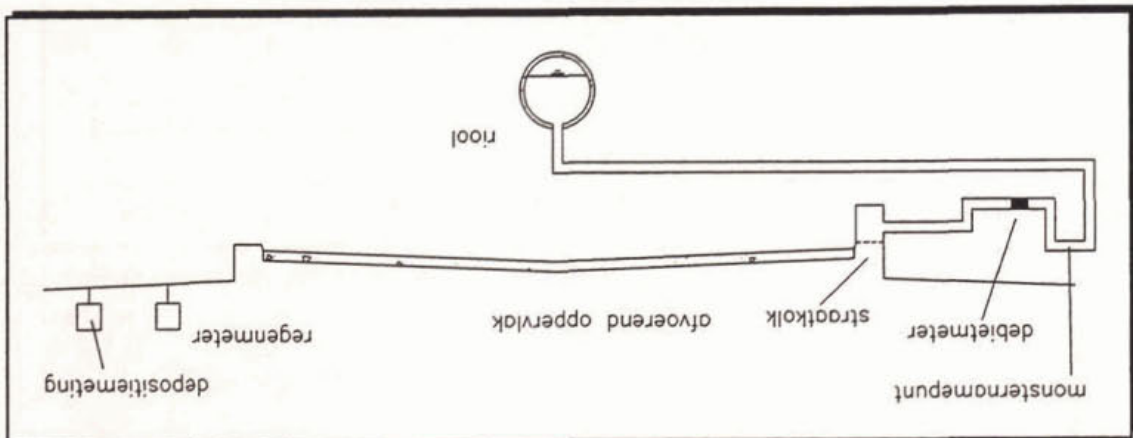
⁽¹⁾ bij normhandhaving kunnen vrij lage meetfrequenties worden aangehouden, bij het vaststellen van heffingen of bij wetenschappelijk onderzoek zijn hogere meetfrequenties en hogere meetnauwkeurigheden noodzakelijk.

Tabel 7 : Gewenste meetnauwkeurigheden en meetfrequenties ten behoeve van inloopmeting.

Omdat inloopmetingen als regel worden gebruikt voor de verificatie en calibratie van rekenmodellen, voor wetenschappelijk onderzoek en voor extrapolatie naar grotere of andere gebieden, moet een zo groot mogelijke meetnauwkeurigheid worden nagestreefd.

5.3.4 *meetnauwkeurigheden en meetfrequentie*

De regenmeter moet op locatie aanwezig zijn, omdat er een directe relatie tussen lokaal gemeten neerslag en lokaal gemeten inloop moet worden gelegd. Bovendien moet op voorhand aan de hand van de uit te voeren laboratoriumanalyses worden nagegaan of er wel voldoende monster beschikbaar zal zijn; zie voor de noodzakelijke monsterhoeveelheden tabel 16.



Figuur 27 : Meetopzet voor het meten van de kwaliteit van de rioolinloop.

van een neerslagbelasting van 200 l/s.ha. De onderbegrenzing waarboven nauwkeurige metingen mogelijk zijn, hangt af van de gekozen debietmeter en het gewenste meetbereik. In het algemeen kan als eerste schatting voor de onderbegrenzing een waarde van circa 5 l/s.ha. worden aangehouden. De omvang het afvoerende oppervlak is een belangrijke maat bij het ontwerp van de meetopstelling, immers hiermee wordt het noodzakelijke meetbereik van de debietmeting bepaald.

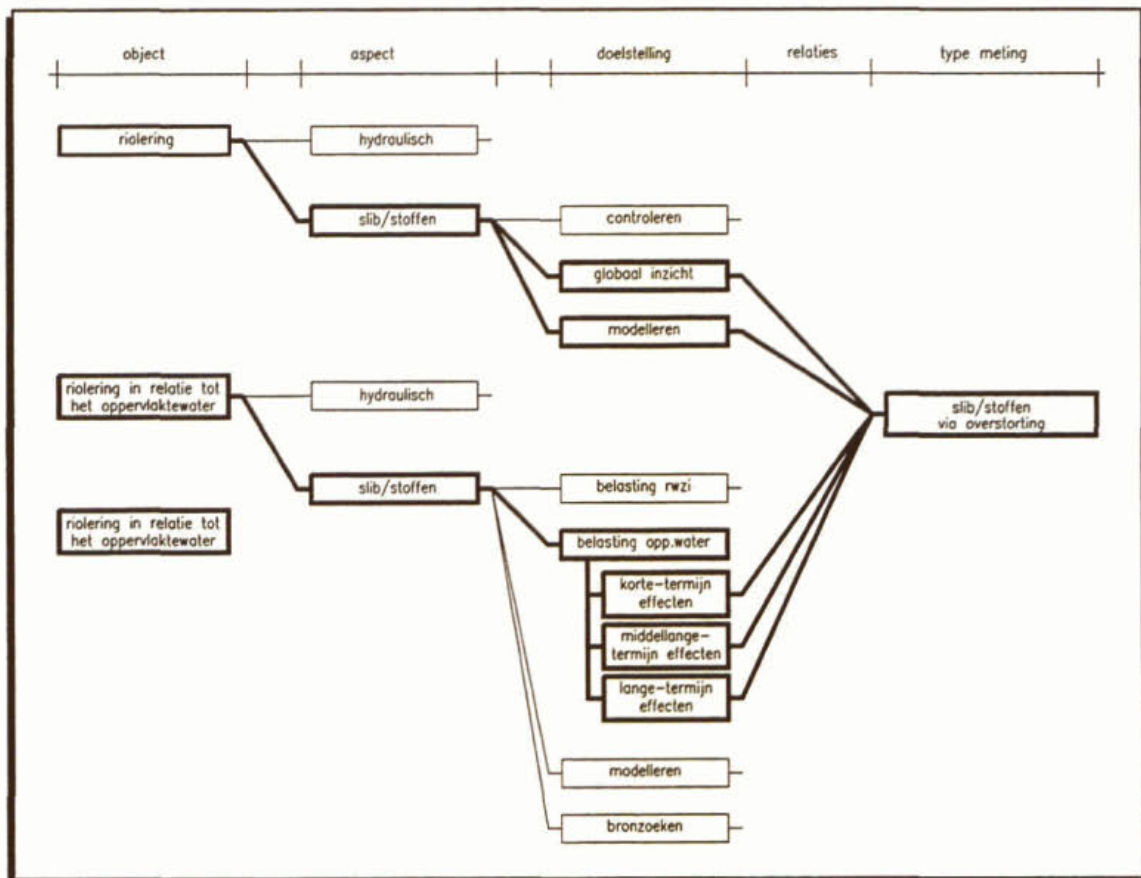
5.3.6 meetduur

De noodzakelijke meetduur kan variëren van kort (één neerslaggebeurtenis waarin alle componenten hebben gefunctioneerd) tot zeer lang (jaren) als het gaat om het verkrijgen van statistische kentallen of normhandhaving. Bij het opzetten van een meerjarig meetprogramma moet rekening worden gehouden met een opstartfase van circa 2-6 maanden (waarin enkele buien van enige omvang plaatsvinden), voordat de meetopstelling als geheel correct functioneert.

5.4 Metingen in het stelsel bij de overstorten

5.4.1 algemeen

Figuur 28 : Meten van slib en stoffen via de overstort.



Het meten aan slib en stoffen die met overstortingen vanuit de riolering in het oppervlaktewater terechtkomen (figuur 28), is van belang voor het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de riolering, het calibreren en verifiëren van waterkwaliteits- of vuiluitworpmodellen, het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de riolering binnen het watersysteem als geheel en het verklaren en vaststellen van korte-, middellange- en lange-termijn effecten van overstortingen op het ontvangende oppervlaktewater.

Voor het verklaren of vaststellen van voornoemde effecten is het noodzakelijk om tevens over gegevens van de hydraulische belasting van het ontvangende oppervlaktewater te beschikken. Daarnaast is het meten van slib- en stofkenmerken en hoeveelheden van belang bij het calibreren en verifiëren van waterkwaliteitsmodellen. Hiervoor is het noodzakelijk om tevens over een gecalibreerd en geverifieerd waterkwantiteitsmodel te beschikken.

Het meten van stofstromen via de overstort is van belang voor het verkrijgen van inzicht in de invloed van de vuiluitwerp van de riolering op het oppervlaktewater. Het registreren van neerslag en het meten van de kwaliteit van het oppervlaktewater geeft een grote meerwaarde aan de metingen. Op deze wijze kan namelijk een kwantitatief inzicht worden verkregen in de invloed van riooloverstortingen op de oppervlaktewaterkwaliteit.

5.4.2 parameters

In ieder geval dient de omvang van de waterstroom te worden vastgesteld, het water is immers het transportmedium. De hoeveelheid overstortende stoffen aanwezig in het water worden bepaald uit:

$$V_x = \int_{t_s}^{t_e} Q(t)C_x(t) dt \quad (3)$$

Waarin:	$Q(t)$	debiet als functie van de tijd	[m ³ /s]
	$C_x(t)$	stofconcentratie in de tijd	[kg/m ³]
	V_x	overgestorte vracht	[kg]
	t_s	begintijdstip	[s]
	t_e	eindtijdstip	[s]

Afhankelijk van het doel van de metingen kunnen diverse stoffen in het meetprogramma worden betrokken.

In tabel 8 is een minimumlijst met te meten stoffen gegeven waarvan de concentratie moet worden bepaald voor het verkrijgen van een globaal inzicht in de stofvrachten die bij overstortingen worden geloosd. De in tabel 8 genoemde parameters zijn zowel voor metingen in gemengde als in gescheiden rioolstelsels geldig. Indien de metingen tevens moeten dienen voor het bepalen van het vuilverwijderingsrendement van randvoorzieningen moet tenminste ook de droogrest als bepaling worden opgenomen. Wanneer ook metingen aan het ontvangende oppervlaktewater worden verricht, dienen de analysepakketten op elkaar te worden afgestemd (vergelijk tabel 11).

Tabel 8 : Minimaal te meten stofconcentraties voor het verkrijgen van een globaal inzicht.

stof	opmerkingen
<ul style="list-style-type: none"> ● CZV ● Kjeldahl-N ● Zn ● droogrest 	<ul style="list-style-type: none"> ● maat voor zuurstofbindende stoffen ● maat voor nutriënten ● maat voor persistente stoffen ● indien wordt gemeten aan randvoorzieningen

Naast de in tabel 8 genoemde parameters moeten de volgende visuele aspecten gedurende het onderzoek worden vastgelegd:

- afkalving van de oever na een overstorting;
- slibafzetting boven het waterniveau op de oever;
- ouderdom van de afzetting.

In tabel 9 is aangegeven welke stoffen in het meetprogramma betrokken kunnen worden, afhankelijk van de tijdschaal van de effecten op het oppervlaktewater.

Tabel 9 : Te meten parameters aan riooloverstortingen voor de verklaring of vaststelling van effecten van overstortingen op oppervlaktewater.

korte-termijn effecten	middellange-termijn effecten	lange-termijn effecten
<ul style="list-style-type: none"> ● temperatuur ● EGV ● O₂ ● pH ● droogrest (TSS) ● NH₄-N (NH₃ is toxisch voor vissen) ● visuele aspecten <p>andere acuut toxische stoffen, al naar gelang de te verwachten samenstelling van het overstortwater.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● EGV ● O₂ ● BZV ● CZV ● NH₄-N ● Kjeldahl-N ● NO₂-N ● NO₃-N ● o-PO₄-P ● t-P ● droogrest ● gloeirest ● ziektekiemen (bacteriën/virussen) ● extinctie 	<ul style="list-style-type: none"> ● mikroverontreinigingen <ul style="list-style-type: none"> - zware metalen, met name: <ul style="list-style-type: none"> . Cd . Cu . Hg . Pb . Zn - organisch, met name: <ul style="list-style-type: none"> . PAK . bestrijdingsmiddelen ● biota (zie § 5.8)

In § 5.7 wordt ingegaan op de kwaliteitsparameters voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Wanneer de metingen worden gebruikt voor de validatie of calibratie van een stoftransportmodel (vuiluitworpmiddel) wordt de lijst met de te meten parameters bepaald door de processen die met het desbetreffende model worden beschreven.

5.4.3 meetopzet

De noodzakelijke debietmeting is beschreven onder § 4.3: in aanvulling hierop moet een meting van de stofconcentratie(s) worden verricht. Dit kan zowel het nemen van monsters (zie onder meer [27], [28], [29] en [30]) inhouden als het installeren van een sensor bijvoorbeeld voor zuurstofconcentratie of temperatuur.

Een punt van aandacht is de koppeling van de gemeten stofconcentratie aan het gemeten debiet. Dit betekent concreet dat de meetpunten op dezelfde locatie moeten liggen. Hiermee heeft men de garantie dat er tussen debietmeetpunt en concentratiemeetpunt geen lozingen plaatsvinden.

Als het in praktijksituaties onmogelijk is de meetpunten op dezelfde locatie te realiseren, moet met zekerheid worden vastgesteld dat er tussen de meetpunten geen significante veranderingen in de meetomstandigheden optreden.

Significante veranderingen zijn bijvoorbeeld lozingen of het optreden van processen die concentraties beïnvloeden.

In het algemeen zullen de meetpunten niet ver uit elkaar mogen liggen en moet de apparatuur zodanig zijn opgezet en ingesteld dat het feitelijke tijdstip van monsternamen of meting wordt geregistreerd.

Mogelijke bronnen van systematische afwijkingen zijn bijvoorbeeld te lange monsternameslangen, grote vultijden bij monsterflessen of niet-synchroon lopende klokken.

De bemonstering kan tijdproportioneel of volumeproportioneel geschieden. Beide methoden hebben voor- en nadelen.

Voordeel van de tijdproportionele methode is dat de bewerking van de gegevens achteraf eenvoudiger is en dat men een goed beeld krijgt van het verloop van de concentraties in de tijd, onafhankelijk van het debiet. Nadeel van de methode is dat bij langdurige overstorten met kleine debieten er mogelijk meer monsters nodig zijn dan praktisch haalbaar is.

De volumeproportionele methode heeft als voordeel dat bij snelle toename van het debiet de tijdsresolutie van de metingen toeneemt. Er wordt op deze manier een goed beeld verkregen

van het verloop van de concentraties in de tijd bij hoge debieten. Daartegenover staat als nadeel dat bij lage debieten de resolutie, en daarmee de nauwkeurigheid, afneemt. Bij deze methode wordt direct bij het begin van de overstort een monster genomen en daarna steeds, nadat een van te voren vastgesteld volume de overstortrand heeft gepasseerd.

Op grond van een nadere precisering van de doelstelling en praktische overwegingen moet een keuze worden gemaakt. Een combinatie is denkbaar. Hierbij wordt na een bepaald volume een monster getrokken, of na een bepaalde tijd na de vorige monstername. Daarbij worden wel hoge eisen gesteld aan de meet- en regeltechniek.

Naast tijdproportioneel en volumeproportioneel kan ook debietproportioneel worden bemonsterd. In dat geval wordt het monsternamedebiet afhankelijk gesteld van het gemeten debiet. Er wordt continu een deelstroom van bijvoorbeeld één procent afgetapt en verzameld in een monstervat. De in dit verzamelmonster gemeten stofconcentraties kunnen direct worden omgerekend naar stofvrachten door vermenigvuldiging met het gepasseerde volume. Men moet zich ervan bewust zijn dat bij deze wijze van werken het inzicht in het verloop van de concentratie in de tijd verloren gaat. Daar staat tegenover dat er slechts één monster behoeft te worden geanalyseerd. Bij goed functionerende apparatuur kan ook een vrij hoge nauwkeurigheid in de gemeten stofvracht worden bereikt. Deze wordt vrijwel volledig bepaald door de nauwkeurigheid van de debietmeting en de nauwkeurigheid van gebruikte meet- en regeltechnische onderdelen.

5.4.4 *meetnauwkeurigheden en meetfrequentie*

De fout die men maakt in de bepaling van de stofvracht is afhankelijk van de meetfout in het debiet, de meetfout in de tijd en de meetfout in de concentratie. Omdat debiet en concentratie als regel niet op dezelfde momenten worden gemeten, wordt bovendien nog een interpolatiefout gemaakt in de numerieke integratiemethode om debiet en stofconcentratie te combineren tot een stofvracht.

De meetfout in tijd is zeer gering en kan praktisch worden verwaarloosd. De meeste concentratiebepalingen gaan volgens gestandaardiseerde methoden (ISO, NEN, zie bijlage 2) met gespecificeerde (hoge) nauwkeurigheden. Net zoals in het geval van de overstortingsvolumemeting (zie ook § 4.3) geldt ook hier dat de nauwkeurigheid in de debietmeting gecombineerd met de meet(registratie)frequentie de nauwkeurigheid van het resultaat bepaalt.

5.4.5 *gegevens, opslag en bewerking*

De overstortlocatie dient eenduidig herkenbaar te zijn door een unieke nummering of naamgeving. De gegevens behorende bij een overstort dienen bij elkaar te worden opgeslagen.

Minimaal zijn dit de volgende gegevens:

overstortidentificatie, startdatum, begintijdstip, einddatum, eindtijdstip, totaal overstortingsvolume,
daarna een reeks van :

datum, tijdstip, debiet, (waterstand, in geval van het gebruik van een afvoerrelatie)

en een reeks van :

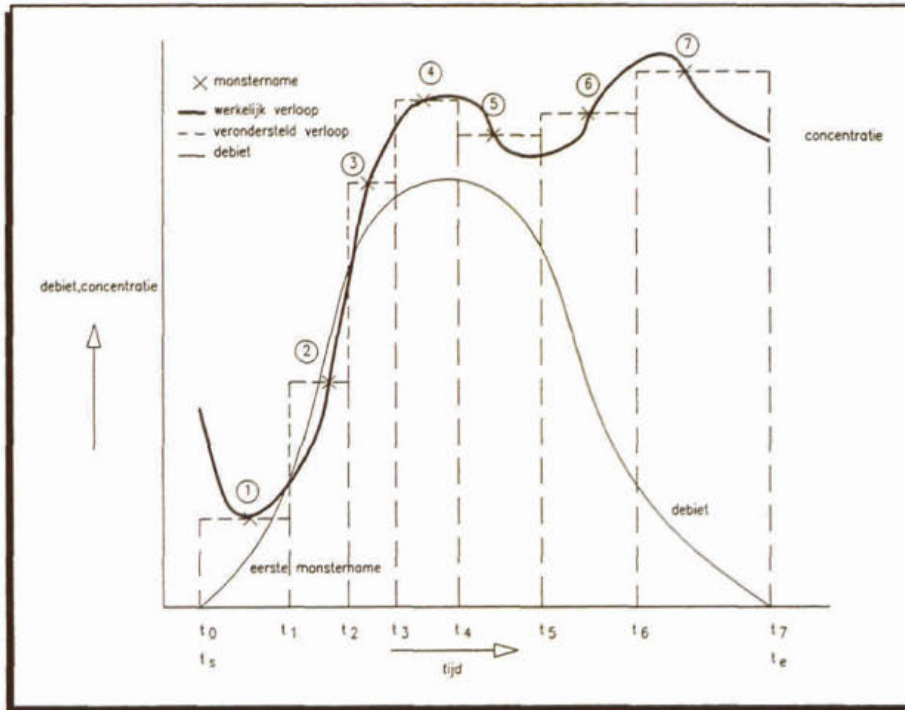
datum, tijdstip, monsternummer, concentratie van stof x,y,z,...,

Op grond van deze gegevens kunnen na statistische bewerking uitspraken worden gedaan over gemiddelde stofvrachten per tijdseenheid en per gebeurtenis, en over extremen daarbij. Hiervoor moet wel een meetreeks van voldoende lengte worden gehanteerd. Hiervoor geldt een minimum duur van de meetperiode van enkele jaren.

Voor de definitie van begin- en eindtijdstippen, overstortingsgebeurtenis en dergelijke wordt verwezen naar bijlage 3.

In figuur 29 is aangegeven hoe voor stofvrachtberekeningen de concentratie wordt toegekend aan een bepaald volume.

Figuur 29 : Relatie concentratie-overstortingsvolume.



De vracht van de stof in figuur 29 wordt nu als volgt berekend:

$$V_x = \sum_{i=1}^{i=7} \int_{t_{i-1}}^{t_i} Q(t) C_{x_i} dt \quad (4)$$

waarin: V_x vracht stof x [kg]
 $Q(t)$ debiet als functie van de tijd [m³/s]
 C_{xi} gemeten concentratie van stof x in monster i [kg/m³]
 t tijd [s]

De concentratie wordt constant verondersteld gedurende het in beschouwing genomen tijdsinterval. Het bij een bepaald monster behorende tijdsinterval wordt bepaald door:

$$[t_{i-1}, t_i] \quad (5)$$

met:

begintijdstip:

$$t_{i-1} = \frac{t_{m_{i-1}} + t_{m_i}}{2} \quad (6)$$

eindtijdstip:

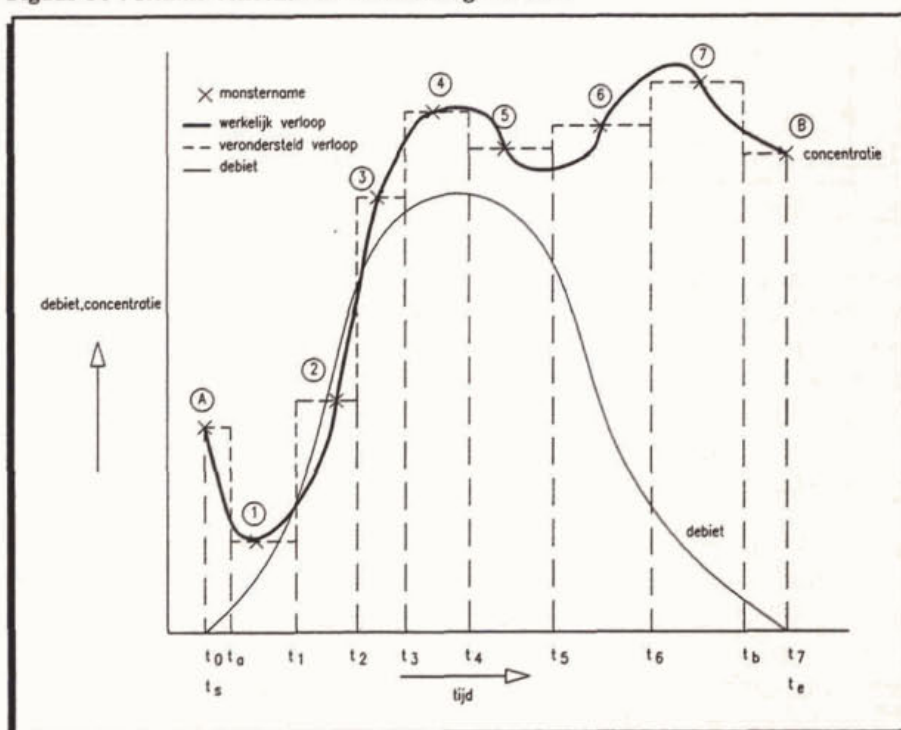
$$t_i = \frac{t_{m_i} + t_{m_{i+1}}}{2} \quad (7)$$

Voor het eerste monster geldt als begintijdstip t_s en als eindtijdstip het begintijdstip van het tweede monster, zijnde het halve tijdsinterval. Voor het laatste monster geldt als begintijdstip het eindtijdstip van het voorgaande monster en als eindtijdstip t_e .

Met name de toekenning van een concentratie aan het overstortende water direct na aanvang van overstorting (tussen t_s en t_1) kan tot (grote) afwijkingen leiden. Deze kunnen worden beperkt door in het meetprogramma ook een monster te nemen zodra het waterpeil het drempelpeil heeft bereikt. Iets dergelijks kan worden gedaan nadat het waterpeil is gezakt tot onder drempelpeil. Het nadeel hiervan is dat bij overstortingen met veel overstortingspauzes het aantal beschikbare monsterflessen niet voldoende is. Dit risico kan worden verkleind door extra voorwaarden te stellen aan het nemen van een monster bij dalend waterpeil. Zo kan de monstername afhankelijk worden gesteld van het feit of er neerslag wordt waargenomen of niet.

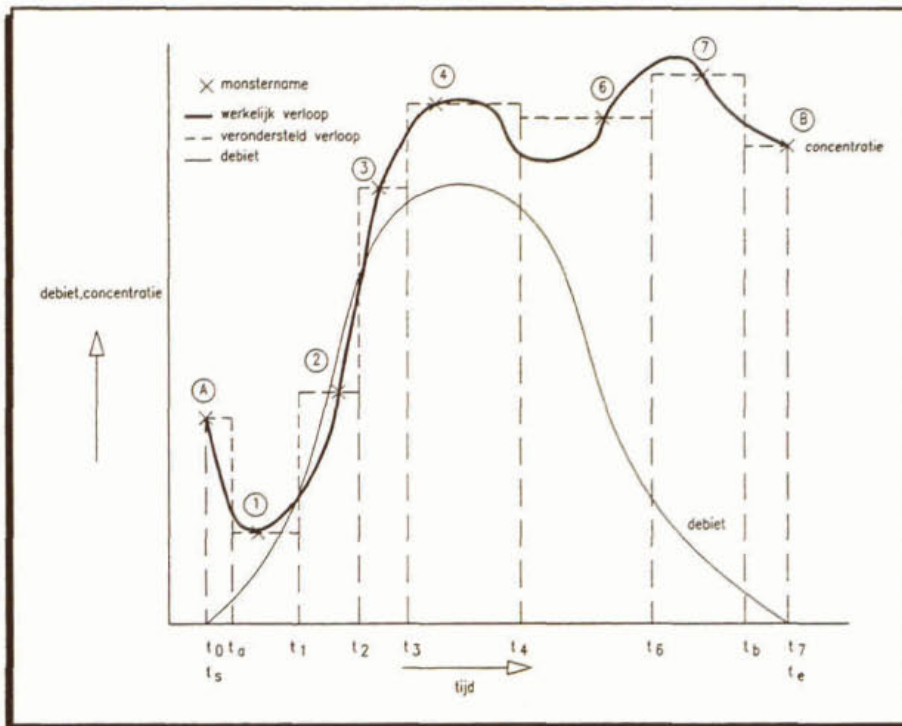
In figuur 30 is weergegeven hoe wordt omgegaan met de verdeling van gemeten concentraties bij toevoeging van een begin(A)- en een eind(B)monster.

Figuur 30 : Relatie concentratie-overstortingsvolume.



In de praktijk zal het regelmatig voorkomen dat één of meerdere waarnemingen niet aanwezig zijn, of dermate onbetrouwbaar zijn dat ze uit de gegevensverzameling worden verwijderd. In dergelijke gevallen moet op een eenduidige wijze met de verwerking van de meetgegevens worden omgegaan. In figuur 31 is een voorbeeld gegeven van een monsterreeks waarin monster nummer 5 is uitgevallen.

Figuur 31 : Relatie concentratie-overstortingsvolume.



5.4.6 meetduur

De meetduur hangt direct samen met de tijdschaal van de processen waarin men geïnteresseerd is en met de mate van betrouwbaarheid die wordt verlangd. In figuur 33 zijn deze tijdschalen aangegeven. Er moet rekening worden gehouden met een periode van 2-6 maanden voordat de meetinstallatie als geheel correct functioneert.

5.5 Metingen in rioolgemaal

Het meten aan slib of stoffen die via gemalen worden getransporteerd (figuur 32) is van belang voor het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de riolering op zichzelf, het calibreren en verifiëren van kwaliteits- en vuiluitworpmoedellen, en het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de riolering binnen het watersysteem als geheel.

Het meten van stofstromen die het gemaal passeren is van belang voor het verkrijgen van inzicht in de belasting op de rwzi. Het registreren van de onderliggende metingen, zoals neerslag, geeft een grote meerwaarde aan de metingen.

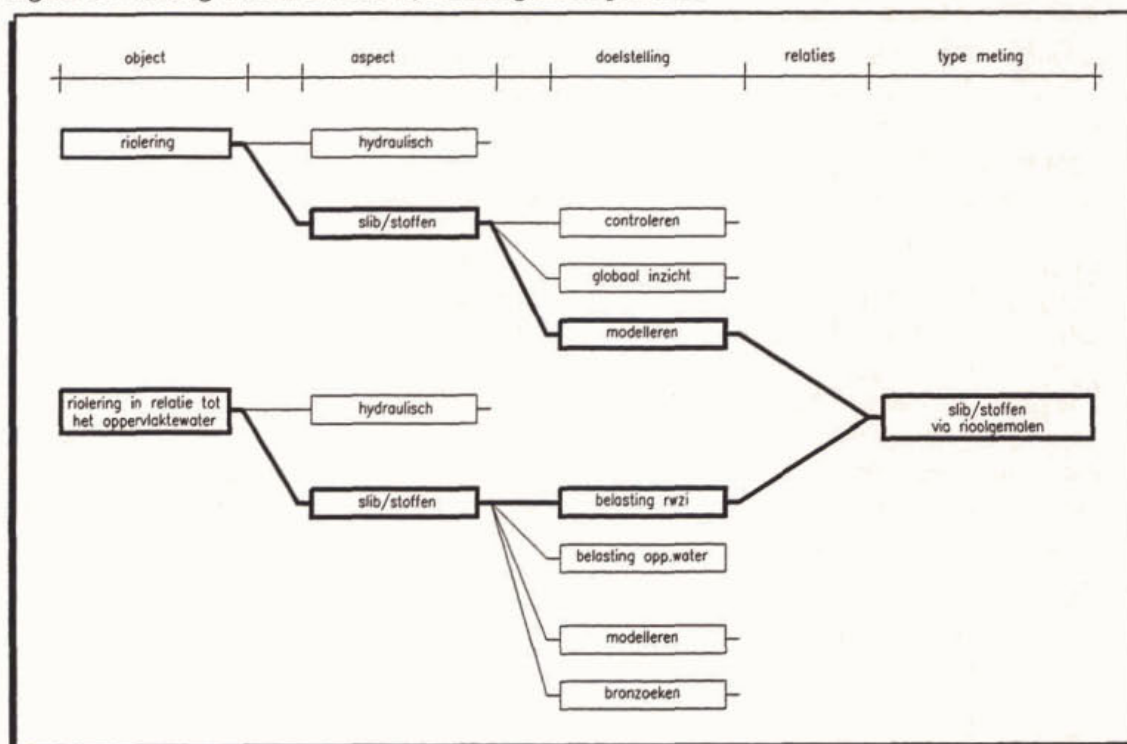
Hetgeen voor de meting van stofstromen via overstorten is gezegd, geldt eveneens voor de stofstromen voor gemalen; er wordt dan ook verwezen voor meetopzet, meetnauwkeurigheden en -frequenties en gegevensopslag en -bewerking naar § 5.4.

Bij gebruik van de metingen in het gemaal voor de validatie en calibratie van een stoftransportmodel (vuiluitworpmoedell) of voor studie naar de belasting van de rwzi, is de samenstelling van de lijst met te meten parameters afhankelijk van de processen die met het betrokken model of de te bestuderen processen op de rwzi worden beschreven.

Voor de noodzakelijk debietmetingen in een gemaal wordt verwezen naar § 4.7.

De samenstelling van het afvalwater ondergaat wijzigingen bij langdurig verblijf in een gemaalkelder of een persleiding. Door biochemische omzettingsprocessen kunnen bijvoorbeeld de zuurstofconcentratie en de sulfideconcentratie belangrijke wijzigingen ondergaan.

Figuur 32 : Meting van slib en stoffen, die rioolgemalen passeren.



Het is dus van belang de plaats waar de monsters worden genomen éénduidig vast te leggen. Bij de keuze van de monsternamelocatie moet rekening worden gehouden met het doel van het onderzoek. Bij het vaststellen van de belasting van de rwzi moeten de monsters worden genomen op het ontvangtpunt aan het einde van de persleiding. Onderzoek ten behoeve van het meten van een stoffenbalans van het rioolstelsel vraagt om meting in de gemaalkelder of direct achter het gemaal uit de persleiding. In dit laatste voorbeeld heeft de monstername uit de persleiding direct achter het gemaal de voorkeur. Op deze locatie is het afvalwater volledig gemengd en worden dus representatieve monsters genomen, dit in tegenstelling tot monstername uit de gemaalkelder, waarbij concentraties over diepte kunnen verschillen.

5.6 Metingen in oppervlaktewater, algemeen

De gevolgen van riooloverstortingen op de ontvangende oppervlaktewateren variëren binnen ruime grenzen. Dit wordt onder andere veroorzaakt door grote verschillen in het volume van overstortingen en verschillen in de samenstelling van het overstortwater. Daarnaast zijn de karakteristieken van het ontvangende oppervlaktewater van groot belang. Het gaat dan om volume, debiet, verblijftijd, waterdiepte en andere morfologische kenmerken en de chemische samenstelling. Tenslotte hebben omgevingsfactoren als temperatuur, wind en warmtestraling een belangrijke invloed op het uiteindelijk optredend effect, met vaak grote verschillen tussen de verschillende seizoenen.

Al deze invloedsfactoren kunnen in een groot aantal combinaties samengaan, zodat een gedetailleerde voorspelling van effecten niet mogelijk is. Voor de inschatting van effecten (zodig met behulp van modellen) en het kiezen van een meetstrategie dient te worden geeneraliseerd op basis van tijd- en ruimteschaal.

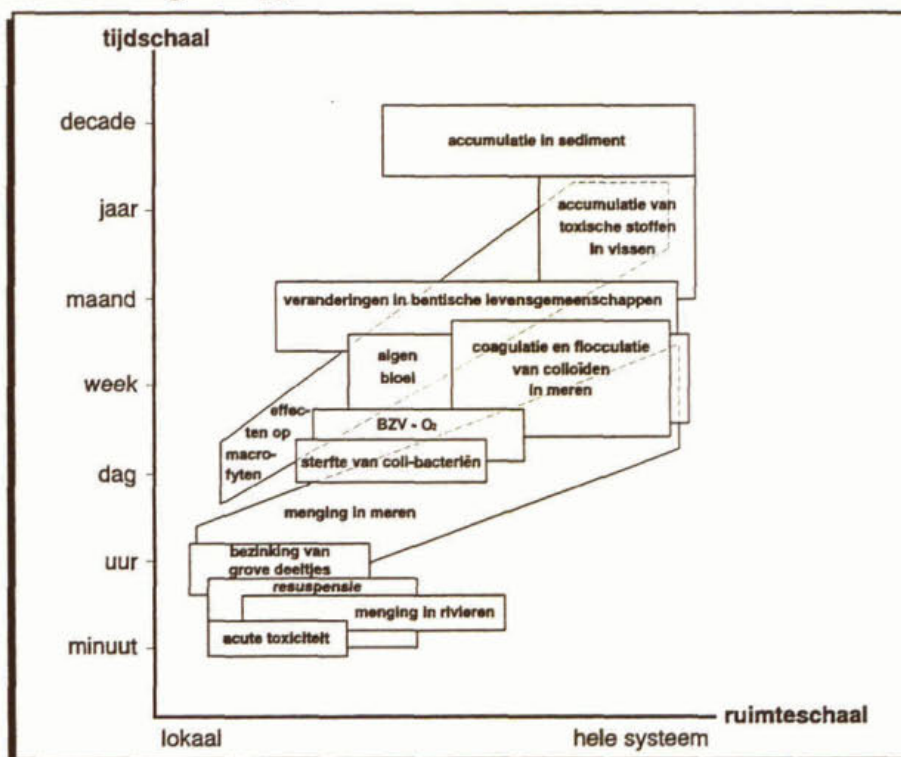
De tijdschaal waarop waterkwaliteitseffecten kunnen worden beoordeeld, wordt bepaald door de snelheden waarmee de relevante processen zich in het oppervlaktewater afspelen. Effecten

waarbij processen met hoge snelheden een rol spelen, zoals acute vissterfte of chemische oxydatie- en reductiereacties, zijn direct te relateren aan de dynamiek van de overstorting. Van belang zijn dan het concentratieverloop, de duur van de overstorting en de lokale mengingscondities. De processnelheden bepalen hoever de effecten zich in tijd en ruimte uitstrekken. De gebeurtenis zal uitermate dynamisch verlopen en vereist een gedetailleerde en frequente bemonstering of continue registratie, rekeninghoudend met sterke lokale gradiënten. Daar staat tegenover dat hoge processnelheden leiden tot een snelle afzwakking van de verstoring.

Voor waterkwaliteitseffecten die gerelateerd zijn aan processen met middelmatige snelheden, bijvoorbeeld BZV-afname en afsterving van colibacteriën, is voor het verkrijgen van inzicht een minder gedetailleerde bemonstering nodig.

Het direct optredend effect van een overstorting is van ondergeschikt belang als het gaat om veranderingen die verband houden met langzame processen, zoals de accumulatie van nutriënten of zware metalen in het sediment. In dergelijke situaties kan de evaluatie mogelijk beperkt blijven tot een schatting van de bijdrage van de overstort aan de totale belasting van het betreffende oppervlaktewater.

Figuur 33 : Relatie tussen processnelheden en ruimtelijke schaal van de effecten van riooloverstortingen (uit [1]).



Voor stoffen die betrokken zijn bij processen met zowel hoge als lage snelheden moet worden nagegaan welke tijdschaal maatgevend is. Eén keer een zuurstoftekort als gevolg van één overstorting in een periode van twee jaar kan een ontvangend water meer verstoren dan de continue lozing van een effluent, ook al draagt de laatste meer dan 98% bij aan de BZV-belasting van het ontvangende water.

De effecten van overstortingen op stromende wateren zullen zich over het algemeen over een grotere afstand uitstrekken, omdat de verontreinigde watermassa zich met de stroom verplaatst. Als een beschouwing plaatsvindt vanuit een vast punt langs de stroom zal de duur van de verstoring korter zijn dan bij stagnante wateren.

Figuur 33 geeft een kwalitatief beeld van de relaties tussen de processnelheden en de ruimtelijke schaal van de effecten.

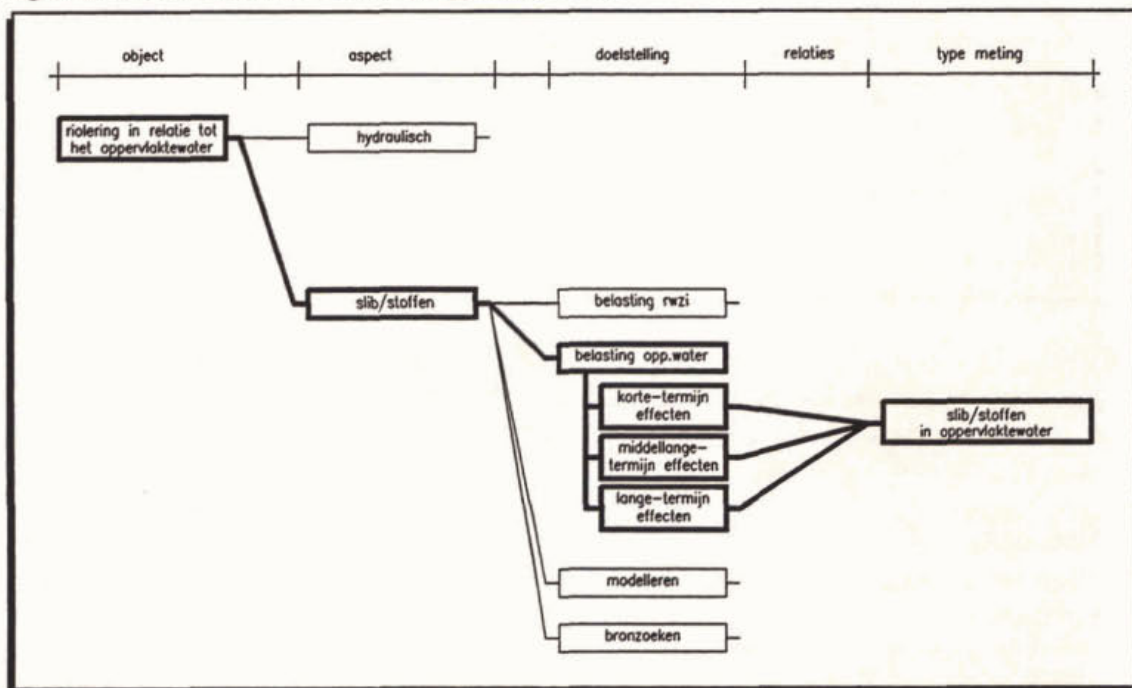
In de volgende paragrafen worden aanbevelingen gedaan voor metingen aan ontvangend oppervlaktewater.

5.7 Metingen in het oppervlaktewater, fysisch-chemisch

5.7.1 algemeen

Door de fysisch-chemische parameters van het oppervlaktewater te meten, kan inzicht worden verkregen in de effecten van overstortingen op het ontvangende oppervlaktewater. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen effecten op korte, middellange en lange termijn. Daarbij is het noodzakelijk om ook over hydraulische gegevens van de overstortingen en het oppervlaktewater te beschikken. Indien een gecalibreerd, hydraulisch model van het ontvangende oppervlaktewater voorhanden is, kunnen metingen aan de fysisch-chemische parameters in het oppervlaktewater dienen om een oppervlaktewaterkwaliteitsmodel te calibreren en verifiëren. De kwaliteitsmetingen kunnen ook dienen om verontreinigingsbronnen op te sporen, zie figuur 34.

Figuur 34 : Meten aan slib en stoffen in oppervlaktewater.



5.7.2 parameters

Voor de verklaring of vaststelling van de effecten van rioolwateroverstortingen op het oppervlaktewater komen de in tabel 10 aangegeven parameters in aanmerking.

Welke parameters in een meetprogramma worden opgenomen, is afhankelijk van de aanleiding tot en het doel van het onderzoek. In tabel 11 is een minimum pakket genoemd: de parameters die in elk geval gemeten zouden moeten worden om globaal inzicht te verkrijgen in de effecten van overstortingen op het ontvangende oppervlaktewater. Wanneer ook metingen aan het overstortwater worden verricht, dienen de analysepakketten op elkaar te worden afgestemd (vergelijk tabel 8).

Tabel 10 : Te meten parameters voor de verklaring of vaststelling van effecten van overstortingen op oppervlaktewater.

korte-termijneffecten	middellange-termijneffecten	lange-termijneffecten
<ul style="list-style-type: none"> ● temperatuur ● EGV ● O₂ ● pH ● droogrest (TSS) ● NH₄-N (NH₃ is toxisch voor vissen) <p>andere acuut toxische stoffen, al naar gelang de te verwachten samenstelling van het overstort-water.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● temperatuur ● EGV ● O₂ ● BZV ● CZV ● NH₄-N ● Kjeldahl-N ● NO₂-N ● NO₃-N ● o-PO₄-P ● t-P ● droogrest (TSS) ● gloeirest ● ziektekiemen (bacteriën/virussen) ● chlorofyl-a ● extinctie 	<ul style="list-style-type: none"> ● mikroverontreinigingen <ul style="list-style-type: none"> - zware metalen, met name: <ul style="list-style-type: none"> . Cd . Cu . Hg . Pb . Zn - organisch, met name: <ul style="list-style-type: none"> . PAK . bestrijdingsmiddelen ● biota (zie § 5.8)

Tabel 11 : Minimaal te meten parameters voor het verkrijgen van een globaal inzicht.

stof	opmerkingen
<ul style="list-style-type: none"> ● EGV ● O₂ ● Kjeldahl-N ● Zn ● visuele aspecten 	<ul style="list-style-type: none"> ● om verspreiding van rioolwater in het oppervlaktewater vast te stellen (tracer) ● maat voor invloed op de zuurstofhuishouding ● maat voor nutriënten ● maat voor persistente stoffen ● leveren van een algemeen beeld

Voor het calibreren en verifiëren van een waterkwaliteitsmodel is de samenstelling van de lijst met te meten parameters afhankelijk van de processen die met het model worden beschreven. Bij het bronzoeken is het eveneens vanuit de aanleiding tot het meten duidelijk om welke toestandsvariabele(n) het gaat.

5.7.3 meetopzet

Voor het verkrijgen van inzicht in de korte- en middellange-termijn effecten en voor het bronzoeken zijn metingen aan de waterfase van belang. Lange-termijn effecten manifesteren zich voornamelijk door accumulatie in het sediment (en in organismen), zodat de metingen zich in dat geval daarop dienen te richten. Meetgegevens voor modelleren zullen afhankelijk van de te modelleren processen betrekking hebben op de waterfase of de waterbodem.

5.7.4 meet- en bemonsteringsfrequentie

Temperatuur, EGV, O₂ en pH kunnen continu met behulp van een geschikte elektrode met meetversterker worden gemeten. Daarbij kan bijvoorbeeld elke 15 minuten tot elk uur een waarde worden geregistreerd. De nauwkeurigheid van deze metingen is over het algemeen ruim voldoende, maar de elektrodes zijn gevoelig voor vervuiling. Regelmatige inspectie en onderhoud is daarom noodzakelijk.

De andere parameters kunnen alleen worden bepaald door analyse van genomen monsters in het laboratorium. Deze monsternamen dient, als het gaat om inzicht in korte- en middellange-termijn effecten en metingen ten behoeve van waterkwaliteitsmodellering, zoveel mogelijk te zijn gerelateerd aan (het verloop van) de overstorting. Een overstorting kent geen constant

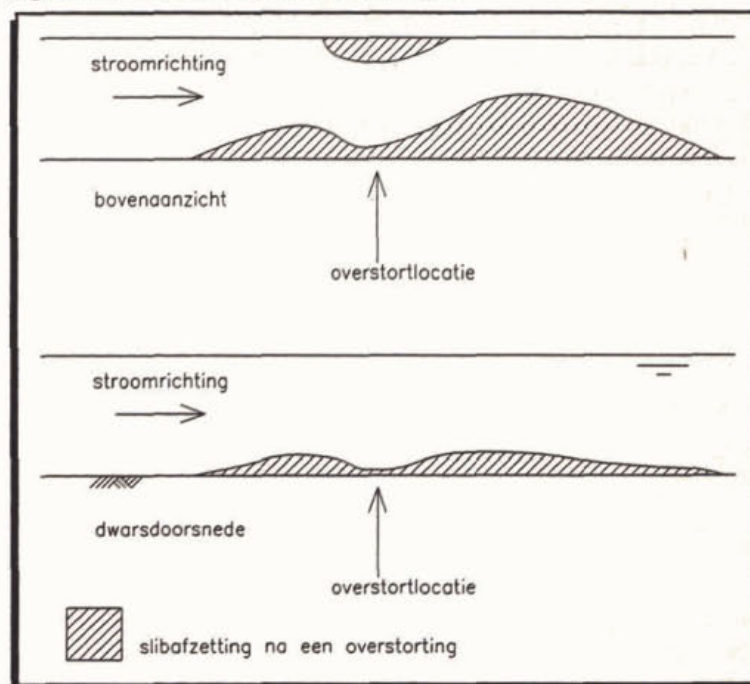
debiet en constante concentratie, maar zal voor deze parameters een zeker verloop in de tijd vertonen. Een dergelijk verloop zal ook in het oppervlaktewater zijn terug te vinden, maar dan vertraagd en over een langere periode. De mate van vertraging en verdeling over de tijd neemt toe met de afstand tot de overstort. Op korte afstand van de overstort kan de bemonstering direct worden gerelateerd aan het verloop van de overstorting, bijvoorbeeld proportioneel met het overstortingsvolume. Op grotere afstand dient de bemonstering pas te starten als het door de overstorting beïnvloede oppervlaktewater die locatie bereikt. Dit kan worden getraceerd met het EGV. Overstortwater heeft over het algemeen een lager EGV dan oppervlaktewater [33]. Richtwaarden voor overstortwater zijn 200-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, voor oppervlaktewater ligt het EGV meestal in het bereik van 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tot 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Voor bemonstering van de waterbodem is een frequentie van 1 à 2 maal per jaar voldoende. De monsters kunnen het best worden genomen in het najaar (en voorjaar bij 2 bemonsteringen per jaar), bijvoorbeeld oktober (en april).

5.7.5 meet- en bemonsteringslocaties

De keuze van de meet- en bemonsteringslocaties in het oppervlaktewater is afhankelijk van de lokale omstandigheden en het doel van de metingen. Daarnaast bepaalt het doel van de metingen het aantal monsterpunten. Over het algemeen zijn minimaal twee monsterpunten gewenst, waarvan er één als referentie dient (niet beïnvloed door de overstorting(en), bijvoorbeeld bovenstrooms van de overstort).

Figuur 35 : Voorbeeld locatie slibafzettingen.



Is het calibreren en verifiëren van een waterkwaliteitsmodel de doelstelling van de metingen, dan zijn twee meetpunten nodig, die beide worden beïnvloed door de overstorting. De afstand tot de overstort dient voldoende groot te zijn om een gelijkmatige menging met het ontvangende oppervlaktewater te garanderen. De onderlinge afstand tussen de meetpunten dient zo groot te zijn dat binnen de looptijd de bemeten processen substantiële concentratieveranderingen veroorzaken. Uit de optredende veranderingen in de concentraties kunnen dan de procesparameters worden geschat.

Wanneer inzicht in de mengings- en verdunningsprocessen doel van de metingen is, zijn meerdere monsterpunten in de buurt van de overstort noodzakelijk.

Omdat gemeten wordt in de watermassa, die is beïnvloed door de overstorting, zullen op stagnant oppervlaktewater (bijvoorbeeld een vijver) de monsterpunten dichtbij de overstort en bij elkaar liggen dan bij overstorting op een snel stromende beek. Zoals hiervoor al aangegeven kan het EGV daarbij als tracer worden gebruikt.

De waterbodembemonstering dient afhankelijk van de stromingscondities van de betreffende overstortlocatie dichtbij of op enige afstand stroomafwaarts te geschieden. Om de invloed van overstortingen te kunnen onderscheiden van andere invloeden moet ook op een referentiepunt worden bemonsterd. Een referentiepunt kent idealiter dezelfde omstandigheden als de te onderzoeken overstortlocatie, behalve de beïnvloeding door overstortwater. In figuur 35 is een voorbeeld gegeven van de verdeling van de slibafzettingen na een overstorting in een stromende beek. Bij het nemen van bodemonsters wordt aanbevolen om eerst te verkennen waar zich de slibafzettingen bevinden voordat wordt bemonsterd.

5.7.6 *apparatuur*

Metten aan korte-termijn effecten betekent dat meetwaarden tijdens en tot één à twee dagen na een overstorting van belang zijn. Automatische monstername-apparatuur is daarbij onontbeerlijk.

De meting van temperatuur, EGV, O₂ en pH kunnen worden geautomatiseerd door gebruik te maken van geschikte elektroden met meetversterkers en dataloggers of één centrale datalogger (bijvoorbeeld in de vorm van een PLC) met één tijdwaarneming voor alle apparatuur. De elektroden kunnen direct in het oppervlaktewater worden gehangen of in een leiding in een kast op de oever worden gemonteerd. Met behulp van een pomp wordt het te bemen water continu door de leiding langs de elektroden geleid.

De keuze voor het gebruik van een bepaald apparaat wordt sterk bepaald door het doel van de meting. Als het bijvoorbeeld gaat om het bepalen van de bijdrage van overstortwater aan de verontreiniging van de waterbodem is bemonstering van de toplaag van het slib voldoende. Het is daarbij geen bezwaar als het monster geroerd is. Daarom kan met een eenvoudige 'happer' worden bemonsterd. Voor beter inzicht of een hogere nauwkeurigheid moet een ongeroerd monster worden gestoken. Hiervoor kan bijvoorbeeld de Beekersampler (zie [3]) worden gebruikt. De kolom kan dan na invriezen in plakjes worden gesneden die afzonderlijk worden geanalyseerd, zodat een verontreinigingsprofiel over de diepte wordt verkregen.

5.8 **Metingen in oppervlaktewater, biologisch**

5.8.1 *algemeen*

Voor het vaststellen en zo mogelijk verklaren van effecten van overstortingen op de ecologie van het ontvangende oppervlaktewater zijn metingen aan de plantaardige en dierlijke organismen noodzakelijk. Dergelijke metingen zijn met name geschikt voor de vaststelling of verklaring van lange-termijn effecten, (zie ook figuur 36).

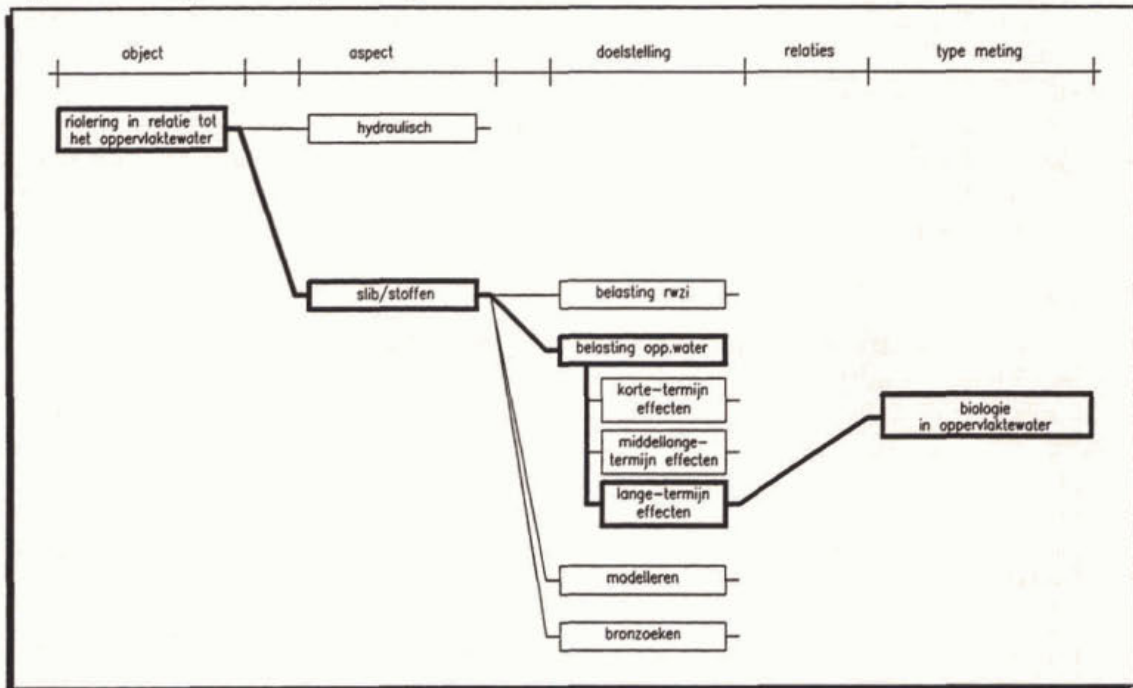
Uit het onderzoek, zoals dat is uitgevoerd in het kader van NWRW-thema 9 [31], is het volgende gebleken.

- korte-termijn effecten van overstortingen kunnen zich ondermeer uiten in:
 - verdunning van biomassa van fytoplankton (kleine plantaardige organismen en afname chlorofyl-gehalte) en zoöplankton (kleine dierlijke organismen) als gevolg van wegspoeling (transport), migratie of sterfte;
 - verarming van soortenrijkdom van fyto- en zoöplankton;
 - uitspoeling van polysaprobe (sterk met organisch materiaal verontreinigde) zoöplanktonorganismen uit het riool naar het ontvangende water en toename (bloei) van deze organismen in dit water;

- migratie of sterfte van makrofauna en vissen;
- bacteriële verontreiniging, hiervoor wordt als parameter E-Coli gehanteerd.

Afhankelijk van het type ontvangend oppervlaktewater (stagnant, stromend) en de afmetingen in relatie tot het overstortingsvolume zal het ecosysteem meer of minder schade oplopen en langzamer of sneller herstellen van voornoemde verstoringen;

Figuur 36 : Biologische metingen in oppervlaktewater.



- middellange-termijn effecten van overstortingen kunnen zich in de dagen na een overstorting uiten in snelle veranderingen in de populatiesamenstelling van plankton en eventueel makrofauna en vissen, als reactie op een (tijdelijk) extra met organische stoffen en nutriënten belaste situatie en lage zuurstofgehalten. In bepaalde gevallen kan een overstorting direct aanleiding zijn tot hevige algenbloei als gevolg van plotselinge toename van beschikbare nutriënten, met hierop reactie van het zoöplankton (toename van polysaprobe algeneters en detrivoren). Bij reacties op middellange termijn treedt binnen enkele weken geheel of gedeeltelijk herstel van populaties op tot het niveau van vóór de overstorting;
- lange-termijn effecten (vaak min of meer permanente effecten) kunnen in meer of mindere mate, onder andere afhankelijk van watertype, in alle verschillende organismengroepen tot uiting komen, maar vooral in de sessiele diatomeeën (vastzittende kiezelalgen) en de makrofaunalevensgemeenschappen. De verschillen tussen de populaties in ontvangende wateren en referentiewater duiden op meer of minder grote verschillen in trofie- en saprobiegraad (de mate van organische verontreiniging). Zowel trofie- als saprobie-niveau ligt in ontvangende wateren hoger dan in referentiewateren. Fytoplanktonpopulaties in ontvangende wateren zijn vaak instabiel en van tijd tot tijd kan (blauw)algenbloei optreden, waardoor de waterkwaliteit verder afneemt. Als gedurende een langere periode geen overstortingen plaatsvinden, kan enig herstel van de populaties in de richting van het referentieniveau optreden.

Korte- en middellange-termijn effecten, waarvan het ecosysteem zich binnen enkele dagen kan herstellen, zijn minder interessant om expliciet vast te stellen. Effecten als vissterfte en explosieve algenbloei kunnen eenvoudig worden waargenomen. Deze en niet direct zichtbare, tijdelijke, ecologische effecten kunnen worden verklaard uit metingen aan fysisch-chemische parameters. Mede gezien het arbeidsintensieve karakter wordt het gedetailleerd meten van biota op korte- en middellange-termijn effecten in zijn algemeenheid ontraden, tenzij men een specifiek hierop gerichte onderzoeksdoelstelling heeft. Wel kan het interessant zijn om min of meer permanente verstoringen van het ecosysteem te verklaren en vast te stellen.

Uit het onderzoek NWRW-thema 9 [31] is echter ook naar voren gekomen dat het vaak erg moeilijk is om een als referentie geschikte locatie te vinden. Bovendien wordt het ecosysteem door zoveel locatie-afhankelijke factoren beïnvloed dat voor elke situatie zeer kritisch bekeken moet worden of het wel zinnig is om te meten aan de biologie teneinde effecten van overstromingen te kunnen bepalen. Beïnvloedende, locatie-afhankelijke factoren zijn bijvoorbeeld stroomsnelheid, morfologie, achtergrondbelasting en de voorkomende levensgemeenschappen. Voor het maken van deze afweging is specialistische kennis van aquatische ecologie vereist.

5.8.2 *beoordelingssystemen en watertypen*

Voor het vaststellen van ecologische lange-termijn effecten (vaak min of meer permanente effecten) kan worden aangesloten bij de ecologische-beoordelingssystemen van STOWA. Chemische, fysische, morfologische en/of biologische meetgegevens kunnen hiermee in samenhang worden beoordeeld, hetgeen resulteert in een 'ecologisch profiel' voor - een deel van - een watersysteem. Dit ecologisch profiel bestaat uit enkele karakteristieken met per karakteristiek de score (klasse) voor de kwaliteit (variërend tussen: beneden laagste - hoogste ecologische niveau). Voorbeelden van karakteristieken zijn waterchemie, habitatdiversiteit, saprobie en stroming.

De hiervoor bedoelde landelijk toepasbare diagnostische beoordelingssystemen zijn beschikbaar voor de belangrijkste CUWVO-watertypen [6]. Het betreft de beoordelingssystemen 'stromende wateren', 'sloten', 'kanalen', 'zand-, klei- en grindgaten' en 'ondiepe meren en plassen' [53], [54], [55], [56] en [57]. De volledige CUWVO-typologie van de Nederlandse oppervlaktewateren is opgenomen in tabel 12.

Tabel 12 : Indeling van de Nederlandse oppervlaktewateren in typen [6]

wateren van het rivierstelsel	functionele wateren (gegraven)	stagnante wateren (al dan niet gegraven)	brakke en zoute wateren
<ul style="list-style-type: none"> ○ bronnen ● beken ● kleine rivieren ○ rivieren 	<ul style="list-style-type: none"> ○ drinkpoelen ● stadswateren ● sloten ● weteringen en vaarten ● kanalen ○ havens 	<ul style="list-style-type: none"> ○ vennen en pingo-ruïnes ○ duinmeren ○ wielen ○ oude rivierarmen ● zand-, grind- en kleigaten ○ petgaten ● meren en plassen 	<ul style="list-style-type: none"> ○ dobben ● inlagen ○ zoute meren ● kreken ○ getijdewateren ○ zee
<ul style="list-style-type: none"> ● relevant in dit kader ○ niet relevant in dit kader 			

In het merendeel van de situaties, waarbij de overstorten van een rioolstelsel lozen op een oppervlaktewater, wordt voor het vaststellen van ecologische lange-termijn effecten gebruik gemaakt van één van de vijf STOWA-beoordelingssystemen. Zo mag bijvoorbeeld worden verondersteld dat dergelijke lozingen - vrijwel - niet plaatsvinden in bronnen, drinkpoelen, vennen en pingo-ruïnes (op het eind van de laatste ijstijd ontstane depressies in het landschap), duinmeren, wielen, oude rivierarmen, petgaten (open water ontstaan bij vervening of turfwin-

ning) en dobben (kunstmatig brak oppervlaktewater). Voor een aantal andere watertypen is het, gezien de 'inherent' slechte waterkwaliteit en/of het grote watervolume, niet zinvol om de ecologische effecten van dergelijke lozingen vast te stellen. Hierbij gaat het om grote rivieren, havens, getijdewateren en de zee. De resterende watertypen, uitgezonderd zoute meren, zijn te beoordelen met genoemde methodieken (tabel 13).

Tabel 13 : STOWA-beoordelingssystemen en relevante CUWVO-watertypen

STOWA-beoordelingssystemen				
stromende wateren [53]	sloten [54]	kanalen [56]	zand-, grind- en klei- gaten [57]	meren en plassen [55]
<ul style="list-style-type: none"> • beken • kleine rivieren 	<ul style="list-style-type: none"> • sloten • weteringen/vaarten (breedte < 10m en diepte < 1,5m) 	<ul style="list-style-type: none"> • kanalen • weteringen/vaarten (breedte > 10m en diepte > 1,5m) 	<ul style="list-style-type: none"> • zand-, grind- en kleigaten 	<ul style="list-style-type: none"> • meren en plassen • inlagen • kreken

5.8.3 parameters

Het gebruik van de STOWA-methodieken voor de ecologische beoordeling van wateren vereist het bepalen van een aantal morfologische, fysische, chemische en biologische parameters. In tabel 14 en 15 wordt hiervan een overzicht gegeven.

morfologische, fysische en chemische parameters

De morfologische, fysische en chemische parameters per STOWA-beoordelingsmethoden staan in tabel 14. Hierin is tevens de benodigde meetfrequentie per jaar opgenomen. Verder zijn voor de typologische indeling van wateren (zoals sloottypen) soms aanvullende gegevens noodzakelijk. Aangegeven is welke parameters hiervoor éénmalig op de locatie dienen te worden gemeten. Bij de beoordelingsmethode voor meren en plassen is behalve het basispakket voor beoordeling, ook een additioneel pakket mogelijk indien meer informatie gewenst is. Voor beide pakketten zijn de benodigde parameters opgenomen in tabel 14.

Tabel 14 : Morfologische, fysische en chemische variabelen en meetfrequentie per jaar (STOWA-beoordelingsmethoden).

variabelen	STOWA-beoordelingssystemen				
	stromende wateren [53]	sloten [54]	kanalen [56]	zand-, grind- en kleigaten [57]	meren en plassen [55]
Morfologie:					
- breedte	*2)				*2)
- diepte					*2)
- oppervlakte					*2)
- strijklengte					*2)
- hellingshoek oever		1 ³⁾	1 ³⁾	1 ³⁾	
Fysica:					
- indicatie stroomsnelheid	*2)	*2)	*2)		
- aard geologische ondergrond					1 ³⁾
- samenstelling waterbodem					6 ¹⁾
- doorzicht				1 ³⁾	
Chemie:					
- pH		12		12	6
- Cl ⁻		12	12	12	6
- BZV		4	4	4	
- O ₂ -percentage		4 ^{*4)}	4	4	
- NH ₄ -N		4 ^{*4)}	4	4	6 ¹⁾
- Kjeldahl-N			4	4	
- NO ₂ -N			4	4	
- NO ₃ -N		4 ^{*4)}	4	4	
- t-N			4		6 ¹⁾
- o-PO ₄ -P		4 ^{*4)}	4	4	
- t-P		4 ^{*4)}	4	4	6 ¹⁾
- bicarbonaat		1 ³⁾	1 ³⁾		
- sulfaat		1 ³⁾	1 ³⁾		
- EGV		1 ³⁾	1 ³⁾		6
- calcium (of totale hardheid)		1 ³⁾	1 ³⁾		6
¹⁾ additioneel ²⁾ eenmalig voor locatie ³⁾ ten tijde van biologische bemonstering ⁴⁾ in [54] is voor deze meetfrequentie ten onrechte éénmaal per jaar aangehouden					

biologische parameters

De biologische parameters van de STOWA-beoordelingssystemen zijn opgenomen in tabel 15. Ook is hier vermeld of de variabele is opgenomen in het additionele pakket. Aangegeven is verder de minimale meetfrequentie om het systeem te kunnen toepassen. Om een goed beeld te krijgen van de kwaliteit van het ecosysteem wordt echter aanbevolen om twee biotische bemonsteringen per jaar uit te voeren. De perioden april-juni en augustus-oktober zijn hiervoor het meest geschikt. Voor het toepassen van het systeem dienen alle biotische componenten in dezelfde periode te worden bemonsterd.

Voor de bepaling van de biotische componenten dienen de te bemonsteren (micro)habitats representatief te zijn voor het watersysteem. Voor macrofauna en epifytische diatomeën (aan waterplanten gehechte diatomeën) dienen alle aanwezige (micro)habitats (milieufactoren) bemonsterd.

Voor het maken van een vegetatieopname, macrofyten (waterplanten), hydrofyten (drijvende of ondergedoken waterplanten), helofyten (waterafhankelijke planten), wordt bij voorkeur

gebruik gemaakt van de Tansley methode. Bij enkele STOWA-methodieken zijn ook Braun-Blanquet opnamen bruikbaar [54], [55], [56] en [57].

Tabel 15 : Biologische variabelen en meetfrequentie per jaar (STOWA-beoordelingssystemen).

biologische variabelen	STOWA-beoordelingssystemen				
	stromende wateren [53]	sloten [54]	kanalen [56]	zand-, grind- en kleigaten [57]	meren en plassen [55]
Primaire productie: - chlorophyl-a			2	2	6
Samenstelling levensgemeenschap: - rijkdom soorten of soortgroepen • Flora - macrofyten - hydrofyten - helofyten - abundantie soorten of soortgroepen • Flora - fytoplankton - macrofyten - hydrofyten - helofyten • Fauna - aasgarnaal - visfauna - diversiteitsindices (rijkdom/abundantie) • Fauna - visfauna		1 1 1	1 1 1	1 1 1	8 1 6 ¹⁾ 2 ¹⁾ 2 ¹⁾
Levensgemeenschap als indicatie: - indicatorsoorten Flora - fytoplankton - diatomeeën - macrofyten - indicatorsoorten Fauna - zoöplankton - macrofauna - visfauna	1	1 1	1 1 1	1 1 1	2 ¹⁾
¹⁾ additioneel					

5.8.4 meetopzet

De wijze van meten en verwerking van de gegevens is uitgebreid beschreven in de eerder genoemde STOWA-rapporten [53], [54], [55], [56] en [57].

bemonsteringsfrequentie

De bemonsteringsfrequentie is in het voorgaande per toestandsvariabele genoemd (tabel 14 en tabel 15). Omdat de metingen zijn gericht op het vaststellen van lange-termijn effecten is het van belang dat niet kort na een overstorting wordt bemonsterd. Korte- of middellange-termijn-effecten kunnen de waarnemingen dan vertroebelen. Verder dienen de bemonsteringen op alle locaties, inclusief de referentielocatie, kort na elkaar genomen te worden, zodat weers- en seizoensinvloeden de vergelijking van de resultaten op verschillende locaties niet beïnvloeden.

bemonsteringslocaties

Om uitspraken te kunnen doen of een overstort een min of meer permanente verstoring van het ecosysteem van het ontvangende oppervlaktewater veroorzaakt, is het noodzakelijk te beschikken over de gegevens van een locatie die niet wordt beïnvloed door de betreffende overstort. Er zijn dus minimaal twee monsterpunten nodig: één die niet en één die wel onder invloed van een overstort staat.

6 MEETMETHODEN

6.1 Algemeen

In de hoofdstukken 4 en 5 is een beeld gegeven van de gewenste nauwkeurigheden en te meten parameters, maar is niet ingegaan op de meetmethoden.

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op:

- waterpeil- en debietmeting in de riolering;
- waterpeilmeting in oppervlaktewater;
- debietmeting in gesloten leidingen;
- monsternamen.

De debietmeting in oppervlaktewater wordt niet uitgebreid aan de orde gesteld. Hiervoor wordt verwezen naar [11] en [58].

6.2 Waterpeilmetingen in de riolering

Het opnemen van waterpeilen in de riolering vindt in de praktijk doorgaans plaats in de putten. Meestal wordt in overstortputten of in gemaalkelders gemeten. De twee meest toegepaste systemen zijn de drukopnemer (§ 6.4.4) en de akoestische opnemer (§ 6.4.5). Voor toepassing in de riolering moet worden gekozen voor een robuuste uitvoering rekening houdend met een mogelijk corrosieve omgeving.

Voor uitsluitend waterpeilmeting is een te bereiken nauwkeurigheid van 0,01 m voldoende; deze kan met de meeste opnemers worden bereikt. Wanneer echter de waterpeilmeting wordt gebruikt voor debietmeting, bijvoorbeeld bij meting van overstorthoogte, moet de meetnauwkeurigheid worden afgeleid uit de gewenste nauwkeurigheid van de debietmeting. Vaak is dan een aanzienlijk hogere meetnauwkeurigheid (circa 0,002 m) noodzakelijk. In deze gevallen wordt een meetopstelling gebruikt als weergegeven in figuur 37. Hierbij wordt binnen een klein meetbereik gemeten, waardoor een hogere nauwkeurigheid kan worden bereikt bij toepassing van bijvoorbeeld drukopnemers.

Bij het plaatsen van de opnemer moet worden gelet op de volgende punten:

- bereikbaarheid van de opnemer voor onderhoud;
- het voorkomen van valse echo's (bij akoestische opnemers);
- robuuste bevestiging van de sensor;
- voldoende ver van de overstortrand vandaan;
- zo mogelijk in een buis geplaatst, waardoor snelle waterpeilfluctuaties enigszins worden uitgedempt.

Bij plaatsing in een normale rioolput moet bij de keuze van het type opnemers rekening worden gehouden met het feit dat er 'water op straat' kan voorkomen. Het waterpeil stijgt dan tot boven maaiveld waardoor de gehele sensor inclusief eventuele registratieapparatuur nat kan worden.

6.3 Debietmeting in de riolering

6.3.1 algemeen

Debietmeting in de riolering kan worden verricht door gebruik te maken van een bekende afvoerrelatie van een kunstwerk, bijvoorbeeld een overstort of een doorlaat, of door het debiet

in de persleiding achter een gemaal te meten. Het meten van debieten in de riolen zelf is het lastigst.

6.3.2 debietmeting met een afvoerrelatie

Bij het meten van het debiet met behulp van een afvoerrelatie wordt uitgaande van een of meer waterstandmetingen met een bekende relatie tussen waterstand (verschillen) en de afvoer het debiet bepaald. In theorie zou bijvoorbeeld het waterstandsverschil over een leiding kunnen worden gebruikt voor het bepalen van het debiet door die leiding. In de meeste Nederlandse stelsels is dit echter in de praktijk niet mogelijk. Door de veelvuldig voorkomende gestuwde situaties is er geen eenduidige afvoerrelatie te bepalen. Daarnaast zijn de waterstandsverschillen vaak dermate klein dat zelfs met zeer nauwkeurige waterpeilmetingen nog geen nauwkeurige debietsbepaling mogelijk is.

Het gebruik van debietsbepaling met behulp van afvoerrelaties is wel mogelijk voor:

- overlaten;
- doorlaten;
- venturi's.

Al deze oplossingen hebben als nadeel dat een vrij groot verval beschikbaar moet zijn. In het geval van bestaande overstorten en doorlaten is dat geen probleem. Wanneer men echter alléén voor debietmetingen een dergelijke constructie moet aanbrengen, stuit men al gauw op bezwaren. Wel wordt opgemerkt dat het eenvoudiger (en goedkoper) is om bij nieuwbouw van overstorten of doorlaten maatregelen te nemen om metingen mogelijk te maken dan dat men een bestaande situatie hiervoor geschikt moet maken.

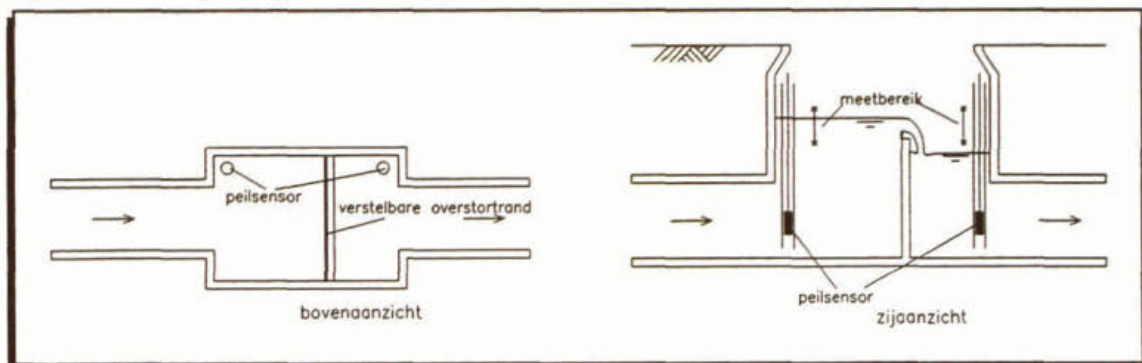
De in standaardnormen (ISO, NEN) gehanteerde meet- en resultaatbewerkingsmethoden zijn niet geschikt voor de riolering. In de normen wordt veelal uitgegaan van volledig beheersbare omstandigheden, zodat de noodzakelijke aan- en uitlooptrajecten voor en achter het meetpunt gerealiseerd kunnen worden. In de gangbare praktijk is dit vaak niet het geval en moet via een in-situ ijking de afvoerrelatie worden vastgesteld, zie ook § 4.4.

overlaten

Om een bestaande overstortdremmel als meetoverlaat te kunnen gebruiken, moeten meestal enkele voorzorgsmaatregelen worden genomen:

- het aanbrengen van een exact horizontaal te stellen scherpe overlaatrاند; hiermee kan een zo exact mogelijk gedefinieerd verloop van de afvoerrelatie worden bereikt;
- verzekeren van een goede toegankelijkheid.

Figuur 37 : Meetopstelling overstort.

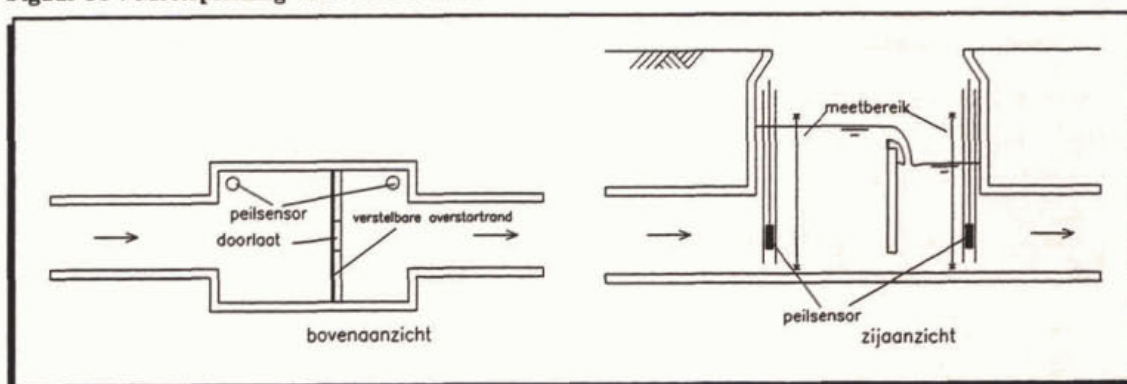


In figuur 37 is een voorbeeld van een meetopstelling voor het meten van debieten over een overstort weergegeven. De waterpeilopnemers zijn in peilbuizen geplaatst. Het meetbereik van de sensoren moet zijn afgesteld op de te verwachten maximale peilvariaties. Hierbij wordt opgemerkt dat veel peilopnemers een nauwkeurigheid bezitten die een percentage is van het meetbereik. Daarom kan het noodzakelijk zijn een tweetal peilopnemers te installeren. Eén hiervan heeft een groot meetbereik, bedoeld om uitsluitend waterpeilen te meten. De tweede opnemer met een klein meetbereik wordt nabij het niveau van de overstortrand geïnstalleerd. Op deze wijze wordt de nauwkeurigheid van de peilvariatie nabij de overstortrand nauwkeurig gemeten. Deze kan dan worden gebruikt voor het berekenen van een debiet, met behulp van de afvoerrelatie van de overstort. Hiervoor moet de afvoerrelatie bekend zijn; een methode om deze vast te stellen is beschreven in § 4.4. De plaatsing van de peilopnemer moet zodanig zijn dat deze de waterstroom over de overstortrand niet verstoort. Een ideale plaatsing is op 10 tot 20 cm vanaf de achterwand van de overstortput.

doorlaat

Figuur 38 toont een meetopstelling voor het meten van debiet door een doorlaat.

Figuur 38 : Meetopstelling voor een doorlaat.



Vaak worden doorlaten gebruikt in stuwputten waarin bij kleine afvoeren (DWA) alleen de doorlaat wordt gebruikt en bij neerslagafvoer ook een in dezelfde put geplaatste interne overstortdrempel in werking treedt. De afvoerrelatie van een dergelijke constructie kan alleen via in-situ ijking worden vastgesteld, zie ook § 4.4. Hier geldt, zoals hiervoor beschreven in verband met de peilmeting in de overlaat, dat het meetbereik en de meetnauwkeurigheid van de peilopnemers het plaatsen van meerdere opnemers noodzakelijk kan maken.

venturi

Met een venturi zijn vrij nauwkeurige debietmetingen mogelijk. In figuur 39 is een meetopzet weergegeven. Er zijn diverse typen venturi's ontwikkeld, speciaal voor het gebruik in de riolering.

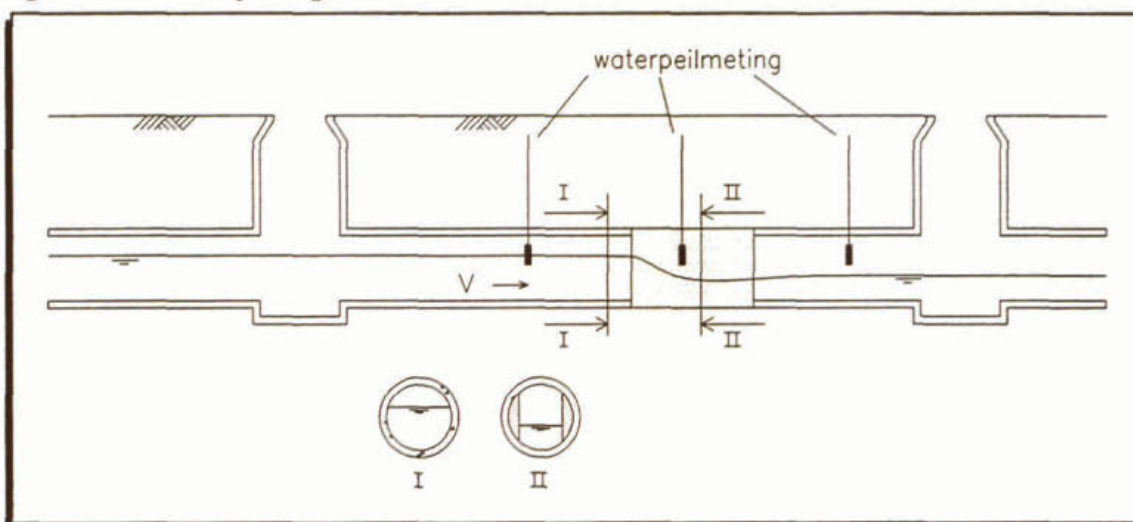
In [67] is een venturi beschreven waarmee zowel bij vrije waterspiegel als bij volledig gevulde leidingen kan worden gemeten en waarmee vanwege de symmetrische vorm in twee stroomrichtingen kan worden gemeten. Meetnauwkeurigheden in het debiet tot 2 % zijn hiermee mogelijk.

Venturi's zijn in de praktijk alleen toepasbaar als bij het ontwerp van het rioelstelsel rekening is gehouden met de extra opstuwning. Deze opstuwning heeft een verminderde afvoercapaciteit tot gevolg en kan in bepaalde gevallen leiden tot een verhoogd bergingsverlies door opstuwning in de droogweersituatie.

Een venturi heeft als voordeel dat sediment en drijvend materiaal niet worden tegengehouden. Wel kan de aanwezigheid van sediment in de meetsectie tot grote systematische afwijkingen leiden in de metingen. Een nadeel is dat in het bovenstrooms van de venturi gelegen gedeelte van het rioelstelsel door de opstuwning lage stroomsnelheden en verhoogde waterstanden

ontstaan, waardoor het risico op afzettingen van sedimenten in het rioelstelsel toeneemt en de beschikbare bergende capaciteit van het stelsel afneemt.

Figuur 39 : Venturi opstelling in een rioel.



6.3.3 debietmeting met snelheidsmeting

Het gebruik van een snelheidsmeting in combinatie met een waterstandsmeting kan, bij een bekend doorstroomprofiel, worden omgezet in een debiet. In figuur 40 is het principe weergegeven.

De bepaling het debiet gaat als volgt:

$$Q = \alpha v A(h) \quad (8)$$

waarin:	α	correctiefactor	[-]
	$A(h)$	oppervlak doorstroomprofiel als functie van het waterpeil	[m ²]
	v	stroomsnelheid	[m/s]
	Q	debiet	[m ³ /s]

De correctiefactor α is geen constante, maar is onder meer afhankelijk van stroomsnelheid, waterstand en leidingprofiel.

In figuur 40 is een tweetal snelheidsprofielen (I en II) weergegeven met daarin snelheidscontouren, in profiel II is een laagje bodemslib aanwezig dat een ernstige verstoring van het snelheidsprofiel tot gevolg heeft (zie onder meer [15]). De correctiefactor α is mede geënt op het snelheidsprofiel zoals aangegeven in profiel I. Een verstoring van dit profiel leidt dus tot een systematische fout in de debietmeting. Om deze reden moeten debietmeters van dit type altijd in situ worden gec calibreerd om behoorlijke nauwkeurigheden te bereiken.

De hoogste nauwkeurigheden worden bereikt wanneer de leiding geheel gevuld is. In veel brochures wordt de nauwkeurigheid van de snelheidsmeting genoemd, deze is vaak zeer hoog. Echter de doorwerking van meetfouten in snelheid en waterpeil kan leiden tot aanzienlijk grotere meeton nauwkeurigheden in het debiet (tot 50%). Daarbij komt nog een mogelijke systematische meetfout ten gevolge van de correctiefactor.

Zowel voor het meten van snelheid als voor het meten van de waterstand zijn verschillende methoden in omloop.

De betrouwbaarheid van de meetopstelling kan worden verbeterd door een zorgvuldige opstelling van de debietmeter. Bij voorkeur moet de debietmeter een grote vrije af- en

Peilschalen zijn de eenvoudigste meetinstrumenten die ter plaatse door de gebruiker worden afgelezen. Aflezen van een peilschaal kan dienen als snelle en globale controle van andere peilmeters. Bij het aflezen van een peilschaal moet bij een centimeterverdeling op millimeters worden geschat, de totale meetnauwkeurigheid (fout in aflezen, fout in referentiebepalings) is circa 0,01 m tot 0,02 m.

6.4.2

waterpeilmeting met peilschalen

- peilschalen;
- vlotterssystemen;
- drukopnemers;
- ultrasone opnemers.

Het meten van een waterpeil in het oppervlaktewater wordt gedaan met:

6.4.1

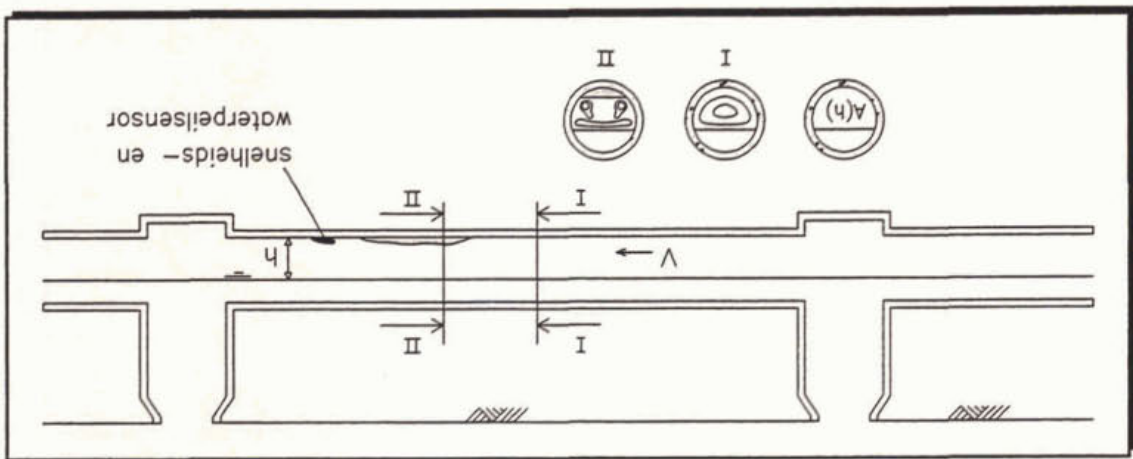
waterpeilmeting algemeen

In Nederland bestaat vrij veel ervaring met het meten van debieten en waterstanden in open waterlopen, in onder meer [58] uitgebreid beschreven. Daarom zal hier worden volstaan met het geven van een kort overzicht van de verschillende meetmethoden.

6.4

Waterpeilmeting in open waterlopen

Voor het meten van debieten in open waterlopen zijn diverse debietmeetmethoden gestandaardiseerd. Dit geldt ook voor debietmetingen in drukleidingen. In de riolering komt zowel vrije waterspiegel voor als afvoer onder druk. Dit, in combinatie met de moeilijke omstandigheden in de riolering (slechte toegankelijkheid, kans op aantasting, veel drijvend en bezinkbaar materiaal) maakt het goed meten van debieten in een rioolstelsel tot een gecompliceerde zaak.



Figuur 40 : Debietbepaling met snelheid- en waterstandmeting.

aansroomlengte hebben, in de orde van 10 tot 20 leidingdiameters. Het direct achter een put plaatsen leidt tot verstoringen in de snelheidsverdeling over het stroomprofiel. In de praktijk ontkomt men vaak niet aan niet-ideale plaatsing. In dergelijke gevallen moet men of genoeg nemen met een (onbekende) meetnauwkeurigheid of moet de debietmeter in situ worden geïjkt.

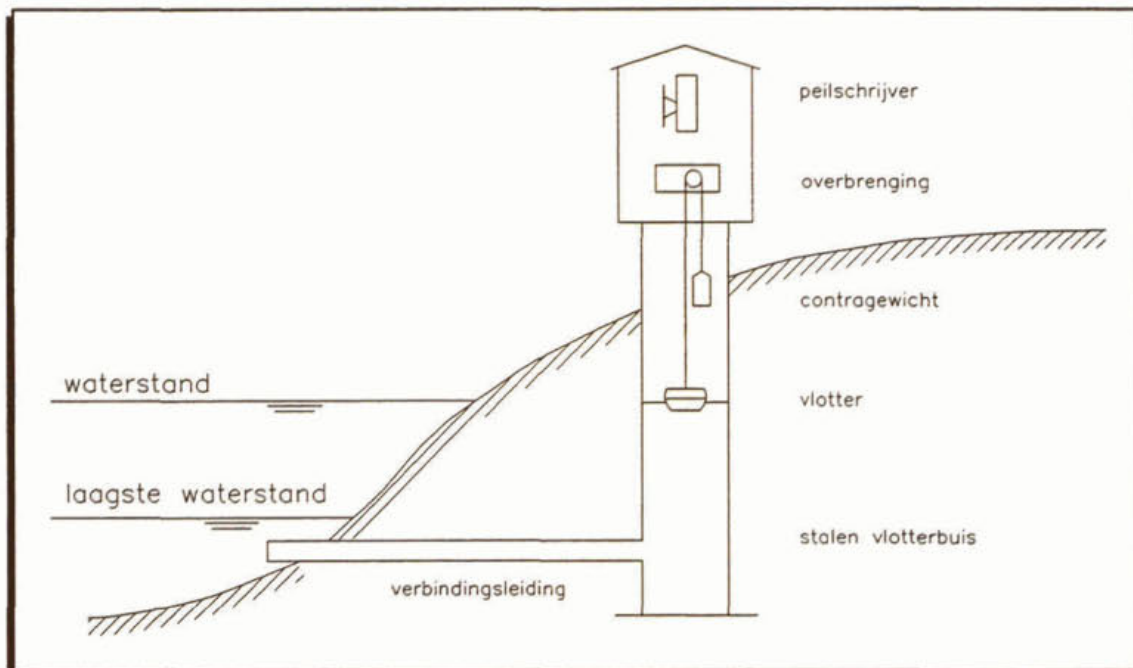
6.4.3 waterpeilmeting met vlottersystemen

Een vlottersysteem meet de waterstand in een peilbuis en niet direct in de waterloop.

In figuur 41 is een vlottersysteem schematisch weergegeven. De functie van de peilbuis is tweeledig:

- bescherming van de apparatuur;
- uitdempen van golven ten gevolge van wind en scheepvaart.

Figuur 41 : Vlottersysteem (zie ook [58]).



Aandachtspunten bij het vlottersysteem zijn:

- dusdanige keuze van leidingdiameters dat de naijling van de meting ten opzichte van de buitenwaterstand binnen zekere grenzen blijft;
- de verbindingsleiding zo hoog mogelijk, maar beneden het laagste waterpeil plaatsen. Dit in verband met het voorkomen van dichtslibben van de verbindingsleiding;
- kabellengte en hoogte van de peilbuis dusdanig kiezen dat het gehele bereik aan waterstanden wordt bestreken;
- materiaalkeuze van mechanische delen zodanig dat corrosie en aangroei (met als resultaat een toename van gewicht van de vlotter) worden voorkomen. In dit verband wordt koper als materiaal aanbevolen.

De met een vlottersysteem te bereiken absolute meetnauwkeurigheid is afhankelijk van specifieke uitvoering en registratiemethode (digitaal of analoog) circa 0,001 m tot 0,005 m. Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar [5], [58] en [62].

6.4.4 waterpeilmeting met drukopnemers

Een drukopnemer is een sensor die waterstand (waterdruk) omzet in een elektrisch signaal.

Het plaatsen van een drukopnemer geschiedt bij voorkeur in een peilbuis om de zelfde redenen als aangegeven bij het vlottersysteem.

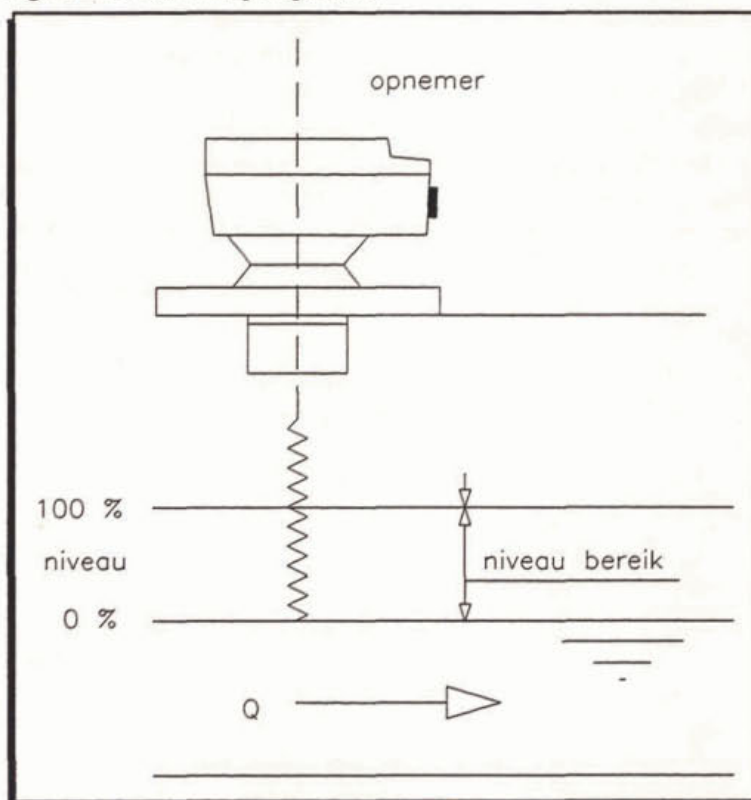
Voor het bereiken van een zo hoog mogelijke nauwkeurigheid wordt aanbevolen het meetbereik van de drukopnemer zo goed mogelijk in overeenstemming te kiezen met de te verwacht-

ten (of reeds waargenomen) waterstanden. Met een drukopnemer is een absolute meetnauwkeurigheid te bereiken van 0,002 m (zeer dure typen) tot 0,05 m (goedkope typen). Daarbij moet worden opgemerkt dat regelmatige controle en ijking noodzakelijk zijn. Veroudering en blootstelling aan vervuild water kunnen sterke afwijkingen tot gevolg hebben.

6.4.5 waterpeilmeting met ultrasone opnemers

In figuur 42 is schematisch een ultrasone opnemer weergegeven.

Figuur 42 : Ultrasone peilopnemer.



De sensor wordt boven de hoogste waterstand geplaatst en zendt ultrasone pulsen uit. De door het wateroppervlak gereflecteerde puls wordt waargenomen door de sensor. De tijd tussen uitzenden en ontvangst wordt gemeten. Via berekening kan, bij bekende geluidsnelheid, de afstand tussen sensor en wateroppervlak worden bepaald. De geluidsnelheid is afhankelijk van onder meer temperatuur, luchtvochtigheid en luchtdruk. Hoewel voor bijvoorbeeld de temperatuur kan worden gecorrigeerd, is de ultrasone sensor minder geschikt voor nauwkeurige metingen: de bereikbare nauwkeurigheid ligt tussen 0,02 m en de 0,05 m.

6.5 Debietmeting in gesloten leidingen

6.5.1 algemeen

Het meten van debieten in open waterlopen is uitgebreid beschreven in [58]. In deze paragraaf zal nader worden ingegaan op debietmeetsystemen in gesloten leidingen. Hiervan wordt ondermeer gebruik gemaakt bij debietmeting in persleidingen achter gemalen.

Een belangrijk uitgangspunt bij het meten van debieten in gesloten leidingen is dat de snelheidsverdeling over de doorsnede bekend wordt verondersteld. Om deze reden worden er dan ook eisen gesteld aan de lengte van de ongestoorde aanloop naar het debietmeetpunt en de ongestoorde afvoerlengte na het meetpunt. De exacte waarden zijn afhankelijk van de specifieke

ke apparatuur, maar als regel moet rekening worden gehouden met 10 tot 20 leidingdiameters aanlooptlengte en 5 tot 10 leidingdiameters afvoertlengte. In de praktijk zijn, zeker in bestaande gemalen, dergelijk trajecten als regel niet aanwezig.

De meest toegepaste meetprincipes zijn:

- flowinductiemeting;
- ultrasoonmeting.

6.5.2 *flowinductiemeting*

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de inductiewet van Faraday: wanneer een elektrische geleider door een magneetveld wordt bewogen, wordt een elektrische spanning in de geleider geïnduceerd. In het geval van een doorstroomde opstelling (de debietmeter is dan een onderdeel van de leiding) is het stromende water de bewegende geleider. De opgewekte spanning is een maat voor de gemiddelde vloeistofsnelheid waarmee via een bekende diameter en een bekende snelheidsverdeling over het profiel het debiet kan worden bepaald. Met debietmeters van dit type kunnen zeer hoge nauwkeurigheden worden bereikt (tot 0,5 %). Het nadeel is dat de investeringen, zeker voor leidingdiameters groter dan 400 mm, erg hoog zijn.

6.5.3 *ultrasoonmeting*

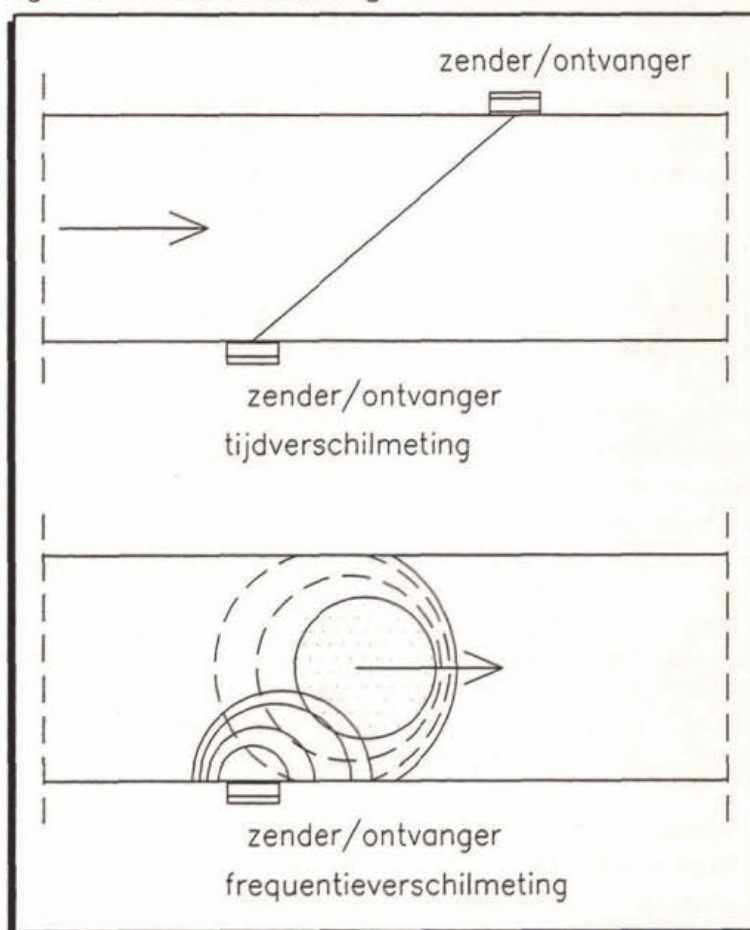
Hierbij kunnen twee verschillende principes worden gehanteerd: tijdverschilmeting of frequentieverschilmeting (dopplermeting). In figuur 43 zijn de twee meetprincipes schematisch weergegeven.

Bij de tijdverschilmeting wordt door een zender een geluidspuls onder een hoek de vloeistroom ingeleid en aan de andere zijde van de leiding door een ontvanger geregistreerd. Door zender en ontvanger van functie te verwisselen kan het tijdsverschil tussen de heen- en teruggaande puls worden gebruikt als maat voor de gemiddelde snelheid. Met een bekende leidingdiameter en een bekende snelheidsverdeling is dan een debiet te bepalen.

In het geval van de dopplermeting wordt gebruik gemaakt van de aanwezigheid van kleine deeltjes in het water. Door een zender/ontvanger wordt een geluidspuls met een bekende frequentie de vloeistof ingezonden. Deze puls reflecteert tegen de bewegende deeltjes. Het weerkaatste geluid heeft ten gevolge van de beweging van de deeltjes een andere frequentie (dopplereffect). Uit het verschil in frequentie tussen uitgezonden en gereflecteerd geluid is de gemiddelde snelheid van de deeltjes te bepalen. De aanname hierbij is dat de deeltjes nagenoeg dezelfde snelheid hebben als de omringende vloeistof.

Het voordeel van de ultrasoonmeting is dat deze op eenvoudige wijze met betrekkelijk goedkope middelen kan worden uitgevoerd. De meetnauwkeurigheid (5-10%) is beduidend minder dan die van een goede flowinductiemeting.

Figuur 43 : Ultrasoon debietmeting.



6.6 Monstername

6.6.1 monsternamepunt

In de hoofdstukken 3 en 4 is bij de behandeling van de verschillende typen metingen ingegaan op de keuze van een geschikte monsternamelocatie. Navolgend zijn nog enkele algemeen geldende aanbevelingen gegeven.

Bij concentratiemetingen in oppervlaktewater dient altijd rekening te worden gehouden met de tijd en afstand die nodig zijn voor menging van het verontreinigde water met het schone water. De mengweg is onder andere afhankelijk van het stromingspatroon, de mate van turbulentie van de stroom en van dichtheidsverschillen. Een inschatting hiervan is nodig om, afhankelijk van het doel van de metingen, een geschikt meetpunt te kunnen kiezen.

De monstername ten behoeve van concentratiemetingen in oppervlaktewater kan het best op enige afstand van de oever, in dieper water, plaatsvinden. Dicht bij de oevers kunnen dode zones optreden die niet bij de menging met verontreinigde stromen worden betrokken.

Het monsternamepunt binnen een rioolstelsel is afhankelijk van het te bemonsteren deel, zoals overstorten en gemalen. Rekening moet worden gehouden met plaatselijke concentratieverschillen en de representativiteit van het monster.

6.6.2 *wijze van monstername*

Voor concentratiemetingen waarbij de monsters in een laboratorium worden onderzocht, kunnen de monsters zowel handmatig als automatisch worden genomen.

Er zijn verschillende hulpmiddelen om een handmatige bemonstering uit te voeren: van een eenvoudige emmer, waaruit de monsterflessen op de oever worden gevuld, tot meer geavanceerde middelen, waarmee een monsterfles op een bepaalde diepte onder water kan worden geopend.

De automatische monstername gebeurt met apparatuur die met behulp van een pomp het water in de monsterflessen brengt. Dat kan een vacuümpomp of perspomp zijn. Indien de concentratie van vluchtige stoffen moet worden bepaald, is een vacuümpomp ongeschikt. Als gevolg van de onderdruk wordt de concentratie tijdens de monstername te veel beïnvloed.

Ook voor metingen met behulp van een sensor kan sprake zijn van monstername. Niet als de sensor direct in de waterstroom is opgesteld, maar als bijvoorbeeld om onderhoudstechnische redenen is gekozen voor een opstelling, waarbij de sensor in een deelstroom is geplaatst. Met behulp van een pomp wordt dan een deel van de hoofdstroom in een buizenstelsel geleid, dat door een kast nabij de hoofdstroom loopt. In de kast is de sensor opgesteld, waarlangs het opgepompte water wordt geleid.

Belangrijke aandachtspunten bij dergelijke opstellingen zijn:

- de hoek van de sensoren ten opzichte van de stroomrichting (voorkomen van cavitatie en beschadiging van het membraan);
- voorkomen van droogloop van bepaalde sensoren;
- de mogelijke zuurstofinbreng bij de pomp.

Het gekoeld (temperatuur 4 °C, zie [27]) bewaren van monsters is van belang voor geautomatiseerde monsternameapparatuur. In dergelijke gevallen mogen maximaal 3 dagen tussen monstername en monsteranalyse liggen. Gekoelde opslag in het monsternameapparaat is een voorwaarde om te voorkomen dat de monsters bederven.

6.6.3 *hoeveelheid monster*

De minimaal benodigde hoeveelheid monster is afhankelijk van het aantal en de aard van de parameters die aan het monster moeten worden bepaald. Bovendien is voor sommige stoffen een speciale fles nodig, bijvoorbeeld omdat direct na de monstername een toevoeging noodzakelijk is om het monster te stabiliseren. In tabel 16 is per groep te analyseren parameters een richtwaarde voor de hoeveelheid monster gegeven. Uit overleg met het laboratorium kan blijken of voor rioolwater met minder monster volstaan kan worden (hierin zijn over het algemeen de concentraties hoger).

Tabel 16 : Overzicht van analyse, benodigd volume en verpakkingswijze.

analyse	verpakking	gewenste hoeveelheid [ml]	minimale hoeveelheid [ml]
(grond)water:			
● droogrest/zwevende stof	glazen fles, groen	1.000	250
● pH/EGV	polyetheenfles	250	50
● microbiologisch onderzoek	steriele fles	1.000	1.000
● zuurstof	glazen fles, groen ¹⁾	500	
● anorganische stoffen			
- ammonium, nitriet, nitraat, fosfaat, sulfaat, chloride, Kjeldahl-stikstof	glazen fles, groen	250 (per variabele)	250 (per variabele)
- combinatie CZV, BZV en Kjeldahl-stikstof	glazen fles, groen	1.000	1.000
- combinatie CZV en BZV	glazen fles, groen	1.000	1.000
● metalen (exclusief kwik)	polyetheenfles	250	100
● kwik	glazen fles kleurloos ²⁾	100	50
● ijzer II	polyetheenfles ¹⁾	250	
● GC vluchtig	glazen fles, bruin ¹⁾³⁾	250	250
● vinylchloride	2 glazen flessen, bruin ¹⁾³⁾	250 (per fles)	
● GC/MS onderzoek	glazen fles, groen	1.000	800
● oplosmiddelen	glazen fles, groen	500	100
● OCB en/of PCB	glazen fles, groen	1.000	800
● overige organische verbindingen	glazen fles, groen	1.000	800
● EOX	glazen fles, groen	1.000	800
● PAK	glazen fles, groen	1.000	800
● minerale olie GC/IR	glazen fles, groen	1.000	800
● cyanide	glazen fles, bruin ⁴⁾	60	25
● thiocynaat	glazen fles, groen	500	250
● fenol	glazen fles, groen ⁵⁾	500	250
grond/slib:			
● alle analyses aan grondmonsters	glazen pot	370	370
● alle analyses aan slibmonsters	glazen pot	720	720
● zeefkromme	2 glazen potten	370 (per pot) ¹⁾	
● kolomtest L/S 10	3-4 glazen potten	370 (per pot) ¹⁾	
● kolomtest L/S 1	2-3 glazen potten	370 (per pot) ¹⁾	
¹⁾ fles/pot geheel vullen ²⁾ fles met kaliumdichromaat ³⁾ fles met HNO ₃ ⁴⁾ fles met natronloog ⁵⁾ fles met kopersulfaat en fosforzuur			

De gebruikte afkortingen worden verklaard in bijlage 1.

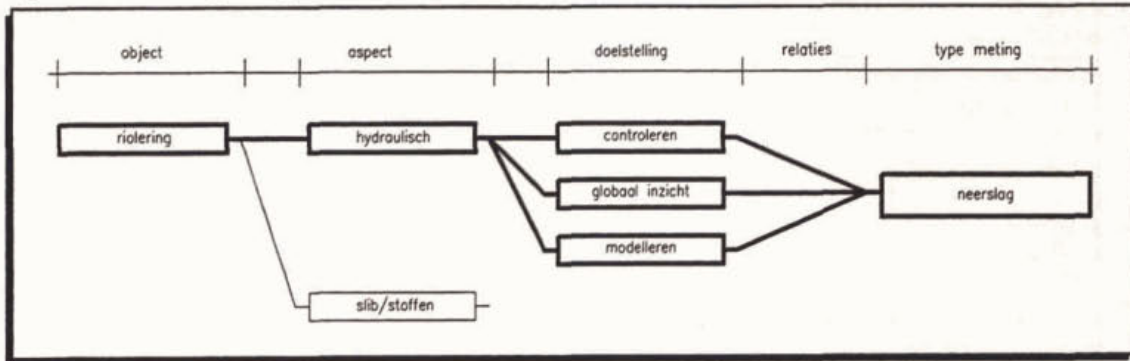
7 NEERSLAG

7.1 Algemeen

Het meten van de neerslag is van belang voor een groot aantal meetdoelstellingen (figuur 44):

- controleren van het hydraulisch functioneren van de riolering;
- globaal inzicht in het hydraulisch functioneren van de riolering;
- calibreren en verifiëren van hydraulische modellen.

Figuur 44 : Neerslagmetingen.



De World Meteorological Organization (WMO), heeft richtlijnen opgesteld waaraan neerslagmeters en de opstelling ervan moeten voldoen, zie [68].

Volgens de WMO zijn er twee hoofdgroepen neerslagmeters met de volgende wijzen van aflezen:

- niet zelfregistrerende neerslagmeters
 - aflezen via peilschalen
 - aflezen via een meetstok
 - wegen;
- zelfregistrerende neerslagmeters
 - wegen
 - vlottertype
 - tipping bucket (kantelbakje).

In deze leidraad wordt alleen ingegaan op het gebruik van zelfregistrerende neerslagmeters. Voor Nederlandse omstandigheden en voor de riolering zijn waarnemingen aan sneeuw en hagel minder belangrijk vanwege de relatieve geringe omvang ervan als belasting op het systeem. Als tijdens een onderzoek dergelijk weersomstandigheden optreden, moet dit wel worden gemeld in het operationeel logboek (zie ook § 3.10). In dit hoofdstuk wordt alleen ingegaan op regenmeters.

7.2 Parameters

De te meten parameters zijn afhankelijk van de werkingsprincipes van de verschillende typen regenmeters.

7.2.1 wegen

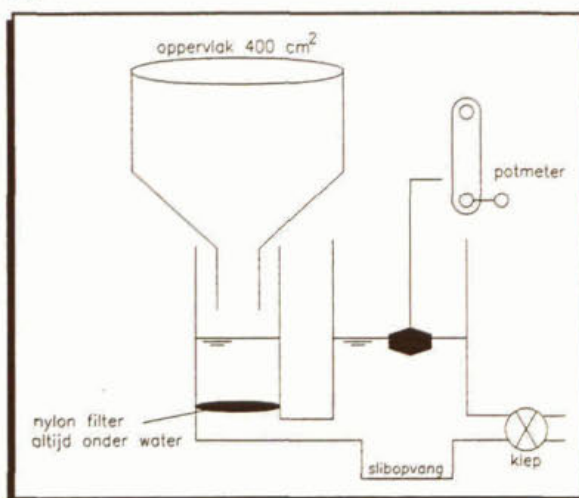
Bij dit type neerslagmeter wordt het totale gewicht van neerslag en opvangbak gemeten en vervolgens gecorrigeerd voor het gewicht van de opvangbak. Dit type meter is goed te gebruiken voor sneeuw, hagel en combinaties daarvan met regen.

In sommige gevallen wordt bij de uitvoering gekozen voor een opvangbak met een relatief groot volume en een grote opening. De afname in het gewicht tijdens perioden zonder neerslag is dan een maat voor verdamping.

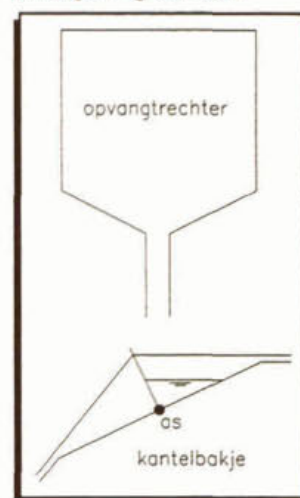
7.2.2 *vlottertype*

Bij regenmeters van het vlottertype wordt de stand van de vlotter in een vlotterkamer geregistreerd. Deze vlotterkamer wordt gevuld met neerslag die in een trechter valt met een bekende doorsnede. Als de vlotterkamer vol is, wordt deze automatisch geleegd. Dit legen is een bron van afwijkingen, de registratie moet hiervoor gecorrigeerd worden.

Figuur 45 : Schematische weergave KNMI-regenmeter.



Figuur 46 : Principe kantelbakjes-regenmeter.



Deze afwijkingen heeft men getracht te verkleinen door met meerdere vlotterkamers te werken. In moderne regenmeters van dit type wordt dat afgehandeld door de electronica in de regenmeter. De standaard elektrische regenmeter van het KNMI is van dit type.

7.2.3 *tipping bucket (kantelbakje)*

Het kantelbakje bestaat uit twee helften die een gelijk volume aan neerslag kunnen bevatten. Op het moment dat een van beide helften gevuld is, kantelt het bakje waardoor de gevulde helft leegloopt en het lege deel gevuld wordt. De neerslag wordt gemeten door het aantal kantelingen van het bakje te tellen.

Soms wordt een regenmeter van dit type ook voorzien van een druppelteller. In dat geval wordt in de meter de mogelijkheid ingebouwd om, voordat de neerslag in het kantelbakje valt, de neerslag in druppelvorm met vaste grootte te meten. Deze uitbreiding is met name zinvol bij lage intensiteiten, omdat het kantelbakje in dat traject relatief de grootste afwijkingen geeft. Het vormen van druppels met vaste grootte blijkt technisch lastig te zijn [20].

7.2.4 *weerradar*

Het KNMI maakt met een frequentie van éénmaal per 15 minuten een radaropname met een resolutie van 2 x 2 kilometer van de bewolking boven geheel Nederland. Uit deze beelden wordt een indicatie voor de momentane neerslagintensiteit afgeleid. Deze radarbeelden kunnen worden gebruikt om vast te stellen of een bepaalde neerslaggebeurtenis lokaal van aard was of een vrij gelijkmatig verdeelde neerslag betrof. Met deze kennis kan op een eenvoudige wijze de representativiteit van de aflezingen van een enkele neerslagmeter op de grond worden vastgesteld.

De weerradarbeelden op zichzelf geven een vrij grove indicatie van de intensiteit:

wit	0,1-0,3	mm/h
lichtgrijs	0,3-1,0	mm/h
donkergrijs	1,0-3,0	mm/h
lichtrood	3,0- 10	mm/h
donkerrood	10- 30	mm/h
zwart	> 30	mm/h

De beelden van de weerradar zijn te gebruiken als controle op de grondwaarneming. Het wordt duidelijk of er wel of geen neerslag gevallen is in het meetgebied. De mate van buiigheid is te toetsen aan de beelden. Bij sterk locale buien geven de beelden een verklaring voor verschillende waarnemingen voor verschillende regenmeters. Voor een meer uitputtende behandeling van dit onderwerp wordt verwezen naar [2] en [9].

Er zijn inmiddels ontwikkelingen gaande bij het KNMI om de waarnemingsfrequentie op te voeren naar eens per 5 minuten en uit de radarbeelden neerslagsommen af te leiden. Het onderscheidend vermogen naar plaats blijft beperkt tot gebieden van 2 x 2 kilometer. Verwacht wordt dat de geschetste ontwikkeling medio 1998 is voltooid.

7.3 Meetopzet

De meetopzet van regenmeters is afhankelijk van het gebied waarin gemeten wordt (de locatie), maar ook de opstelling op de locatie heeft grote invloed.

De locatie voor de plaatsing van een regenmeter moet binnen het meetgebied liggen, wanneer sprake is van uitgebreide metingen aan overstorten. Bij voorkeur moet de locatie dicht bij de andere meetopstelling gelegen zijn. Dit heeft voordeel bij onderhoud, maar is ook voor dataopslag en -transmissie van belang. Afhankelijk van de meetdoelstelling kan het zinvol zijn om binnen het meetgebied nog een tweede opstelling te realiseren.

Voor het calibreren of verifiëren van modellen is het noodzakelijk om op minimaal twee locaties in het onderzoeksgebied de neerslag te meten, vanwege:

- de nauwkeurigheid van de meting;
- de betrouwbaarheid van de meetopstelling.

Vanwege locale of regionale spreiding van neerslag moet de neerslagmeting minimaal dubbel uitgevoerd worden, bijvoorbeeld aan de randen van het meetgebied. De spreiding in neerslag is onafhankelijk van de ruimteschaal waarop deze wordt betrokken; dus ook in kleine onderzoeksgebieden zal spreiding in de neerslagintensiteit optreden. Hierdoor kan neerslagmeting op slechts één locatie nooit representatief zijn.

In [17] is een relatie afgeleid tussen het aantal regenmeters in een meetopzet en de meetfout in het neerslagvolume per neerslaggebeurtenis. De meetnauwkeurigheid verbetert aanzienlijk bij de overgang van één naar twee regenmeters; gebruik van meer dan drie regenmeters brengt weinig verbetering in de nauwkeurigheid. De verbetering in de nauwkeurigheid is onafhankelijk van de gebiedsgrootte, dus ook bij kleine onderzoeksgebieden (enkele hectaren) zijn minimaal twee neerslagmeters noodzakelijk. Bij budgettaire overwegingen moet dit aspect wordt betrokken, twee goedkopere neerslagmeters leveren wellicht een nauwkeuriger meetresultaat dan één zeer duur apparaat.

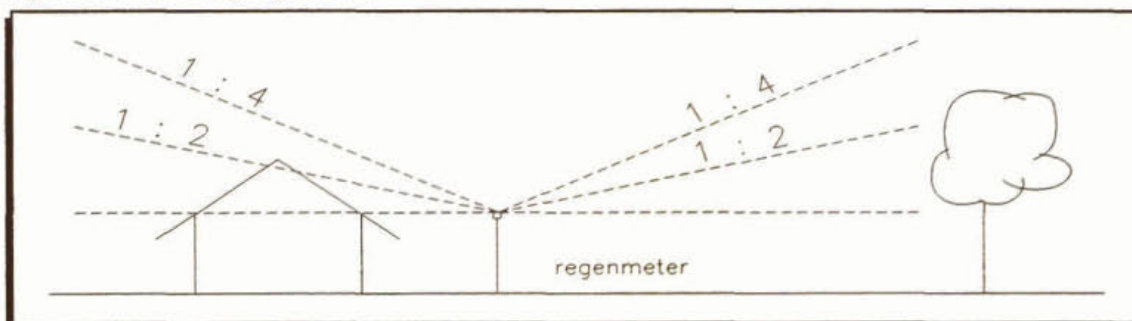
Zonder betrouwbare neerslagmeting zijn metingen aan debiet en waterpeil vaak zinloos. De neerslagmeting verdient daarom veel aandacht.

Alleen in gevallen waarin de nauwkeurigheid van neerslagmeting niet zeer hoog of de meting niet representatief hoeft te zijn kan worden volstaan met slechts één meetopstelling.

De opstelling van een regenmeter op locatie heeft ook invloed op de meetresultaten. In [68] worden ook richtlijnen gegeven voor de opstelling van regenmeter, waarbij rekening gehouden

moet worden met omliggende bebouwing, windinvloeden en dergelijke. Om diverse praktische redenen zal in Nederland hieraan niet kunnen worden voldaan. Met name de eisen vanwege windinvloeden worden door het KNMI als niet haalbaar gezien [20]. Over het algemeen mogen bij de opstelling de regenmeter geen obstakels uitkomen boven een bepaalde hellingshoek (1:2 à 1:4) vanaf de opstelling, zie ook figuur 47.

Figuur 47 : Opstelling regenmeter.



Er zijn drie soorten opstellingen ten opzichte van het maaiveld gebruikelijk: op maaiveld, boven maaiveld en hoog op een paal.

Bij de eerste opstelling zit de opvangtrechter op maaiveldniveau, waarbij de regenmeter moet worden ingegraven. Een dergelijke opstelling wordt ook wel een grondregenmeter genoemd. Bij deze opstelling worden zeer speciale eisen gesteld aan de directe omgeving van de opvangtrechter om vervuiling, inspatten van water en dergelijke te voorkomen. Deze opstelling geeft mits goed uitgevoerd de beste resultaten.

Bij plaatsing van de regenmeter boven maaiveld wordt een geringe afwijking in de metingen geïntroduceerd. Het grote voordeel is dat de installatie beter toegankelijk is voor inspectie en onderhoud. Voor een regenmeter in een zogenaamde "Engelse meetput", waarbij de meettrechter 0,4 à 0,5 m boven het bestaande maaiveld uitkomt, maar binnen een circelvormige wal met een diameter van 3 m staat, zullen de meetresultaten niet veel verschillen van die van de grondregenmeter.

Bij onderzoeken in de bebouwde kom worden regenmeters ook veel hoger geplaatst, bijvoorbeeld op een paal van 3 m hoog of op het dak van meetcontainers. Het voordeel hiervan is dat de regenmeter veel beter beschermd is tegen vandalisme. Dit type opstelling beïnvloedt de meting sterk.

7.4 Meetnauwkeurigheden en meetfrequentie

De meetnauwkeurigheid is afhankelijk van:

- het apparaat (type en uitvoering);
- de opstelling (op of in de grond of op een paal) en de locatie (ligging ten opzichte van bebouwing en ligging ten opzichte van het meetobject);
- de dichtheid van meetnet.

De meetnauwkeurigheid van het apparaat wordt in principe opgegeven door de fabrikant. Ook hierbij kunnen de richtlijnen van de WMO een indicatie zijn voor de gewenste nauwkeurigheid. Bij verschillende types zijn verschillende soorten onnauwkeurigheden te verwachten.

Bij **tipping bucket** regenmeters ontstaan afwijkingen bij lage intensiteiten doordat het een zekere tijd duurt voordat een bakje is gevuld; er vindt pas registratie plaats bij elke kanteling. Ook het totale volume over langere perioden zal achterblijven doordat in de bakjes water blijft staan, dat vervolgens verdampt. Bij grote intensiteiten ontstaan afwijkingen doordat geen

neerslag wordt opgevangen tijdens het kantelen van de bakjes. Om dit effect achteraf te kunnen corrigeren worden meestal door de fabrikant ijkformules gegeven. Is een regenmeter van dit type defect, dan wordt er geen signaal meer afgegeven, waardoor het voor de waarnemer lijkt alsof er geen neerslag is. Een regelmatige controle op het juiste functioneren van deze regenmeters is dus noodzakelijk.

Bij regenmeters met een **vlotter** ontstaan afwijkingen wanneer de vlotterkamer volledig gevuld is en *vervolgens geleegd moet worden*. *Zelfregistrerende regenmeters worden automatisch geleegd*. Tijdens dit proces dat enkele seconden duurt, kan geen meting plaatsvinden, hetgeen bij hogere intensiteiten tot grote afwijkingen kan leiden. In duurdere exemplaren is electronica ingebouwd die de meetwaarden voor deze afwijkingen corrigeert. Er kunnen ook storingssignalen worden uitgezonden voor te snel vollopen (er wordt met water geknoeid) of te snel leeglopen (afsluiter lekt).

Regenmeters waarbij de inhoud via **wegen** bepaald wordt, kunnen afhankelijk van de uitvoering een aantal van dezelfde afwijkingen hebben als genoemd bij het vlottertype. Indien gebruik gemaakt wordt van een type dat niet geleegd hoeft te worden, omdat de verdamping daarvoor zorgt, is er alleen onderhoud nodig om te voorkomen dat er geen andere zaken dan neerslag meegewogen worden. De ernst van dit soort afwijkingen is niet op voorhand in te schatten en is mede afhankelijk van de opstelling in het veld. De onnauwkeurigheid van dit type regenmeter wordt voornamelijk bepaald door de nauwkeurigheid van het gebruikte weegtoestel.

De opstelling van de regenmeter heeft grote invloed op de resultaten. In het kader van de NWRW-metingen is uit praktische overwegingen gekozen voor plaatsing op een 3 m hoge paal. In NWRW thema 4.4 [22] is ingegaan op de nauwkeurigheid van deze opstelling ten opzichte van een grondregenmeter van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (RIJP) te Lelystad. De afwijkingen voor de plaatsing liggen in de orde van 6% voor buien tussen 2 en 30 mm en 5% voor buien groter dan 30 mm met een droge tijd van 45 min. Voor een droge tijd van maximaal 5 uur worden deze percentages respectievelijk 9 en 7%. Uitgaande van de definitie van neerslaggebeurtenis zoals deze wordt gehanteerd in de Leidraad Riolerings [19], zie ook bijlage 3, zullen deze fouten waarschijnlijk verder toenemen.

In de onderhavige leidraad is uitgegaan van een locatie in het vrije veld, waar geen storende invloeden van bomen of huizen zijn.

Neerslag komt op diverse manieren tot stand, in dit kader wordt daarop niet in detail ingegaan. In zijn extreme vormen zijn er depressies die heel Nederland bedekken en zorgen voor een min of meer gelijkelijk verdeelde neerslag, en onweersbuien die vooral in de zomer voor grote locale verschillen zorgen. In het eerste geval zou één regenmeter in heel Nederland voldoende zijn, in het andere geval kan de bui naast de regenmeter vallen. De meetonnauwkeurigheid varieert in deze gevallen tussen 0 en 100%. Over het algemeen zal deze fout sterk beïnvloed worden door de afstand van de regenmeter tot de meetopstelling. Bij uitgestrekte gebieden (groter dan enkele km²) kan het belangrijk zijn meerdere regenmeters op te stellen.

In tabel 17 is een overzicht opgenomen van de te verwachten afwijkingen in de metingen van neerslag door neerslagmeters.

De **meetfrequentie** is gedeeltelijk afhankelijk van de gebruikte apparatuur en gedeeltelijk van de doelstelling. De meetfrequentie ligt voor een aantal instrumenten op enkele malen per seconde. Een dergelijke nauwkeurigheid is interessant voor het waarnemen van intensiteiten, maar over het algemeen kan men volstaan met het bepalen van de neerslagsom over een bepaalde periode zoals 1- à 5-minuten sommen of bij een lagere nauwkeurigheid uur- of zelfs dagsommen.

Tabel 17 : Overzicht van afwijkingen in meting van neerslag als gevolg van diversen oorzaken.

oorzaak van de afwijking	omvang afwijking
systematische afwijking regenmeter	tot 5 %, afhankelijk van de neerslagtensiteit
opstellingshoogte 0 m boven maaiveld 0,40 m boven maaiveld 1,50 m boven maaiveld	ingevangen hoeveelheid ⁽¹⁾ 100 % 93 - 97 % 84 - 96 %
locale neerslagspreiding	0 - 100 % (meestal ca. 15 %)
⁽¹⁾ ten opzichte van een grondregenmeter	

Is de doelstelling van het meten de bepaling van de overstortingsfrequentie dan kan volstaan worden met uur- of zelfs dagsommen: het heeft geregend of niet.

Bij ijking en verificatie van modellen is het gebruik van 5-minutensommen voldoende. Het gebruik van een kortere tijdsduur heeft weinig zin omdat de beschouwde systemen, zoals de riolering niet zo snel kan reageren op instroming. Worden inloop- en afstromingsmodellen gecalibreerd dan kan het wel nodig zijn met 1-minuutsommen te gaan werken.

7.5 Gegevens, opslag en bewerking

Over het algemeen zullen de regenmeters op een of andere manier het totale volume meten en zullen verschillen in waarnemingen als intensiteiten gepresenteerd worden.

Voor het gebruik binnen dit kader kan volstaan worden met het gebruik van neerslagsommen over een bepaalde periode. Afhankelijk van de meetdoelstelling zal een lengte van de som gekozen worden. Voor de opslag van deze data voor gebruik later is het wenselijk de data zo spoedig mogelijk te bewerken, zonodig door de bijbehorende ijkingsformules te gebruiken. Indien neerslagintensiteiten als meetresultaten worden aangeleverd, zullen deze omgerekend moeten worden naar neerslagsommen. Hiertoe zal een geschikt aantal decimalen gekozen moeten worden om te voorkomen dat afrondingen per tijdstap (bijvoorbeeld 5-minuten) de totale dagsom kunnen beïnvloeden.

Minimaal dienen de volgende gegevens opgeslagen te worden:

regenmeteridentificatie, datum, dagsom

Wanneer een neerslagreeks wordt opgebouwd, is het verstandig een vorm te kiezen die min of meer aansluit bij het formaat van het KNMI, waar per station een afzonderlijke reeks wordt opgeslagen, bijvoorbeeld:

datum, 288 keer 5-minutensommen op één regel

Afhankelijk van de gebruikte instrumenten en opstelling in het veld kan bij deze opslag gekozen worden voor 0,1 mm of zelfs 0,01 mm nauwkeurigheid.

8 KOSTEN VAN MEETPROJECTEN

8.1 Algemeen

De kosten van een meetprogramma bestaan uit een aantal componenten:

- opzet van het meetprogramma;
- ontwerp en bouw van de meetinstallatie;
- onderhoud van de installatie;
- laboratoriumanalyses;
- uitvoering van het veldonderzoek (arbeid);
- data-analyse;
- afvoeren van de installatie na afloop van het onderzoek.

Geen van de componenten is in zijn algemeenheid te kwantificeren. In het vervolg van dit hoofdstuk zal, daar waar mogelijk is, worden aangegeven welke kosten zijn gemoeid met de uitvoering van de verschillende onderdelen.

8.2 Opzet van het meetprogramma

Het opstellen van een meetprogramma kost afhankelijk van de omvang en complexiteit van het project enkele mandagen tot enkele tientallen mandagen. Voor de meer complexe programma's is regelmatig overleg noodzakelijk met de betrokken instanties, beheerders, leveranciers en aannemers.

Het verdient aanbeveling om voor het opzetten van een meetprogramma een klein projectteam samen te stellen waarin deskundigheid aanwezig is op het gebied van:

- projectmanagement;
- riolering en oppervlaktewater;
- meet- en monsternameapparatuur;
- laboratoriumanalyses;
- ecologie of biologie;
- data-opslag en data-communicatie;
- data-analyse;
- civiel-technische engineering;
- electro-mechanische engineering.

De kosten gemoeid met het opstellen van een meetprogramma liggen in de ordegrrootte van fl 10.000,- tot fl 100.000,- (prijspeil 1996).

8.3 Meetinstallatie en inrichting van de meetlocatie

De kosten van deze component zijn pas te schatten als de meetlocatie bekend is en de meetopzet vrij gedetailleerd is uitgewerkt. Om een orde van grootte van de kosten aan te geven, is hier uitgegaan van een vrij uitgebreide opstelling (twee debietmetingen, drie waterpeilmetingen en twee geautomatiseerde monsternamesystemen met gekoelde opslag, het geheel computergestuurd).

Hiervoor is een bedrag van circa fl 100.000,- noodzakelijk voor het leveren en plaatsen van de installatie. Aanbevolen wordt om van enkele storingsgevoelige onderdelen reserve exemplaren aan te schaffen. Daarnaast komen nog kosten voor het eventueel aanleggen van electriciteitsleidingen, communicatielijnen en eventuele bouwkundige ingrepen. In bepaalde gevallen moet

voor het plaatsen van de behuizing voor de apparatuur (bijvoorbeeld een container) vergunning bij de gemeente worden gevraagd, waaraan leges zijn verbonden.

Als er veel bouwkundig gewijzigd moet worden, kunnen de kosten hiervan fors oplopen. Daarom wordt aanbevolen om reeds in een vroeg stadium bij de selectie van de meetlocaties hiermee rekening te houden.

In [7] zijn voor de met de bouw en inrichting van een meetinstallatie gemoeide onderdelen en activiteiten kostenindicaties gegeven. In tabel 18 zijn voor enkele veel voorkomende onderdelen van het meetinstrumentarium kostenindicaties gegeven.

Tabel 18 : Kostenindicaties voor waterniveaumeting, debietmeting, neerslagmeting en PLC.

produkt	prijsindicatie [7]
waterniveau(druk)meting:	
overstortteller	fl 1600,- à fl 6500,-
drukopnemers	fl 4000,-
ultrasoon	fl 6000,-
manometers	fl 100,- tot fl 1000,-
neerslagmeting:	fl 1500,- tot fl 8000,-
debietmeting:	
inductiemeting	fl 6000,- tot fl 18000,- ⁽¹⁾
venturi	fl 3000,- tot fl 13.000,- ⁽¹⁾
regelcomponenten	
PLC	fl 30.000,-
⁽¹⁾ vanaf DN 25 tot DN250	

8.4 Laboratoriumanalyses

De kosten van laboratoriumanalyses kunnen bij uitgebreide analysepakketten hoog oplopen. In veel gevallen is het aantal analyses niet goed te voorspellen, omdat dit afhankelijk is van het aantal en de omvang (duur, overstortingsvolume) van de optredende overstortingsgebeurtenissen.

In veel gevallen bieden laboratoria analysepakketten aan die qua prijsstelling lager liggen dan de som van de afzonderlijke analyses. Het verdient daarom aanbeveling om hiermee rekening te houden bij het opstellen van de lijst met monsteranalyses.

De analysekosten per monster van het in tabel 8 en tabel 20 aangegeven analysepakket bedragen circa fl 175,-.

Tabel 19 : Prijsindicaties van laboratoriumanalyses, prijspeil 1995.

analyse	kosten per analyse
waterfase: <ul style="list-style-type: none"> ● droogrest/zwevende stof ● pH/EGV ● microbiologisch onderzoek ● zuurstof ● BZV-5 ● CZV ● TOC ● Nitraat ● Nitriet ● Kjeldahl-N ● Ammonium-N ● Ortho-fosfaat ● Totaal-fosfaat ● Chloride ● Bezinkselvolume ● Minerale oliën ● PAK (Borneff) ● metalen (exclusief kwik) ● kwik ● Vinylchloride ● cyanide-totaal ● cyanide-vrij ● fenol 	<ul style="list-style-type: none"> ● fl 20,- ● fl 10,- à fl 15,- ● fl 15,- ● PM ● fl 65,- ● fl 45,- ● fl 70,- ● fl 45,- ● fl 45,- ● fl 45,- ● fl 35,- ● fl 45,- ● fl 60,- ⁽¹⁾ ● fl 20,- ● fl 10,- ● fl 90,- à fl 110,- ● fl 175,- ● fl 15,- à fl 25,- ^{(1),(2)} ● fl 35,- ● fl 75,- ● fl 50,- ● fl 45,- ● fl 50,-
	<p>⁽¹⁾ exclusief ontsluiting, deze kost circa fl 40,- per monster</p> <p>⁽²⁾ afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid (ppm of ppb niveau).</p>

Tabel 20 : Indicatie kosten analysepakket uit tabel 8.

stof	analysekosten
<ul style="list-style-type: none"> ● CZV ● Kjeldahl-N ● Zn ● droogrest 	<ul style="list-style-type: none"> ● fl 45,- ● fl 45,-⁽¹⁾ ● fl 15,- + fl 40,- ontsluiting ● fl 20,- <p>⁽¹⁾ de combinatie van CZV en Kjeldahl kan goedkoper uitvallen.</p>

Bij 10 overstortingen per jaar met gemiddeld 20 monsters per overstorting belopen de analysekosten van het aangegeven analysepakket fl 35.000,- per jaar per monsternamepunt.

Een van de grootste problemen met de verwerking van monsters, afkomstig van onderzoek aan riolering of oppervlaktewater, is dat op onverwachte momenten een op voorhand niet bekend aantal monsters moet worden verwerkt. Mede om deze reden is het van belang duidelijke afspraken te maken met het laboratorium en te zorgen voor een uitwijkmogelijkheid, zodat toch monsteranalyses plaats kunnen vinden.

8.5 Veldonderzoek en onderhoud van de installatie.

Er moeten minimaal twee personen beschikbaar zijn die de veldwerkzaamheden verrichten, goed op de hoogte zijn van de werking van de meetinstallatie en in staat zijn kleine reparaties ter plekke te verrichten. Deze personen verzorgen ook de eerste data-analyse en verrichten controle op de werking van de installatie. In totaal belopen de kosten van deze personele inzet een bedrag van fl 50.000,- tot fl 100.000,- per jaar.

8.6 Data-analyse

Afhankelijk van het aantal gegevens en de bewerkingen kunnen de kosten van de data-analyse enorm variëren. Hiervoor zijn dan ook geen algemeen geldende waarden te geven. In het algemeen moet voor een eerste globale analyse van een overstorting 2 tot 3 werkdagen worden gerekend. De verwerking van de eerste serie gegevens kan aanzienlijk meer tijd vergen (werkweken) omdat hier nog routine moet worden opgedaan en het meetprogramma moet worden aangepast.

8.7 Amoveren van de installatie

Na afloop van het meetproject moet de installatie worden afgebroken en opgeruimd. Als ten behoeve van het onderzoek bouwkundige wijzigingen aan het rioolstelsel of het oppervlaktewater zijn aangebracht, kan het noodzakelijk zijn deze wijzigingen ongedaan te maken. De kosten van deze maatregelen moeten als post op de begroting worden opgenomen.

9 REFERENTIES

- [1] Aalderink, R.H. en L. Lijklema, 1985.
Water quality effects in surface waters receiving storm water discharges.
Verschenen in "Water in urban areas", CHO/TNO, Verslagen en mededelingen No. 33.
- [2] Assem van den, S., 1989.
Bruikbaarheid van gecombineerde regenmeter-, radar- en satellietwaarnemingen, In: CHO-TNO rapport no. 21, Neerslagmeting en voorspelling p.p. 43-56.
ISBN-90-6743-140-0
- [3] Beeker, A.E.R., 1989.
Nieuwe waterbodemsteker en de kwaliteitsbeoordeling van bodemmonsters.
H₂O (22) 1989, nr. 9 p.p. 254-268.
- [4] Black, P.E., 1980.
Water quality patterns during a storm on a mall parking lot.
In: Water resources bulletin Vol. 16, 1980 nr. 4, p.p. 615-620.
- [5] Boiten, W., 1986.
Collegedictaat hydrometry. Vakgroep Waterhuishouding Landbouwniversiteit Wageningen
- [6] CUWVO, 1988.
Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren. CUWVO werkgroep V-1.
- [7] DACE (Dutch Association of Cost Engineers), 1995.
DACE-prijzenboekje 18^e editie
(Verkrijgbaar bij Misset.)
- [8] Idel'cik, I.E., 1960.
Memento des pertes de charges. Eyrolles, Paris
- [9] Ishikawa, K., 1993.
The urban runoff simulation using the radar rain gauge system.
In: Proceedings of the sixth International conference on urban storm drainage, p.p.826-831, Niagara Falls.
ISBN-1.55056.253.3
- [10] ISO standards handbook 15, 1983.
Measurement of fluid flow in closed conduits.
ISO, Geneve
ISBN-92.67.10076.9
- [11] ISO standards handbook 16, 1983.
Measurement of liquid flow in open channels.
ISO, Geneve
ISBN-92.67.10077.7
- [12] ISO, 1973, 1977.
Centrifugal, mixed flow and axial pumps- Code for acceptance tests class B (ISO 3555-1977) and class C (ISO 2548-1973).

- [13] Kamma, P.S., Witter, J.V. en van Zijl, F.P.M., 1995.
Ontwerppraktijk van persleidingen, In H₂O nr. 8 p.p. 249-252.
- [14] Kammer, R., 1975.
Numerieke methoden voor technici, Elsevier.
ISBN-90.10.01.01840.7
- [15] Kleijwegt, R.A., 1992.
On sediment transport in circular sewers with non-cohesive deposits. Communications on hydraulic and geotechnical engineering, Report no. 92-1, Delft University of Technology.
ISSN 0169-6548
- [16] Kleijwegt, R.A. and Clemens, F.H.L.R., 1993.
Development of basic components for modelling sediment and pollutant transport in sewers.
In: Proceedings of the sixth International conference on urban storm drainage, p.p. 610-618, Niagara Falls.
ISBN-1.55056.253.3
- [17] Lei, J. and schilling, W. 1993.
Requirements for spatial raindata resolution in urban rainfall runoff simulation.
In: Proceedings of the sixth International conference on urban storm drainage, p.p. 447-452, Niagara Falls.
ISBN-1.55056.253.3
- [18] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989.
Derde Nota Waterhuishouding, Tweede kamer 1988-1989, 21259 nummer 1 en 2
- [19] Ministerie van VROM, 1995.
Leidraad riolering, module C2100 'Rioleringsberekeningen Hydraulisch functioneren'
- [20] KNMI, 1983.
Het beoordelen van regenmeters, met als voorbeelden de Thies-regenmeter en de elektrische KNMI-regenmeter, KNMI W.R. 83-16, De Bilt.
- [21] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Neerslag, inloop, overstortmodel, beschrijving en analyse. NWRW 4.3.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2098.0
- [22] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Regenmeters, NWRW 4.4.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1297.X
- [23] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
De vuilworp van gemengde rioolstelsels, NWRW 5.2.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2099.9
- [24] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1985.
Slib in rioolstelsels, NWRW 6.1
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1246.5

- [25] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Processen in rioolstelsels praktijkonderzoek, NWRW 6.2
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2101.4
- [26] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Processen in rioolstelsels onderzoeksmethoden, onderzoeksgebieden, NWRW 6.2.1
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2101.2
- [27] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Rendement randvoorzieningen bergbezinkbassin in Amersfoort, NWRW 8.1
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1244.9
- [28] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1986.
Rendement randvoorzieningen bergbezinkbassin Kerkrade, NWRW 8.2
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1245.7
- [29] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Rendement randvoorzieningen werveloverstortput te Goes, NWRW 8.3
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2106.5
- [30] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1989.
Rendement randvoorzieningen verbeterde overstortput te IJsselmonde, NWRW 8.4.1
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2247.9
- [31] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1990.
Onderzoek naar de gevolgen van de vuiluitwerp van rioolstelsels voor de kwaliteit van het ontvangende water, Hoofdrapport, NWRW 9.1.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2247.9
- [32] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1990.
Onderzoek naar de gevolgen van de vuiluitwerp van rioolstelsels voor de kwaliteit van het ontvangende water, Bijlagen, NWRW 9.1.1.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.2248.7
- [33] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1990.
Effecten van emissie op oppervlaktewater, Locatierapporten, NWRW 9.2.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.364.2414.5
- [34] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Effecten van directe vuilemissies uit het gemengde rioolstelsel van Loenen op de waterkwaliteit van de ontvangende bergingsvijver, Eindrapport, NWRW 10.1.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1353.4

- [35] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Effecten van directe vuilemissies uit het gemengde rioolstelsel van Loenen op de waterkwaliteit van de ontvangende bergingsvijver, Deelrapport 1, NWRW 10.1.1.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1354.2
- [36] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Effecten van directe vuilemissies uit het gemengde rioolstelsel van Loenen op de waterkwaliteit van de ontvangende bergingsvijver, Deelrapport 2, NWRW 10.1.2.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1300.3
- [37] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Effecten van directe vuilemissies uit het gemengde rioolstelsel van Loenen op de waterkwaliteit van de ontvangende bergingsvijver, Deelrapport 3, NWRW 10.1.3.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1298.8
- [38] Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit, 1987.
Effecten van directe vuilemissies uit het gemengde rioolstelsel van Loenen op de waterkwaliteit van de ontvangende bergingsvijver, Deelrapport 4, NWRW 10.1.4.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
ISBN-90.346.1352.6
- [39] Nederlands Normalisatie Instituut, 1996.
Ontwerp NEN 'Buitenriolering. Termen en definities'
- [40] Nederlands Normalisatie Instituut, 1992.
Buitenriolering, classificatiesysteem bij visuele inspectie van riolen. NEN 3399, 1992
- [41] Nederlands Normalisatie Instituut, 1992.
Buitenriolering, inspectie en toestandsbeoordeling van riolen, NPR 3398, 1992
- [42] Noord-Brabantse waterkwaliteitsbeheerders, 1995
Handleiding ontwerp randvoorzieningen II, 1995.
- [43] Paulsen, O., 1986.
Die Verschmutzung des Regenwassers in der Trenntwässerung.
In: gwf-Abwasser 127, p.p. 385-390.
- [44] Reinertsen, T.R., 1981.
Quality of stormwater runoff from streets.
In: Proceedings of the second international conference on urban storm drainage, Urbana, Illinois USA, p.p. 107-115.
ISBN-0918334.48.9
- [45] Stichting RIONED, 1991.
StandaardUitwisselingsFormaat RioolInspectieBestanden, versie 1.00
(Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede)

- [46] Stichting RIONED, 1995.
SEWER OVERFLOW POLLUTION, Standardized research data of the NWRW project 1982-1989. Project nr. 89-01 "Standardisation of Sewer Network Calculations", subproject SR-1.
ISBN-90.73645.06.9
- [47] Stichting RIONED, 1996.
SUF-HYD gegevens rioolstelsel, versie 1.10.
(Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede)
- [48] Stichting RIONED, 1996.
SUF-HYD resultaten berekeningen, versie 1.10.
(Verkrijgbaar via de Stichting RIONED te Ede)
- [49] Stichting RIONED, 1996.
Een statistisch model van de vuiluitworp voor gemengde rioolstelsels.
RIONED project 89-01, standaardberekeningen deelproject 3.
ISBN-90.736.4540.9
- [50] Ristenpart, E., 1995.
Feststoffe in der Mischwasserkanalisation Vorkommen, Bewegung und Verschmutzungspotential. *Schriftenreihe für Standortwässerung und Gewässerschutz* nummer 11
ISSN-0933-6060
- [51] SAMWAT werkgroep 3, 1989.
Specificaties meetsystemen in het waterbeheer.
- [52] STOWA, 1989.
Specificaties voor meetsystemen in het waterbeheer, SAMWAT rapporten nummer 5.
- [53] STOWA, 1992.
Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. 92-07
- [54] STOWA, 1993.
Beoordelingssysteem voor sloten op basis van macrofyten, macrofauna en epifytische diatomeeën. 93-14
- [55] STOWA, 1993.
Beoordelingssysteem voor meren en plassen op basis van vegetatie en fytoplankton. 93-16
- [56] STOWA, 1994.
Beoordelingssysteem voor kanalen op basis van macrofyten, macrofauna, epifytische diatomeeën en fytoplankton. 94-01
- [57] STOWA, 1994.
Beoordelingssysteem voor zand-, grind- en kleigaten op basis van fyto- en zoöplankton, macrofyten en epifytische diatomeeën. 94-18
- [58] STOWA, 1994.
Handboek debietmeten in open waterlopen. 94-13
ISBN-90.74476.13.9

- [59] STOWA, 1995.
STOWA/Unie Stekkerdoos water. 95-04
ISBN-90.74476.25.2
- [60] STOWA, 1996.
Metingen aan riolering en oppervlaktewater. Eenvoudige metingen en waarnemingen. 96-10
ISBN-90.74476.49.X
- [61] Terstriep, M.L., 1986.
Design of data collecting systems.
In: NATO ASI series, Volume G10, Springer verlag, Berlin.
- [62] Uhl, M., 1993.
Genauigkeit von Messungen, Grundlagen und Beispiele aus der Stadtentwässerung.
Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, no. 7.
ISSN 0933-60 60
- [63] Unie van Waterschappen, 1995.
Handleiding Gegevensstandaard Unie van Waterschappen (GUW)
ISBN-90.6904.063.8
- [64] Unie van Waterschappen, 1995.
Informatievoorziening in waterschapsland 1996-1998
ISBN-90.6904.076.X
- [65] Ven, van de, F.H.M. en Oldenkamp, A., 1987.
Kwaliteit van de afgevoerde neerslag van een hoofdweg in Lelystad.
In: H₂O (20) nr.2, p.p. 148-151.
- [66] Ven, van de, F.H.M., 1989.
Van neerslag tot rioolinloop in vlak gebied.
Proefschrift aan de TU Delft.
- [67] Wenzel, H.G., 1975.
Meter for sewer flow measurement.
In: Journal of the hydraulics division ASCE, HY1, p.p. 115-133.
- [68] World Meteorological Organization
Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation,
WMO No. 8, fifth edition Geneva.
- [69] Zuiveringsschap Oosterlijk Gelderland, Zuiveringsschap Rivierenland en Zuiveringsschap
Veluwe. 1996.
'Overstortellers'.
- [70] Zuiveringsschap Veluwe, 1995.
Monitoring van overstorten, stand van zaken bij Nederlandse Waterkwaliteitsbeheerders.
Apeldoorn.

BIJLAGE 1 : LIJST VAN GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

Gehanteerde afkortingen:

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BTEX	Benzeen, Tolueen, Ethylbenzeen en Xyleen
BZV	Biochemisch Zuurstof Verbruik
CUWVO	Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren
CZV	Chemisch Zuurstof Verbruik
DWA	DroogWeerAfvoer
EGV	Elektrisch GeleidbaarheidsVermogen
EOX	Extraheerbare Organische halogeenverbindingen
GC	GasChromatografie
IB	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
ISO	International Standard Organisation
IR	Infrarood Rood
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
MS	MassaSpectrografie
NEN	Nederlandse Norm
NWRW	Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit
OCB	OrganoChloorBestrijdingsmiddelen
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PCB	PolyChloorBifenyl
PLC	Programmable Logic Controller
RWZI	RioolWaterZuiveringsInrichting
RIONED	(Stichting) RIOlering NEDerland
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
TOC	Total Organic Carbon
TSS	Total Suspended Solids
WMO	World Meteorological Organisation
Wvo	Wet Verontreiniging Oppervlaktewater
WTW	Typeaanduiding meetapparatuur

Gehanteerde begrippen:

Diatomeën	Algen met een skelet van siliciumoxide, ook wel kiezelwieren genoemd. Het pigment (bruin) bestaat uit chlorofyl-a en fytoxantine. Groei treedt vooral op in het voorjaar en najaar.
Dobbe	Dobben zijn door de mens aangelegde, relatief kleine, veelal buitendijks gelegen, brakke oppervlaktewateren, die dienen als drenkplaats voor vee.
Epifytisch	Gehecht aan delen van waterplanten die zich onder water bevinden.
Eutrofiëring	Toevoer van een zodanige hoeveelheid anorganische voedingsstoffen dat het leidt tot een grotere voedselrijkdom van het oppervlaktewater.
Fytoplankton	Kleine, vrij zwevende plantaardige organismen (diatomeën, groenalgen, en blauwalgen).

Habitatdiversiteit	Verscheidenheid aan habitats. Een habitat is het geheel aan milieufactoren dat inwerkt op een plant of dier.
Helofyten	Voor het grootste deel boven water (=emers) groeiende, waterafhankelijke planten, zoals riet, biez en lisdodde.
Hydrofyten	Drijvende of ondergedoken (=submers) waterplanten
Inlaag	Een gebied ontstaan door de aanleg van een slaperdijk als extra beveiliging op enige afstand landinwaarts van de bestaande zeedijk.
Macrofyten	Macrofyten zijn waterplanten. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen emergente soorten (merendeels boven water), drijvende soorten (bladeren drijven op het water) en submerse soorten (planten geheel onder water). Ten opzichte van algen is hun productie laag.
Petgat	Petgaten (trekgaten of weren) zijn min of meer langgerekte stroken open water, ontstaan bij natte vervening c.q. turfwinning. Deze petgaten zijn onderling gescheiden door smalle al dan niet oorspronkelijke veenstroken (legakkers of zetwallen).
Pingo-ruïne	Op het eind van de laatste ijstijd ontstane depressies van geringe omvang in het landschap.
Polysaproob	Aanduiding voor de saprobiegraad: sterk verontreinigd met organisch materiaal. Andere aanduidingen: <ul style="list-style-type: none"> . oligosaproob: licht tot niet verontreinigd met organische materiaal; . mesosaproob: matig verontreinigd met organische materiaal.
Polytroof	Aanduiding van de trofiegraad: sterk voedselrijk. Andere aanduidingen: <ul style="list-style-type: none"> . oligotroof :voedselarm; . mesotroof :matig voedselrijk; . eutroof :voedselrijk; . hypertroof :zeer voedselrijk.
Saprobie(graad)	1. De intensiteit van de afbraak van organische stoffen. 2. De mate van organische verontreiniging.
Saprobiëring	De toevoer van organische stoffen naar een oppervlaktewater.
Trofie(graad)	Intensiteit van de primaire produktie (plantengroei). De trofiegraad wordt bepaald door de concentratie aan voedingsstoffen.
Zoöplankton	Kleine, vrij zwevende dierlijke organismen (bijvoorbeeld: watervlooien, roeipootkreeftjes en raderdiertjes).

BIJLAGE 2 : LIJST VAN GEBRUIKTE NORMEN EN METHODEN

FYSISCH-CHEMISCHE PARAMETERS

parameter	gehanteerde norm(en)
BZV	NEN 3235 5.4
NH ₄ -N	NEN 6472, NEN 6643
N-Kj	NEN 6646, NEN 3235 6.5
tot-P	NEN 6479, NEN 6663, NEN 3235 8.2
O ₂	WTW OXI-191
EGV (Elektrisch geleidbaarheidsvermogen)	WTW LF -191
Temperatuur	WTW OXI-191
pH	WTW PH -191
CZV	NEN 3235 5.3, NEN 6633
PAK	VPR C85-11
minerale olie	VPR C85-19
Chloride	NEN 6470
indamprest	NEN 3235
zandrest	NEN 6622
droogrest	NEN 6681 (waterfase), NEN 6620 (vaste fase)
gloeirest	NEN 6681 (waterfase), NEN 6620/IB-methode* (vaste fase)
bezinkselvolume	NEN 6623
Zware metalen	destructie NEN 6465
Cd	NEN 6452
Cu	NEN 6448
Cr	NEN 6448
Pb	NEN 6453
Zn	NEN 6443
As	NEN 6432
Hg	NEN 6439
Ni	NEN 6456

*IB = Instituut voor Bodemvruchtbaarheid

BIOLOGISCHE PARAMETERS

parameter	gehanteerde norm(en)
coli-bacterien	NEN 6261/NPR 6262

DEBIETMETINGEN AAN OPEN WATERLOPEN

methode	gehanteerde norm(en)
overlaten en venturi's	ISO 1438-1975, ISO 3846-1997, ISO 3847-1977, ISO 4360-1979, ISO 4374-1982, ISO 4377-1982
venturi's	ISO 4359-1983
tracermethoden	ISO 555-1973, ISO 555/2-1974, ISO 555/3-1982

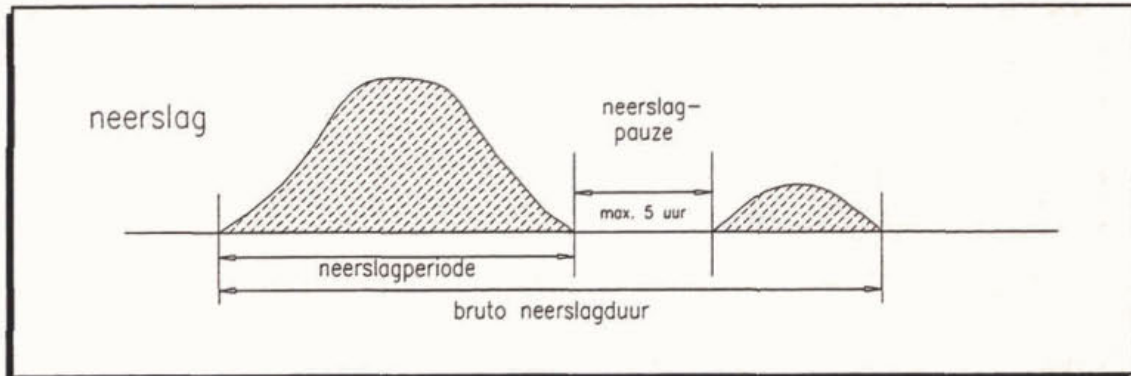
BIJLAGE 3 : DEFINITIE VAN NEERSLAG- EN OVERSTORTINGSGEBEURTENIS

Definitie van een neerslaggebeurtenis volgens de Leidraad Riolerings [19].

Een neerslaggebeurtenis omvat de neerslag die gevallen is tijdens de bruto neerslagduur. Deze bruto neerslagduur is de tijdsduur van neerslag inclusief neerslagpauzes, indien deze pauzes korter zijn dan 5 uur. In figuur 48 is grafisch weergegeven wat de termen bruto neerslagduur en neerslagpauze inhouden.

Bij de opslag van neerslaggegevens voor gebruik in de rioleringspraktijk is met name het gebruik van de bruto duur van een neerslaggebeurtenis van belang.

Figuur 48 : Definitie van een neerslaggebeurtenis.

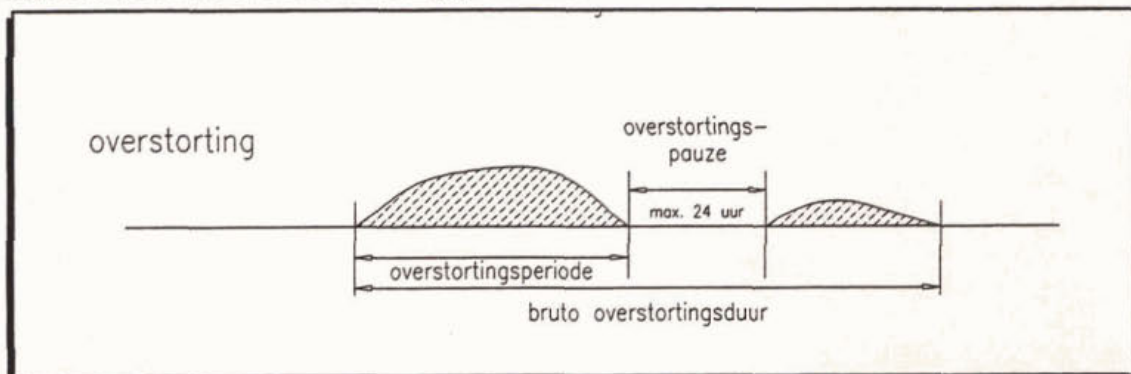


Definitie van een overstortingsgebeurtenis volgens de Leidraad Riolerings [19].

Een overstortingsgebeurtenis is een samenstel van overstortingen die plaatsvinden met een kortere overstortingspauze dan 24 uur. In figuur 49 worden grafisch de termen overstortingspauze, overstortingsperiode en bruto overstortingsduur weergegeven.

Praktisch gezien heeft deze definitie van een overstortingsgebeurtenis als voordeel dat bij een meerjarige reeks van het verloop van de overstortingsdebieten per locatie op eenduidige wijze onderscheid gemaakt kan worden in overstortingsgebeurtenissen zonder het neerslagverloop daarbij in beschouwing te hoeven nemen. Deze meerjarige reeks kan op eenduidige wijze vergeleken worden met de uitkomsten van reeksberekeningen.

Figuur 49 : Definitie van een overstortingsgebeurtenis.

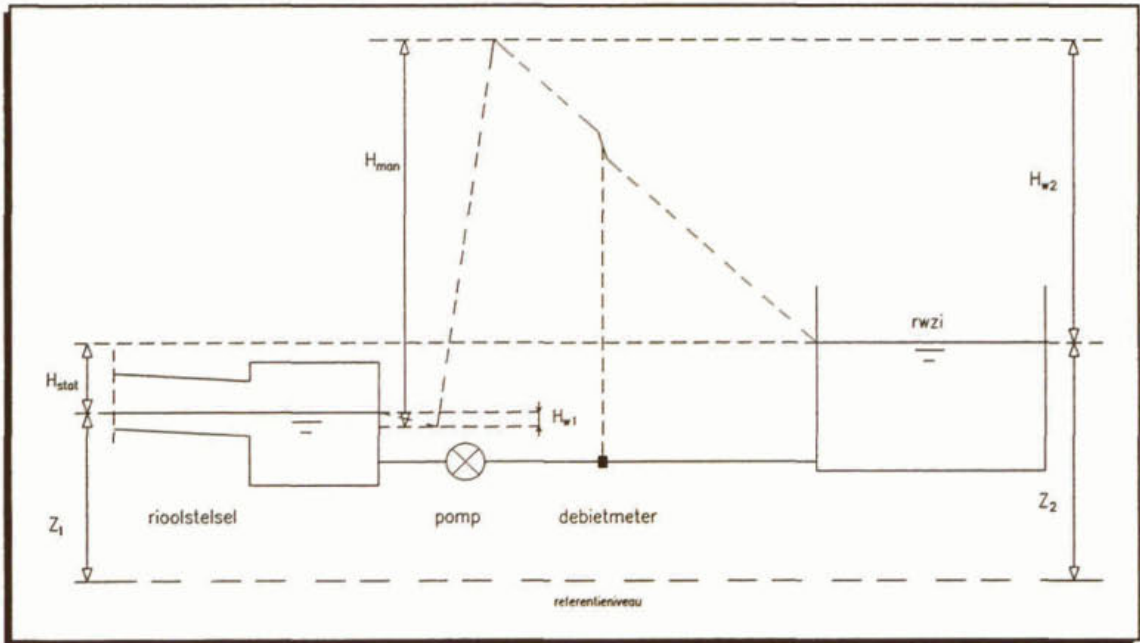


Bij de verwerking van meetresultaten kan het noodzakelijk zijn om andere definities te hanteren dan hiervoor aangegeven. Een voorbeeld van de noodzaak van een ander definitiekader is gegeven in [49]. In dit onderzoek is de relatie tussen neerslag en vuiluitwerp van gemengde rioolstelsels onderzocht. De gehanteerde statistische analyses maakten het gebruik van een eigen definitiekader noodzakelijk.

BIJLAGE 4 : DEFINITIE VAN GEMAAL- EN POMPKARAKTERISTIEK

In figuur 50 is schematisch een systeem bestaande uit een rioolstelsel, een gemaal met enkelvoudige pompopstelling, een persleiding en het ontvangtpunt van een rwzi weergegeven.

Figuur 50: Belangrijkste begrippen in een pomp-persleidingsysteem.



Bij pompen worden verschillende begrippen gehanteerd:

- H_{man} drukverschil, op korte afstand vóór en achter de pomp gemeten met behulp van manometers.
- H_{pomp} het energiehoogteverschil, op korte afstand vóór en achter de pomp, waarbij:

$$H_{pomp} = H_{man} + \Delta z + \frac{v_{p2}^2}{2g} - \frac{v_{p1}^2}{2g} \quad (9)$$

waarin: Δz plaatshoogteverschil tussen de beide manometers

v_{p1} stroomsnelheid in de zuigleiding

v_{p2} stroomsnelheid in de persleiding

- H_{stat} statische opvoerhoogte; het waterpeilverschil tussen rwzi en gemaalkelder, waarbij aangenomen is dat de stroomsnelheden in gemaalkelder en ontvangtpunt van de rwzi verwaarloosbaar klein zijn (enkele centimeters per seconde)
- H_w wrijvingsverliezen vóór (H_{w1}) en achter (H_{w2}) de pomp; deze worden veroorzaakt door leidingweerstand, in- en uitreeverliezen en de locale verliezen door afsluiters, bochten en dergelijke.
- z_1 waterpeil in de gemaalkelder ten opzichte van referentieniveau
- z_2 waterpeil op het ontvangtpunt ten opzichte van referentieniveau.

- De gemaalkarakteristiek is de Q - H_{stat} relatie bepaald via berekening van de wrijvingsverliezen H_w of door calibratie na het voltooiën van het gemaal.

- De pompkarakteristiek is de $Q-H_{\text{man}}$ relatie gemeten volgens ISO-standaard 2548. Als de manometers bij de meting van de pompkarakteristiek op gelijke hoogte zijn aangebracht en de zuig- en de persleiding hebben een gelijke diameter geldt dat $H_{\text{man}} = H_{\text{pomp}}$. Bovendien geldt dan dat $H_{\text{man}} = H_{\text{stat}} + H_w$.

