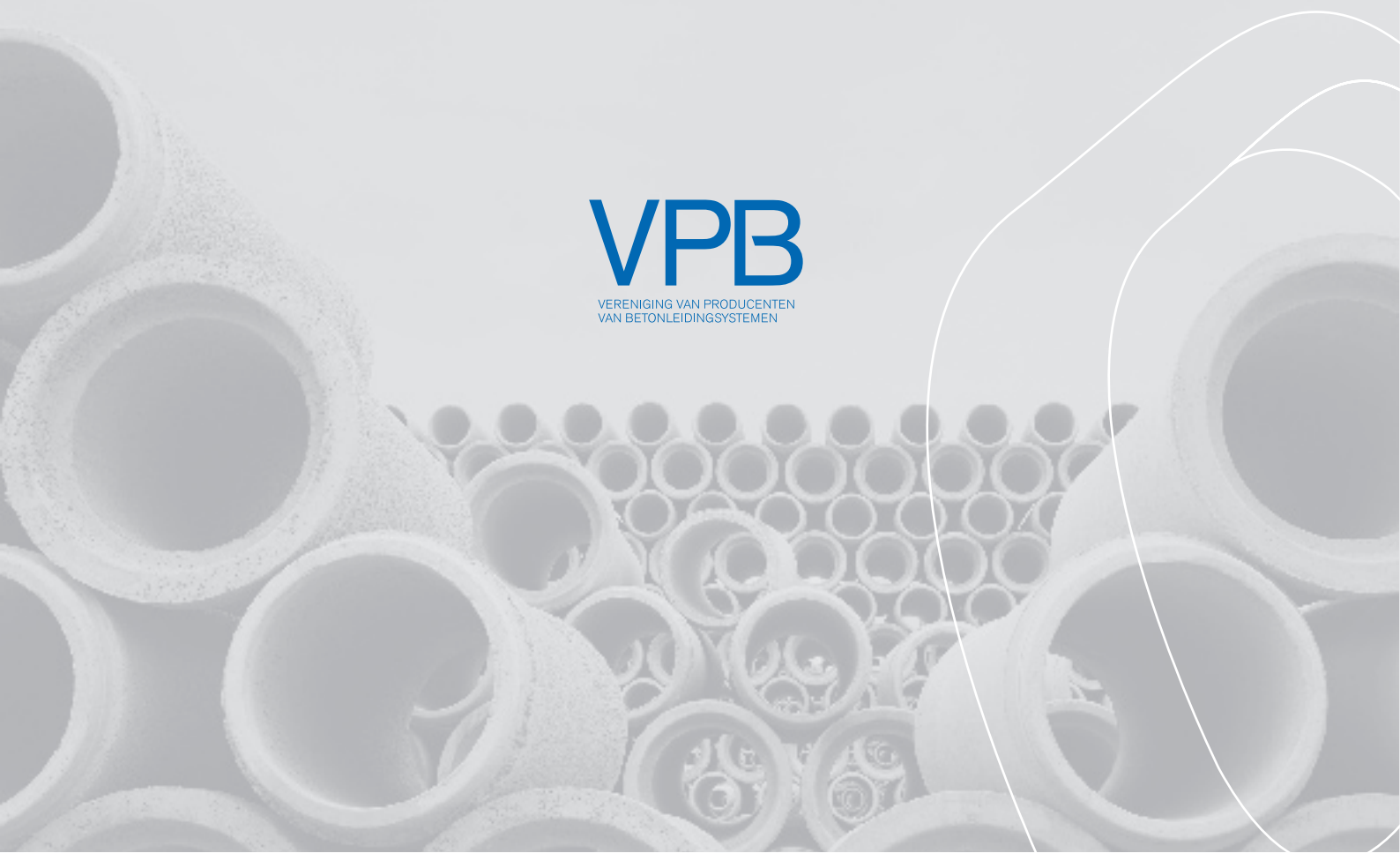


Handboek Rioleringstechniek

VPB

VERENIGING VAN PRODUCENTEN
VAN BETONLEIDINGSSYSTEMEN





Handboek Rioleringstechniek

Beton: al decennia een bewezen materiaal

Inhoudsopgave van het Handboek Rioleringstechniek

- Deel 1: De geschiedenis van riolen
- Deel 2 : Het materiaal beton
- Deel 3 : Betonnen riolering
- Deel 4 : Hydraulische berekeningen
- Deel 5 : Ontwerp van buizen & putten
- Deel 6 : Milieu
- Deel 7 : Maatschappelijke aspecten

Het Handboek Rioleringstechniek is een naslagwerk met veel informatie. De nadruk ligt op het presenteren van technische informatie. De VPB pretendeert zeker geen volledigheid met het Handboek, maar wil bijdragen aan de verspreiding van de kennis over betonnen riolering. Daar waar verdiepende informatie noodzakelijk wordt geacht, zijn externe links gemaakt naar de betreffende informatiebronnen.

De illustraties in het Handboek Rioleringstechniek zijn gemaakt door TSTP te Brouwershaven (zie www.tstp.nl).

Het is de lezer niet toegestaan om informatie uit het Handboek Rioleringstechniek op welke manier dan ook te verspreiden, zonder de goedkeuring van de VPB.

Daar waar de VPB gebruik heeft gemaakt van materiaal van derden heeft ze zo zorgvuldig mogelijk de bron vermeld. Indien u als lezer opmerkingen of verbeteringen registreert neemt u dan contact op met het secretariaat. Het is ons namelijk geenzins de bedoeling hier onzorgvuldig mee om te gaan.

Deel 1: De Geschiedenis van Riolering

Beton: al decennia een bewezen materiaal

1. Wateroverlast

Als op een verlaten camping een hoosbui valt gebeurt er niet zoveel. Het water zakt vanzelf in de grond. Maar zodra er tenten staan veroorzaakt dezelfde bui overlast en zie je kampeersers greppeltjes graven om zo snel mogelijk het water kwijt te raken.

Eenzelfde beeld is te ontdekken bij de ontwikkeling van de mensheid. Zodra men bouwwerken en verharding gaat maken ontstaat bijna als vanzelf de behoefte om van het regenwater af te komen. Langs wegen worden kleine greppels en goten gegraven in de richting van natuurlijke waterlopen. En als je van de weg af met droge voeten in huis wilt komen leg je al snel een plank als afdekking over de goot en is eigenlijk een riolering gecreëerd. Om die reden werden in de oudheid vooral bij grote gebouwen, paleizen en tempelcomplexen afwateringssystemen aangelegd.

En ook al werden de gestapelde rioleringsconstructies oorspronkelijk alleen voor het regenwater gebruikt, het is verleidelijk om ook voor het afvoeren van ander afval van deze goten gebruik te maken. Zo is in Rome het beroemde Cloaca Maxima als regenwaterriool aangelegd, maar werden steeds meer afvoeren van badwater en ander afval aangesloten om in de Tiber te worden geloosd.



Droge voeten door stapstenen - Pompei



Cloaca Maxima stroomt in de Tiber - Rome



Cloaca Maxima - Rome

2. Hygiëne

In oude beschavingen werd vaak veel aandacht aan hygiëne besteed. Zo brachten de Romeinse overheersers ook rioleringsystemen aan in grote steden binnen hun gebied. Maar het lijkt er op dat met het einde van het Romeinse rijk, ook de belangstelling voor hygiëne verdween. En binnen de grote steden in de middeleeuwen werden straten vaak als vuilnisbelt gebruikt om kwijt te raken waar men vanaf wilde. En het afval van de slacht werd even gemakkelijk op straat achtergelaten als de inhoud van de "nachtspiegel".

Met een grote regenbui bestond de kans dat er wat van het vuil werd weggespoeld, maar dat kwam dan in beken of riviertjes terecht. Niet alleen slecht voor de directe omgeving maar ook voor het grond- en drinkwater. Voor ons is het dan ook achteraf gezien, geen wonder dat deze onhygiënische toestanden leidden tot enorme epidemieën. Maar in de middeleeuwen werden dit soort zaken min of meer gelaten geaccepteerd. En het heeft nog heel lang geduurd voordat de medische wetenschap ontdekte dat ziektes als de pest en cholera werden veroorzaakt door bacteriën in het afvalwater en dat er een verband is tussen die grote epidemieën en het ontbreken van gesloten afvoerriolen.



Nachtspiegel: lozen op straat



Faecaliën inzamelen met een 'tonnetjeskar'

3. Riolering in Nederland

In Nederland kwam de ontwikkeling van de riolering heel laat op gang. Pas in de 2e helft van de 19e eeuw was er sprake van een wat meer gestructureerde aanpak. Waarschijnlijk is de aanwezigheid van veel open water van grachten en sloten in ons land er de oorzaak van geweest dat men er indertijd niet direct de grootste belangstelling voor heeft gehad. En pas met de uitvinding van het Watercloset werd het wel heel verleidelijk om de afvoer van huishoudelijk afvalwater aan te sluiten op de leiding van het regenwaterstelsel. Op die manier ontstonden de eerste gemengde stelsels die hun inhoud loosden op de grote rivieren.

De eerste rioolleidingen in Nederland werden vrijwel altijd gemetseld. De vorm was meestal een vlakke bodem met een gewelfd dak of eivormig. Die eivorm was "handig" omdat er bij een klein debiet toch een redelijke vulling overblijft en daarmee voldoende snelheid in de afvoerstroom overblijft. Bij een groter debiet komt een grotere diameter en daarmee ook een grotere bergingscapaciteit beschikbaar.



Advertentie van betonnen riolering



Ook toen al was marketing belangrijk

4. Betonindustrie

In het begin van de twintigste eeuw begon men ook om rioleringsproducten van beton te maken. Er werd een losse onderschaal en bovenschaal gemaakt die met een soort vaar-en moereind in elkaar pasten. Pas in de dertiger jaren begon men buizen uit een stuk te maken. Een binnenmal past in een buitenmal en de overblijvende ruimte werd met de hand gevuld en met een handstamper verdicht. En dat alles in de open lucht. De ronde of eivormige buizen hadden een vlakke voet en een werkende lengte van 1 meter. De verbinding bestond uit een vaar- en moereind veelal dichtgezet met zandcementspecie en later met moffenkit. Op die manier ontstond een min of meer waterdichte maar weinig flexibele verbinding tussen de elementen.



Het bewijs dat riolering van beton sterk is



Productielocatie in de buurt van Den Haag

5. Productietechnieken

Na de tweede wereldoorlog werd het zware handwerk steeds meer door machines overgenomen. Trilmotoren op de buitenmal of onder een triltafel zorgden voor verdichting van de specie. Maar pas in de zestiger jaren werden machines gebruikt met hoogfrequente trilapparatuur. Door de automatische vul- en verdichtingstechniek konden buizen met een nog hogere betondichtheid worden vervaardigd. In 1960 ook werd de rolrubbering geïntroduceerd om buizen met een zogenaamde mof-spieverbinding flexibel te kunnen aansluiten. Het meest betrouwbaar rolt een rubberring als de omtreksspanning overal gelijk is en dat is het geval als de doorsnede rond is. Vandaar dat vanaf die tijd de meeste buizen in ronde vorm werden gemaakt. Pas in de negentiger jaren kwamen ook andere rubberafdichtingen op de markt en sindsdien kunnen doormiddel van een glijverbinding ook allerlei andere doorsneden zoals eivormige buizen, vis-buizen en vlakke voet buizen flexibel en waterdicht onderling worden verbonden.

Vandaag de dag heeft de sector zich ontwikkeld tot een moderne proces gestuurde industrie van betonleidingsystemen. Meer informatie over productietechnieken vindt u in deel 3.



Productie was toen nog veel handwerk

6. Afmetingen, buislengten en diameters

Betonbuizen worden vervaardigd met een werkende lengte van 2,40 en 2,50 m. Een dergelijke lengte mag in de breedte op vrachtauto's worden vervoerd. Voorgespannen buizen hebben veelal een werkende lengte van 6.00 m.

Meest toegepast in Nederland is de inwendige diameter van 300 mm. Betonbuizen worden standaard vervaardigd met een inwendige diameter van 250 tot 2000 mm.



Riolering in opslag

7. Andere materialen

Voor het aansluiten van woningen en kolken werd vroeger veel gres en gietijzer toegepast. Het laatste is als rioleringsmateriaal voor vrijvalleidingen praktisch verdwenen. Gres wordt meer in de ons omringende landen dan in Nederland toegepast. Van de kunststoffen wordt pvc als meerlaagse buis uitgevoerd, maar wordt dit materiaal steeds meer verdrongen door polypropreen (vroeger polypropyleen). Het heeft een gunstiger milieuprofiel. Voor bijzondere toepassingen worden ook buizen van glasvezelversterkte kunststof toegepast.

8. Overzicht toegepaste materialen

Bijgaand een overzicht van de materialen die voor vrijverval rioolleidingen (totaal 80.000 km.) zijn toegepast:

Totaal	80.000 km	
Materialen:		
Beton	57.600 km	72 %
Kunststoffen	20.000 km	25 %
Gres en overige	2.400 km	3 %
Totaal	80.000 km	
Diameter		
t/m 250 mm.	19.000 km	24 %
300	28.000 km	35 %
400	14.000 km	17 %
500	8.000 km	10 %
600	4.000 km	5 %
700	1.700 km	2 %
800	2.000 km	3 %
900	900 km	1 %
1000	1.200 km	2 %
1100 en groter	1.300 km	2 %
Totaal	80.000 km	

Bron: Stichting Rioned Ede Riool in cijfers 2005-2006

De cijfers zijn ontleend aan Riool in Cijfers 2005-2006 van Stichting Rioned te Ede.

9. Het toilet door de jaren heen

Parallel aan de ontwikkeling van de riolering is ook het toilet door de jaren heen veranderd. Zonder een uitputtend overzicht te geven, het gaat tenslotte over riolering, presenteren we een aantal opvallende ontwikkelingen in de geschiedenis.



Gezamenlijk naar een (openbaar)



Meerpersoons toilet - Rome



Een kakstoel



Een "gotta-go-briefcase"

Een volledig functioneel toilet is niet iets wat je verwacht in een attachékoffer. Toch is dat precies wat deze luxe leder beklede koffer in werkelijkheid is. Een absoluut briljant ontwerp, compleet met krant en toiletpapier. Een attachékoffer met een toilet meeslepen op reis is misschien niet alledaags, maar het is discreter dan de toiletrol in het gehaakte jasje op de hoedenplank van je auto. Tegenwoordig hechten we blijkbaar zoveel waarde aan de geschiedenis van het toilet, dat in Engeland zelfs een "kakhuisje" (bolthole) op de monumentenlijst is beland.

Deel 2: Het materiaal beton

Beton: vormvast en duurzaam!

1. Wat is beton?

In algemene zin is beton het meest gebruikte bouw materiaal van de wereld. Beton is goed in staat om drukkrachten op te nemen. De kwaliteit van beton wordt daarom vaak gekarakteriseerd door druksterktecijfers en ingedeeld in sterkteklassen (zie verder in dit hoofdstuk). De treksterkte eigenschap van beton is maar 10% van de druksterkte. Als in een betonconstructie een hogere treksterkte nodig is wordt gebruik gemaakt van wapening, voorspanning of vezels. Staal heeft ongeveer dezelfde lineaire uitzettingscoëfficiënt en hecht daarom uitstekend aan beton. Beton kan bijna niet zonder staal, zo lijkt het, maar ook het omgekeerde is het geval: wapening moet tegen corrosie en aantasting worden beschermd door een laagje beton. Is de dekking op de wapening te klein dan gaat de wapening corroderen. Ten onrechte wordt in dat geval gesproken van betonrot. Eigenlijk zou men moeten spreken van staalrot, omdat immers het beton niet kan rotten maar de constructie wordt aangetast door het roestende wapeningsstaal.

2. Betonspecie en beton

Betonspecie bestaat uit een onverhard mengsel van:

- * Cement
- * Zand
- * Grind
- * Water

Zodra de betonspecie verhard is, spreken we van beton. Door de samenstelling van de componenten te variëren kunnen de eigenschappen van betonspecie en beton worden aangepast aan de gebruiksomstandigheden waarin het product wordt toegepast.

3. Cement

Cement is een essentieel onderdeel van beton. Het is een hydraulisch bindmiddel. Dat wil zeggen, dat het verhardt, als het met water wordt vermengd, tot een steenachtige lijm, waardoor zand- en grindkorrels aan elkaar worden gekit en holle ruimten ertussen worden opgevuld.

Cement wordt gemaakt door mergel fijn te malen en te verhitten in een cementoven tot 1450 graden Celsius. Na afkoeling ontstaat een korrelvormig product: portlandcementklinker. Deze klinker dient als basis voor praktisch alle cementsoorten. De belangrijkste zijn:

- * Portlandcement
- * Hoogovencement
- * Portlandvliegascement

Voor rioolleidingsystemen wordt vrijwel altijd hoogovencement als bindmiddel toegepast. Om die reden beperken we ons op deze plaats tot het bespreken van de eigenschappen van deze cementsoort.

Hoogovencement

Hoogovencement bestaat voor een belangrijk deel uit hoogovenslak. Dit komt vrij bij de productie van staal. In gemalen toestand blijkt het slak hydraulische eigenschappen te bezitten. Deze eigenschappen komen echter pas op gang, door als katalysator portlandcementklinker te gebruiken.

Door, zoals gezegd, een groot percentage hoogovenslak te mengen met portlandcementklinker en dit fijn te malen, ontstaat hoogovencement. Afhankelijk van het percentage slak wordt hoogovencement ingedeeld in 3 klassen:

- * CEMIII/A: 36-65% hoogovenslak
- * CEMIII/B: 65-80% hoogovenslak
- * CEMIII/C: 80-95% hoogovenslak

Daarnaast worden cementsoorten, en dus ook hoogovencement, ingedeeld in sterkteklassen overeenkomend met de aanvangsterkte, respectievelijk:

- * 32,5 MPa
- * 42,5 MPa
- * 52,5 MPa

De indeling in klassen gebeurt door een drukproef na 28 dagen. Op die manier kan een hoogovencement bijvoorbeeld worden aangeduid als CEMIII/A 42,5. Meer informatie over de Europese aanduidingen is te vinden in de norm NEN-EN 197.

Hoe hoger het percentage hoogovenslak, hoe meer resistent de beton is tegen aantasting, maar hoe langzamer ook de aanvangsterkte van de beton wordt bereikt. Voor de prefabbetonindustrie is het snel bereiken van de aanvangsterkte belangrijk om tijdig te kunnen ontkisten en het product te kunnen bewerken of te kunnen transporteren.

4. Zand

Over het algemeen is zandafkomstig uit het achterland van rivieren als de Maas en de Rijn. Het gesteente wordt meegenomen door het water en onderweg “gepolijst” tot ronde of wat hoekige korrels. In de loop der eeuwen is dit zand afgezet in de beddingen en langs de oevers. Het wordt in deze afzetgebieden in Limburg en Gelderland gewonnen door natte winning (baggeren) of droge winning (afgraven).

In de betonindustrie wordt zogenaamd betonzand 0-4 toegepast. Dat wil zeggen dat de kleinste korrels 0 mm. en de grootste een doorsnede van 4 mm. hebben. Daarnaast moet verdeling van de korrelafmetingen voldoen aan een bepaalde gecertificeerde zeefkromme. Daarnaast heeft elke fabrikant eigen voorkeuren over de korrelopbouw. Sommige producten vragen om meer “fijn” materiaal, andere om een wat meer “grove” zandfractie. Ook het productieproces en de productiemachines spelen daarbij een belangrijke rol. Voor een betonfabrikant met een automatisch productie proces is een zo constant mogelijke korrelopbouw van groot belang. Ook is het van belang dat er geen resten van hout, steenkool of humus in het zand aanwezig zijn.



Opslag van grondstoffen

Als alternatieven voor rivierzand kunnen breekzand en zeezand worden toegepast. Deze alternatieven zouden nodig kunnen blijken als rivierzand in de toekomst schaars zou worden. Zeezand moet zorgvuldig worden gewassen om bruikbaar te zijn voor de betonindustrie.

De eisen die aan zand worden gesteld staan beschreven in de norm NEN-EN 12620:2002 NL.

5. Grind

Ook grind is een afzetmateriaal van de rivieren. Door de massa is het meer stroomopwaarts afgezet dan het zand. Grind wordt alleen in natte winning geproduceerd en meestal in combinatie met zandwinning. Het grind wordt gespoeld en van hout en humus ontdaan. Daarna wordt het in diverse fracties gezeefd. De kleinste korrels die tot het grind worden gerekend zijn 4 mm. In de betonindustrie wordt als grootste korreldiameter 32 mm. als grind gebruikt. Voor veel productiemachines voor betonbuizen is 16 mm. de maximale maat. Men spreekt dan van grind 4-16. Ook hiervoor geldt een korrelverdeling volgens een gestandaardiseerde zeefkromme.

Als alternatief voor grind kan ook gebroken materiaal worden gebruikt. Uit rotsen worden stukken kalksteen, porfier of basalt met hulp van springstof losgemaakt en daarna in een breker verpulverd tot bruikbare afmetingen. Naast het gebroken grind komt er breekzand vrij als fijne fractie. Gebroken materiaal is wat hoekig en heeft daardoor een grotere haakweerstand tussen de korrels. Ook van gebroken materiaal wordt in de betonindustrie veel de fractie 4-16 gebruikt.

Een ander alternatief is het gebruik van gerecycled materiaal. Beton afkomstig van sloop of restproducten wordt gebroken en in de juiste fracties gezeefd. In het mengsel kan de grindfractie geheel of gedeeltelijk door hergebruikt materiaal worden vervangen.

De norm NEN-EN 12620:2002 NL geeft nadere informatie over de eisen aan toeslagstoffen als grind en gebroken materialen.

6. Water

Water is nodig om in het cement de chemische reactie op gang te brengen zodat het van een poederachtige substantie verhardt tot een steenachtig lijm tussen de zand- en grindkorrels. Het aanmaakwater mag geen verontreinigingen bevatten en/of stoffen die invloed uitoefenen op het verhardingsproces of op de duurzaamheid van het verharde beton.

Aanmaakwater kan afkomstig zijn uit:

- * Bronwater
- * Oppervlaktewater
- * Drinkwater

Ook het spoelwater uit mixers en transportsystemen kan worden hergebruikt nadat het ontdaan is van het cementslib

De norm NEN-EN 1008:2002 geeft nadere informatie over de eisen die internationaal aan het aanmaakwater worden gesteld.

7. Wapening

Wapening is nodig als in een betonconstructie te hoge trekspanningen ontstaan. Door vezels aan de specie toe te voegen ontstaat een beton met aanzienlijk hogere treksterkte eigenschappen. Meestal worden hiervoor staalvezels toegepast. In de kleinere betonbuizen met een geringe wanddikte is deze oplossing meestal ruimschoots voldoende

Als de trekspanningen nog groter worden is constructieve wapening nodig. Veelal wordt een kooi of korf gevlochten met doorlopende wapeningsstaven in de trekzone. De dekking op de wapening wordt door afstandhouders verzorgd. Bij grotere diameters betonbuizen maakt men een doorlopende spiraalwapening als hoofdwapening.

Bij voorspanning wordt er voor het storten spanning op de speciale wapening gezet. Na uitharding van de beton wordt deze spanning losgelaten en ontstaat er druk in de trekzone. Deze constructie is het best te vergelijken met een rijtje boeken. Door er met twee handen aan de uiteinden horizontaal voldoende druk op uit te oefenen kan men het rijtje oppakken zonder dat er boeken tussenuit vallen.

8. Korrelopbouw

Hoe minder holle ruimte in beton aanwezig is hoe groter de sterkte. Daarom moet worden getracht om zoveel mogelijk de holle ruimten tussen de grindkorrels met zandkorrels te vullen en op hun beurt de ruimte tussen de zandkorrels door cement. Daarbij dient elke grind- en zandkorrel omhult te zijn met een dun laagje lijm in de vorm van cement. Op zich is in het beton de grindkorrel het sterkst en de cement het zwakst. Veel ruimte gevuld met cementpasta zonder zand- of grindkorrels verzwakken dus de constructie. Aan de andere kant moet ook daadwerkelijk elke korrel van het toeslagmateriaal van een laagje lijm zijn voorzien om zich aan de omringende korrels te kunnen hechten.

9. Watercementfactor

De watercementfactor (wcf) is de verhouding tussen de hoeveelheid water en de hoeveelheid cement in een mengsel. Om alle cement te laten binden is een wcf van ongeveer 0.40 voldoende. Een dergelijke lage wcf wordt bijvoorbeeld gebruikt bij de productie van betonbuizen. Voor veel andere productie vormen worden een hogere wcf gebruikt omdat dat voor de verwerkbaarheid nodig is.

Betonfasen

Van betonspecie naar beton doorloopt het materiaal vier fasen.

- * Plastisch
- * Groene sterkte
- * Jong beton
- * Verhard beton

In de plastische fase wordt beton verwerkt en in een mal gestort. Verdichting vindt plaats met trilnaalden, bekistingtrillers of door zelfverdichting (ZVB). Ingewikkelde bekistingen vereisen daarbij een hogere plasticiteit dan de vervaardiging van betonnen buizen met "aardvochtig" beton.

Zelfverdichtend beton wordt vaak toegepast voor de vervaardiging van putten. Door de bijzondere samenstelling vloeit de specie dusdanig goed dat trillen overbodig is.

10. Nieuwe ontwikkelingen

Er ontstaan steeds nieuwe ontwikkelingen in de beton. Recentelijk is ontdekt dat beton goede eigenschappen heeft om kleine scheurtjes uit zichzelf te herstellen. Ook heeft iemand ontdekt dat er bacteriën zijn die dit herstelproces bevorderen.

11. Consistentieklassen

In de Europese norm NEN-EN-206-1 en de Nederlandse annex NEN 8005 wordt beton in de plastische fase ingedeeld in consistentieklassen als maat voor de verwerkbaarheid. De klassen worden aangeduid door een letter, afhankelijk van de meetmethode en een cijfer voor de maat zelf.

Verdichtingsmaat C (Compaction)	loopt van C0 (droog) tot C3 (plastisch)
Zetmaat S (Slump)	loopt van S1 (aardvochtig) tot S5 (vloeibaar)
Schudmaat F (Flowtable)	loopt van F1 (aardvochtig) tot F7 (zelfverdichtend)

12. Groene sterkte

Men spreekt van groene sterkte als beton direct nadat de betonspecie in de bekisting is verdicht. Voor aardvochtig beton is deze groene sterkte ruim voldoende om direct te ontkisten. De betonproductenindustrie maakt van deze eigenschap gebruik bij de vervaardiging van bijvoorbeeld buizen, stenen, banden en tegels.

13. Sterkteklassen

De eindsterkte wordt volgens de norm NEN-EN 206 aangegeven door een letter C (Concrete) gevolgd door twee getallen. Het eerste getal geeft de karakteristieke cilinderdruksterkte aan, het tweede getal heeft betrekking op de karakteristieke kubusdruksterkte. Laagste klasse is C 12/15, de hoogste klasse is C 100/115.

14. Milieuklassen

Het woord milieu roept associaties op over de mate van belasting (duurzaamheid) door beton op onze leefomgeving (milieu). De invloed wordt bepaald aan de hand van Levens Cyclus Analyses.

In het woord Milieuklasse wordt met milieu de gebruiksomstandigheden van een betonproduct bedoeld. Duurzaamheid heeft dan de betekenis van de mate waarin een product weerstand kan bieden aan de agressieve omstandigheden waarin het wordt toegepast. Samenstelling en dichtheid van de beton worden afgestemd op dit milieu.

Er zijn zes milieuklassen variërend van een droog tot een agressief milieu. Binnen deze klassen is er veelal weer een onderverdeling die samenhangt met de vochtigheid en agressiviteit van de gebruiksomstandigheid. Beton zonder enige risico op aantasting is klasse XO (0= zero risk), beton in een sterk agressieve omgeving is klasse XA3 (A= aggressive).

Milieuklassen stellen eisen aan watercementfactor, dekking op de wapening, cementsoort, hoeveelheid cement per m3, dichtheid van de beton en dergelijke. Betonbuizen voldoen in Nederland aan de klasse XA3.

Milieuklassen			
X0	geen aantasting	(0,40)	
XC	aantasting door carbonatatie (beton in min of meerdere mate blootgesteld aan vocht)	XC1 (0,40)	droog of blijvend nat
		XC2 (0,30)	nat, zelden droog
		XC3 (0,30)	matig vochtig
		XC4 (0,30)	wisselend nat en droog
XD	aantasting door chloriden, zoals in dooizouten	XD1 (0,20)	matig vochtig
		XD2 (0,20)	nat,zelden droog
		XD3 (0,20)	wisselend nat en droog
XS	aantasting door chloriden uit zeewater	XS1 (0,20)	blootgesteld aan zouten, maar niet direct in contact met zeewater
		XS2 (0,20)	blijvend onder water
		XS3 (0,20)	getijdezone, spat-, en stuifzone
XF	aantasting door vorst en dooiwisselingen	XF1 (0,20)	deels verzadigd met water, zonder dooizouten
		XF2 (0,20)	deels verzadigd met water, met dooizouten
		XF3 (0,20)	verzadigd met water, zonder dooizouten
		XF4 (0,20)	verzadigd met water, met dooizouten
XA	chemische aantasting	XA1 (0,20)	aantasting door bijvoorbeeld: boorzuur, waterstofsulfide, kreosoot, kresol, visolie, varkensvet, glycerine, bier, bleekwater
		XA2 (0,20)	aantasting door bijvoorbeeld: azijnzuur, carbolzuur, melkzuur, mierenzuur, amandelolie, kokosolie, terpentijn, fenol, glucose, urine, wei
		XA3 (0,20)	citroenzuur, humuszuur, zoutzuur, zwavelzuur, kuilvoer, cider, appelwijn, mest, vruchtensap
XM	mechanische aantasting		

Deel 3: Riolering van beton

Beton: robuust maatwerk!

1. Inleiding

Maar weinig mensen zijn zich ervan bewust wat er met hun afvalwater gebeurt. Men spoelt het toilet door en neemt een douche zonder zich te realiseren dat het afvalwater daarna begint aan een reis door een ingenieuze infrastructuur onder de grond. Veelal liggen er zelfs diverse rioleringssystemen om de verschillende soorten afvalwater af te voeren. Rioleringssystemen bestaan uit tal van componenten zoals buizen, putten, pompen en overstorten. In dit deel zullen we de diverse systemen en componenten de revue laten passeren en speciaal aandacht besteden aan de componenten van beton.

Daarmee komen we al direct aan een bijzonderheid: Door gebruik te maken van mallen zijn alle vormen van de componenten in een vrijvervalsysteem in beton te produceren. Of dat nu ronde of eivormige buizen zijn, of grote overstortputten, bergingsvoorzieningen, pompputten, het kan in beton allemaal worden gemaakt en een dergelijke uniforme toepassing is met geen enkel ander materiaalsoort mogelijk.

2. Rioleringssystemen

Afvalwater is water dat voor de gebruiker niet meer bruikbaar is. Het is water dat we kwijt willen. Dat kan dus vervuild zijn en dan noemen we het huishoudelijk of industrieel afvalwater (al naar gelang de oorsprong ervan). Vanuit deze gedachte kan ook relatief schoon water, zoals overtollig regenwater en grondwater, als afvalwater worden beschouwd.

De gemeente heeft volgens de Wet Gemeentelijke Watertaken de plicht om dat in te zamelen en af te voeren. Vervuild water gaat naar een zuiveringsinrichting, regenwater wordt tegenwoordig zoveel mogelijk in de bodem geïnfiltreerd of hergebruikt.

2.1 Vrijvervalsysteem

Transport van (afval)water vindt in Nederland bijna altijd onder “vrijverval” plaats. Het systeem ligt daarbij onder een zekere helling in de grond. Daar waar het te diep zou komen te liggen wordt het opgevangen in een pompput en opgepompt naar een hoger niveau waarnaar het weer onder vrij verval verder kan stromen.

2.2 Drukrioleringssysteem

Daar waar de bebouwing ver uit elkaar staat, zoals in een buitengebied, is een vrijverval systeem niet rendabel. In dat geval krijgt elk perceel een pompunit die wordt aangesloten op een centrale persleiding. De pomp wordt vaak in een pompput van beton geplaatst. De persleiding wordt, gezien de vaak geringe diameter (van bijvoorbeeld 80 mm.), veelal uitgevoerd in kunststof, zoals polypropreen (voorheen polypropyleen). De aanvoerleiding kan worden uitgevoerd in beton.

Van de totale infrastructuur bestaat ca. 80.000 km. uit vrijverval en ca. 15.000 km. uit drukriolering. Van de vrijvervalriolering is 72% gemaakt van beton, 25% van kunststoffen en 3% van overige materialen. (bron: Rioned, Riool in Cijfers).

3. Stelseltypes

Al naar gelang de aard van het afvalwater onderscheiden we diverse stelseltypes.

3.1 Gemengd stelsel

In vroeger jaren werd al het afstromende hemelwater samen met het huishoudelijk afvalwater verzameld en afgevoerd naar de AWZI (Afvalwaterzuiveringsinstallatie), vaak wel RWZI genoemd. Voor een zuiveringsinstallatie is een constante aanvoer het beste om de zuiveringsprocessen optimaal te kunnen laten werken. Omdat zeer extreme buien niet vaak voorkomen werden de stelsels ontworpen op buien die eens per 10 jaar voorkomen en moesten nooduitlaten of overstorten op het oppervlaktewater ervoor zorgen dat rioolwater niet, of zo min mogelijk, op straat kwam.



Een dergelijke nooduitlaat veroorzaakt, als hij werkt, een enorme vervuiling. Iets waar pas heden ten dage meer aandacht voor is ontstaan.

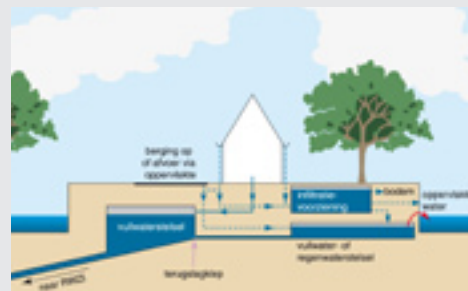
3.2 Gescheiden stelsel

Hoewel sommige steden zoals Amsterdam er al veel eerder mee begonnen, ontstond in de 70-er jaren het besef dat het eigenlijk dwaas was om relatief schoon regenwater bij het huishoudelijk afvalwater te mengen. Immers de concentratie neemt in zo'n geval wel af maar de hoeveelheid te zuiveren afvalwater wordt dan veel groter. Verstandig dus om daar waar mogelijk het hemelwater van wegen en daken zo snel mogelijk af te voeren en te lozen op oppervlaktewater. Vanaf dat moment kwam er naast een vuilwater- ook een hemelwaterriool onder het wegdek te liggen om beide afvalwaterstromen naar de juiste plek te leiden.



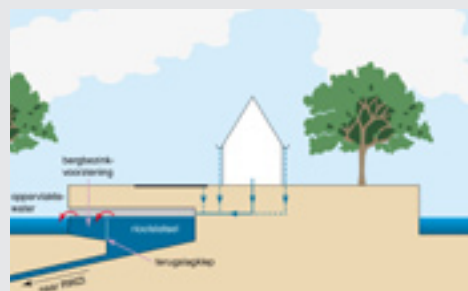
3.3 Verbeterd gescheiden stelsel

Voor al na een droge periode ligt er veel vervuiling op het straatoppervlak. Zware metalen, rubberslijpsel e.d. zijn stoffen die de waterkwaliteitsbeheerder niet in het oppervlaktewater wil hebben. Om die reden zijn verbeterd gescheiden stelsels bedacht. In het stelsel worden koppelputten opgenomen. Via een "kortsluitleiding" met een kleine diameter is er een koppeling tussen het hemelwater- met het vuilwaterriool. Een terugslagklep moet voorkomen dat er vuilwater in het regenwater terecht komt. Via die koppeling kan wel de vieze "first flush" van de eerste regenbui naar het vuilwater riool worden geleid. Vooral de kleppen vormen een wat zwakke schakel in de keten. Immers een kleine vervuiling betekent dat de klep niet meer naar behoren werkt en vuilwater in het hemelwaterriool kan komen. Omdat praktisch alle buien met een lage intensiteit via de kleppen worden afgevoerd komt met dit systeem toch nog bijna 70% bij de AWZI terecht.



3.4 Verbeterd gemengd stelsel

Om de vervuiling die door overstorten worden veroorzaakt zoveel mogelijk te beperken kan een gemengd stelsel worden verbeterd door voor in leiding naar de overstort bergbezinkvoorzieningen op te nemen. Al naar gelang de vorm ervan spreekt men van Bergbezinkbassins, Bergbezinkriolen, Parallelbergbezinkriolen en dergelijke. De werking is erop gebaseerd dat het afvalwater praktisch tot stilstand komt in de voorziening zodat het vuil kan uitzakken naar de bodem. Als de regenbui voorbij is stroomt het opgevangen water alsnog af via het gemengde stelsel en neemt dan het afgezette vuil mee.



3.5 Infiltratieriool

Bij een verbeterd gescheiden stelsel wordt het regenwater rechtstreeks, of via de AWZI (first flush), op het oppervlaktewater geloosd. Via sloten, kanalen en rivieren stroomt het naar zee en de relatief schone regen wordt daar zout water en begint aan een nieuwe cyclus van verdampen en neerslag. Begin deze eeuw is het besef ontstaan dat het beter is om dit "schone" regenwater zoveel mogelijk te "laten waar het valt". Dat kan bijvoorbeeld door het op te vangen voor hergebruik (auto wassen en tuinsproeien) of door het te infiltreren in de bodem en op die manier toe te voegen aan het grondwater. Het afstromende hemelwater wordt dan ondergronds opgevangen in een infiltratieriool. Via de wand van de betonnen infiltratiebuizen kan het water in 24 uur worden opgenomen in de bodem en aan het grondwater worden toegevoegd. Beton biedt het voordeel, dat gebruik gemaakt kan worden van grotere diameters. Daarmee kan het riool naast de infiltrerende functie tevens een bergende functie vervullen.



Infiltratieriool

3.6 Andere infiltratievoorzieningen

Een aantal andere mogelijke infiltratievoorzieningen is:

- * Waterdoorlatende verharding. Het regenwater zakt naar de ondergrond dwars door de stenen die gemaakt zijn van zeer open beton. De ondergrond moet goed geprepareerd zijn om de kritieke bui goed te kunnen opvangen.
- * Waterpasserende verharding. Bij dit systeem zakt het water naar de bodem door de voegen tussen de stenen.
- * Wadi's. Dit zijn droge vijvers waarin het regenwater wordt opgevangen en in de bodem kan worden opgenomen.
- * Kunststof infiltratieunits. Het systeem bestaat uit gestapelde kunststof "kratten" die bekleed worden met infiltratiedoek.

Omdat we in dit document buizen van beton behandelen, worden deze voorzieningen niet nader toegelicht.

3.7 Drainageriool

Via de wet Gemeentelijke Watertaken is ook de zorgplicht voor overtollig grondwater bij de gemeente komen te liggen. Het betekent dat naast een vuilwater en hemelwaterstelsel ook vaak een ontwateringsstelsel nodig is. In sommige gevallen wordt het drainagesstelsel op de putten van het regenwaterriool aangesloten.

4. Componenten

Een rioolstelsel bestaat uit een groot aantal componenten.

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| * Buizen | * Bergbezinkvoorzieningen |
| * Kolk- en huisaansluitingen | * Leidingenstraat |
| * Putten | * Gemalen |
| * Stuwputten | * Pompputten |
| * Overstortputten | * Persleidingen/Drukriolering |
| * Uitlaat | * IBA's/Septic-tanks |
| * Nooduitlaat | * Lamellenafsciders |

4.1 Buizen

Vormen

Het meest voorkomend is de vorm: in- en uitwendig rond. Daarnaast komen allerlei andere vormen voor.



Inwendig rond
Uitwendig rond



Inwendig rond
Uitwendig vlakke voet



Inwendig ei-vorm
Uitwendig vlakke voet



Inwendig ei-vorm
Uitwendig vlakke voet



Inwendig rechthoekig
Uitwendig rechthoekig

De laatste vorm wordt ook wel tot de categorie duikers gerekend maar voorzien van een stroomprofiel is het profiel ook prima als rioleringsleiding te gebruiken.

Inwendige diameter (mm)	Ongewapend Wanddikte (mm)	Ongewapend Gewicht (kg/m)	Gewapend Wanddikte (mm)	Gewapend Gewicht (kg/m)
250	45	130	-	-
300	50	160	50	-
400	55	230	50	-
500	65	340	50	-
600	80	50	57	-
700	90	650	64	-
800	100	825	71	-
900	110	1.000	78	-
1.000	120	1.250	85	-
1.100	-	-	92	-
1.200	-	-	99	-
1.250	145	1.850	103	-
1.300	-	-	106	-
1.400	-	-	113	-
1.500	175	2.500	120	-
1.600	-	-	128	-
1.700	-	-	136	-
1.800	-	-	144	-
1.900	-	-	152	-
2.000	-	-	160	-



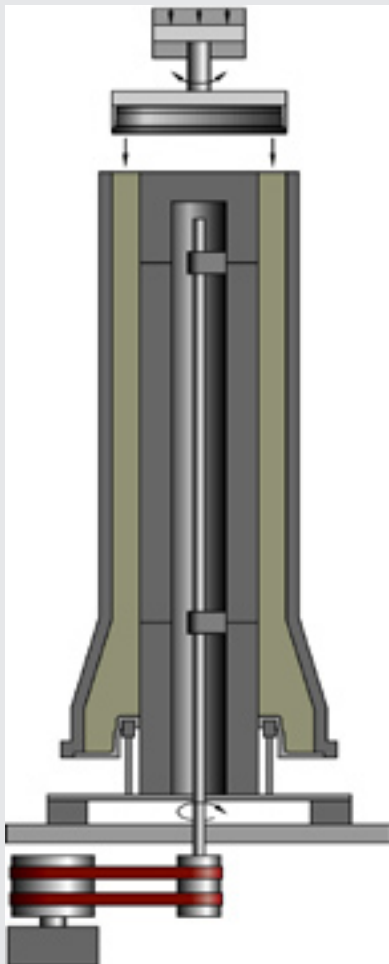
Het meten van de wanddikte



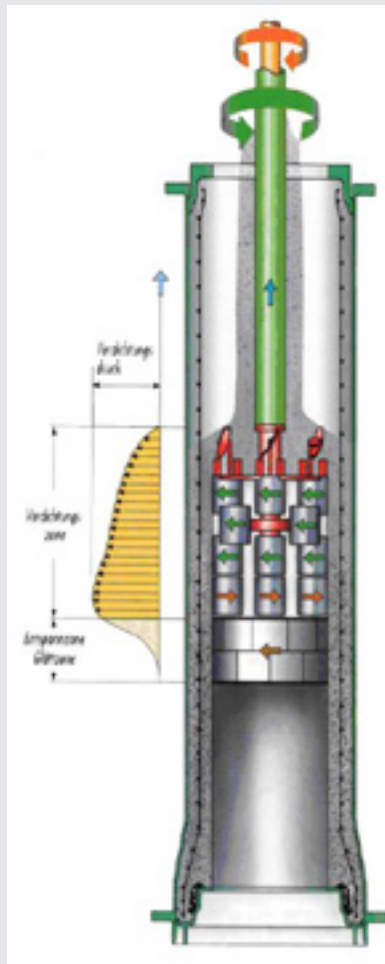
Grote diameters, klaar voor de montage

Productie

De meeste betonbuizen worden geproduceerd volgens de zogenaamde dry-cast methode. Aardvochtig beton wordt laagsgewijs in een mal gestort. En tijdens dat vullen wordt deze betonmassa verdicht door de hoogfrequente trillers in de binnenmal. Bij de grotere diameters staat deze binnenmal staat op een "tafel" in een productiekelder maar voor de kleinere diameters hebben de productiemachines "stijgende kernen". De binnenmal komt dan tijdens het vullen omhoog en op die manier wordt een buis gevormd. Na het persen van het spieeind wordt de verse buis direct ontkist en met een kraanrobot of heftruck vervoert naar de verhardingsruimte. Voor het begrip laat zich deze dry-cast methode het best vergelijken met het maken van zandtaartjes in de zandbak.



Trillen en persen



Trillen en walsen

Daarnaast kunnen buizen gemaakt worden volgens de wet-cast methode. In dat geval wordt de (vaak zelfverdichtende) beton in de ruimte tussen binnen- en buitenmal gestort en de mallen worden pas de volgende dag verwijderd. Vooral bijzondere vormen van buizen zoals de grotere afmetingen eivorm e.d. worden op deze manier vervaardigd. Bijzondere productiemethoden zoals voorspannen laten we in dit kader buiten beschouwing omdat het in verhouding niet veel voorkomende methoden zijn.



Start productie



Vullen van de mallen



Ontkisten

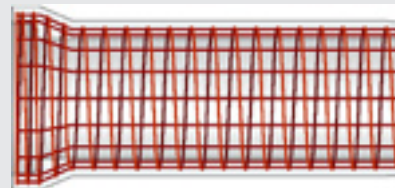


Intern transport van de betonbuizen

Gewapend/ongewapend

Alleen al door de veelal ronde of eivorm van buizen zijn deze in staat om aanzienlijk grote krachten van grond- en verkeersbelasting op te vangen. Een vlakke voet zorgt nog eens extra voor een goede beddinghoek en daar mee voor het draagvlak in de bodem. Buizen met een vlakke voet worden vaak van ongewapend beton gemaakt.

Als door grote diepte de gronddruk toeneemt of door geringe dekking juist de verkeersbelasting te grote krachten op de buiswand uitoefenen en de toelaatbare buigtreksterkte wordt overschreden worden buizen voorzien van wapening. Als de wanddikte groot genoeg is om voldoende dekking aan de binnen- en buitenzijde te waarborgen wordt deze wapening uitgevoerd als een doorlopende spiraal wapening.



Wapeningskorf van een betonbuis

Wapeningskorf van een betonbuis

Bij diameters tot 1000 mm. volstaat meestal een enkel net, bij grotere diameters met voldoende wanddikte worden dubbele wapeningsnetten toegepast. De dekking op de wapening wordt verzorgd door afstandhouders op de wapeningskorven aan te brengen. De diameter van de spiraalwapening en de 'spoed' van de spiraal kunnen worden aangepast zodat de vereiste breuksterkte (conform NEN 7126) wordt bereikt.

Een alternatief voor traditionele wapening is staalvezelwapening. Aan het speciemengsel wordt een berekende hoeveelheid staalvezels toegevoegd die kriskras in de beton terecht komen en zorgen dat de beton wat 'taaiër' wordt en een hogere buigtreksterkte krijgt. Staalvezels hebben een diameter van ca. 1,5 mm en een lengte van 30 of 50 mm. Aan het uiteinde zitten 'peddeltjes' of haakjes om de hechting te bevorderen. Ze worden geleverd in een gegalvaniseerde of in een onbehandelde uitvoering. Hoewel staalvezelwapening bij elke diameter kan worden toegepast wordt het vooral bij de kleinere diameters veel gebruikt. De wanddikte is daarvan vaak zo klein dat er onvoldoende dekking is om de wapening te beschermen.

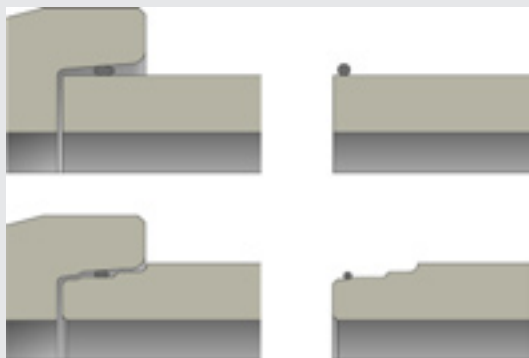
Verbindingen

Vroeger werden buizen voorzien van een eenvoudig "vaar- en moereind". Dit werd zo goed als mogelijk waterdicht gemaakt (met specie of moffenkit). Tegenwoordig zijn er veel betere oplossingen en dus laten we deze verbinding verder buiten beschouwing.

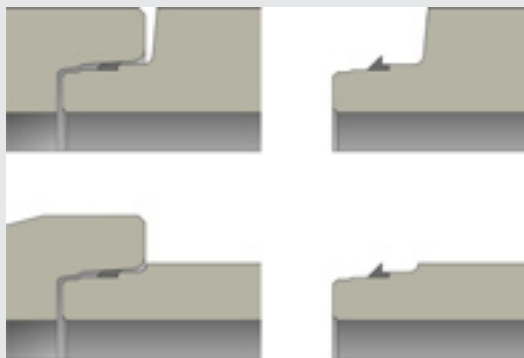
Voor de moderne verbinding zijn betonbuizen voorzien van een mof en spie-eind. De werkelijke afdichting wordt verzorgd door een rubberdichting.

Veel voorkomend is de rolverbinding. Vanuit een startpositie van de ring op het spie-eind komt, tijdens het inbrengen ervan in het mofeind, de ring al rollend op de plaats terecht en zorgt zo voor een flexibele verbinding.

In toenemende mate wordt de glijdichting toegepast. Een speciaal rubber profiel wordt op het spie-eind aangebracht en met een op het werk of met een fabrieksmatig aangebracht glijmiddel kan een waterdichte montage worden uitgevoerd. Bij een ander type glijdichting wordt een rubberprofiel in de mof meegestort.



Rolverbinding



Glijverbinding, met glijmiddel



Glijverbinding, zonder glijmiddel

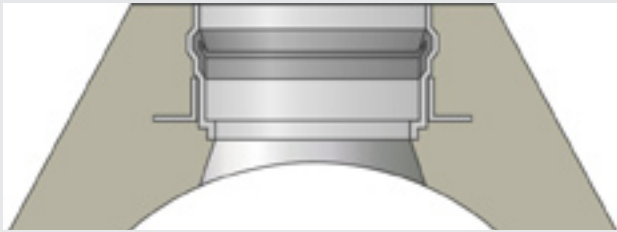


Glijverbinding met ingestort rubberprofiel

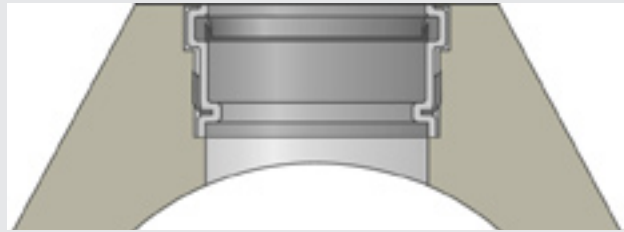
Kolk- en huisaansluitingen

Om kolken en woningen op de rioleringsbuizen aan te kunnen sluiten worden inlaten aangebracht. Inlaten zijn mogelijk in de diameters 125 of 160 mm. Afhankelijk van de fabrikant bestaan er in Nederland diverse mogelijkheden. In onderstaande afbeeldingen zijn ze weergegeven. Op de inlaten kunnen de afvoerleidingen van kolk- en huisaansluitingen rechtstreeks worden aangesloten.

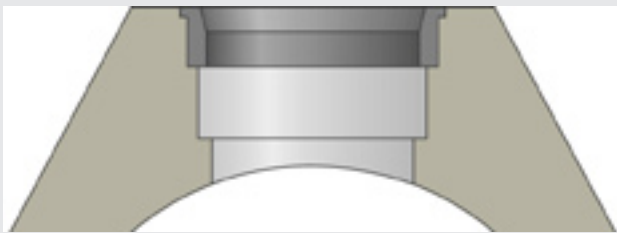
Er zijn een aantal verschillende typen:



inlaat met een ingestorte mof



geboorde inlaat met een indrukmof



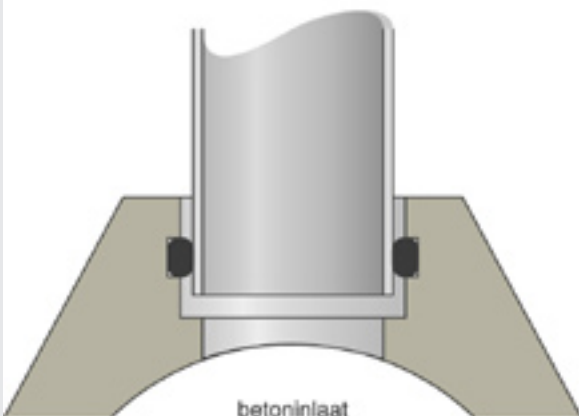
geboorde inlaat zonder mof



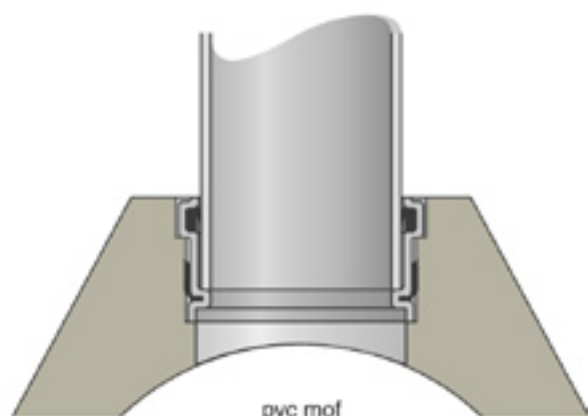
één aanslagvlak



twee aanslagvlakken



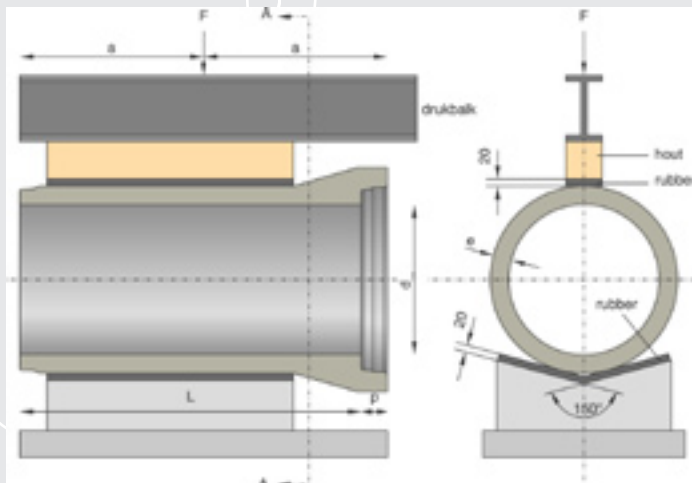
betoninlaat



pvc mof

Inlaat met respectivelijk 1 en 2 aanslagvlakken

Buizen moeten voldoen aan de eisen in de Europese Norm NEN-EN 1916:2002/C2:2007 EN. Als buizen daaraan voldoen mogen fabrikanten zelf hun producten voorzien van een CE-markering. Het waarborgt echter niet dat producten dan ook voldoen aan de specifieke gebruiksomstandigheden per land. In Nederland zijn daarom extra technische eisen vastgelegd in de Nationale Complementaire Norm NEN 7126:2004 NL. Om alles onafhankelijk te kunnen garanderen is het KOMO keurmerk ingevoerd. Een onafhankelijk instituut (KIWA) controleert de productspecificaties en fabricageprocedures en dat gaat veel verder dan de CE-markering. Buizen met KOMO keurmerk voldoen niet alleen aan CE, maar ook aan het Bouwstoffenbesluit en de BRL van NEN 7126:2004 nl. Lees hier meer over dit onderwerp.



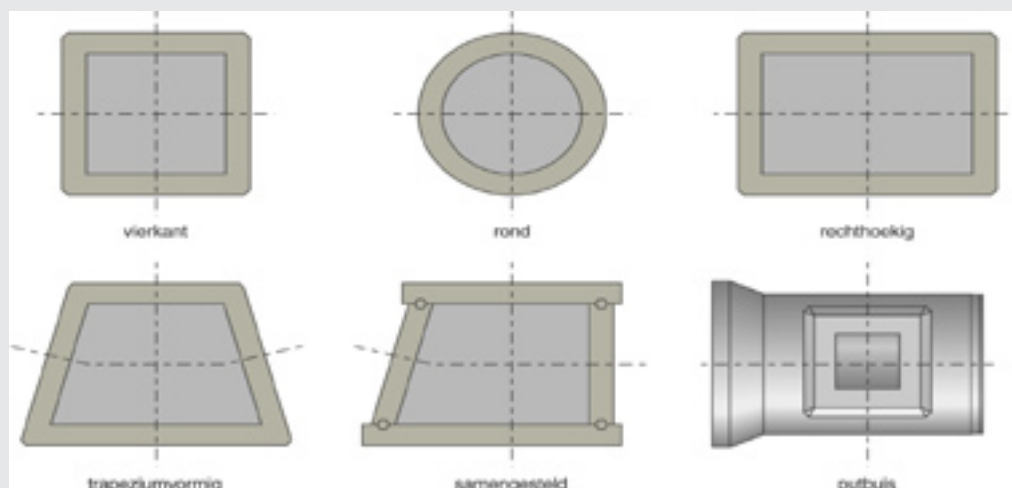
Proefopstelling

4.2 Putten

Putten hebben een belangrijke functie in een rioleringsstelsel. Via putten is een stelsel toegankelijk voor inspectie. Omdat op kruisingen diverse leidingen bij elkaar komen is ook de knooppuntfunctie van belang. In putten worden ook sprongen en hoogteverschillen opgevangen. Met hulp van een tussenschot kan een stuwput of een overstortput worden gemaakt. Door in een put een pomp te plaatsen spreken we van een pompput.

Afmetingen

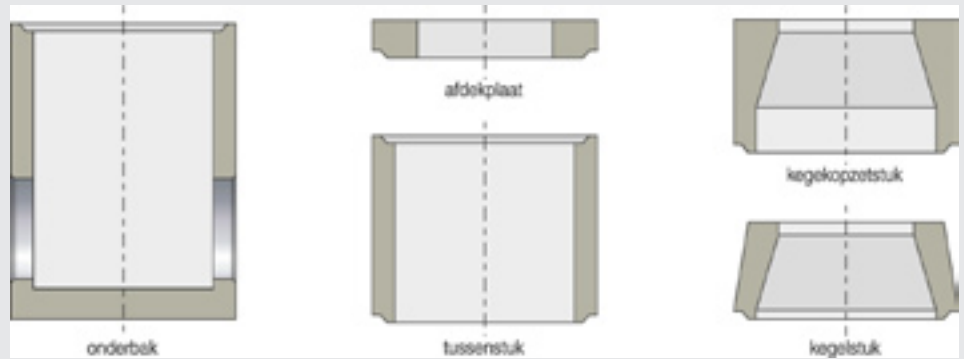
Kleinste afmeting is 600x600 mm inwendig en als grote courante maat kan 2000x2000 mm worden genoemd. Maar eigenlijk is alles mogelijk. Rechthoekig of vierkant is wat meer gebruikelijk maar om een hoekverdraaiing met een grote diameter buis te kunnen maken wordt vaak een schuine wand toegepast. Eigenlijk is met beton elke vorm te maken.



betonnen putten: standaard en maatwerk



Proefopstelling



Opbouw van een betonput

In het wegdek zien we vaak alleen een putrand met deksel als teken dat er een inspectieput aanwezig is. Het verloop van de normale afmeting naar de afmeting van het mangat in de putrand vindt plaats met een kegelstuk of met een afdekplaat.

Productie

Aan de hand van de gegevens die een opdrachtgever verstrekt (riolerings-tekening), worden puttenstaten of werktekeningen gemaakt. Dit is de basis voor de productie. Veelal worden hiervoor stalen mallen gebruikt. Een mal bestaat uit een binnenmal en een buitenmal en sparingen om openingen in de wand te kunnen maken waar de betonbuizen later in het werk op kunnen worden aangesloten. Nadat alles is opgesteld en gecontroleerd wordt de ruimte tussen de buiten- en binnenmal gevuld met beton. Is dat aardvochtige beton dan spreken we van dry-cast productie, maar veelal wordt wet-cast geproduceerd met Zelf Verdichtend Beton (ZVB). Bij dry-cast wordt direct ontkist, bij wet-cast wordt pas ontkist nadat de beton voldoende sterkte heeft bereikt. Na controle en uitharding wordt de put vrijgegeven voor transport.

Gewapend/ongewapend

Door de druk van de omringende grond en door het verkeer worden belastingen uitgeoefend op de wanden van een put. Bij een kleine afmeting kan de beton de trekspanning opnemen en is vaak alleen een transport wapening voldoende. Bij grote afmetingen is er meestal sprake van een berekende wapening om de krachten te kunnen opvangen.

Aansluitingen

Via sparingen in de wand kunnen betonbuizen met een rubberdichting flexibel op de putten worden aangesloten. Dat is belangrijk omdat in de Nederlandse bodem de buizen een ander zettingsgedrag hebben dan de putten. Voor andere leidingmaterialen worden meestal instortmoffen aangebracht.

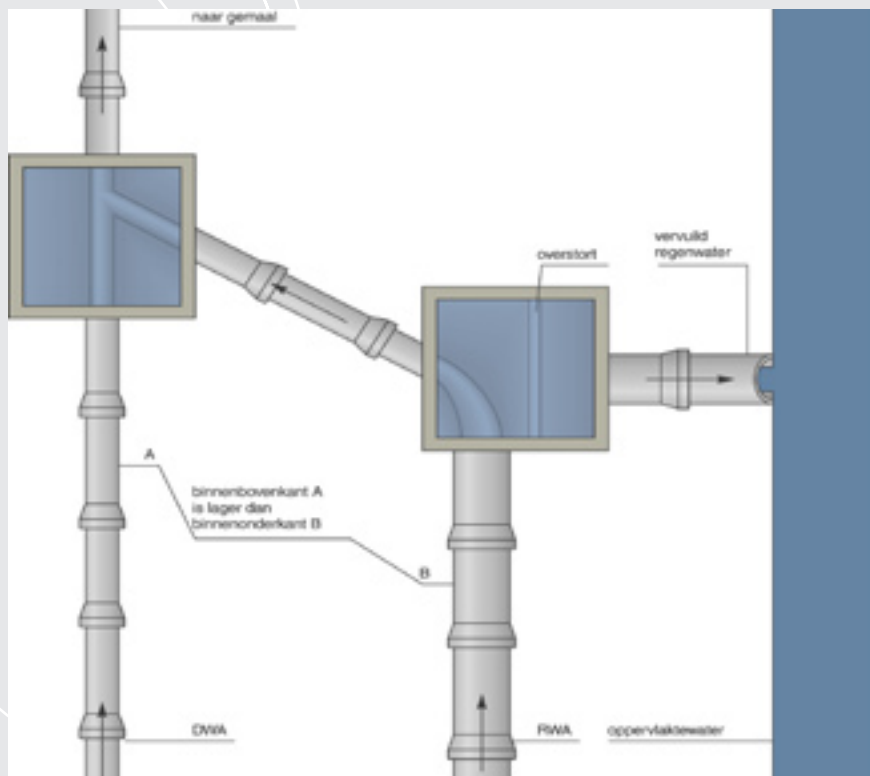
Normen, CE-markering en KOMO-keurmerk putten

Putten moeten voldoen aan de eisen in de Europese Norm NEN-EN 1916:2002/C2:2007 EN. Als putten daaraan voldoen mogen fabrikanten zelf hun producten voorzien van een CE-markering. Het waarborgt echter niet dat producten dan ook voldoen aan de specifieke gebruiksomstandigheden per land. In Nederland zijn daarom extra technische eisen vastgelegd in de Nationale Complementaire Norm NEN 7035:2004 NL. Om alles onafhankelijk te kunnen garanderen is het KOMO keurmerk ingevoerd. Een onafhankelijk instituut (KIWA) controleert de productspecificaties en fabricageprocedures en dat gaat veel verder dan de CE-markering. Buizen met KOMO keurmerk voldoen niet alleen aan CE, maar ook aan het Bouwstoffenbesluit en de BRL van NEN 7035:2004 NL. Lees hier meer over dit onderwerp.

De onderdelen van een rioleringsstelsel die hierna worden besproken zijn veelal bijzondere putten en qua productie en controle vergelijkbaar met de normale putten.

Koppelputten

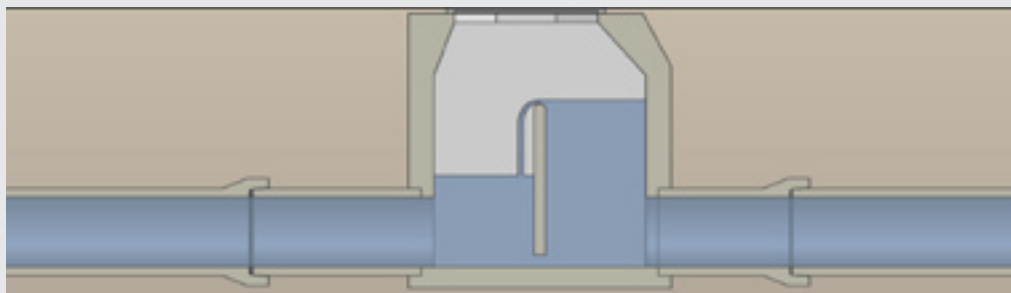
Deze zijn nodig om een "kortsluiting met terugslagklep" te kunnen maken tussen de afvoerleidingen van het hemelwater en het huishoudelijk afvalwater in een verbeterd gescheiden stelsel.



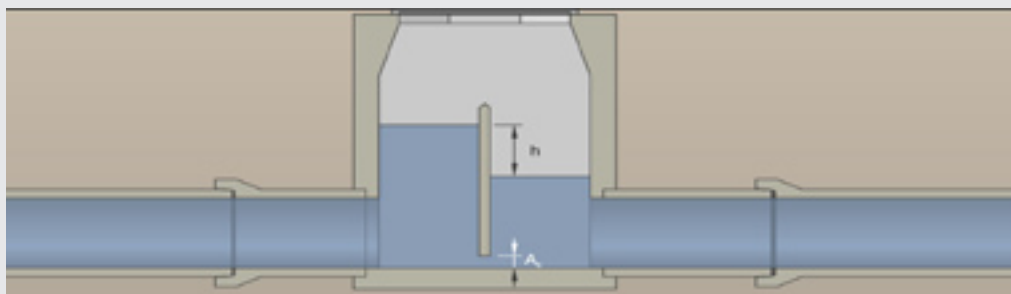
Situatieschets met een koppelput

Stuwputten

Om bij sterk hellende terreinen het water onder een wat minder groot "verhang" te laten plaatsvinden kan gebruik worden gemaakt van stuwputten. Het af te voeren debiet wordt tegen gehouden door een tussenwand die al of niet voorzien is van een kleine opening.



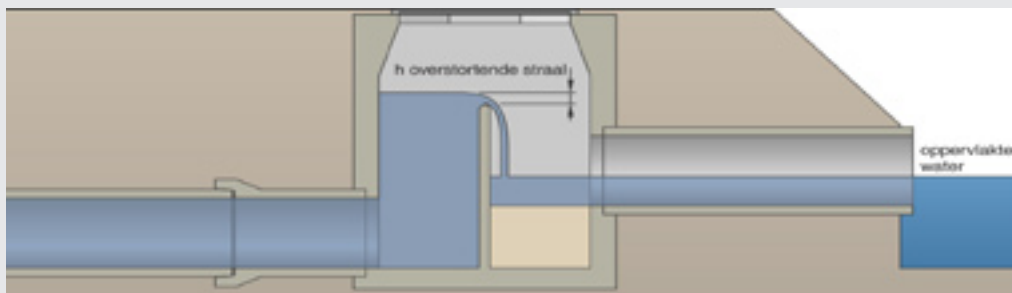
Stuwput



Stuwput met opening

Overstortputten/nooduitlaten

Een overstortput of nooduitlaat treedt in werking als een gemengd rioleringsstelsel wordt gevuld en de aangeboden hoeveelheid afvalwater niet meer kan worden verwerkt. Om vervuiling van het oppervlakte water te voorkomen wil de overheid mogelijk van de bestaande nooduitlaten saneren.



Overstortput

Uitlaatputten

Uitlaatputten zijn voorzieningen om het hemelwater te lozen op het oppervlaktewater. De constructie is vergelijkbaar met een nooduitlaat maar in de wand is veelal een terugslagklep opgenomen om te voorkomen dat oppervlaktewater het systeem binnenstroomt als gevolg van een hoge waterstand.



Montage van een overstortput

Bergbezinkvoorzieningen

Een bergbezinkvoorziening is een verbetering van een gemengd stelsel. Tijdens een kritieke regenbui wordt het water via een interne overstort afgeleid naar de voorziening. Het vuil kan in het praktisch stilstaande water bezinken naar de bodem van de voorziening. Na de bui stroomt het water uit de voorziening via een terugslagklep naar het riool en neemt daarbij zoveel mogelijk van het afgezette vuil mee.

Als de voorziening als rechthoekige bak is uitgevoerd spreken we van een Bergbezinkbassin. Om het water zoveel mogelijk te remmen wordt gebruik gemaakt van overstort en diffusiewanden.

Het is ook heel goed mogelijk om een voorziening te maken met grote diameters rioolbuizen. We spreken dan van een Bergbezinkriool. Een bijzondere uitvoering van een bergbezinkriool is het Parallelbergbezinkriool waarbij het relatief schone bovenwater in een afvalwaterstroom door horizontale schotten in de putten wordt gescheiden van de vuilere onderstroom.



Bergbezinkriool

Leidingenstraat

Om de ondergrondse ruimte zoveel mogelijk te optimaliseren kan in stedelijke gebieden een leidingenstraat worden aangelegd. Naast kabels en andere nutsvoorzieningen kan de riolering hierin worden aangebracht. Een leidingenstraat wordt vaak gemaakt van prefab betonkokers.

Gemalen/pompputten

In Nederland wordt de riolering meestal als vrij-verval-systeem uitgevoerd. Wanneer het te diep onder het maaiveld dreigt te komen pompt een gemaal het weer naar een hoger niveau. Een pompgemaal wordt veelal in een pompput opgesteld. Bovenwater spreekt men van een "droge opstelling", onder water wordt het een "natte pompopstelling" genoemd.

Drukriolering/Persleidingen

Als door de omstandigheden van het terrein of door de aard van de bebouwing de riolering niet als "vrijverval" kan worden uitgevoerd wordt drukriolering toegepast. Elk perceel krijgt een pompput waarin het huishoudelijk afvalwater wordt opgevangen. Via een gezamenlijke persleiding wordt het naar een "lozingspunt" in een "ontvangput" geperst. Van daaruit stroomt het dan onder vrij-verval verder richting AWZI. Een ontvangput is een punt van aandacht voor aantasting omdat door het stilstaande water in een persleiding vaak H₂S gas ontstaat en daarmee de basis voor het zuur H₂SO₄.

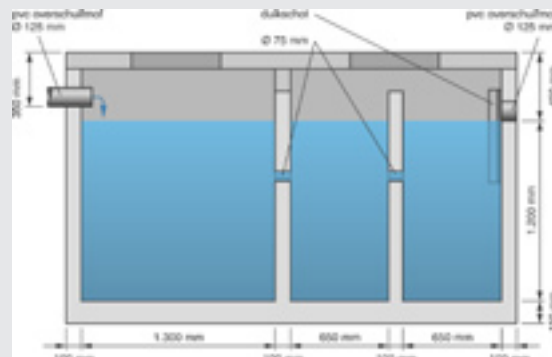
IBA's/Septic-tanks

Als ook een drukriolering economisch onhaalbaar is kunnen individuele installaties worden aangebracht. Een IBA (Individuele Behandelinstallatie voor Afvalwater) is net als een Septic tank een mini zuivering. Het gevaar bestaat dat als de installaties niet goed werken er puntvervuilingen ontstaan die voor de overheid niet goed beheersbaar en controleerbaar zijn.

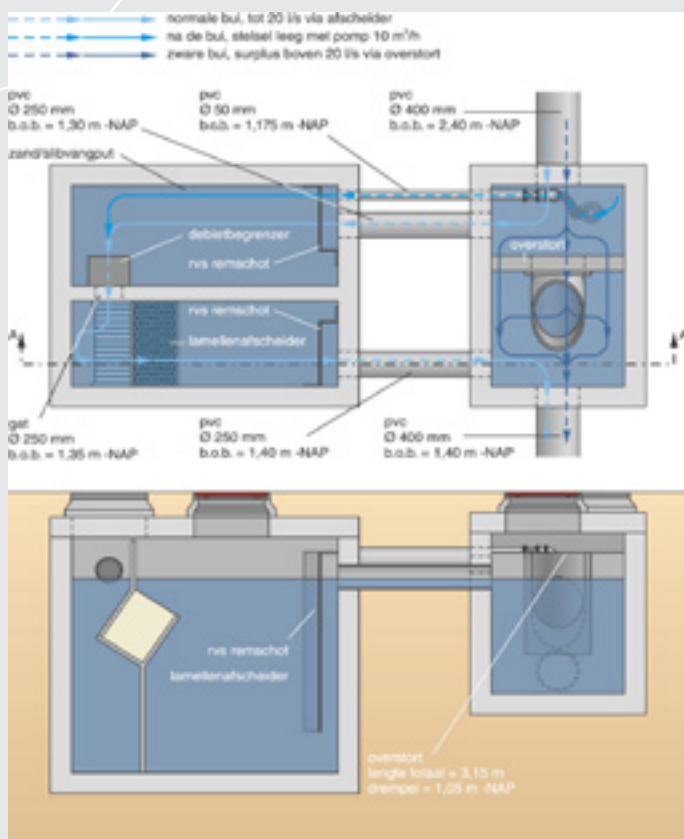
Lamellenafscidders

Om zoveel mogelijk vervuiling van het oppervlaktewater te voorkomen kan een lamellenafscieder worden toegepast. Door de speciale vorm en lage stroomsnelheid klonten de onopgeloste deeltjes samen. Een deel van deze deeltjes zinkt en wordt afgezet op de bodem van de put. Een ander deel klontert samen en drijft daardoor op.

Door toepassing van een lamellenafscieder aan het einde van een systeem, heeft het water uit een uitlaat of overstort aanzienlijk minder zwevende deeltjes bevat en het oppervlaktewater minder wordt belast. Een lamellenafscieder kan daarnaast ook aan het begin van een systeem worden gebruikt. Door de afscieder bijvoorbeeld aan het begin van een infiltratieriool te plaatsen, verbetert dit de werking van dit riool en zal uiteindelijk de levensduur worden verlengd.



Sceptic tank



lamellenafscieder

5. Aanleg van betonnen riolering

Hoe goed fabrikanten ook hun best doen om goede componenten te maken, de kwaliteit van het eindresultaat, de rioolleiding ligt in handen van derden, de vakmensen van de aannemer. Immers alle componenten kunnen aan de hoogste eisen voldoen, als ze niet goed worden gemonteerd is het eindresultaat niet naar behoren.

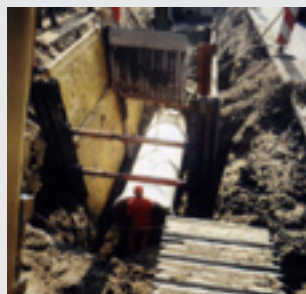
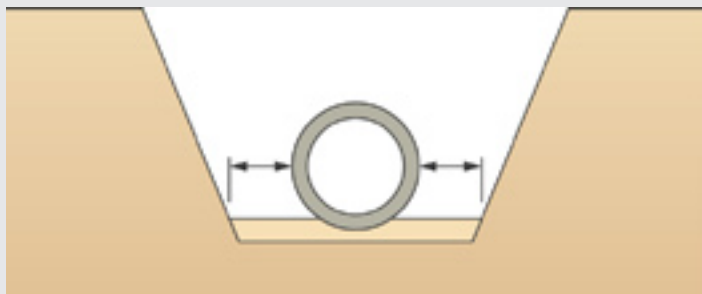
Opslag

Op het werk dienen buizen netjes op een vlakke schone ondergrond te worden opgetast. Om beschadiging te voorkomen niet meer dan 2 lagen op elkaar. Als er sprake is van een harde ondergrond moet stophout worden gebruikt om beschadiging te voorkomen.

Sleuf

De manier waarop de 'sleuf' wordt gegraven hangt sterk samen met de aard van de bodem. In een stevige bodem verdient een open sleuf de voorkeur. Maar in een slappe bodem is een sleufbekisting of soms zelfs een damwand nodig. Aan weerszijde naast de buis dient voldoende werkruimte (ca 50cm.) aanwezig te zijn.

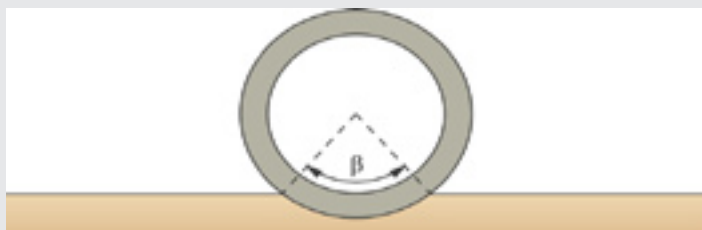
Vaak moet bronbemaling worden toegepast om te zorgen dat de leiding in droge omstandigheden kan worden gelegd.



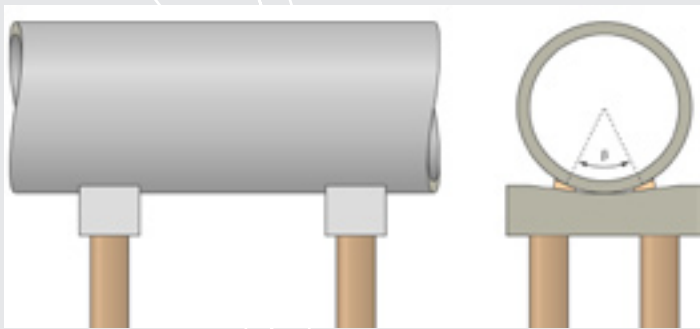
Damwanden als de bodem extra ondersteuning nodig heeft

Sleufbodem

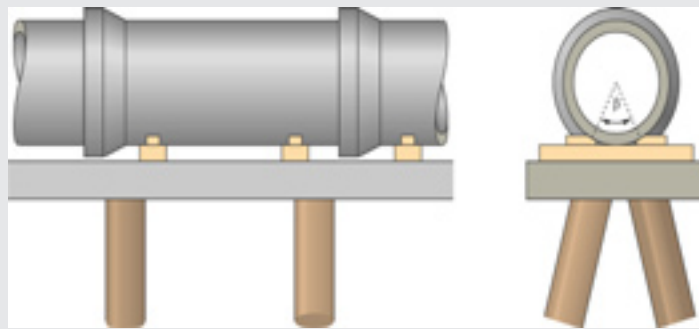
Om een goede opleghoek te creëren moet een harde bodem los worden gemaakt met de tanden van de bak van de graafmachine. Anders zou een lijnoplegging kunnen ontstaan. Onder het lijf van de buis moet een zo groot mogelijk draagvlak worden gemaakt zodat de buis als het ware in een "bedje" komt te liggen.



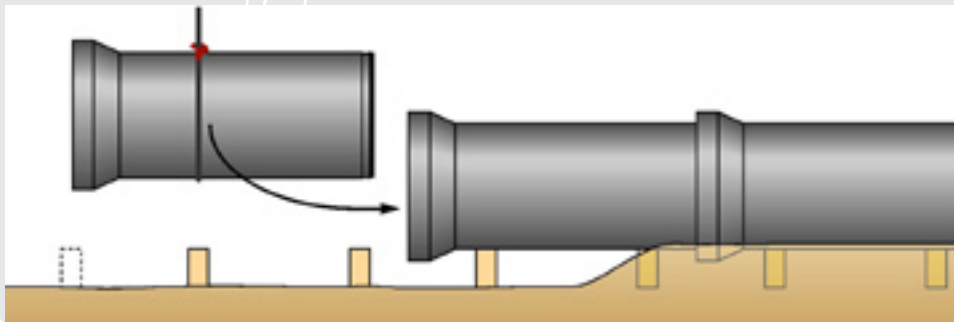
Het monteren van de buis, de opleghoek



Riolering opgelegd op een palenfundering



Riolering opgelegd op een fundering van palen



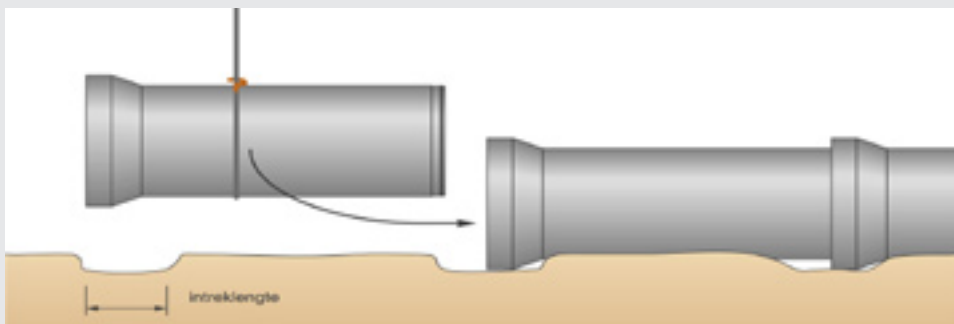
Riolering, opgelegd op polystyreen



Aanbrengen van polystyreen stroken

Graven en leggen

Veelal wordt de methode van graven en leggen toegepast. De machine graaft een deel van de sleuf en direct aansluiten wordt met dezelfde machine de buis gelegd. Belangrijk is dat het lijf van de buis over de volle lengte draagt maar dat de kraag niet draagt. Zou dat laatste wel gebeuren dan ontstaat als het ware een "balkje op twee steunpunten" en krijgt de buis een belasting waar hij niet op berekend is. De hoogte van sleufbodem en binnenonderkant buis worden gecontroleerd met behulp van laserapparatuur.



Monteren van een betonbuis

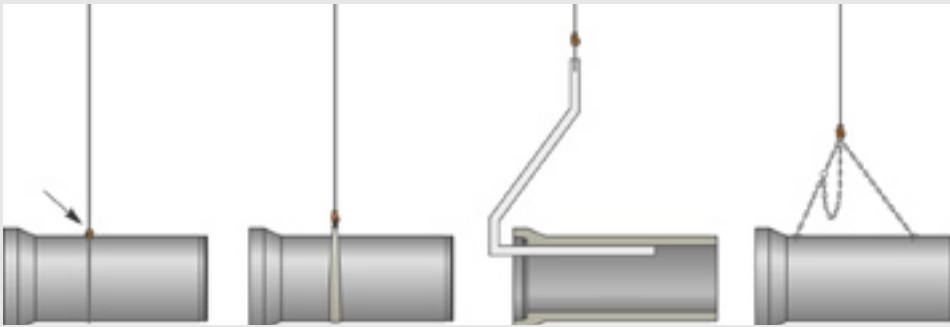


Monteren

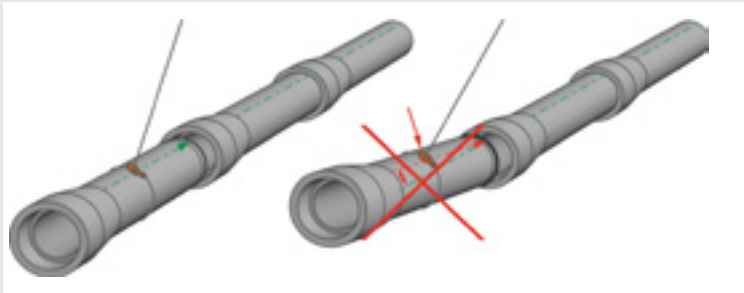
Het hijsen en aanbrengen dient zoveel mogelijk met een buis in de horizontale stand plaats te vinden om beschadiging te voorkomen.

Hieronder staan vier methoden van hijsen, van links naar rechts:

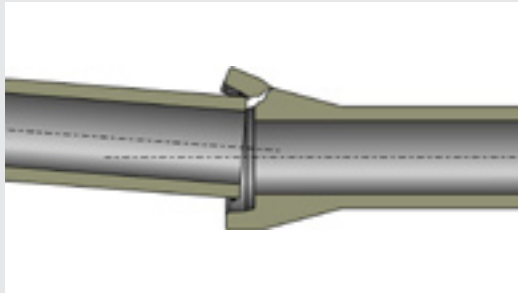
- * met behulp van een staaldraad strop
- * met behulp van een nylon hijsband
- * met behulp van een 'haak'
- * met behulp van in de buis geïntegreerde hijsvoorzieningen.



De methoden van hijsen van een rioolbuis



Recht intrekken en de mogelijke schade bij het foutief intrekken van de buis



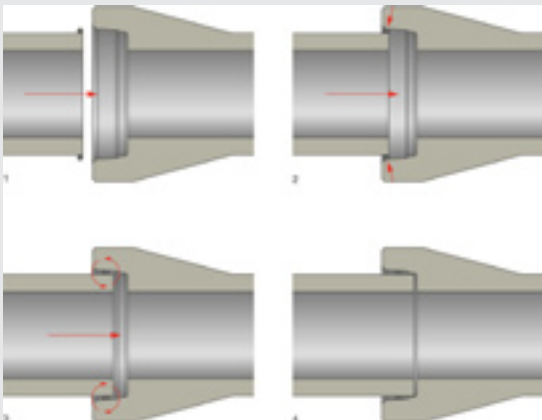
Schade



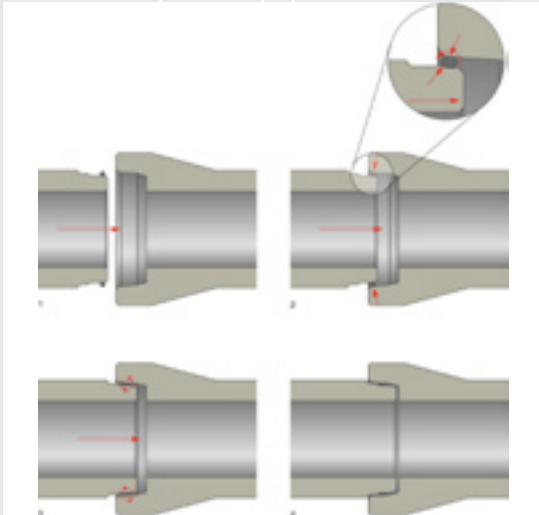
De juiste manier van hijsen

Rubberdichting

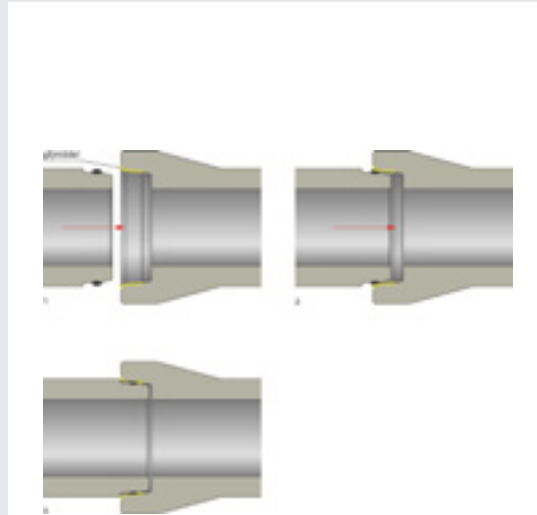
Het is van groot belang dat de rubberring of manchet volgens de voorschriften van de fabrikant wordt aangebracht. Hieronder volgen een aantal principes:



Montage van een ongeprofileerde spie met rolverbinding



Montage van een geprofileerde spie met rolverbinding



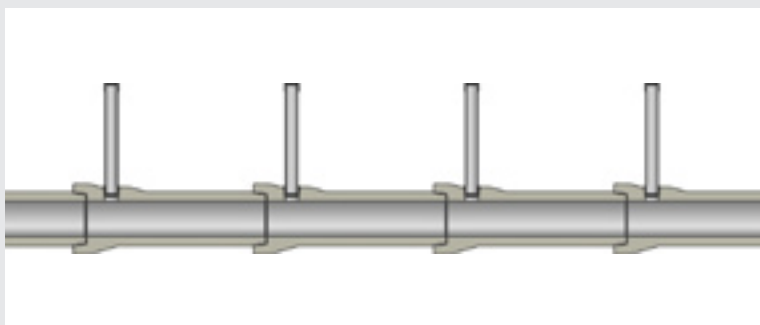
Montage van een geprofileerde spie met glijverbinding



Verbinding tussen 2 buizen

Kolk- en huisaansluitingen

Op plaatsen waar een aansluiting moet komen wordt een inlaatbuis gebruikt en daarop een standpijp gemonteerd.



Standpijpen

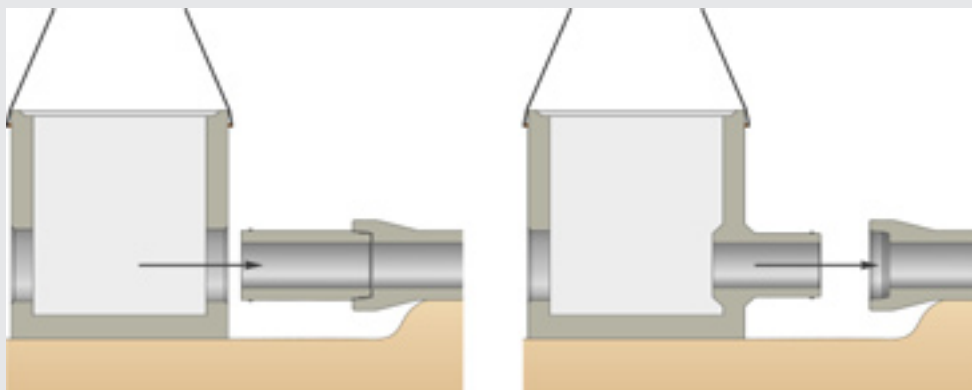


Buizen met de huisaansluitingen aan de bovenzijde

Stellen van putten

Ter plaatse wordt de bodem vlak uitgegraven en steltegels of stelhout op hoogte gesteld.

De put wordt met een prefab of met een in het werk gemaakt passtuk door middel van een rubberdichting aangesloten op de buisleiding.

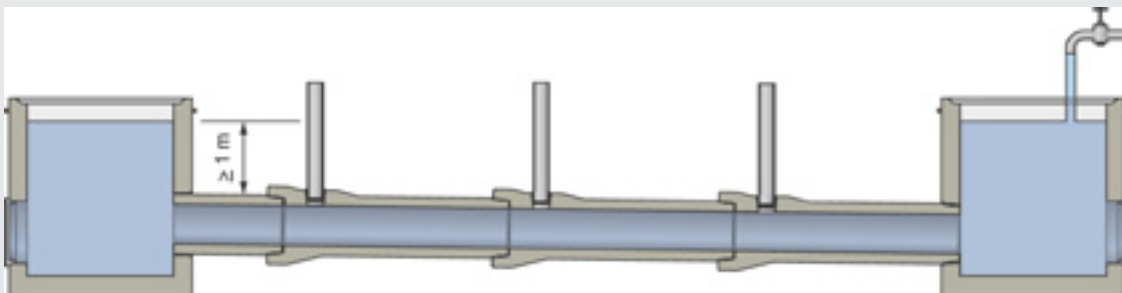


Het stellen van een put met een pasbuis

Het stellen van een put met ingestort spie-eind

Controle

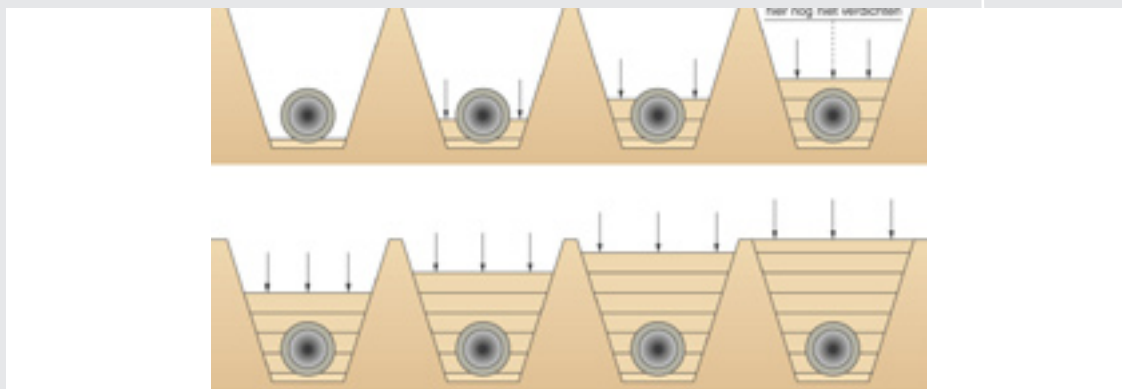
Het zou goed zijn om voor het aanvullen en verdichten de nieuw aangelegde streng eerst op gebreken te controleren. Bijvoorbeeld door een streng vol water te zetten kan een eventueel klein gebrek in deze fase eenvoudig worden gerepareerd. Nu vindt controle vaak achteraf plaats met hulp van een camera. Gebreken leiden dan tot hoge faalkosten omdat bijvoorbeeld asfalt en funderingsconstructies dan moeten worden verwijderd en gerepareerd.



Controle van de waterdichtheid

Aanvullen

De sleuf moet in lagen van maximaal 30 cm aan beide zijden van de buisleiding gelijkmatig worden aangevuld tot aan bovenkant buis. Elke laag goed verdichten. Van de 1e laag direct boven de buis alleen aan de zijkanten verdichten. En de volgende lagen weer over de totale sleufbreedte. Op die manier ontstaat een soort brugwerking over de buis om de krachten van de bovenliggende grond en het verkeer op te vangen.



De wijze van aanvullen



Het gefaseerd aanvullen van de sleuf



De sleuf is bijna aangevuld

Berekeningen

Om te bepalen in welk geval met ongewapende buizen kan worden volstaan en wanneer gewapende buizen nodig zijn verwijzen we naar deel 5.

Deel 4: Hydraulische berekeningen

Hydraulische eigenschappen en beton: een optimale combinatie!

1. Ontwerpprincipes

1.1 Hoeveelheden huishoudelijk afvalwater

Drinkwater

Onder drinkwater wordt water verstaan, dat geschikt is voor menselijke consumptie. Hiermee wordt meestal leidingwater bedoeld. Leidingwater kan worden onderverdeeld in drinkwater (het water dat we inderdaad drinken), warm tapwater en huishoudwater.

Het drinkwatergebruik is afhankelijk van de welstand en klimatologische omstandigheden. Bij een lage welstand zijn bijvoorbeeld toiletspoelingen afwezig. In Nederland wordt per persoon per dag (2007) gemiddeld 127,5 liter water verbruikt. In 1995 was dit nog 134 liter.

In totaal verbruiken we in Nederland 1,1 biljoen liter. Huishoudens nemen daarvan 0,7 biljoen liter voor hun rekening, de rest wordt gebruikt door industrie, landbouw, enzovoort. Jaarlijks komt, via rivieren en neerslag, ongeveer 90 biljoen liter water Nederland binnen.

Huishoudelijk afvalwater

Bij benadering is in Nederland de toevoer van drinkwater gelijk aan de af te voeren hoeveelheid huishoudelijk afvalwater. Bij een drinkwatertoevoer van ca. 80 l per inwoner per dag wordt vrijwel al het toegevoerde drinkwater via de riolering afgevoerd. Huishoudelijk afvalwater is afkomstig van activiteiten als wassen, koken, baden, doorspoelen van toiletten, afwassen etc. Het afvalwater wordt niet gelijkmatig over de dag verdeeld afgevoerd. Gedurende de nacht is de afvoer vrijwel nihil. Het grootste deel van het afvalwater wordt gedurende ca. 10 uur van de dag afgevoerd (ca. 12 liter per inwoner per uur). De afvoer vertoont echter een ochtend- en een avondpiek. De Leidraad Riolering (Module C2100: paragraaf 4.4) hanteert ook deze waarden.



Lozen van water

1.2 Hoeveelheden industrieel afvalwater

Het industriële drinkwaterverbruik verschilt aanzienlijk per type bedrijf. Indien een rioolstelsel moet worden ontworpen voor een nieuwe wijk is dikwijls niet bekend welke industrie zich daarbij zal vestigen. Bij het ontwerp wordt in een dergelijk geval uitgegaan van een belasting met 0,2 tot 2 l/(s.ha). Gaat het om een bestaande wijk, dan kan de hoeveelheid afvalwater worden berekend aan de hand van de gegevens van het drinkwaterbedrijf. Bedacht moet echter worden dat sommige industrieën in de eigen behoefte voorzien door de onttrekking van grondwater. In dat geval moet door het bevoegde gezag een onttrekkingsvergunning worden afgegeven. Het watergebruik van de betreffende industrie kan aan de tekst van de vergunning worden ontleend.

Het komt voor dat bepaalde industrieën (frisdrankenindustrie, brouwerijen) het afvalwater niet via de riolering lozen. Bij het vaststellen van de ontwerp-grondslagen voor het rioolstelsel moet hiermede rekening worden gehouden.



Industrieel afvalwater

1.3 Af te voeren hoeveelheden neerslag

Inleiding

Een belangrijke voorwaarde bij het ontwerpen van rioolstelsels is dat woningen en gebouwen niet onder water komen te staan tijdens neerslag van welke intensiteit en hoogte dan ook. De praktijk wijst echter uit dat de media regelmatig melding maakt van schades als gevolg van overstromingen. Deze schade is een gevolg van fouten in het ontwerp of de aanleg van het stelsel en wijzigingen in de afvoersituatie of combinaties van deze. Aan welke voorwaarden moet worden voldaan opdat schade niet zal optreden zal in het volgende hoofdstuk worden toegelicht.

1.3 Af te voeren hoeveelheden neerslag

Inleiding

Een belangrijke voorwaarde bij het ontwerpen van rioolstelsels is dat woningen en gebouwen niet onder water komen te staan tijdens neerslag van welke intensiteit en hoogte dan ook. De praktijk wijst echter uit dat de media regelmatig melding maakt van schades als gevolg van overstromingen. Deze schade is een gevolg van fouten in het ontwerp of de aanleg van het stelsel en wijzigingen in de afvoersituatie of combinaties van deze. Aan welke voorwaarden moet worden voldaan opdat schade niet zal optreden zal in het volgende hoofdstuk worden toegelicht.

Verouderde methoden

In het midden van de jaren '90, zijn de tot dan toe geldende methoden voor het ontwerpen van rioolstelsels verlaten. Aangezien nog veel rapporten gebaseerd zijn op deze methoden wordt in dit handboek ruimte gemaakt voor deze verouderde aanpak. Overigens wordt deze benadering, de rationele methode, nog veel gebruikt in Angel Saksische landen. Mede door de grafische aanpak is deze methodiek jarenlang zeer bruikbaar geweest.

Op grond van jarenlange ervaring zijn de Nederlandse rioolstelsels ontworpen op het kunnen verwerken van een continue regenintensiteit van 60 l/(s. ha) op het totale verharde oppervlak. Voor hellende gebieden is, ter bevordering van de veiligheid, soms 90 l/(s. ha) gekozen. Deze intensiteiten houden in dat de werkelijkheid in zeer belangrijke mate wordt geschematiseerd. Dit is niet toelaatbaar met betrekking tot het ontwerp van elk afvalwatersysteem of onderdelen daarvan. Voorbeelden zijn: berg- en bergbezinkbassins, besturingsmiddelen, sterk hellende c.q. onregelmatig hellende rioolstelsels en ver uit elkaar gelegen bebouwde gebieden die door riolen met elkaar zijn verbonden. Om in die gevallen te kunnen ontwerpen is gedetailleerde kennis vereist met betrekking tot de neerslag.

De afgebeelde krommen in (De Bilt; 1906-1977) worden regenduurlijnen genoemd. Bij elke kromme staat een bepaalde herhalingstijd vermeld. De herhalingstijd is een statistische grootheid. Een herhalingstijd van één maal per twee jaar ($T = 2$ jaar), wil zeggen dat er een kans is dat één maal per twee jaar een neerslaghoeveelheid (verticale as) kan voorkomen met de aangegeven duur (horizontale as).

De regenduurlijnen geven geen werkelijk opgetreden buien weer, maar uitsluitend informatie over de kans van optreden van een bepaalde hoeveelheid neerslag gedurende een zekere tijd.

Het verdient de voorkeur om geen gebruik meer te maken van deze (verouderde) rekenmethodieken.

Huidige methodieken

Om het functioneren van een rioolstelsel (hydraulische afvoer capaciteit; water op straat; vuilemissie) te beoordelen, dient volgens de Leidraad Riolerings (module C2100) gebruik te worden gemaakt van een simulatie met een neerslagreeks over meerdere jaren. Deze reeks wordt samengesteld uit een representatieve combinatie van perioden uit de neerslagreeks van De Bilt, periode 1955-1979. De samengestelde neerslagreeks bevat een relatief groot aantal extreme gebeurtenissen, waarmee het functioneren kan worden beoordeeld, zowel t.a.v. het optreden van water op straat als bijvoorbeeld de werking van overstorten.

Naast de beoordeling van het rioleringsstelsel aan de hand van de neerslagreeksen bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van neerslaggebeurtenissen. Deze gebeurtenissen zijn afgeleid uit de eerder genoemde standaard neerslagreeks van de Bilt. Er is in de Leidraad Riolerings (module C2100) een set van 10 neerslaggebeurtenissen geformuleerd. Afhankelijk van het te beoordelen onderdeel uit het rioleringsstelsel, kunnen verschillende neerslaggebeurtenissen normatief zijn voor het functioneren.

Rioolloop

Niet al het regenwater stroomt ook daadwerkelijk direct het riool in. In het proces van neerslag tot rioolloop dient rekening gehouden te worden met zaken als: verdamping, afstromingsvertraging, oppervlakteberging en infiltratie in relatie tot het type afvoerend oppervlak. Het deel van de neerslag van een regenbui dat de kolken wel bereikt wordt uitgedrukt in afvloeicoëfficiënt C .

De Leidraad Riolerings (module C2100) schrijft dan ook voor dat het gebruiken van de neerslaggebeurtenissen niet is toegestaan zonder gebruik te maken

van het NWRW 4.3-inloopmodel van de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit.

Er is onderzoek verricht naar de neerslagverliezen, die optreden tijdens de afstroming van neerslag naar de rioolkolken. De doorlatendheid van klinkerverhardingen is algemeen bekend. Maar ook andere verhardingen laten al snel 10-15 mm per uur door naar de ondergrond. Over de verdamping van verhard oppervlak is relatief weinig bekend. Men vermoedt dat één derde van de neerslag verdampt.

Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 3, nr. 11, 2003)

De afstromingsvertraging is erg afhankelijk van de terreinhelling en de afstand tot de kolk. Vergroting van het toeleverend verhard oppervlak per kolk biedt dus een kans als het gaat om het water langer vast te houden en mogelijk te infiltreren. Water vasthouden of vertragen in de allereerste fase van afstroming is effectief, zeker als je dat water in de bodem kunt laten infiltreren. De keuze om verhard oppervlak af te koppelen van gemengde stelsels werkt effectief door op het volume en de intensiteit van overstorten. Als datzelfde water ook nog eens wordt geïnfiltreerd in de bodem, dan wordt een afvoervertraging gerealiseerd met een factor 100 tot 1000.

Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 3, nr. 11, 2003)

1.4 Lekwater

Er kunnen verschillen ontstaan tussen de toevoer van drinkwater en de afvoer naar de riolering. Dit wordt mede veroorzaakt door lekverliezen in het distributienetwerk van het drinkwater. In Nederland bedraagt het lekverlies minder dan 5% van de productie.

Lekdebieten kunnen ook optreden in het rioleringsstelsel. De Leidraad Riolering (module C2100) stelt de belasting door lekwater op nul, maar laat wel ruimte voor het schatten van de lekdebieten. Daarvoor kan bijvoorbeeld rekening worden gehouden met een lekdebiet van 0,2 m³ per km riool per uur.

Uit onderzoek is gebleken dat bij riolering, gelegen in grond met geringe draagkracht, grote lekdebieten kunnen voorkomen. Dit betekent dat een behoorlijk percentage van de neerslag (vallend op het onverharde oppervlak) aan het grondwater wordt toegevoegd. Het dichten van lekkende riolen dient dan ook met omzichtigheid te geschieden, anders kunnen kelders van woningen onderlopen en woningen ontoelaatbaar vochtig worden.

1.5 Rioolvreemd water

In een rapport (2005-20) presenteert STOWA de uitkomsten van een vervolgonderzoek naar rioolvreemd water. Rioolvreemd water is water dat onbedoeld via rioolstelsels wordt afgevoerd naar afvalwaterzuiveringinrichtingen en daar eigenlijk niet in thuis hoort, zoals geïnfiltreerd grondwater, water van bronneringen, drainagewater, instromend oppervlaktewater, etc.

Bij 23 AWZI's, waarin 12 % van het totale afvalwater in Nederland wordt behandeld, is DWAAS (= Droog Weer Afvoer Analyse Systematiek) toegepast en zijn de resultaten met de betrokken waterschappen besproken. Vervolgens zijn verkenningen verricht naar internationale vergelijking, consequenties voor zuiveringen, effluentvrachten, overstortingshoeveelheden, benodigde extra berging, etc. In bijeenkomsten is met inbreng van velen uitgebreid over de resultaten overlegd.

Als resultaat is voor de 23 geanalyseerde AWZI's gemiddeld 62% rioolvreemd water t.o.v. de theoretische dagsom voor de droogweerafvoer geconstateerd. Dit jaargemiddelde per AWZI varieert van 4% tot 169%. Voor kortere periodes of voor bepaalde deelgebieden is wel 500-700% rioolvreemd water aangetoond, en ook 'negatief rioolvreemd water'. Een Duits onderzoek (1998) in Baden-Württemberg betreffende 1158 AWZI's presenteerde voor gemengde stelsels gemiddeld 67% rioolvreemd water. Een waterbalans benadering over alle AWZI's in heel Nederland is uitgevoerd op basis van gegevens van het CBS en Stichting RIONED. Hieruit blijkt eveneens 62% rioolvreemd water op te treden (jaar 2000).

Uit dit alles mag geconcludeerd worden, met breed draagvlak, dat we gemiddeld in Nederland op ongeveer 60% rioolvreemd water ten opzichte van de theoretische dwa dagsom moeten rekenen, maar dat dit lokaal sterk kan variëren.

De volgende oorzaken van rioolvreemd water zijn gevonden:

- * Puntbronnen kunnen incidenteel wel 50% van het rioolvreemd water uitmaken, en veel daarvan zijn bij de gemeente bekend. Daarbij gaat het om lekkage van drempels en kleppen, instroom van oppervlaktewater, bronneringen, bodemsaneringen, negatieve overstortingen, afvoer vanuit groengebieden, aangesloten drainagesystemen, e.d.
- * Een te lage inschatting van bedrijfslozingen.
- * Een grote bouwactiviteit, die tijdelijk een verdubbeling van de afvoer teweegbracht.
- * Grondwater gerelateerd: 50% van het rioolvreemd water kon aan grondwaterstandvariatie gekoppeld worden. Hoge percentages rioolvreemd water komen vaker voor bij meer zandige ondergronden.
- * Hoge rivierwaterstanden blijken de droogweerafvoer met een factor 5 te kunnen vergroten.

Met de uitgevoerde analyses zijn o.a. de volgende consequenties van het optreden van rioolvreemd water vastgesteld:

- * Om de vuiluitworp door extra overstortingshoeveelheden t.g.v. een gemiddeld percentage rioolvreemd water te compenseren is 0,48 mm extra berging in BBB's vereist; een extra investering in randvoorzieningen van ongeveer € 27 per inwoner, € 420 miljoen voor heel Nederland.
- * Indien geen rekening wordt gehouden met rioolvreemd water, kan het verwachte effect van maatregelen om aan de basisinspanning te voldoen in sommige gevallen geheel teniet worden gedaan.
- * Extra energiekosten voor het verpompen van het rioolvreemd water bedragen ruwweg € 2,1 miljoen/j voor alle gemeenten samen en € 7,1 miljoen per jaar voor alle waterschappen.
- * Met de geconstateerde hoeveelheden rioolvreemd water nemen de overstortingshoeveelheden op het oppervlaktewater met gemiddeld 7% toe. Voor heel Nederland bedraagt de extra vuilvracht hierdoor in totaal 175.000 kg CZV per jaar.
- * Verdunning van het influent van de AWZI treedt op doordat rioolvreemd water vooral het aantal dagen met 'normale' influentconcentraties snel naar beneden haalt.
- * Het zuiveringsrendement neemt af met rioolvreemd water; het blijkt nodig om steeds dichterbij de stand der techniek te opereren om b.v. 75% N-verwijdering te halen.
- * Indien men de extra vuilvracht van AWZI's t.g.v. de geconstateerde hoeveelheden rioolvreemd water zou willen compenseren, dienen wanneer uitnutten niet verder mogelijk is bijvoorbeeld nageschakelde technieken zoals vlokingsfiltratie te worden toegepast. De kosten hiervoor liggen in de orde van grootte van € 10 per jaar per VE, voor een gemiddelde AWZI van ~40.000 VE op € 400.000 per jaar.
- * Bij lozing op rijkswateren worden lozingsheffingen toegepast. Ten gevolge van het rioolvreemd water nemen de lozingsheffingen met € 7,5 miljoen per jaar toe.

(Bron: STOWA rapport 2005-20)

1.6 Drainage en Infiltratie

Drainage is, door onder andere een zorgplicht voor ondiep grondwater, een apart geval geworden in de nieuwe wetgeving. Dit onderwerp wordt niet gezien als discipline van het Handboek en daarom verder buiten beschouwing gelaten. De Leidraad Rioleringswetenschap (module C2100) stelt de belasting door drainagewater op nul.

Het rekenen aan infiltratievoorzieningen is maatwerk. De functionaliteit van de voorziening wordt in sterke mate bepaald door de bergingscapaciteit en infiltratiecapaciteit. En zijn teveel parameters die een rol spelen, om hier een algemene rekenmethode te presenteren.

1.7 Sediment en slib

Slib en sediment geven in de rioleringsstelsels aanleiding tot problemen als, een verminderde transportcapaciteit, stankontwikkeling en belasting van het oppervlaktewater via overstorten (Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 3, nr. 9, 2003). Er is door de jaren heen dan ook veel aandacht geweest voor sedimenttransport in rioolstelsels. Naast de relatie met vuiluitworp is een belangrijke reden voor de belangstelling voor vaste stoffen in de rioleringswetenschap gelegen in het operationeel beheer.

(Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 5, nr. 17, 2005 & Artikel: Sedimenttransport in rioolleidingen, prof. dr. ir. F.L.H.R. Clemens, TU-Delft)

Rioolslib kenmerkt zich door een grote mate van variabiliteit in nagenoeg elke denkbare fysisch chemische parameter. Daarnaast heeft rioolslib een grote mate van variabiliteit in termen van plaats en tijd. De hoeveelheid aanwezig slib in riolen kan sterk variëren en heeft dus een wisselend effect op de

afvoercapaciteit. Voor meer informatie wordt verwezen naar het rapport: Sewer Solids - State of the art. Ashley R.M., Bertrand-Krajewski J-L., Hvitved-Jacobsen T., Verbanck M. (Eds.) (2004). International Water Association Scientific and Technical Report No. 14 (ISBN 1900222914).

(Bron: Artikel: Sedimenttransport in rioolleidingen, prof. dr. ir. F.L.H.R. Clemens, TU-Delft)

Gezien de milieuaspecten en de relatie met operationeel beheer zou je eigenlijk verwachten dat er veel nauwkeurig onderzoek is verricht naar het sedimenttransport in riolen. Er kan daarbij worden geleund op het jarenlange onderzoek dat al is verricht naar sedimenttransport in rivieren. Al in 1992 is gebleken dat het vertalen van deze rivierkennis naar riolen uitermate gecompliceerd is. Artikel Francois Clemens

Uitgebreid onderzoek heeft uiteindelijk dan wel meer inzichten opgeleverd over de processen van sedimenttransport, maar de vervolgonderzoeken zullen zeer tijdrovend zijn en zullen niet vanzelfsprekend leiden tot betere modellen en voorspellingen.

(Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 5, nr. 17, 2005)

Transport en afzetting van stoffen tijdens droge perioden

Eén van de uitdagingen waar de branche voor staat, is het bouwen van systemen die voldoende transport van stoffen bieden in droge perioden. Mede daarom is door de betonindustrie de ei-buis geïntroduceerd. In Nederland is het echter nagenoeg onmogelijk om werkelijk zelfreinigende systemen te bouwen. Het effect van ei-buizen is niet gelegen in de extra schuifspanning (niet meer dan een procent of 5), maar in het feit dat er meer waterdiepte is bij dwa. Daardoor kan drijvend materiaal beter worden getransporteerd en “loopt het niet vast”.

2. Dimensionering van rioolstelsels

2.1 Hydraulische grondslagen

Inleiding

Aan de hand van berekeningen is vast te stellen welke diameter van de betonbuis nodig is voor de hoeveelheid af te voeren neerslag of afvalwater. Met deze berekeningen is ook te bepalen hoe het stelsel moet liggen om het water te laten stromen naar de zuivering.

Maar hydraulische berekeningen van rioolstelsels zijn geen sinecure. De formules die de stromingstoestand in riolen beschrijven zijn namelijk gebaseerd op de wetten van de vloeistofmechanica. Dat levert vaak uitgebreide en complexe wiskundige vergelijkingen op, waarbij computers noodzakelijk zijn.

Daarnaast moet worden vastgesteld dat een aantal van de in de berekeningen in te voeren parameters dikwijls niet nauwkeurig bekend is, zoals:

- * De waarde van de weerstandscoefficiënt van Chézy.
- * De oppervlakte dat de neerslag naar de riolering afvoert.
- * De bepaling van de netto neerslag die de riolering bereikt.

Er wordt ingegaan op de volgende onderwerpen:

- * Wrijvingsverliezen
 - o Verhang
- * Vertragingsverliezen
 - o Weerstand in putten
 - o Overstorten
 - o Doorlaten
- * Bepaling van de afmetingen van riolen
- * Dimensionering van netwerken
 - o Dimensionering van vertakte netwerken
 - o Dimensionering van vermaasde netwerken
- * Dimensionering van randvoorzieningen
 - o Hydraulisch ontwerp van rechthoekige bassins
 - o Hydraulisch ontwerp van bergbezinkriolen
 - o Hydraulisch ontwerp van parallel bergbezinkriolen
 - o Uitstroomconstructie

Leidingen

Een riool is het samenstel van buizen tussen twee putten, bestemd voor de inzameling en/of transport van afvalwater (NEN3300:1996, 3.166). In de volksmond wordt de term rioolleiding of kortweg leiding gebruikt.

De Leidraad Riolerings (module C2100) stelt eisen aan de uitgangspunten voor de modellering van leidingen, zoals het niveau 'binnen-onderkant-buis' aan weerszijden, materiaal, ruwheidswaarde, lengte, profiel (vorm, afmetingen), etc.

Om het transport van afvalwater, regenwater en sediment in leidingen goed te laten verlopen is een minimale snelheid van het water nodig van 0,9 m/s. In de leidingen treden echter energieverliezen, die zijn terug te voeren op twee groepen:

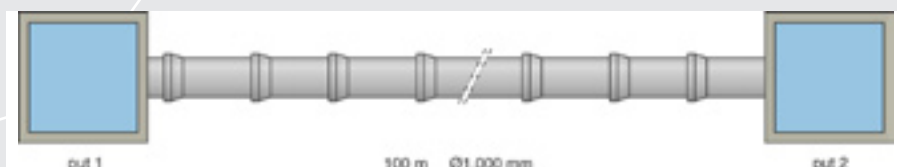
- * Wrijvingsverliezen: deze verliezen ontstaan door wrijving van de wand of bodem van een riool, als de vloeistof een langere weg aflegt door de rioolbuis. De energie die de vloeistof kwijtraakt gaat over in warmte, geluid of mechanische energie. Er gaat ook energie verloren bij het transporteren van sediment door een riolerings (sleepenergie).
- * Vertragsverliezen: deze verliezen ontstaan o.a. bij veranderingen van de buisdiameter, wijzigingen in de diepte/breedte en bochten.

De energieverliezen worden uitgedrukt in hoogteverschil tussen twee punten. Het berekenen van deze verliezen is van belang bij een juist ontwerp van de leiding. De ontwerper dient rekening te houden met deze verliezen om de minimale snelheid te waarborgen.

Aan de hand van een eenvoudig, steeds terugkerend rekenvoorbeeld worden de theoretische formules vertaald naar de praktijk.

2.2 De basis van alle rekenvoorbeelden is:

Het gaat om een betonnen DWA riool met een lage belasting. De rioolleiding ligt tussen 2 putten in een straat in Nederland. De rioolbuis heeft een diameter van 1,00 meter. Schematisch ziet dit er als volgt uit:



De wijze van aanvullen

De basis formule voor het berekenen van energieverliezen is:

	$\Delta H = \xi \cdot (v^2 / 2g)$
Hierin is:	
ΔH	energieverlies veroorzaakt door vertraging of wrijving (m)
v	stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
ξ	verliescoëfficiënt (max. 1), in rioleringsberekeningen meestal de maximale waarde
Voorbeeld:	Het energieverlies is, bij een minimale stroomsnelheid van 0,9 m/s, een maximale waarde voor ξ ($\xi = 1$) en $g = 9,8 \text{ m/s}^2$:
	$\Delta H = 1 \cdot (0,9^2 / (2 \cdot 9,8)) = 0,041 \text{ m} = 4,1 \text{ cm}$ Over 100 meter is er dus een drukhoogteverlies van 4,1 centimeter. Als de snelheid in de leiding moet worden gehaald, moet dit worden gecompenseerd in de helling van de leiding.

2.3 Wrijvingsverliezen

Het dynamische weerstandsverlies (wrijvingsverlies) over een leiding kan worden berekend aan de hand van de volgende formule, die bekend staat onder de vergelijking van Darcy-Weisbach.

	$H_w = (L/C2) \cdot (Q^2 / A2R)$
Hierin is:	
H_w	wrijvingsverlies (m)
L	leidinglengte (m)
C	weerstandscoëfficiënt (-)
Q	debiet (m ³ /s)
A	natte doorsnede (m ²)
R	hydraulische straal, D/4 (ronde leidingen) (m)

De weerstandscoëfficiënt in deze formule (C), is afhankelijk van de wandruwheid (k) van de betonnen buis. Deze constante kan worden berekend met de formule:

	$C = 18 \cdot 10^{\log (12R/ k)}$
Hierin is:	
C	Coëfficiënt van Chézy (m ^{0.5} /s)
k	k-waarde, wandruwheid (mm)
R	hydraulische straal, D/4 (ronde leidingen) (m)
Voorbeeld:	Wat is de waarde van de constante C bij een k-waarde voor de betonnen rioolbuis (diameter = 1,00m) van 1,5 mm.
	$R = 1/4 \cdot D = 1/4 \cdot 1,00 = 0,25 \text{ m}$ $C = 18 \cdot 10^{\log (12R/ k)} = 18 \cdot 10^{\log (12 \cdot 0,25 / 0,0015)} = 59,42 \text{ m}^{0.5}/\text{s}$

Maar meestal wordt gebruik gemaakt van reeds bestaande tabellen zoals:

Materiaal	k-waarde
Betonnen riolen	0.5 - 2.0
Metselwerk	1.0 - 5.0
Kunststof	0.2 - 0.5

De ruwheidsfactor is nooit nauwkeurig te bepalen en we kunnen dus eigenlijk ook nooit een nauwkeurige berekening uitvoeren van het wrijvingsverlies.

Dat is op zich geen probleem, aangezien de k-waarde naar verhouding een geringe rol speelt in de berekeningen. Het schijnbaar hoge belang van de k-waarde in de berekeningen, wordt in de praktijk veelal teniet gedaan. Bijvoorbeeld door de toegestane toleranties bij de aanleg van rioolleidingen. Daarnaast is bijvoorbeeld PVC na een aantal dagen net zo stroef als beton ondanks de lagere k-waarde bij aanvang. De geringe invloed van de k-waarde blijkt ook het volgende rekenvoorbeeld:

Voorbeeld:

Wat is de waarde als in hetzelfde voorbeeld de k-waarde wordt verhoogd naar 1,5 mm?

$$R = 1/4 \cdot D = 1/4 \cdot 1,00 = 0,25 \text{ m}$$

$$C = 18 \cdot 10^{\log (12R/ k)} = 18 \cdot 10^{\log (12 \cdot 0,25 / 0,005)} = 50,00 \text{ m}^{0.5}/\text{s}$$

Om de wrijvingsverliezen te berekenen wordt ook vaak gebruikt gemaakt van een andere formule:

	$H_w = (\lambda \cdot (L/D)) \cdot (v^2 / (2 \cdot g))$ waarin: $\lambda = 8g / C^2$
Hierin is:	
H_w	wrijvingsverlies (m)
λ	wrijvingsfactor (-)
L	leidinglengte (m)
D	inwendige diameter van de leiding (4R) (m)
v	stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
C	Coëfficiënt van Chézy (m ^{0.5} /s)
Voorbeeld:	Wat is het wrijvingsverlies indien gebruikt wordt gemaakt van deze formule?
	$\lambda = 8g / C^2 = (8 \cdot 9,8) / (59,42)^2 = 0,022$ $H_w = (0,022 \cdot (100/1)) \cdot (0,9^2 / (2 \cdot 9,8)) = 0,091 \text{ m} = 9,1 \text{ cm}$

Verhang van een rioolbuis

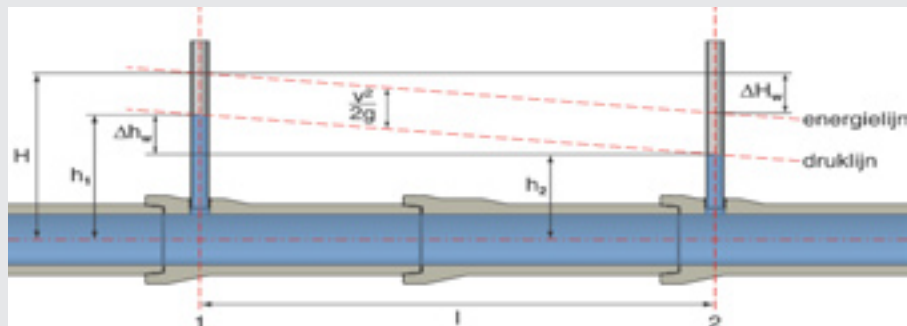
Het verlies aan hoogte over de gehele lengte van de buis wordt het verhang genoemd. Dit is van belang, omdat daarmee kan worden bepaald onder welke helling de rioolbuis moet liggen om bij een gegeven lengte en diameter, de gevraagde (minimale) snelheid te halen.

$$I = \Delta H / L$$

Hierin is:

ΔH energieverlies (m)
L leidinglengte (m)

Dit gebaseerd op de Wet van Bernoulli:



Voorbeeld:

Onder welke helling moet de rioolbuis (diameter = 1,00m) met een lengte van 100 m liggen, om een snelheid te halen van 0,9 m/s? De k-waarde is voor een betonnen rioolbuis 1,5 mm. (g = 9,8 m/s².)

$$R = \frac{1}{4} \cdot D = \frac{1}{4} \cdot 1,00 = 0,25 \text{ m}$$

$$C = 18 \cdot \log(12R/k) = 18 \cdot \log(12 \cdot 0,25 / 0,0015) = 59,42 \text{ m}^{0.5}/\text{s}$$

$$\lambda = 8g / C^2 = (8 \cdot 9,8) / (59,42)^2 = 0,022$$

$$H_w = (\lambda \cdot (L/D)) \cdot (v^2 / (2 \cdot g)) = (0,022 \cdot (100/1,00)) \cdot (0,81/19,6) = 0,091 \text{ m} = 9,1 \text{ cm}$$

De helling van de buis moet dus 9,1 cm per 100 meter zijn.

Als vuistregel hanteert men vaak:

$$I_{\min} = 1 / D$$

Hierin is:

$I_{\min}$	minimale verhang (m)
L	leidinglengte (m)
D	inwendige diameter van de leiding (mm)

Leidingdiameter	Minimale helling
250	1:250
300	1:300
400	1:400
500	1:500
600	1:600
700	1:700
800	1:800
900	1:900
1.000	1:1.000
1.250	1:1.250

Het verhang en de weerstandscoefficiënt, C, worden ook gebruikt om de stroomsnelheid te berekenen aan de hand van een formule:

	$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I}$ waarbij C wordt bepaald door: $C = \sqrt{(8 \cdot g) / \lambda}$
Hierin is:	
v	stroomsnelheid (m/s)
C	Coëfficiënt van Chézy ($m^{0.5}/s$)
R	hydraulische straal, D/4 (ronde leidingen) (m)
I	verhang ($\Delta H/L$) (-)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s^2)
λ	wrijvingsfactor (-)
Voorbeeld:	$I = 0,091 / 100 = 0,00091$ $V = 59,42 \cdot \sqrt{(1,00/4) \cdot 0,00091} = 0,896 = 0,9 \text{ m/s}$

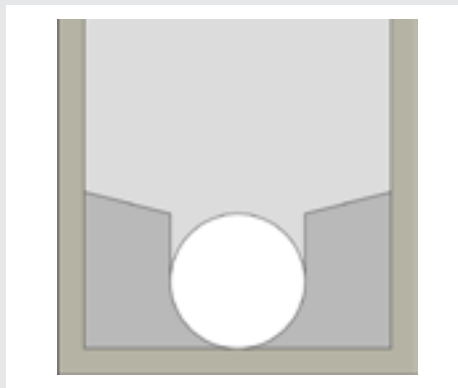
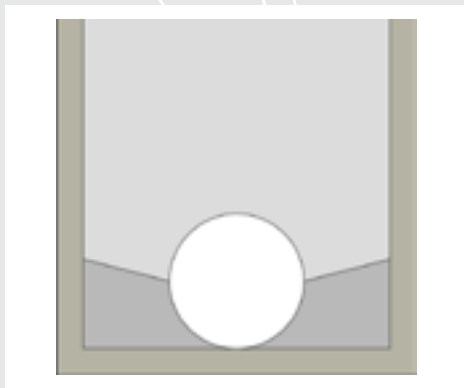
2.4 Verdagingsverliezen

Weerstand in putten

Het weerstandsverlies in putten is onder meer afhankelijk van de hoogte van de waterstand in de put. Het verlies is bovendien sterk afhankelijk is van de vorm van de bodem van de put. De moderne software houdt rekening met dit aspect. In de voorbeeldberekeningen wordt dit niet meegenomen, aangezien dit om uitgebreide en complexe berekeningen gaat.

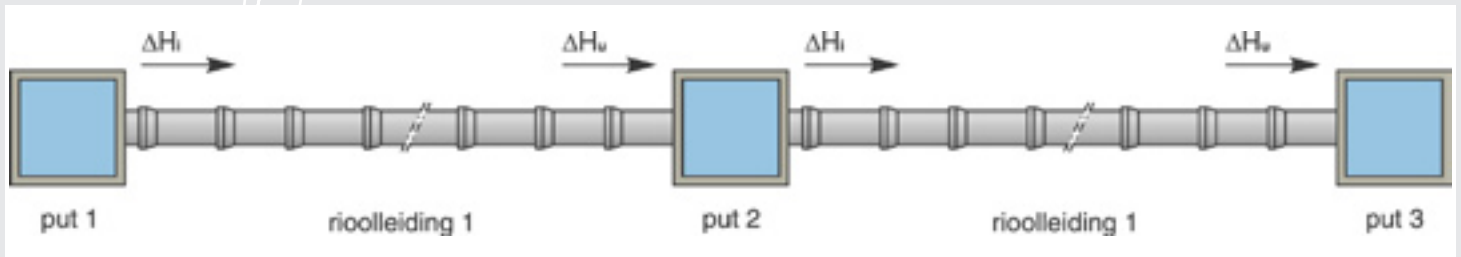
De k-waarden zijn niet alleen gebaseerd op de ruwheid van de buiswand, maar daarin zijn vaak ook de putverliezen verdisconteerd, zoals: in- en uitstroomverliezen en weerstand van voegen, afzettingen en aansluitingen. Het is echter wel van belang om putverliezen en leidingverliezen apart te berekenen. In de moderne software worden de putverliezen door de programmatuur automatisch meegenomen. Daarmee wordt het verdisconteren van de k-waarde overbodig.

In Nederland is het gebruikelijk het ronde profiel tot aan halve hoogte in de put door te zetten.



Uit metingen is gebleken dat bij volle belasting van de leiding (vulhoogte is groter dan 1 à 2 maal de diameter van de leiding) de weerstandscoefficiënt van de put tussen 0,7 en 0,9 is gelegen. Indien de bodem van de put een vorm wordt gegeven zoals hieronder is afgebeeld, daalt deze coëfficiënt tot circa 0,2.

Het energieverlies over de put bestaat uit instroomverliezen (ΔH_i) en uitstroomverliezen (ΔH_u). Weergegeven in onderstaand figuur:



Beide energieverliezen kunnen worden berekend met een basisformule:

	$\Delta H_p = \Delta H_i + \Delta H_u = \xi_i \cdot (v^2 / 2g) + \xi_u \cdot (v^2 / 2g)$ Anders geformuleerd: $\Delta H_p = (\xi_i + \xi_u) \cdot (v^2 / 2g)$
Hierin is:	
ΔH	energieverlies veroorzaakt door vertraging of wrijving (m)
v	stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
ξ	verliescoëfficiënt
Verliescoëfficiënt:	$\xi = \lambda \cdot (L/D)$ Als de uitstroming ongehinderd plaats zou kunnen vinden gaat de volledige snelheidshoogte verloren, omdat de snelheid een bepaalde tijd na de uitstroming nul wordt. ξ_u is daarmee gelijk aan 1,0.
Voorbeeld:	De maximale waarde van k_p volgt uit de optelling. Dit betekent dat $k_{p,max} = 0,5 + 1,0 = 1,5$. Uit het voorgaande kan worden opgemaakt dat door de bodem van de put een in hydraulisch opzicht gunstige vorm te geven de weerstandscoefficiënt kan worden verlaagd tot 0,9 à 0,2. Het is veilig, vooral in die gevallen (herberekeningen) waarbij de putvorm niet vaststaat, uit te gaan van $k_p = 0,9$.

Voor putten met andere aansluitingen (zoals meerdere en schuine aansluitingen) is de waarde van verliescoëfficiënt (ξ) niet vast te stellen. Doorgaans is dit ook niet zinvol. In dergelijke gevallen is: $\xi = 1,0$. Mocht echter het systeem hiervoor wél gevoelig zijn, bijvoorbeeld door water op straat, dan kan men door een meting of een schaalmodel waardevolle informatie verzamelen. Een andere optie is, om de betreffende put(ten) te vergelijken met de doorgemeten putten in de literatuur: (Pedersen, F.B. & Mark, O. Head losses in storm sewer manholes: submerged jet theory. In: Journal of Hydraulic Engineering, volume 116, no. 11, november 1990, pp 1317-1328).

Uiteindelijk is er een maximaal verlies van 7,5 cm per put. In de praktijk wegen deze verliezen niet op tegen de energie die moet worden gestoken in de exacte berekeningen.

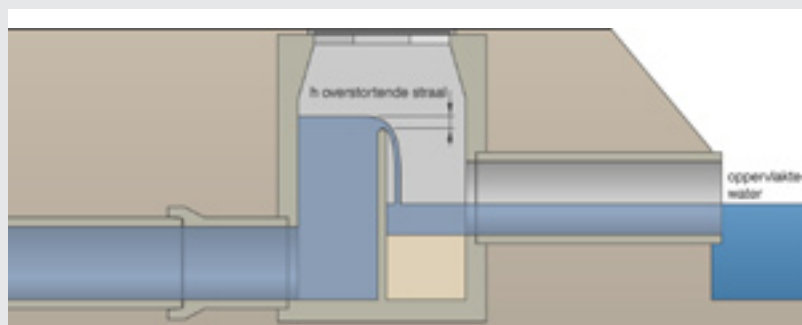
Bij uitmonding van een riool onder water treedt het volgende weerstandsverlies op, het zogenaamde uitstroomverlies:

	$H_u = \xi_u \bullet (Q^2 / 2gA^2)$ of $H_u = \xi_u \bullet (v^2 / 2g)$
Hierin is:	
H_u	uitstroomverlies (m)
Q	debiet (m ³ /s)
v	stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
ξ	verliescoëfficiënt (max. 1), in rioleringsberekeningen meestal de maximale waarde
Voorbeeld:	Stel, de diameter van de opening is 0,40 m en het debiet door de opening is 0,3 m ³ /s. Hoe groot is het verval over de opening bij een ξ van 1? $H_u = 1 \cdot ((0,3)^2 / ((2 \cdot 9,81) \cdot (0,1256)^2)) = 0,29 \text{ m} = 29 \text{ cm}$

Overstorten

Een eenvoudige stuw wordt wel 'overlaat' genoemd. Een overlaat is niet qua hoogte instelbaar, heeft dus een vaste hoogte. Er is onderscheid tussen volkomen en onvolkomen overlaten. Bij een volkomen overlaat heeft de benedenstroomse waterstand geen invloed op de stroming over de overlaat en bij een onvolkomen overlaat wel. In de volksmond worden de overlaten ook wel 'overstorten' genoemd.

De Leidraad Riolering (module C2100) stelt eisen aan de uitgangspunten voor de modellering van overstorten (zoals de drempelbreedte en het drempelniveau, etc).



De hoogte van de overstortende straal wordt berekend aan de hand van een formule:

	$Q_o = m \bullet B \bullet h^{3/2}$
Hierin is:	
Q_o	debiet over de overstort (m ³ /s)
B	breedte van de overstort (m)
m	afvoercoëfficiënt (1,83 à 2) (m ^{1/2} /s)
	De Leidraad Riolering (module C2100) hanteert een waarde van 1,7 m ^{1/2} /s voor m.
Voorbeeld:	Stel $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en $B = 2 \text{ m}$. Wat is nu de dikte van de overstortende straal? $h = (Q_o / (m \cdot B))^{2/3} = (0,5 / (1,7 \cdot 2))^{2/3} = 0,28 \text{ m} = 28 \text{ cm}$

Er wordt in dit handboek op gewezen, om de formule slechts te gebruiken om het debiet te berekenen en niet andersom. Daarnaast wordt gewezen op het gevaar op de uitkomsten klakkeloos aan te nemen. Het wordt sterk aangeraden om in de praktijksituatie te meten en/of gebruik maken van schaalmodellen.

Daar waar er sprake is van het stromen van water, vrij of onder tegendruk van de ene in de andere put kan stromen is er volgens de Leidraad Riolering (module C2100) sprake van een 'doorlaat'. Voor de dimensionering van openingen in bijvoorbeeld stuwconstructies van interne overstorten, moet in voorkomende gevallen gebruik worden gemaakt van formules. Bijvoorbeeld voor het berekenen van:

- * het debiet
- * het energieverlies

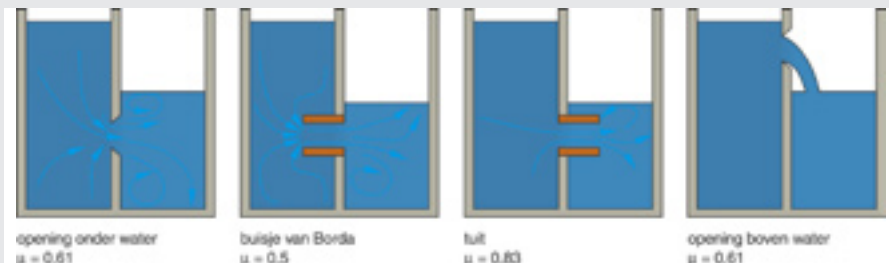
	Voor het berekenen van het debiet in de doorlaat: $Q_d = \mu A_s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
Hierin is:	
Q_d	debiet in de doorlaat (m³/s)
A_s	oppervlak van de opening (m²)
μ	afvoercoëfficiënt (-)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s²)
h	verval over de opening (m)
Voorbeeld:	Stel, de diameter van de opening is 0,2 m en het verval over de opening is 1,40 m. Hoe groot is het debiet door de opening bij een μ van 0,61? $Q_d = 0,61 \cdot 0,0314 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,40} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$

	Voor het berekenen van het energieverlies in de doorlaat: $H_d = ((1/\mu)-1)^2 \cdot (v^2 / (2 \cdot g))$
Hierin is:	
H_d	verlies over de doorlaat (m)
v	stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s²)
μ	afvoercoëfficiënt (-)
Voorbeeld:	Stel, de diameter van de opening is 0,4 m en het debiet door de opening is 0,3 m³/s. Hoe groot is het verval over de opening bij een μ van 0,61? $v_d = 0,3 / 0,1256 = 2,388 \text{ m/s}$ $H_d = ((1/0,61)-1)^2 \cdot (5,71/(2 \cdot 9,81)) = 0,12 \text{ m}$

Overigens hanteert men als vuistregel dat het debiet van de doorlaat gerelateerd dient te worden aan de pompovercapaciteit (p.o.c.).

$$Q_d = DWA + p.o.c. = DWA + 0,7 \text{ mm/uur}$$

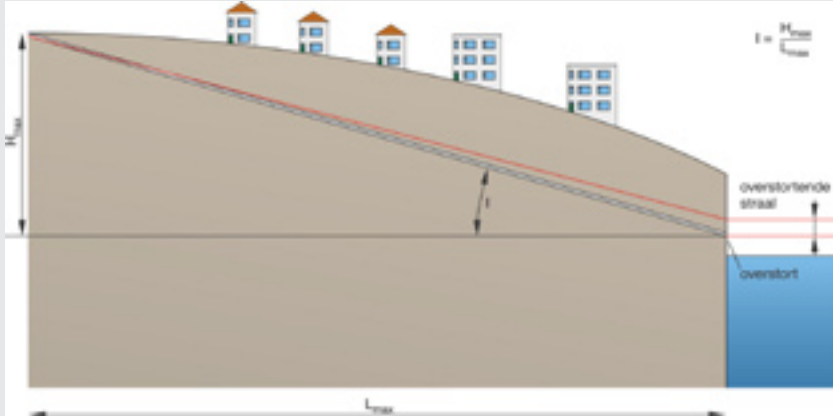
De waarde van de afvoercoëfficiënt (μ) is afhankelijk van de vorm van de opening.



De minimale opening voor een doorlaat is 0,2 meter. Kleinere openingen worden eenvoudig geblokkeerd door materialen die aanwezig zijn in het riool (stenen, kadavers, etc.).

2.5 Bepaling afmetingen van de riolen

Het is mogelijk om de formules van de energieverliezen te gebruiken om ΔH te bepalen. Aan de hand daarvan is het verhang ($I = \Delta H/L$) vast te stellen. Voor ΔH wordt het verval gekozen over het hoofdriool vanaf het verst gelegen punt van de overstort tot aan die overstort, rekening houdend met de dikte van de overstortende straal. Het verval over de andere strengen kan op dezelfde wijze worden vastgesteld.



Doordat moet worden gekozen uit handelsmaten voor de riolen zullen de verhanglijnen afwijken van de in eerste aanleg gekozen gemiddelde verhanglijn. De berekening van de verhanglijnen moet nu geschieden op basis van de gekozen diameters. Voorwaarde is dat deze verhanglijn nergens boven maaiveld uitstijgt. Doet zij dit wel, dan moeten diameters worden vergroot.

Vervolgens worden de nu optredende snelheden in de leiding berekend en aan de hand daarvan de looptijden. Zijn deze afwijkend van de aanvankelijk aangenomen looptijden, dan moet de gehele berekening worden herhaald. Door de mogelijke afwijkingen van belangrijke parameters is het niet zinvol om de berekening door te zetten totdat er volkomen overeenstemming is bereikt.

2.6 Dimensionering van netwerken

Typen

Met betrekking tot het maken van hydraulische berekeningen van netwerken is er sprake van twee typen:

- * De vertakte structuur: natuurlijke waterlopen maken vrijwel zonder uitzondering deel uit van een vertakt netwerk: Kleine beken voegen zich samen tot een grotere die vervolgens uitmondt in een rivier, die op hun beurt uiteindelijk uitmonden in de zee. De stromingsrichting binnen een vertakt netwerk ligt bij voorbaat vast.
- * De vermaasde structuur: bij een vermaasd netwerk is het op voorhand niet mogelijk vast te stellen zodra het netwerk wordt belast welke richting de stroom zal kiezen binnen een maas. Deze kan aan de hand van een groot aantal vergelijkingen worden bepaald, maar de daarvoor benodigde rekentijd is onoverkomelijk groot. De rioolstelsels in Nederland zijn overwegend van het vermaasde type.



Vertakt stelsel



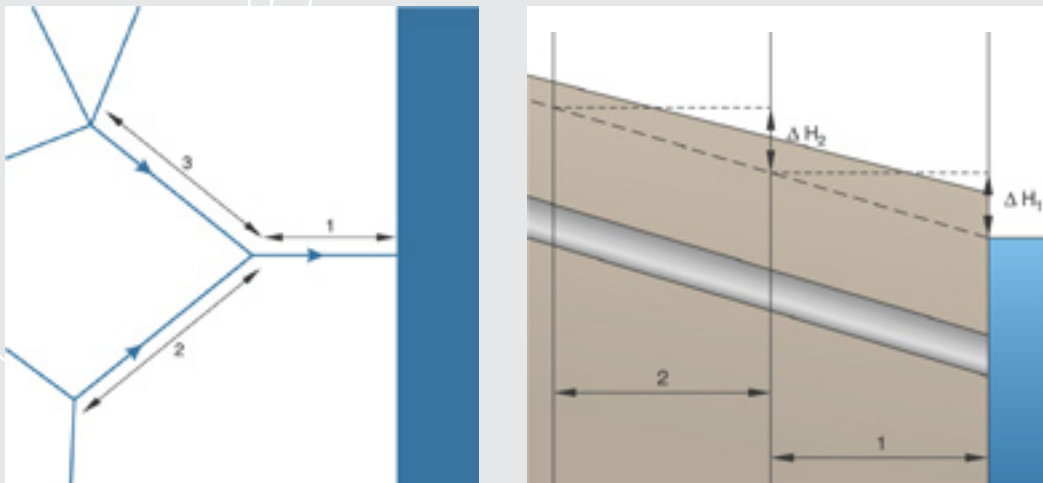
Vermaand stelsel

=

Belangrijk is wel, dat de inhoud (berging) van het stelsel niet in de berekening wordt betrokken. Dit wordt als een extra veiligheid beschouwd.

Dimensionering van vertakte netwerken

Bij vertakte netwerken staat de stromingsrichting vast. Het debiet dat door de meest benedenstroomse leiding stroomt, is gelijk aan de som van alle debieten in de strengen. Het verval, in dit geval gelijk aan het weerstandsverlies over de leiding, kan daarmee worden berekend. Hierbij wordt verondersteld dat het netwerk een continue belasting ondergaat. De leidingen kunnen geheel of gedeeltelijk zijn gevuld. De plaats waar het stelsel op het oppervlaktewater loost, staat vast. Zie onderstaande figuren als principe:



Op het punt waar de leidingen 2 en 3 samenkomen, kan de drukhoogte (bij gedeeltelijk gevulde leidingen de waterstand) in de leiding worden berekend. Het verval over leiding 2 zowel als 3 kan vervolgens worden berekend door uit te gaan van de som van de debieten die naar streng 2 respectievelijk 3 afwateren. Vervolgens worden deze vervallen opgeteld bij het verval over leiding 1. De procedure kan worden vervolgd totdat is vastgesteld welke waterstanden optreden in alle knopen van het net.

In ons land wordt aangenomen dat het stelsel voldoet indien nergens de drukhoogten boven maaiveld c.q. straatpeil uitstijgen. Daarbij wordt rekening gehouden met een zekere gronddekking op de leidingen. Deze dekking bedraagt ca. 0,8 à 1,0 m. Deze dekking wordt aangebracht opdat verkeerslasten zich kunnen spreiden en geen vorstschade kan optreden.

Dimensionering van vermaasde netwerken, de methode Cross

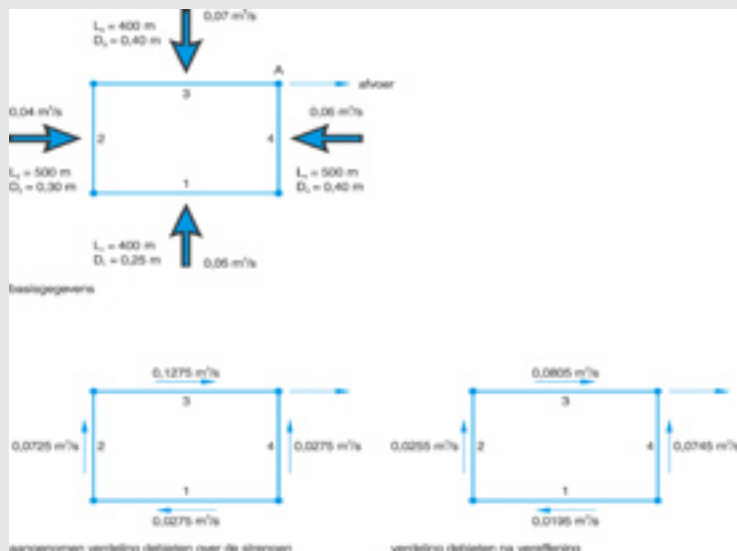
Ingenieur Hardy Cross heeft in 1936 een methode ontwikkeld waarmee de verdeling van de debieten over mazen kan worden berekend. Uitgangspunt daarbij is een permanent belast stelsel. De methode Cross is een vereffeningmethode, waarbij twee procedures kunnen worden gevolgd:

- * vereffening over de strengen of,
- * vereffening over de knopen.

De eerste methode heeft zowel voordelen als nadelen vergeleken met de tweede methode. Een voordeel is het overzichtelijke rekenschema dat bij de vereffening wordt gebruikt. De iteraties leiden bovendien sneller tot het gewenste resultaat. Een nadeel is dat het minder eenvoudig is hydraulische discontinuïteiten (gemalen, valputten, overstorten) in de rekenprocedure te verwerken.

- * Rekenvoorbeeld van de vereffening over de strengen (methode Cross):

De volgende gegevens zijn bekend: De maas bestaat uit 4 strengen. De belasting op de knopen wordt gevonden door het verharde oppervlak dat naar elke streng afwatert te vermenigvuldigen met de berekeningsregenintensiteit (60 l/(s.ha)). Vervolgens worden de debieten evenredig verdeeld over de knopen tussen de strengen. Vervolgens worden de diameters van de riolen gekozen.



Bij de eerste iteratie-stap wordt de verdeling van de debieten over de strengen aangenomen. Een voorwaarde is dat rondgaande over de maas de som van de vervallen over de strengen nul moet zijn. Daarbij geldt de afspraak dat indien het verhang bij het doorlopen van de maas stijgend is het verval positief is doch zodra het verhang dalend is, het verval negatief is.

Toelichting:

Knoop 1-4:

0,03 vanuit streng 4 en 0,025 vanuit streng 1. Totaal dus 0,055 m³/s.

In 2 richtingen dus $0,055 / 2 = 0,0275$ m³/s.

Knoop 1-2:

0,02 vanuit streng 2 en 0,025 vanuit streng 1. Totaal dus 0,045 m³/s.

Vanuit knoop 1-4 nog 0,0275. Totaal dus $0,045 + 0,0275 = 0,0725$ m³/s.

Knoop 2-3:

0,02 vanuit streng 2 en 0,035 vanuit streng 3. Totaal dus 0,055 m³/s.

Vanuit knoop 1-2 nog 0,0725. Totaal dus $0,055 + 0,0725 = 0,1275$ m³/s.

Knoop 3-4:

0,1275 m³/s vanuit streng 3 en 0,0275 m³/s vanuit streng 4.

Na deze aanname kan de vereffening over de strengen worden vervolgd met 1 of meerdere iteraties.

Iteratie	0	1	2	3	4
Streng	Debieten				
1	27,5	-2,7	-21,6	-19,5	-19,5
2	72,5	42,3	23,4	25,5	25,5
3	127,5	97,4	78,4	80,5	80,5
4	-27,5	-57,7	-76,6	-74,5	-74,5
ΔQ (l/s)	-30,2	-19,0	2,1	0,03	0

Ter toelichting: de 30,2 liter per seconde wordt verdeeld over de strengen. Dat gaat als volgt:

* Iteratie 1, streng 1: $-30,2 + 27,5 = -2,7$ l/s

* Iteratie 2, streng 1: $-19,0 - 2,7 = -21,7$ l/s

* Iteratie 3, streng 1:

2.7 Dimensionering van randvoorzieningen

Bij de totstandkoming van dit deel is gebruik gemaakt van de "Handleiding Ontwerp Randvoorzieningen II 1995" van de Noord-Brabantse waterkwaliteitsbeheerders. In deze handleiding zijn praktische methodieken beschreven voor het ontwerp van randvoorzieningen.

Daar waar aanvullingen zijn gevonden op deze handleiding wordt de bron apart vermeld. Regelmatig wordt verwezen naar de Tweede Rioleringsnota, zoals is opgesteld door de Werkgroep Riolering West Nederland en de Werkgroep Waterkwaliteit West Nederland. Dit is een normstelling voor deze waterkwaliteitsbeheerders. Gezien de praktische toepasbaarheid van het document is deze Nota gebruikt. Andere normen zijn mogelijk.

Inleiding

Randvoorzieningen worden gebruikt om de vuiluitwerp van een rioleringssysteem te reduceren. Het zijn aanvullende maatregelen in situaties wanneer een rioolstelsel niet voldoet aan de basisinspanning.

Berging

Een randvoorziening komt pas in "actie" als de berging van het rioolstel onvoldoende blijkt. Er zijn twee typen berging in een rioolstelsel:

- * Dynamische berging: de hoeveelheid water die boven het niveau van de laagste overstortdrempel onderweg is naar het rioolgemaal en dat kan worden afgevoerd.
- * Statische berging of onderdrempelberging: De inhoud van het stelsel beneden de laagste overstortdrempel.

Leidraad Module C2100, pagina 90, letterlijk: Sindsdien zijn resultaten geproduceerd die, voor rioolstelsels zonder specifieke stuwconstructies, met een statische berekening uitkwamen op een dynamische berging van 1.5 mm. Volgens de definitie betekent dit dat een deel van het water in het systeem de zwaartekracht ruim twee uur moet trotseren, om niet tot overstorting te komen. Want bij een pompovercapaciteit van 0.7 mm. h-1 kan in twee uur 1.4 mm water worden weggepompt. In werkelijkheid zal de dynamische berging vaak niet meer dan 0.2 tot 0.3 mm bedragen.

Pompovercapaciteit

De pompovercapaciteit (poc) van een rioolsysteem is het gedeelte van de pompcapaciteit, dat beschikbaar is voor de afvoer van regenwater. Deze wordt berekend door de hoeveelheid af te voeren regenwater (bij gemengde stelsels wordt daarbij uitgegaan van 0,7 mm/uur) te vermenigvuldigen met een bepaald verhard oppervlak. Vaak komt dat neer op de bruto pompcapaciteit minus de permanente belasting, zoals dwa en andere lozingen. Op deze wijze wordt de te installeren POC in m3/uur verkregen. Het zorgdragen voor voldoende pompovercapaciteit is een taak voor de zuiveraar (waterschap), het aanbrengen van voldoende berging is een taak voor de rioolbeheerder (gemeente).

Overstortingsfrequentie

De overstortingsfrequentie is van oudsher de parameter om een rioolstelsel te kunnen beoordelen op haar functionaliteit. Door de jaren heen zijn is dit beeld echter veranderd. Onderzoek heeft echter aangetoond, dat de overstortingsfrequentie ongeschikt is als maatstaf voor de beoordeling van het milieutechnisch functioneren (vuiluitwerp) van een rioolstelsel.

De focus van de beoordeling is de laatste jaren verschoven van de kenmerken (zoals bergings- en pompovercapaciteit) naar het functioneren van het stelsel. Daartoe is het functioneren van een referentiestelsel gerelateerd aan de basisinspanning, uitgedrukt in de emissie van een rioolstelsel.

Leidraad Module C2100, bijlage 8: Aan de hand van de hydraulische berekening is het verloop van het overstortingsdebiet per locatie voor een meerjarige periode vast te stellen. Uit een reeks overstortingsdebieten zijn kengetallen af te leiden, zoals:

- * Het gemiddelde overstortingsvolume per jaar of seizoen.
- * De herhalingsperiode van het overstortingsvolume.
- * Het gemiddeld aantal overstortingen per jaar.

Een goed functionerend rioolstelsel

In de Tweede rioleringsnota zijn de uitgangspunten geformuleerd voor een “goed functionerend rioolstelsel”. Voor een bestaand gemengd stelsel gelden de volgende eisen:

- * Onderdrempelberging: 7 mm
- * Pompovertcapaciteit: 0,7 mm/h
- * Bergbezinkvoorziening in het systeem met een bergende inhoud van minimaal 2 mm.
- * Streven naar een maximaal afvoerend verhard oppervlak van 150 m² per woning, dat als volgt wordt verdeeld:

Open verhard	: 30%
Dakoppervlak hellend	: 40%
Dakoppervlak vlak	: 10%
Overige verharding gesloten	: 20%

Voor een nieuw verbeterd gescheiden stelsel gelden de volgende eisen:

- * Onderdrempelberging: 4 mm
- * Pompovertcapaciteit: 0,3 mm/h

Als een bestaand gescheiden stelsel wordt omgebouwd naar een verbeterd gescheiden stelsel zijn de prioriteiten voor het ontwerp afhankelijk van de mate van verontreiniging van het verharde oppervlak.

Een combinatie van alternatieve maatregelen is mogelijk, indien de lokale omstandigheden dat verlangen. Het uitgangspunt blijft dat bij deze maatregelen zowel de jaarlijkse als de piekmissie overeenkomen met de gedefinieerde basisinspanning.

Inhoud van de berging

De berging randvoorziening wordt uitgedrukt in mm's:

Inhoud berging (m³) / 10x aangesloten verhard oppervlak (ha.)

Na het bereiken van de basisinspanning kunnen aanvullende maatregelen worden verlangd. Bij de dimensionering en uitvoering van deze secundaire randvoorzieningen wordt rekening gehouden met verschillende functies van het oppervlaktewater:

Functie oppervlaktewater	Minimale berging	Overstortfrequentie
Basisfunctie	9 mm	1x/2jaar
Waternatuur	9-17 mm	1x/5jaar
Algemeen ecologisch water	>23 mm	6x/jaar

Deze aanvullende maatregelen zijn op te delen in 2 categorieën:

- * Bassins die leeg staan in droge perioden : de “groene berging”
- * Bassins die permanent onder water staan : moerassystemen en bergingszakken

Hydraulisch ontwerp van rechthoekige bassins

Er zijn twee belangrijke effecten die het vuilafscheidende rendement van een bergbezinkbassin bepalen:

- * Het bergingseffect: de bereikte reductie van het overstortvolume.
- * Het bezinkingseffect: een inschatting van het bereikte bezinkingsrendement.

Voor het bergingseffect worden geen speciale eisen gesteld aan het ontwerp van het bergbezinkbassin (berging minimaal 2mm). Voor het bezinkingseffect echter wel, waarbij de verhouding tussen het debiet en het grondoppervlak van de bezinkzone, de oppervlaktebelasting, maatgevend is. De verblijftijd en de waterdiepte hebben, onder ideale omstandigheden geen invloed op het bezinkingseffect. Voor de oppervlaktebelasting wordt een waarde van 10 m/h (= 2,78 mm/s) aangehouden voor de ontwerpregenintensiteit.

Aan de hand van deze verhouding kan de oppervlakte van de bezinkzone eenvoudig worden berekend:

	$S_o = Q / A$
Hierin is:	
S_o	oppervlaktebelasting (m/h)
Q	debiet (m ³ /h)
A	oppervlakte van de bezinkzone (m ²)

De ideale omstandigheden komen in de praktijk echter nooit voor. Er zijn twee belangrijke oorzaken die zorgen voor afwijkingen:

- * Turbulentie: de waterstroom is in de praktijk altijd turbulent. De mate waarin wordt uitgedrukt door het getal van Reynolds. De waterstroom gaat over van een laminaire naar een turbulente toestand bij een waarde van $Re = 2000$.
- * Kortsluitstromen: in waterstromen komen praktisch altijd instabiliteiten voor, zoals neervorming. Een goede verhouding van het bassin kan de stabiliteit echter vergroten. Het getal van Froude is daarvoor een goede maat. Als richtlijn wordt aangehouden: $Fr^2 > 10^{-5}$.

	Getal van Reynolds: $Re = v_o * (R / V)$ waarbij R wordt bepaald door: $R = B * H / (B + 2 * H)$
Hierin is:	
Re	getal van Reynolds (-)
v_o	gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
V	viscositeit: $1,31 * 10^{-6}$ (m/s ²)
R	hydraulische straal (m)
B	breedte van de stroomdoorvoerende doorsnede (m)
H	hoogte van de stroomdoorvoerende doorsnede (m)

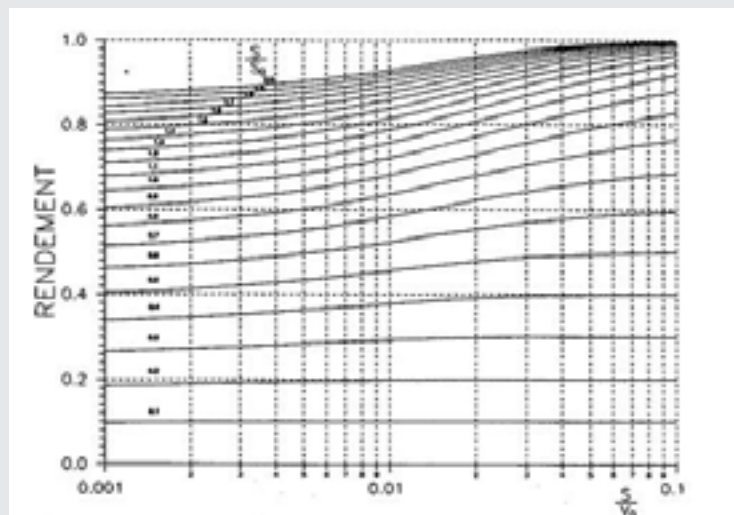
	Froudegetal $Fr^2 = v_o^2 * (g / H)$ of anders uitgedrukt: $Fr^2 = Q^2 / (g * B^2 * H^3)$
Hierin is:	
Fr	getal van Reynolds (-)
v_o	gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
H	hoogte van de stroomdoorvoerende doorsnede (m)
Q	debiet (m ³ /h)
B	breedte van de stroomdoorvoerende doorsnede (m)

In de praktijk leiden beide richtlijnen tot bijzondere vormen. Vandaar dat een waarde van het getal van Reynolds van 100.000 ook wordt geaccepteerd. De verhouding tussen de lengte en de breedte wordt veelal gekozen tussen de 5 en 8.

De gemiddelde doorstroomsnelheid **v_o is: $v_o = Q / (B * H)$**

Hierin is:	
V_o	gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
Q	debiet (m³/h)
H	hoogte van de stroomdoorvoerende doorsnede (m)
B	breedte van de stroomdoorvoerende doorsnede (m)

In onderstaande 'Camp-grafiek' is het rendement nu te bepalen.



Aanvullende berekeningen en opmerkingen zijn te vinden in bijlage 7 van de Tweede Nota.

Een andere ontwerprijtlijn van een bassin is de maximaal toelaatbare schuifspanning. Deze waarde dient tussen de 0,1 en 0,25 N/m² te liggen bij een ruheidswaarde van 1 mm. De schuifspanning wordt bepaald aan de hand van de volgende formule:

	$\tau = \rho * g * R * (V_o^2 / C^2 * R)$
Hierin is:	
τ	schuifspanning (N/m²)
ρ	dichtheid: water = 1000 (kg/m³)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s²)
V_o	gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
C	Coëfficiënt van Chézy (m ^{0.5} /s)
R	hydraulische straal (m)

Samengevat, gelden voor rechthoekige bassins de volgende ontwerprijtlijnen voor rechthoekige bassins:

Berging	: > 2 mm
Oppervlaktebelasting	: 10 m/h of 2,78 mm/s
Getal van Reynolds	: < 100.000 (bij hoge belastingen vaak niet te handhaven)
Froude getal	: $Fr^2 > 10^{-5}$
Verhouding L/B	: 5 - 8
Maximale schuifspanning	: 0,1 - 0,25 N/m²

Hydraulisch ontwerp van bergbezinkriolen

Als de bergbezinkvoorziening als leiding wordt uitgevoerd, is er sprake van een bergbezinkriool. Deze rioolleiding wordt aangelegd onder een helling van 1 à 2 procent. Een bergbezinkriool bestaat uit een instroomzone, een bezinkzone en een uitstroomzone.

Voor het bepalen van de lengte wordt de volgende vuistregel gehanteerd:

$$L_{\min} = 50 * D$$

Hierin is:

$L_{\min}$ minimale lengte (m)
 D diameter van de betonleiding (m)

Bochten en knikken verstoren het bezinkingsrendement van de bergbezinkriolen. Bij verstoring van het profiel wordt er daarom nog 12 tot 16 maal de diameter aan de lengte toegevoegd.

De diameter van de leiding wordt bepaald aan de hand van de schuifspanning. Deze waarde dient tussen de 0,1 en 0,25 N/m² te liggen bij een ruheidswaarde van 1 mm. De schuifspanning wordt bepaald aan de hand van de eerder gepresenteerde formule.

Samengevat, gelden voor bergbezinkriolen de volgende ontwerprichtlijnen:

Lengte bergingsriool	: > 50*D (en eventueel 12-16 maal extra)
Berging	: > 2 mm
Maximale schuifspanning	: 0,1 - 0,25 N/m ²

Hydraulisch ontwerp van parallel bergbezinkriolen

Een bijzondere vorm van een bergingsriool is het parallel bergbezinkriool. Net als in een bergingsriool liggen de leiding onder een helling van 1 à 2 procent. De scheidingsputten zijn een belangrijke factor in het ontwerp van het parallel bergbezinkriool. De hoogte van het scheidingsschot in deze putten moet zo worden gekozen dat de bezinkleiding niet wordt overbelast.

Samengevat, gelden voor parallel bergbezinkriolen de volgende ontwerprichtlijnen:

Lengte aanvoerleiding	: > 50*D
Lengte bezinkleiding	: > 50*D
Maximale schuifspanning bezinkleiding	: 0,1 - 0,25 N/m ² bij volledige vulling
Maximale schuifspanning bezinkleiding	: > 4 N/m ² bij droogweerstandigheden
Maximale schuifspanning overstortleiding	: > 2 N/m ² bij volledige vulling
Minimale waterdiepte in de aanvoerleiding	: 10 cm bij droogweerstandigheden
Voldoende grote diameters	: van de overstortleiding en verbindingsleiding.

Ontwerp van diffusiewanden

Veel bassins zijn uitgevoerd met een interne overstortdempel, om te voorkomen dat het bassin onnodig wordt gebruikt. Achter deze dempel ontstaat bij vulling een 'neer'. Over een lengte van 7-9 maal de dempelhoogte zal er daardoor geen materiaal bezinken. Om dit effect te reduceren wordt een diffusiewand toegepast in de instroomconstructie.

Deze diffusiewand wordt geplaatst op een afstand van 1,5 maal de dempelhoogte achter dezelfde interne dempel. De wand met een perforatiegraad van circa 30% heeft gaten van circa 30 cm.



Het plaatsen van een diffusiewand

In verband met de eventuele stankoverlast kan aan de binnenzijde van de interne overstort een stankslab worden aangebracht.

Ontwerp van de uitstroomconstructie

De opwaartse stroomsnelheid van het water dient kleiner of gelijk te zijn aan de bezinksnelheid van het slib. Daarom worden lange externe drempels aangelegd, vaak over de gehele breedte van het bassin. Indien de drempel langer moet zijn, dan kan dit worden bereikt door de drempel een andere (gevouwen) vorm krijgen.

Drijvende delen in het bassin

Drijvende delen in het bassin zorgen voor schade aan bijvoorbeeld pompen in het bassin. Daarnaast mag uiteraard deze drijvende laag niet terecht komen in het milieu. Vandaar dat in de instroomconstructie een duikschot wordt aangebracht en in de uitstroomconstructie een drijfslaagschot en/of een duikschot. Het drijfslaagschot wordt geplaatst op circa 5 cm van de overstortdrempel. Het schot steekt circa 20 cm boven het water uit en steekt circa 40 cm in het water.

3. Beoordeling van uitkomsten van berekeningen

3.1 Meten is weten

Meten is weten, zo luidt het aloude gezegde. Toch blijkt dit voor riolering iets complexer te zijn dan vroeger is aangenomen. De theorie blijkt menigmaal af te wijken van de praktijk. Het heeft ertoe geleid dat de inzichten op het gebied van het functioneren van een rioleringsstelsel de afgelopen periode sterk zijn veranderd. Een kort historisch overzicht.

Het is evident dat een belangrijke eis van een goed functionerend rioolstelsel is, dat het in staat moet zijn om het afvalwater uit de bebouwde omgeving af te voeren. Wat betreft de neerslag worden rioolstelsels uit economische overwegingen niet zodanig gedimensioneerd dat elke hevige neerslag kan worden verwerkt. Een beperkt aantal keren zal gedurende korte tijd water op straat (w.o.s.) komen te staan. Al vaker is in het Handboek gewezen op het feit dat dit in de toekomst meer zal gebeuren en dat we daaraan moeten 'wennen'.

Naast het w.o.s. is de overstortfrequentie in het verleden een belangrijke parameter geweest van het functioneren van een rioolstelsel. Daarbij wordt het rioolstelsel geschematiseerd tot een 'bak'. De inhoud van deze bak is gelijk aan de inhoud van de riolen of delen daarvan die beneden de laagste overstortdrempel zijn gelegen (onderdrempelberging). Vervolgens wordt aan de hand van bijvoorbeeld de 'stippengrafiek' de overstortfrequentie vastgesteld. Deze grafiek ontstaat als voor een aantal jaren de tijdens buien gevallen neerslag wordt uitgezet in een diagram tegen de duur van de neerslag. Alle stippen (neerslag) die boven de lijn (berging + pompovercapaciteit) zijn gelegen, geven theoretisch aanleiding tot een overstorting.

De overstortingsfrequentie wordt nu berekend door het aantal stippen boven de lijn te tellen en te delen door het aantal jaren waarover de neerslag is gemeten. Indien de overstortingsfrequentie niet aan de door de waterkwaliteitsbeheerder gestelde eisen voldoet, kan de frequentie worden verlaagd door de berging bij bestaande stelsels te vergroten. Dit kan door toepassing van buizen met een grotere diameter, of door toepassing van een bergbezinkbassin. Een dergelijk bassin heeft het additionele voordeel dat door bezinking de vuiluitworp wordt gereduceerd. Een andere maatregel is vergroting van de pompovercapaciteit. Dit stuit in de meeste situaties op bezwaren. Vergroting betekent namelijk vaak ook een aanpassing van de afvalwaterzuivering. Het terugdringen van de overstortfrequentie kan ook door het afkoppelen van verhard oppervlak. Welke maatregel of combinaties van maatregelen moeten worden getroffen, dient zorgvuldig te worden onderzocht. Verlaging van de overstortingsfrequentie, met name bij bestaande situaties, kan een kostbare aangelegenheid zijn!

Naast de overstortfrequentie zijn de vuilconcentraties van het overstortwater altijd een belangrijk aandachtspunt geweest. De kennis, over het transport, de afzetting en opwoeling van vuil in de riolering is nog maar beperkt. Vandaar dat bij de beoordeling van een ontwerp gebruik wordt gemaakt van een eenvoudige benadering. Er wordt gekeken naar de waarden Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) voor de lange termijn effecten en Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV) voor de korte termijn effecten. Onderstaande tabel geeft daarvoor de waarden:

Parameter	Gebeurtenis	Vuilgehalten overstortwater	Bezinkingsrendement	
			BBB	BBL
CZV	Gemiddeld	200 mg/l	45 %	40%
	Piek	400 mg/l	45 %	35%
BZV	Gemiddeld	50 mg/l	45 %	40%
	Piek	100 mg/l	45%	35%

Bron: Tweede rioleringsnota, wRw/wWw, juli 2002.

Uiteindelijk hebben alle inzichten geleid tot de criteria zoals die zijn geformuleerd in de basisinspanning en daarna waterkwaliteitsspoor. De laatste tijd is echter steeds mee het besef gekomen dat modelleren van rioolstelsels belangrijk is, maar tevens ook haar beperkingen heeft. Er is de afgelopen tijd een sterk toenemend belang van het uitvoeren van metingen aan rioolstelsels te constateren.

3.2 Meten en berekenen

Om te kunnen meten aan rioolstelsels heeft Stichting RIONED de Module C2300 van de Leidraad opgesteld. Deze module gaat vooral in op de meetmethoden en legt minder de nadruk op de koppeling tussen meten en rekenen.

Toch is het een feit dat er grote verschillen kunnen ontstaan tussen de aangenomen prestaties uit de modelberekeningen en de werkelijke situatie. In een poging een brug te slaan tussen de theorie presenteert Stichting RIONED een methodiek in vier stappen:

1. Controleren van de basisgegevens van het systeem.
2. Uitvoeren van praktijkmetingen.
3. Analyseren functioneren van het systeem.
4. Kalibreren van modelparameters.

De aanpak kenmerkt zich door het maken van een waterbalans, die wordt getoetst aan drie verschillende belastingsituaties:

1. Droog weer (DWA)
2. Neerslag zonder overstorting (RWA)
3. Neerslag met overstorting (RWA+)

De methodiek is beschreven in het boek 'Meten en berekenen rioolstelsel' en is verkrijgbaar bij de Stichting RIONED.

Voor het meten aan rioolstelsels is in opdracht van STOWA een tweetal studies opgesteld:

- * STOWA 96-09: metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater. Leidraad voor metingen en meetprogramma's.
- * STOWA 96-10: metingen aan rioolstelsels en oppervlaktewater. Eenvoudige metingen en waarnemingen.

In deze twee studies zijn een aantal paragrafen opgenomen die van belang zijn bij de meetverplichting. Van 96-09 zijn de hoofdstukken 3 met doelstelling en 4 Waterkwantiteit: waterpeilen en debieten van belang, tezamen met hoofdstuk 6 Meetmethoden. In de meeste gevallen zal hoofdstuk 4 Eenvoudige metingen aan rioolstelsels van 96-10 al voldoende zijn om meetopstellingen te kunnen realiseren. Het betreft hier enkelvoudige meetopstellingen (niveaumeters) waarvan de opgeslagen waarden met een zekere regelmaat uitgelezen dienen te worden (via computer). Het meten van overstortingsdebieten aan de hand van niveauregistratie is zonder kalibratie van de betreffende overstort moeilijk. Voor het uitvoeren van een kalibratie in het veld van een overstort is een bedrag gemoeid van € 5.000,- á € 7.500,- per overstort.

Als extra aanbeveling geldt voor het meten van debieten aan bergbezinkvoorzieningen dat het raadzaam is de aanvoerleiding naar de randvoorziening zodanig aan te leggen dat deze voldoende lang is én tijdens overstorten volledig gevuld is. Bij volledige vulling kan de debietmeting plaatsvinden met een eenvoudige stroomsnelheidsmeting, welke veel minder kostbaar is dan een debietmeter. Voordeel van deze opstelling is een veel betrouwbaarder debietmeting dan mogelijk is met waterstandsmeting aan de overstortrand.

Bron: Tweede Rioleringsnota, wRw/wWw, juli 2002, bijlage 11.

3.3 Meten en handhaven

In de praktijk blijkt het zeer lastig om een eenduidige relatie te leggen tussen hetgeen op de riolering wordt geloosd en hetgeen er bij de RWZI en de overstort uitkomt. Modelbouwers zijn al blij als het foutenpercentage onder de 50 procent ligt. Door metingen uit te voeren kunnen deze foutenmarges worden verkleind, waarmee de voorspelbaarheid van het gedrag toeneemt. Dat is mede van belang voor de gemeente en waterkwaliteitsbeheerders die als gezamenlijke 'handhavers' een wettelijke zorgplicht hebben. Op basis van de metingen kunnen doelgerichte maatregelen worden genomen om het functioneren van het rioolstelsel te verbeteren.

Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 3, nr. 10, 2003.

3.4 Meten en kalibreren

Het meten moet uiteindelijk leiden tot de kalibratie van de hydrodynamische rioleringsmodellen. De conclusies van een studie naar het rioleringsmodel van Loenen, tonen aan dat het meer dan zinvol is om deze behoorlijke inspanning te doen. Het kalibreren heeft in die situatie namelijk geleid tot:

- * Een model dat met grote zekerheid de juiste (hoogte-)ligging en eigenschappen van de strengen en overstorten van het rioolstelsel beschrijft.
- * Een goed inzicht in het hydrodynamisch gedrag van het rioolstelsel, hetgeen gebruikt wordt voor het toetsen van het functioneren van het rioolstelsel.
- * Een beter inzicht in de procesparameters en meer zekerheid in de berekeningen.

Bron: Rioleringswetenschap, jaargang 3, nr. 11, 2003.

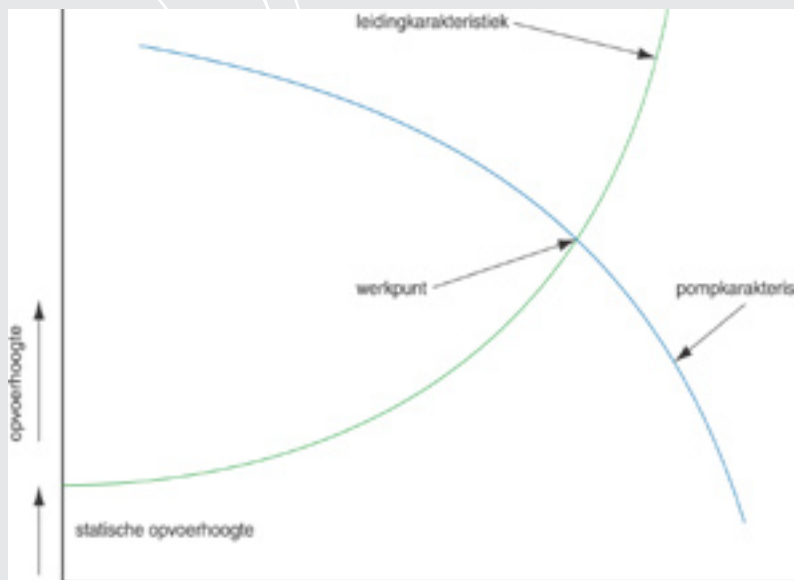
4. Gemalen en persleidingen

Elke pomp kent een zogenaamde pompkarakteristiek deze karakteristiek geeft aan welke opvoerhoogte de pomp realiseert bij een bepaald debiet.

Een persleiding kent een zogeheten karakteristiek, deze 'leidingkarakteristiek' geeft het verband weer tussen de opvoerhoogte en het getransporteerde debiet, deze bestaat uit twee delen:

- * de statische opvoerhoogte (het hoogteverschil tussen begin en eindpunt van de leiding)
- * een dynamisch gedeelte

	$\Delta H_{\text{dyn}} = \sum x v^2 / 2g + (((\lambda * L) / D) * v / 2 g) \text{ met } \lambda = 8 g / C^2$
Hierin is:	
H_{dyn}	wrijvingsverlies (m)
λ	wrijvingsfactor (-)
L	leidinglengte (m)
D	inwendige diameter van de leiding (m)
v	stroomsnelheid (m/s)
g	versnelling van de zwaartekracht (m/s ²)
n	aantal locale verliezen (bochten etc.)
ξ	verliescoëfficiënt (-)
C	Coëfficiënt van Chezy



Persleidingen

Bij persleidingen wordt uitsluitend de k-waarde van het gebruikte materiaal in rekening gebracht. Weerstandsverliezen, die optreden in bochten door de aanwezigheid van kleppen, uitstroomverliezen e.d. worden bij persleidingen afzonderlijk in rekening gebracht in de vorm van de hiervoor benoemde verliescoëfficiënten. Waarden voor deze coëfficiënten worden vaak door de leverancier opgegeven of kunnen worden opgezocht in de literatuur.

Een gegeven combinatie van een pomp en een persleiding zal functioneren in het zogehete werkpunt; het snijpunt van de pomp- en de leidingkarakteristiek. Als een pomp slijt dan verandert de pompkarakteristiek van vorm en van ligging (schuift omlaag), bij vervuiling van de persleiding zal de leidingkarakteristiek een steiler verloop krijgen waardoor het werkpunt verplaatst. In beide gevallen zal de combinatie van pomp en persleiding niet meer de beoogde capaciteit kunnen realiseren, met als gevolg een hoger energieverbruik of, in ernstige gevallen het uitvallen van het systeem.

	$v_{\text{crit}} = 1,23 \sqrt{g * D \sin \alpha}$
Hierin is:	
g	zwaartekrachtversnelling (m/s ²)
D	leiding diameter (m)
α	hellinghoek van de persleiding (o)

Indien de stroomsnelheid hoger lag dan met deze formule berekende kritische snelheid dan was er geen risico op het ontstaan van gasophoping. Echter, in de praktijk is gebleken dat met deze werkwijze foutieve ontwerpen zijn gemaakt. De formule van kent heeft slechts een beperkt geldigheidsgebied: de diameter waarvoor deze vergelijking geldt, is 4 inch en de hellingshoeken moeten tussen de 15 en de 30 graden liggen. Uit recent onderzoek (Lubbers, 2007) is gebleken dat leidingen met grotere diameters zich wezenlijk anders gedragen, ten aanzien van vloeistof- en gasmengseltransport, dan kleinere leidingen (diameter lager dan ongeveer 15 cm). Bovendien is gebleken dat, contra intuïtief dat juist bij kleine hellingshoeken de grootste kans op het ontstaan van hardnekkige gasophoping aanwezig is.

De aanwezigheid van gasophoping kan vooral funest zijn in persleidingen waarin veel zinkers aanwezig zijn of waar door gestuurde boringen een 'zig-zag' configuratie in het verticale vlak is gerealiseerd. Potentieel kan dan een extra statisch energieverlies ter grootte van de optelsom van alle lokale hoogteliggingverschillen van de persleiding ontstaan, met als mogelijk gevolg dat het werkpunt van de pomp/leidingcombinatie uit werkkromme van de pomp loopt; het systeem functioneert niet meer.

Het ontstaan van gasophoping in afvalwaterpersleidingen is niet 100% te voorkomen, de belangrijkste bronnen van het gas zijn:

- * luchtinslag bij het gemaal
- * het aanzuigen van gas via be- en ontluchtingssystemen
- * persleidingen die bij afslag van de pomp leeglopen
- * het ontstaan van biogas

De eerste drie oorzaken kunnen door het maken van de juiste ontwerpkeuzen en het doen van adequaat onderhoud goeddeels in de hand worden gehouden, de laatstgenoemde oorzaak echter niet. De vorming van biogas in afvalwater is een proces dat in de praktijk niet is tegen te gaan, wel kan door de retentietijd in de persleiding zo kort mogelijk te houden de omvang van het probleem worden beperkt. In veel gevallen is ook dat maar ten dele mogelijk omdat de capaciteit van de meeste persleidingen is afgestemd op de RWA afvoer uit gemengde systemen, zodat tijdens DWA de retentietijden lang zijn.

De vormgeving van de gemaalkelder en de plaatsing van de pomp in de kelder heeft een grote invloed op de gevoeligheid voor luchtinslag, een tweede belangrijke oorzaak van gasophoping in persleidingen. Er is nog niet veel onderzoek gedaan naar vormgeving van gemaalkelders in relatie tot luchtinslag anders dan het voorkomen van het ontstaan van een vortex. Door Smit (2006) is een eerste verkenning gedaan naar de luchtinslag van een plonzende straal en de aanzuiging van de luchtbellen in een pomp. Hoewel er nog geen algemeen geldige ontwerpregels zijn af te leiden is wel duidelijk geworden dat:

- * een vallende waterstaal in een kleine kelder een zeer groot risico op luchtinslag met zich meebrengt
- * kleine constructieve aanpassingen, zoals het aanbrengen van een deflectieschot grote positieve effecten heeft op de reductie van de luchtinslag.

Waterslag

Het optreden van waterslag kan schade veroorzaken, het daarom bij het ontwerp van groot belang dat wordt nagegaan of een bepaald ontwerp gevoelig is voor het optreden van waterslag. Zeker in gecompliceerde systemen waarbij meerdere gemalen op een persleidingensysteem zijn aangesloten is dat geen eenvoudige zaak en is het aan te bevelen hiervoor een specialist te raadplegen.

Waterslag ontstaat wanneer een pomp plotseling aan- of uitslaat of als een afsluiten (te) snel wordt geopend of gesloten. In het geval waarin de watermassa plotseling moet vertragen (pomp slaat uit of klep gaat dicht) ontstaat er een drukgolf in de persleiding die, in extreme gevallen, kan leiden tot het openbarsten van de leiding met alle gevolgen van dien.

De maximale mogelijk optredende drukverandering die in een enkelvoudig systeem (dat is één persleiding die wordt gevoed door één pomp) is af te leiden uit een aantal formules.

	$\Delta P = \rho \cdot c \cdot v$
Hierin is:	
ΔP	drukverandering (N/m ²)
ρ	dichtheid van water (kg/m)
c	snelheid van de drukgolf (m/s)
v	stroomsnelheid van het water (m/s)

Deze maximale drukverandering treedt op als de snelheid waarmee een pomp aan of afslaat of een afsluiten wordt gesloten of geopend voldoet aan:

	$t_c \ll (2 \cdot L) / c$
Hierin is:	
t_c	tijdsduur van sluiten/openen cq. aan- of afslaan (s)
L	lengte van de persleiding (m)
c	snelheid van de drukgolf (m/s)

De snelheid van de drukgolf voor zeer starre leidingen wordt berekend met:

	$c = \sqrt{E_w / \rho}$
Hierin is:	
c	snelheid van de drukgolf (m/s)
E_w	compressibiliteitsmodulus van water (N/m ²)
ρ	dichtheid van water (kg/m ³)

Opmerking: deze formule geeft een veilige, d.w.z. een wat hogere, waarde dan in de praktijk zal voorkomen, dat komt omdat niet is gerekend met vervorming van de buis, iets dat in de praktijk wel optreedt.) Voor (afval)water geldt dat $E_w = 2,20 \text{ GPa}$ en $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ waarmee $c = 1500 \text{ m/s}$, deze snelheid neemt af bij dunwandige leidingen of als er veel gas in het water zit.

Opmerking: deze formule geeft een veilige, d.w.z. een wat hogere, waarde dan in de praktijk zal voorkomen, dat komt omdat niet is gerekend met vervorming van de buis, iets dat in de praktijk wel optreedt.) Voor (afval)water geldt dat $E = 2,20 \text{ GPa}$ en 1000 kg/m waarmee $c = 1500 \text{ m/s}$, deze snelheid neemt af bij dunwandige leidingen of als er veel gas in het water zit.

Voor dunwandige leidingen geldt:

	$c = \sqrt{(E_w / (\rho(1 + ((E_w * D) / (E_b * t))))))}$
Hierin is:	
c	snelheid van de drukgolf (m/s)
E_w	compressibiliteitsmodulus van water (N/m ²)
E_b	elasticiteitsmodulus buismateriaal (N/m ²)
D	inwendige diameter van de buis (m)
t	wanddikte van de buis (m)
ρ	dichtheid van water (kg/m ³)

Rekenvoorbeeld

Een persleiding heeft een lengte van 2000 m, een inwendige diameter van 150 mm, de stroomsnelheid van het water is 2 m/s, wat is de maximale drukverandering als de leiding als een starre leiding wordt beschouwd:

De snelheid van de drukgolf is 1500 m/s, dat houdt in dat als de tijd waarbinnen de afsluiter wordt gesloten kleiner is dan $2 * 2000 / 1500 = 2,7$ seconden de drukvariatie.

$$\Delta P = \rho * c * v = 1000 * 1500 * 2 = 3 \text{ MPa}$$

Als het gaat om een niet-starre buis van PVC met een wanddikte van 5 mm dan geldt het volgende:

$$c = \sqrt{(E_w / (\rho(1 + ((E_w * D) / (E_b * t)))))) = \sqrt{(2,2 * 10^9 / (1000(1 + ((2,2 * 10^9 * 0,15) / (3 * 10^9 * 5 * 10^{-3}))))))}$$

$$c = 309 \text{ m/s}$$

de maximale drukopbouw is:

$$\Delta P = \rho * c * v = 1000 * 309 * 2 = 0,62 \text{ MPa}$$

De toelaatbare wandspanning van PVC voor de gekozen diameter is 12,5 N/mm², met de formule van Barlow is na te gaan wat de minimaal noodzakelijke wanddikte is bij de berekende druk.

	$t_{\min} = (P \cdot D) / (2 \cdot \sigma_{\max} + P)$
Hierin is:	
$t_{\min}$	minimale wanddikte (m)
P	druk (N/m ²)
$\sigma_{\max}$	toelaatbare wandspanning (N/m ²)
D	inwendige diameter (m)
	In dit geval zou de wanddikte tenminste moeten zijn: $t_{\min} = (P \cdot D) / (2 \cdot \sigma_{\max} + P) = (0,62 \cdot 10^6 \cdot 0,15) / (2 \cdot 12,5 \cdot 10^6 + P) = 3,63 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 3,63 \text{ mm}$ Wat dus inhoudt dat de gekozen wanddikte van 5 mm voldoende is om de berekende drukvariatie op te vangen (let wel: hier is alleen gekeken naar de extra druk a.g.v. waterslag, in een praktisch geval moet de werkdruk hierbij worden opgeteld!)

Bronnen:

- * C.L.Lubbers (2007 : On gas pockets in wastewater pressure mains and their effect on hydraulic performance. Proefschrift TU Delft, ISBN 978-1-58603-789-5
- * A. Smit en C.L. Lubbers (2007), Luchtinslag door plonzende waterstralen. Rioleringswetenschap Jaargang 7, Nr. 26.

Deel 5: Ontwerp van buizen en putten

Beton: gewoon sterk!

Er zal in de komende periode zeer veel zal gaan wijzigen op het gebied van de statische berekeningen van betonbuizen. Bijvoorbeelde normen worden grondig aangepakt en veranderd.

Zodra alle normen geldend zijn in Nederland, zal ook dit deel worden geactualiseerd. Tot die tijd verwijzen wij naar de PDF file met het 'oude' deel 5 uit het Handboek.

De VPB, juli 2008

Deel 6: Milieu

Betonnen riolering: een duurzame oplossing!

Deel 6 bestaat uit een viertal hoofdstukken:

- * Milieubeleid - overheid : Inleiding & Wet- en regelgeving
- * Betonnen riolering : Milieuvriendelijk transportsysteem
- * Betonnen riolering : Duurzaam product, levenscyclusanalyse (LCA)
- * Milieubeleid - bedrijfstak : Een verantwoordelijkheid van de bedrijfstak zelf

1. Betonnen riolering: duurzaam én milieuvriendelijk

1.1 Inleiding

Vanuit milieutechnisch oogpunt kan op een aantal manieren naar een rioleringssysteem worden gekeken. Voor de producten zijn grondstoffen en energie nodig. En ook onderhoud, hergebruik, recycling en het uiteindelijke afval, belasten ons milieu op de een of andere manier. De mate waarin kan worden vastgesteld aan de hand van een levenscyclusanalyse.

Ook het toepassen van een product heeft milieutechnische aspecten. Immers het systeem zorgt ervoor dat ons afvalwater veilig wordt vervoerd. Op die manier kunnen epidemieën worden voorkomen, maar ook dat afvalstoffen in de bodem of in het oppervlaktewater terecht komen.

1.2 Duurzaamheid

Het begrip duurzaamheid verwijst allereerst naar de levensduur, de tijdsduur die men onder normale omstandigheden van het gebruik van een product, in dit geval een rioleringssysteem verwacht. Dat beton op zich bekend staat als een duurzaam materiaal heeft de geschiedenis bewezen en behoeft geen betoog.

Daarnaast wordt duurzaamheid als begrip ook gebruikt om de ecologische, economische en sociale belangen te verenigen. Bij een duurzame ontwikkeling van rioleringssystemen is het de eis om een evenwicht tussen deze drie basisconcepten te vinden. Grondstof- energiegebruik en milieubelasting dienen zoveel mogelijk in evenwicht te zijn met de draagkracht van de aarde. Alleen op die manier kan een toekomstige generatie in dezelfde behoefte voorzien als de huidige.

In dit deel wordt in het bijzonder de ecologische component van duurzaamheid beschreven. Het duurzaam realiseren van rioleringssystemen staat in deze voor het ontwerpen, produceren, aanleggen en beheren van deze systemen met respect voor mens en milieu.



Betonnen riolering: duurzaam bouwen aan de toekomst

1.3 Milieu

Het begrip milieu betekent in de breedste zin van het woord de omgeving waarin iemand of iets leeft. Daarmee verwijst het begrip naar het natuurlijk (ecologische) milieu, maar ook naar bijvoorbeeld de sociale omgeving. Menselijk handelen leidt tot verontreiniging van het ecologische milieu. Omdat het milieu een collectief goed is, ziet de overheid het als taak om dit milieu te beschermen.



Waterdoorlatende buizen wachten tot ze een bijdrage kunnen leveren aan het milieu

1.4 Milieubeleid

De overheidstaak om het milieu te beschermen is vertaald in milieubeleid. In deze paragraaf wordt een aantal kenmerkende milieuwetten van de afgelopen decennia besproken. Daarmee wordt zeker geen volledigheid gepretendeerd. Het dient slechts ter afspiegeling van de verschuiving in accenten binnen het milieubeleid in de afgelopen decennia.

1.5 Historisch overzicht wet- en regelgeving afvalwater:

- Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren
- Wet Bodembescherming
- Bouwstoffenbesluit
- Besluit Bodemkwaliteit
- Nederlandse Richtlijnen Bodembescherming
- Ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen
- Wet Milieubeheer

1.6 Huidige wet- en regelgeving afvalwater:

Europees

- Richtlijn behandeling stedelijk afvalwater
- Kaderrichtlijn Water

Nationaal

- Integrale aanpak
- Wet Gemeentelijke Watertaken
- Waterwet(2009)

1.7 Slotopmerking

De overheid heeft heel wat regelgeving over afvalwater opgesteld met betrekking tot het milieu. We merken nog eens op, dat het in dit deel niet gaat om een volledige en uitputtende opsomming van alle wetgeving op dit gebied. Het dient slechts ter ondersteuning van de beeldvorming.

2. Betonnen riolering - Milieuvriendelijk transportsysteem

De vraag is nu wat de rol is van betonnen riolering in relatie tot begrippen als duurzaamheid en milieu.

Een vuilwaterstelsel beschermt het milieu door het huishoudelijk en bedrijfsafvalwater naar de zuiveringsinstallatie te vervoeren. Het moet om die reden afdoende vloeistofdicht zijn om te voorkomen dat de bodem of het oppervlaktewater wordt vervuild.

Hemelwaterstelsels voeren het overtollige water af naar oppervlaktewater. Steeds vaker wordt een dergelijk stelsel uitgevoerd als infiltratievoorziening. Waterdoorlatende buizen zorgen dat het water ten goede komt aan het grondwater op de plaats waar het valt en leveren op die manier een bijdrage aan het milieu.

2.1 Infiltratie-exfiltratie

Het gebruik van het woord infiltratie roept binnen de rioleringswereld veel misverstanden op. Regenwater kan infiltreren in de bodem, maar omgekeerd kan grondwater ook een rioolstelsel binnendringen en wordt dat ook infiltratie genoemd. Als afvalwater de bodem indringt is er volgens sommige rapporten sprake van exfiltratie. In beide laatste gevallen is er naar de mening van de VPB sprake van lekkage. En ons voorstel is het om dat voortaan dan ook zo te benoemen. Als doelbewust water aan de bodem wordt toegevoegd noemen we die langzame indringing (Van Dale): infiltratie. Onbewuste of ongewenste indringing naar binnen of naar buiten een stelsel noemen we lekkage. Afvalwater dat naar buiten lekt veroorzaakt vervuiling van bodem en grondwater. Grondwater dat naar binnen lekt zorgt voor zogenaamd rioolvreemd water.



2.2 Rioolvreemd water

De hoeveelheid afvalwater die naar de Afvalwater Zuiveringsinrichting (AWZI) wordt afgevoerd op een dag dat het niet regent wordt de Droogweer Afvoer (DWA) genoemd. Tot voor kort was niet bekend hoeveel procent van deze afvalstroom bestaat uit water dat er niet in thuis hoort. Met Rioolvreemd water wordt water bedoeld afkomstig van lekkages, bronneringen en drainage. En zelfs oppervlaktewater kan vaak via de overstortconstructies en slecht sluitende terugslagkleppen het systeem binnendringen.



Over de omvang van dit rioolvreemde water is maar weinig bekend. Soms blijkt pas na renovatie hoe groot de omvang van deze lekkages zijn geweest als naderhand in kelders en fundaties overlast door grondwater ontstaat.

STOWA heeft in 2003 en 2005, samen met RIONED, uitgebreide onderzoeken laten doen naar dit ongewenste fenomeen en getracht het te kwantificeren. Te weinig aandacht voor riolering en beschikbare middelen voor onderhoud in het verleden zijn er de oorzaak van geweest dat lekkages dit rioolvreemde water hebben veroorzaakt.

2.3 Bergingsfunctie

Naast de transportfunctie heeft riolering vaak ook een bergingsfunctie. Vroeger werd de overlast van het regenwater opgelost door het "verdund" afvalwater te lozen op het oppervlaktewater. Omdat dat slecht is voor het milieu worden alle verdachte overstorten gesaneerd en berging in de bestaande systemen gecreëerd. Dat kan door toepassing van grotere buisdiameters en ook door bergbezinkbassins. De grote hoeveelheid afvalwater wordt hierin opgevangen en gedoseerd teruggeleid in het systeem als de regenbui voorbij is.



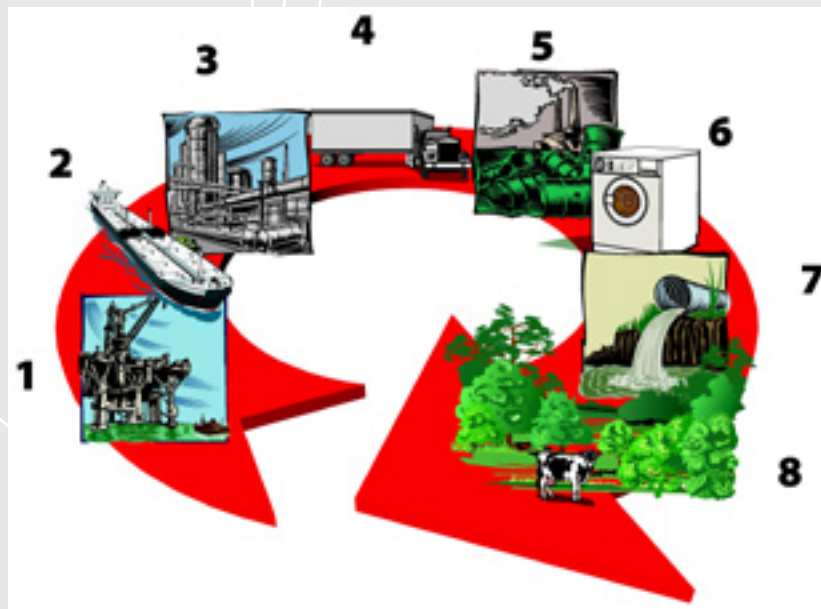
2.4 Individuele systemen

Daar waar openbare riolering te kostbaar is, kunnen individuele systemen worden aangelegd. Bij drukriolering wordt een perceel met een pomp op een drukleiding aangesloten. In het uiterste geval kan een Individueel Behandelsysteem voor Afvalwater (IBA) voor een gemeente de oplossing bieden om aan de zorgplicht om het afvalwater in te zamelen, te voldoen.

3. Betonnen riolering - Duurzaam product - Levenscyclusanalyse

Duurzaam betekent sterk, stevig, langdurig te gebruiken. Voor betonbuizen en -putten zijn daarvoor internationale normen opgesteld. Dit aspect wordt nader besproken in het hoofdstuk: Het Materiaal Beton.

Maar onder duurzaamheid wordt ook verstaan in welke mate ons (leef)milieu wordt belast door een bepaald product toe te passen. Niet alleen de productiefase is belangrijk, ook het gebruik, onderhoud, oneindig aantal malen hergebruik, recyclen en het uiteindelijke afval belasten onze leefomgeving. Van al deze processen worden gegevens over energie, grondstoffen, emissies naar bodem, water en lucht geregistreerd en op die manier ontstaat door deze levenscyclusanalyse (LCA), van een product een milieuprofiel.



3.1 Levenscyclusanalyse

Het doel van een levenscyclusanalyse (LCA) is het kwalificeren van de belasting van het milieu door bouwmaterialen. Onmiddellijk nadat het ministerie van VROM de (LCA) introduceerde hebben de betonfabrikanten de LCA van beton laten vaststellen en vergeleken met alternatieve materialen als: PVC, gres en gietijzer. De LCA is ontwikkeld door het Centrum van Milieukunde van de Rijksuniversiteit Leiden (CML) in opdracht van het ministerie van volkshuisvesting.

De levenscyclus van betonnen riolering bestaat uit de volgende fasen:

- Grondstoffenwinning
- Productiefase
- Constructiefase
- Gebruiksfase
- Onderhoudsfase
- Afdankfase
- Recycling

In deze fasen wordt ook het transport beschouwd. Energieopwekking is toegekend aan de fase in de levenscyclus waar de energie wordt gebruikt. Voor de productie van buizen en putten is het fabricage proces geschematiseerd in:

(Hier moet nog een beter plaatje met kleur.)

Het LCA-onderzoek vergelijkt de eerder genoemde materialen voor: 1 kilometer buitenriolering van een gemengd stelsel en vrij-vervalsysteem, gelegen in een woonwijk in een niet zettingsgevoelig gebied, dat hemelwater en communaal water verzamelt en door de woonwijk transporteert richting het hoofdriool, waarbij de buizen een inwendige diameter hebben van 300 mm. De ontwerp levensduur van het systeem is 40 jaar.

Door deze gelijkwaardige uitgangspunten te kiezen kunnen de materialen worden vergeleken (een milieuprofiel) op een aantal milieueffecten, te weten:

- Uitputting abiotische grondstoffen
- Uitputting biotische grondstoffen
- Ozonlaagaantasting
- Broeikaseffect
- Humane toxiciteit
- Eco toxiciteit
- Fotochemische oxidantvorming
- Verzuring
- Vermesting
- Afvalwarmte
- Stank
- Slachtoffers
- Landschapsaantasting

De milieumaten zijn als volgt te groeperen:

- Energie
- Grondstoffen
- Afval (gewoon en gevaarlijk)
- Emissies

Al in 1995 heeft Intron het milieuprofiel van betonbuizen vastgesteld. Het resultaat van het onderzoek is vertaald in onderstaande staafdiagrammen: **(Hier moet nog een betere prent, met verklaring van de kleuren)**

Hieruit valt af te leiden dat beton véruit het meest milieuvriendelijke materiaal te zijn als het gaat om riolen.

3.2 Van LCA naar Twin

Naast de eerder genoemde milieueffecten uit de levenscyclusanalyse heeft Nibe uit Naarden een aantal extra karakteristieken toegevoegd die van belang zijn voor de gezondheid van de mens. Dit Twin-model 2002 is de basis voor de bepaling of een product voldoet aan het Dubokeur. In 2007 zijn door Nibe diverse materialen qua milieuprofiel met elkaar vergeleken. Het gevolg daarvan is geweest dat betonbuizen diameter 300 het predikaat Dubokeur hebben gekregen en daarmee tot de best duurzame producten van hun groep mogen worden gerekend om voor rioleringen te worden toegepast.

Voor uitgebreide informatie over het TWIN2002-model: <http://www.nibe.info/html-nl/methodisch.htm#>

DUBOkeur©

Milieu is momenteel 'hot'. Daarom hier een korte toelichting waarom betonnen buitenriolering met een diameter van 300 mm het DUBOkeur© van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) heeft gekregen.

Producten komen voor het DUBOkeur© in aanmerking wanneer zij tot de beste van hun groep behoren. Het NIBE doet vergelijkend onderzoek naar bouwproducten op het gebied van milieu. Daarbij worden in principe alle mogelijke alternatieven voor dat product naast elkaar gezet en in hun toepassing vergeleken.

Voorwaarde om voor het DUBOkeur© in aanmerking te komen is dat de producten aan milieuklasse 1 of 2 (resp. beste en goede dubokeuze) moeten voldoen van de in totaal zeven milieuklassen. Komen echter in een beoordeling alleen klasse 1 of 2 producten voor, dan komen alleen de producten met milieuklasse 1 in aanmerking. Vallen alle producten in milieuklasse 1, dan komt alleen milieuklasse 1a (de milieureferentie) voor het DUBOkeur© in aanmerking. De milieuklasse wordt op basis van een milieubeoordeling volgens het TWIN2002-model vastgesteld.

Klasse	Subklasse	Omschrijving	Milieubelastingsfactor
1	a	Beste keuze	1,00-1,10
	b		>1,10-1,32
	c		>1,32-1,90
2	a	Goede keuze	>1,90-2,28
	b		>2,28-2,74
	c		>2,74-3,28
3	a	Aanvaardbare keuze	>3,28-3,94
	b		>3,94-4,73
	c		>4,73-5,68
4	a	Minder goede keuze	>5,68-6,81
	b		>6,81-8,17
	c		>8,17-9,81
5	a	Af te raden keuze	>9,81-11,77
	b		>11,77-14,12
	c		>14,12-16,95
6	a	Slechte keuze	>16,95-20,34
	b		>20,34-24,40
	c		>24,40-29,29
7	a	Onaanvaardbare keuze	>29,29-35,14
	b		>35,14-42,17
	c		>42,17-50,61
7c			>50,61

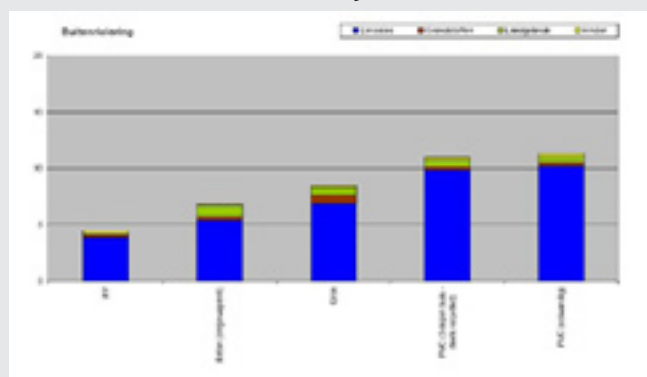
Hierboven is de indeling in milieuklassen te zien. Opvallend daarbij is dat het verschil tussen de klasse met de geringste milieubelasting, klasse 1a en de hoogste milieubelasting, klasse 7c, een factor 50 verschil in de milieubelasting zit. En er bestaat altijd een klasse 1, omdat het beste product altijd in klasse 1a valt en daar worden de andere producten mee vergeleken.

Beoordeling buitenriolering

Voor de buitenriolering zijn de volgende producten beoordeeld:

- Ongewapende betonbuizen met kraag
- Gres kraagbuis met K-dichting
- PVC volwandige rioleringsbuis, klasse 34
- PVC drielagen rioleringsbuis (recycled materiaal), klasse 34
- Polypropreen dubbelwandige buis met aangevormde mof, klasse 34

Het resultaat daarvan ziet er als volgt uit.



De verschillende materialen zijn naar aanleiding daarvan ingedeeld in de verschillende klassen:

Milieuklasse	Naam
1a	PP
1b	Beton (ongewapend)
1c	Grees
2b	PVC (3-lagen buis - deel recycled)
2b	PVC (volwandig)

De betonnen buitenriolering voldoet met milieuklasse 1b aan de criteria voor DUBOkeur®.

4. Milieubeleid en de bedrijfstak

De inhoud van dit deel wekt de suggestie dat het milieubeleid slechts een verantwoordelijkheid is van de overheid. Niets is minder waar!

De bedrijfstak speelt vaak een grote rol bij het vaststellen van de haalbaarheid en handhaafbaarheid van de wetgeving. De bedrijfstak ontwikkelt zelf ook regels al dan niet in samenwerking met derden.

Milieubeleid is dus tweerichtingsverkeer. De betonleidingsindustrie heeft op vrijwillige basis geparticipeerd in het project van: VROM, EZ, Inter provinciaal overleg, Betonmortel- en de Betonproductenindustrie, getiteld Milieubeleidsadvies (MBA). Dat heeft geresulteerd in het Werkboek Milieumaatregelen betonmortel en betonproductenindustrie.

Daarnaast is de bedrijfstak ook voortdurend innovatief bezig, als we kijken naar de ontwikkeling van diverse typen van betonleidingsystemen, bergbezinkbassins, IBA's, infiltratieriolen etc. Deze toepassingen dragen bij aan het realiseren van een beter (leef)milieu.

De overheid zorgt door wet- en regelgeving op dat gebied voor handhaving of verbetering van ons leefmilieu, en dus voor onze gezondheid, nu en in de toekomst. De branche erkent zelf ook haar verantwoordelijkheid in deze en neemt initiatieven om een bijdrage te kunnen leveren aan een beter leefmilieu.

Deel 7: Maatschappelijke aspecten van riolering

Betonnen riolering: maatschappelijk verantwoord!

1. Inleiding

De maatschappij is zich meestal niet bewust van de noodzaak en aanwezigheid de riolering. Toch is het volgens de medische wereld “de beste uitvinding ooit”. Maar het gebrek aan aandacht is op zich te begrijpen, want de systemen bevinden zich onder de grond en als alles goed functioneert, is er maar weinig belangstelling voor. Ook voor politici is het geen interessante portefeuille. Immers het vergt grote investeringen en je ziet er weinig van terug om je naam aan te verbinden.

Toch is er de laatste jaren, bijvoorbeeld door Stichting Rioned te Ede, veel energie gestoken in de promotie van het vakgebied. En met succes, want ze hebben de riolering weer op de politieke kaart weten te zetten en het vakgebied weer aantrekkelijker gemaakt.

Het totale watermanagement, klimaatverandering, water-op-straat, gebruik van regenwater beheer en onderhoud, zijn allemaal maatschappelijke aspecten waar zelfs prinselijke belangstelling voor is.

Met dit deel wordt zeker geen volledigheid betracht. De maatschappelijke ontwikkelingen lenen zich bij uitstek voor lange en uitvoerige documenten. Met het aanstippen van het aantal onderwerpen wil de VPB slechts de gedachten prikkelen en eventuele discussies op gang brengen.

2. Veranderingen, klimaat

Er is in de wetenschap veel aandacht voor klimaatverandering. Maar de mate waarin en hoe dit precies zal verlopen, daarover zijn de meningen verdeeld. Laat staan over de mogelijke gevolgen van alle veranderingen. Maar de klimaatveranderingen zullen een grote impact hebben op mens en natuur. Voor zover dat nog niet duidelijk is, heeft de media dat wel gedaan.

De klimaatverandering is ook in Nederland al merkbaar: zachtere winters en warmere zomers, meer extreme regenbuien en de zeespiegel blijft stijgen. Deze aspecten hebben gevolgen voor de riolering.

Bij het ontwerpen van riolering dient rekening te worden gehouden met deze veranderende omstandigheden. Er zullen in de toekomst perioden zijn dat de riolering meer regen te verwerken krijgt dan momenteel als uitgangspunt wordt genomen. Maar tegelijkertijd zijn er drogere perioden, waarin het riool minder regenwater zal verwerken. Het anticiperen op de veranderingen is vooral van belang bij nieuwbouwprojecten en grootschalige aanpassingen van bestaande systemen.

Moeten we ons dan echt zorgen gaan maken voor de toekomst?

Dat mag u natuurlijk zelf bepalen, voor zover u dat kan. Maar de consequenties van de klimaatverandering voor de riolering moeten niet al teveel worden overdreven. Dat is één van de conclusies van het onderzoek, dat is uitgevoerd in opdracht van Riza.

Door de toenemende aandacht voor zaken als afkoppeling in moderne rioleringsystemen, moet de aandacht voor de effecten van klimaatverandering vooral uitgaan naar de systemen waarop wordt geloosd. Het lozen op oppervlaktewater en grondwater, maakt het systeem als geheel trager in afvoer dan traditionele (gemengde) systemen. De gevolgen van klimaatveranderingen zullen vooral duidelijk merkbaar zijn in het grondwater. In de toekomst zullen we waarschijnlijk wat vaker te maken krijgen met ‘water op straat’. Maar ook infiltratievoorzieningen kunnen door de hoge grondwaterstand worden beïnvloed. De klimaatveranderingen gaan echter dermate langzaam dat we tijdig maatregelen kunnen nemen en deels ook kunnen ‘wennen’ aan deze situatie.



‘Water op straat’

Meer weten? Het rapport van Riza uit 2002 is te bestellen op de site van Riza:

http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/home/publicaties/rapporten/2002/2002_024.htm

Een publicatie (Januari 2006, stedelijk watermanagement, bijlage bij het vakblad riolering.) over dit onderwerp is te bestellen bij Holapress:

<http://www.riool.net/riool/binary/retrieveFile?instanceid=20&itemid=2360>

Zoals gezegd hebben we niet alleen te maken met intensievere regenbuien, maar ook met langere drogere perioden. Dat betekent een grotere kans op de vorming van H₂S gas in het riool en daarmee de aantasting van het materiaal. Dat pleit voor het kiezen van hoogwaardige kwaliteit beton bij renovatie of nieuwbouw van rioleringsystemen.

3. Veranderingen, bevolking

Het aantal inwoners in Nederland is onmiskenbaar aan veranderingen onderhevig. Ons land telde in mei 2007 16,4 miljoen inwoners. Dat aantal zal volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) toenemen tot 17,7 miljoen in het jaar 2040. Het tempo van de groei neemt echter wel af. Na het jaar 2040 zal de bevolking krimpen.

Ook de samenstelling van de bevolking aan het veranderen. Het CBS geeft aan dat het aantal alleenstaanden in Nederland blijft toenemen: in 2050 zal ruim 20 procent van alle mensen in Nederland alleen wonen, tegen 15 procent in 2006.

Zowel het bevolkingsaantal als de bevolkingssamenstelling, zijn interessante indicatoren bij het ontwerpen van de riolering. Bijvoorbeeld om de toekomstige capaciteit voor droogweerafvoer in te kunnen schatten. Maar ook om bijvoorbeeld het verwachte verharde oppervlak te kunnen bepalen.

Een ander aspect van de verandering in de bevolking betreft de toenemende vergrijzing binnen de vakwereld. Dit heeft tot gevolg dat de komende jaren veel ervaren werknemers met (vervroegd) pensioen zal gaan. De kennis en ervaring zal daardoor in de rap tempo uit de branche verdwijnen. Dit pleit voor een toenemende aandacht voor de rol van kennis en kennismanagement.

4. Veranderingen, IFD bouwen

In de loop van de tijd veranderen inzichten. Moest ons 'zure' regenwater vroeger naar de AWZI, nu kan het worden geïnfilteerd in de bodem. En stelsels moeten worden verbeterd met bergbezinkbassins zodat vervuilende overstorten kunnen worden gesaneerd. Rioleringen en bergbezinkbassins die zijn uitgevoerd met betonnen buizen, putten en kokerelementen kunnen vaak eenvoudig worden aangepast aan de nieuwe wensen. De elementen zijn immers op zichzelf zo robuust en met flexibele verbindingen uitgevoerd dat leidingen en bassins kunnen worden gedemonteerd en ergens anders worden hergebruikt. Ook na jaren. Industrieel Flexibel en Demontabel (IFD.nl) bouwen wordt steeds belangrijker in onze veranderende maatschappij.

5. Veranderingen, meervoudig ruimtegebruik

Het begrip 'meervoudig ruimtegebruik' wordt meestal gehanteerd voor bovengrondse situaties binnen stedelijk gebied. Maar ook onder de grond is het dringen om een plekje te krijgen. Leidingen voor huishoudelijk afvalwater, hemelwater, drainage, infiltratie, drinkwater, stadsverwarming, afvalinzameling, gas, elektriciteit, openbare verlichting, en bomen. Alles moet voldoende ruimte hebben en bereikbaar zijn bij calamiteiten. Het vraagt dus om meervoudig ruimtegebruik onder de grond. Coördinatie van de werkzaamheden door de diverse beheerders is daarbij van groot belang. (Meer weten? Lees "Regie in de Ondergrond" van Rioned)

Meervoudig gebruik en betonnen riolering gaan hand in hand. Er zijn mogelijkheden om kabels in betonnen rioolbuizen op te hangen. Ze moeten dan wel voldoende groot zijn. Een andere mogelijkheid is een rioolbuis met een horizontale scheidingswand. In het onderste compartiment kunnen kabels worden aangebracht. In het bovenste bijvoorbeeld het regenwaterriool.

Nog beter is om in stedelijk gebied leidingenkokers toe te passen. Langs de wanden van deze manshoge toegankelijke kokers kunnen kabels en leidingen worden gemonteerd en zijn voor inspectie en onderhoud eenvoudig bereikbaar. Extra aandacht moet worden besteed aan beveiliging tegen brand en sabotage.



Meervoudig gebruik: Leidingkoker in stedelijk gebied, voorkomt maatschappelijke overlast bij aanleg en onderhoud

Een ander prachtig voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik zijn infiltratievoorzieningen van speciale betonnen infiltratiebuizen foto. Ze zijn sterk genoeg om onder de rijweg, in plaats van een hemelwaterriool, te worden aangelegd. De voorziening heeft dan de functies van berging, infiltratie, en transport in één. Infiltratie voorzieningen gemaakt van ander materialen kunnen veelal de verkeersbelastingen niet verdragen en moeten dan buiten de rijweg worden gepositioneerd.

In het verlengde hiervan ligt een ander voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik, waterpasserende en waterdoorlatende verharding.



Waterpasserende verharding: een voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik

Zowel de infiltratievoorzieningen als zaken als de waterpasserende verharding maken vandaag de dag onderdeel uit van het rioleringsysteem.

6. Veranderingen, aanleg

Een ander maatschappelijk aspect is de overlast tijdens de bouw. Deze overlast dient zoveel mogelijk te worden beperkt voor burgers. Bij de aanleg van riolering in bijvoorbeeld drukke winkelstraten en complexe verkeerssituaties, is het mogelijk om de leiding met speciale betonbuizen te 'boren'. Uitwendig gladde buizen worden geperst vanuit een perskuip en binnendoor wordt de uitkomende grond afgevoerd. Aan de buitenzijde wordt bentoniet geïnjecteerd om als smeerlaag te dienen.

Bij rechthoekige kokerelementen wordt ook de methode van 'trekken' toegepast. Er worden eerst trekstangen geboord en vanuit een 'dodemensbed' wordt de constructie onder een drukke kruising een weg of een spoorbaan door getrokken.

Bij het aspect overlast dient niet alleen aan de burgers gedacht te worden. Ook op industriële terreinen is dit van groot belang. Het verstoren van productieprocessen dient tot een minimum te worden beperkt vanuit economische en veiligheidsoverwegingen.

7. Veranderingen, visie op water

Watermanagement

Bewust omgaan met water in alle 'levensfasen' is niet alleen meer beperkt tot de hokjes van de verantwoordelijke instanties maar wordt steeds meer een bewustmakingsproces van de gehele maatschappij. Drinkwater moeten we niet onnodig verspillen. Het regenwater dienen we zoveel mogelijk voor de tuin te gebruiken of te infiltreren. En uiteraard de riolering niet als afvalputje gebruiken voor 'jusresten' of 'verfresten'. Het zijn een paar voorbeelden van het beheren en beheersen van de processen in de totale kringloop.



'Natte voeten'

Water op straat, Water in de stad

Een van de manieren om de maatschappij bewust te maken van water is 'water in de stad'. Een vijver in de woonomgeving, een fontein of zelfs een beek die, soms met stapstenen en al, door de binnenstad loopt, zijn voor het publiek aantrekkelijk. Er dreigen met dit soort 'open water' situaties ook grote risico's voor de volksgezondheid te ontstaan. Door 'foute aansluitingen' kunnen menselijke fecaliën en medicijnresten in het water komen.

Ook uitwerpselen van vogels, honden en katten kunnen met zich meebrengen dat wadi's en helofytenfilters, maar ook openbare fontein, potentiële gevaren vormen en zeker geen plaatsen zijn voor spelende kinderen. (Bron: Rioleringswetenschap en jaargang 3, nummer 10, juni 2003; Valkenswaard : HolaPress Uitgeverij).

Vooraf wadi's worden als 'greppel' ontworpen in de naaste woonomgeving. Veel hangt af van goed onderhoud en controle. Dat laat echter vaak te wensen over.

Dergelijke voorzieningen moeten dus deugdelijk worden afgeschermd. Beter is om hemelwater ondergronds op te vangen in betonnen infiltratiebuizen met voldoende bergingscapaciteit zodat het water binnen 24 uur kan infiltreren. Recent onderzoek van Ir. Gerdien Sterk toont nog eens extra aan dat open water in de stad gevaarlijk is. Haar conclusie: spelen met dit water staat gelijk met zwemmen in een sterk verontreinigd zwembad!

(Bron: Afstudeervoordracht Ir. Gerdien Sterk Titel: Microbial risk assessment for pluvial urban flooding)

8. Foutieve aansluitingen

Als vuilwater aansluitingen op hemelwaterriolen worden aangesloten kan dat ernstige gevolgen hebben. Bekend voorbeeld is de wasmachine in het schuurtje die op de regenpijp wordt aangesloten. Maar ook al bij de 'eerste aanleg' worden foutieve aansluitingen gemaakt. Menselijke ziektekiemen en medicijnen kunnen het oppervlakte water, het grondwater, de grond in de wadi en dergelijke op een gevaarlijke manier vervuilen. Het geeft al meer duidelijkheid als huis- en kolkaansluitingen met verschillende kleuren kunststofbuizen worden gemaakt. Maar de rioleur kan zich gemakkelijk vergissen als in de ene gemeente bruine buizen worden gebruikt voor huishoudelijk afvalwater terwijl in de andere gemeente daardoor juist het hemelwater wordt afgevoerd. Ook het hoofdriool kan in kleur worden uitgevoerd om herkenbaar te zijn als vuilwaterriool.

Een aantal jaren is geprobeerd om woningen van twee gescheiden watercircuits te voorzien. Maar de foutaansluitingen tussen het drinkwater en 'grijswater' brachten zulke gezondheidsrisico's mee dat men met deze experimenten is gestopt.

9. Rioolvreemd water

Om een rioolstelsel te ontwerpen wordt uitgegaan van theoretische gegevens, zoals het aantal woningen, verhard oppervlak, drinkwaterverbruik en dergelijke. In de praktijk blijkt tijdens een droogweert periode de hoeveelheid water die op de Afvalwater Zuiveringsinrichting (AWZI), aankomt significant af te wijken van de theoretische debieten.

In 2003 heeft Stowa (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) in samenwerking met Stichting Rioned daarom een onderzoek naar de oorzaken laten uitvoeren. Niet alleen naar binnen lekkend grondwater, maar ook drainagewater, bronbemaling en zelfs negatieve overstortingen zorgen voor de afwijkende cijfers. Het in kaart brengen is van belang om ontwerpen van leidingen, gemalen, zuiveringsinrichtingen en dergelijke te kunnen optimaliseren. Een vervolgonderzoek van Stowa heeft geleid tot DWAAS (Droog Weert Afvoer Analyse Systematiek) een systematiek waarmee gemeenten kunnen onderzoeken of er in hun gebied sprake is van rioolvreemd water en de kwantiteit ervan.

10. Onderhoud en beheer

Onderhoud en beheer is nu niet bepaald een onderwerp dat geweldig scoort op een verjaardag, laat staan het onderhoud aan riolering. Het onderwerp heeft dan ook lang geen aandacht gehad van de maatschappij. Toch is het onderhoud en beheer van zeer groot belang. Als je 40 jaar geen onderhoud pleegt aan je huis gaat de verf ook bladderen. Zo is het ook met de riolering. Onderhoud is van groot belang voor het functioneren van de riolering. De maatschappij heeft het belang onderkend, getuige het feit dat de overheid veel geld reserveert voor deze onderdelen.

Sinds 1994 is in de Wet Milieubeheer bepaald dat de gemeenten de zorg dragen voor een doelmatige inzameling en doelmatig transport van afvalwater dat vrijkomt bij de binnen haar grond gelegen percelen. De NPR 3220 heeft rioleringsbeheer gedefinieerd als: de zorg voor een goed functionerende riolering.

Er zijn voor een gemeente drie verschillende niveaus van de activiteiten:

- Strategische activiteiten : opstellen van planning samen met andere beheerders.
- Beleidsactiviteiten : vaststellen van budgetten, bepalen hoogte rioolrecht.
- Operationele activiteiten : reinigen van kolken/putten, meetgegevens vastleggen.

Rioleringsbeheer richt zich op een viertal activiteiten:

- Onderzoek
- Beoordelen
- Opstellen van maatregelen
- Uitvoeren van maatregelen

Hieronder worden de activiteiten kort toegelicht.

Begin 2007 zijn vier nieuwe normen voor rioolinspectie en -beoordeling in werking gesteld: de NEN-EN 13508-1 en -2, de NEN 3399, de NEN 3398 en de SUF-RIB 2.0. Deze normen vervangen de NEN 3399 en de NPR 3398 uit 1992.

Onderzoek

Vanuit het rioleringsbeheer ontstaat een behoefte aan informatie. De aard en het aantal van deze gegevens wordt bepaald door het vooraf gestelde onderzoeksdoel. Het onderzoek kan daarbij gericht zijn op algemene informatie voor de operationele of strategische planvorming. Het onderzoeksdoel kan ook opgesteld zijn naar aanleiding van klachten/storingen of vergunningen.

Er zijn vier onderzoeksactiviteiten:

- Inventariseren : verzamelen van alle (ontwerp)gegevens over de rioolobjecten.
- Inspecteren : bestuderen en registreren van de toestand van rioolobjecten.
- Berekenen : sterkteberekeningen, hydraulische berekeningen, simulatie.
- Controle : controle op naleving van verordeningen en vergunningen.

Ad. Inspecteren : de wijze van inspecteren is vastgelegd in de NEN 3399.

Ad. Berekeningen : voor de berekeningen wordt verwezen naar deel 4 en 5.

In de Leidraad Riolerings, Module C2400 staat beschreven welke inspectiemethoden beschikbaar zijn, afhankelijk van de (gewenste) situatie.

Parallel aan het verzamelen van informatie loopt het beheer van deze gegevens. Het spreekt voor zich dat deze gegevens goed toegankelijk dienen te zijn voor een effectief en efficiënt gebruik. De Module C5000 Informatievoorziening en gegevensbeheer van de Leidraad Riolerings beschrijft dit onderwerp.

Beoordelen

Beoordelen is het vaststellen van het verschil tussen de bestaande en de gewenste toestand, met daaraan een oordeel gekoppeld. Daarvoor is het noodzakelijk om de juiste informatie te verzamelen.

De juistheid van de informatie is afhankelijk van het doel van de beoordeling, te weten:

- * Het functioneren van de riolering als systeem
- * De toestand van de objecten in het rioleringsstelsel

Belangrijk aandachtspunt bij het beoordelen van alle onderzoeksgegevens is de kwaliteit van de gegevens. Zijn de gegevens betrouwbaar en volledig? Onderzoek heeft aangetoond dat er uiterst voorzichtig omgegaan dient te worden met inspectiegegevens en de gegevens uit het beheerspakket. Dit kan leiden tot verkeerde voorspellingen van de veroudering van de riolering. De kwaliteit van de gegevens kan relatief eenvoudig worden verbeterd door intensievere controle en training van inspecteurs. (Bron: Rioleringswetenschap jaargang 7, nummer 26 9 (2007)). Het belang van het meten en monitoren van het rioleringsstelsel zal de komende jaren om deze redenen alleen maar toenemen.

Opstellen van maatregelen

Als de huidige toestand van het stelsel of de objecten in het stelsel, niet voldoen aan de gewenste toestand zijn maatregelen nodig. Het opstellen van maatregelen gebeurt naar aanleiding van de beoordelingsresultaten, gebaseerd op de gemaakte strategische keuzen.

Er zijn vijf basis maatregelen:

- * Onderhoud
- * Reparatie
- * Renovatie
- * Vervanging
- * Verbetering

In de Leidraad Riolering, Module C3000 staat beschreven welke beheermaatregel in welke situatie effectief zal zijn.

Uitvoeren van maatregelen

Voorafgaand aan de uitvoering dienen burgers geïnformeerd te worden over de activiteiten. Burgers zijn vandaag de dag namelijk mondig en 'eisen' min of meer deze informatie. De voorlichting kan geschieden door het gebruik van bijvoorbeeld websites en de krant. Maar daarnaast organiseren gemeenten steeds vaker voorlichtingsbijeenkomsten, bijvoorbeeld om de burger te informeren over het afkoppelen van regenwater in hun woonwijk.

In de Leidraad Riolering, Module C3000 staat beschreven hoe de verschillende beheermaatregelen uitgevoerd dienen te worden.

Integrale aanpak van onderhoud en beheer

Het is onmogelijk om vandaag de dag het rioleringsbeheer te zien als een zelfstandig te voeren beleid. Het beheer van riolering raakt het beheer van de ondergrondse en bovengrondse infrastructuur, het beheer van bodem en het integrale waterbeheer (zowel kwalitatief als kwantitatief). Deze integrale benadering komt later aan de orde.

De integrale aanpak van onderhoud en beheer betreft ook de voorzieningen die in de afgelopen jaren zijn en worden toegevoegd aan het rioleringsstelsel. Daarbij valt te denken aan bijvoorbeeld infiltratievoorzieningen. Een heldere planmatige aanpak van het onderhoud en beheer van dergelijke voorzieningen is niet eenvoudig.

Gemeentelijk rioleringsplan

Sinds 1993 worden gemeenten verplicht om een planmatige aanpak van de riolering op te stellen en uit te voeren, vertaald in het Gemeentelijke Rioleringsplan (GRP).

De gemeenten dienen zich daarbij een aantal basisvragen te stellen:

- * Wat willen we met de riolering? (Hoofdstuk 2 uit het GRP)
- * Wat hebben we nu? (Hoofdstuk 3 uit het GRP)
- * Wat moeten we doen om ons doel te bereiken? (Hoofdstuk 4 uit het GRP)
- * Wat zijn de kosten en hoe dekken we dat? (Hoofdstuk 5 uit het GRP)

De uiteindelijke opbouw en de invulling van het GRP is beschreven in de Module D1200 van de Leidraad Riolering. Pas nadat een GRP is vastgesteld en goedgekeurd kan worden begonnen met de operationele plannen.

De Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) heeft aangegeven, dat het GRP en de gemeentelijke rioolrechten moeten worden verbreed. Op die manier kunnen ook het regenwater- en grondwaterbeleid en voorzieningen worden opgenomen.

Integraal waterbeheer

Om het 'water' in zijn totale kringloop efficiënt te behandelen en te beheersen moet op alle gebieden worden samengewerkt. Waterleidingmaatschappijen verzorgen het drinkwater, gemeenten hebben de zorgplicht voor het inzamelen en transport van het afvalwater, zuiveringsschappen beheren de afvalwaterzuiveringsinstallaties (AWZI) en waterschappen zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit en kwantiteit van de oppervlaktewateren.

Recentelijk zijn er ontwikkelingen waarin de diverse partijen meer samenwerken. Zo zijn er waterleidingmaatschappijen die het riool beheren en zuiveringsschappen die fuseren met waterschappen. En dat integreren is een must willen we efficiënt met ons 'kostbare' water omgaan.

Op deze wijze ontstaat op termijn een waterketen met bedrijven. Er zijn op dit vlak al een aantal initiatieven te constateren. De VNG en de Unie van Waterschappen hebben bijvoorbeeld de samenwerking vertaald in een Handreiking Afvalwaterakkoord.

Het samenwerken moet dus leiden tot besparingen, door de gemeentelijke zorg voor de stedelijke leefomgeving af te stemmen op bijvoorbeeld het wegbeheer. Op pagina 6 van de Module C5000 van de Leidraad Rioleringsbeheer is een overzicht gegeven van deze partijen.

Door de noodzaak van de lokale afstemming zet de VNG nog wel wat vraagtekens bij de waterketenbedrijven. Gemeentelijk rioleringsbeheer is in hun optiek altijd maatwerk. De landelijke politiek wil echter alle initiatieven op het gebied van samenwerking stimuleren. Daartoe heeft het Bestuursakkoord Waterketen geaccordeerd, om verder te werken aan benchmarking, samenwerking, het kostendekkend maken van de rioolheffing in drie jaar, innovatie en een transparante communicatie met de burger over de kosten van het water. (Bron: Rioned, Rioned dag nummer 2, april 2008)

11. Levensduur van betonnen rioleringsbeheer

Er kan op twee manieren om naar de levensduur worden gekeken. Bij de economische levensduur gaat het om de afschrijvingen, de onderhoudskosten en de inkomsten. Bij de technische levensduur gaat het om het werkelijke tijdstip waarop een rioolleiding moet worden vervangen omdat buizen zijn versleten of inzichten zijn veranderd.

Economische levensduur

Eenvoudigweg wordt een rioleringsbeheer gezien als investering. En de economische levensduur is eenvoudigweg de periode waarover een stelselgedeelte wordt afgeschreven. Werd vroeger daarvoor een periode van gemiddeld 40 jaar gehanteerd, in de Leidraad, module D1100 wordt ermee gerekend om 1/60 deel van het totale stelsel te vervangen. Het betekent een economische levensduur van gemiddeld 60 jaar. (Link Rioned)

De afschrijvingskosten zijn een onderdeel van de kostenkengetallen van de totale rioleringszorg van een gemeente. Samen met andere afschrijvingskosten zoals van drukrioleringsbeheer, IBA's, gemalen, bergbezinkbassins en dergelijke en de kosten voor beheer, inspectie, onderhoud, vormen zij de basis voor het bepalen van de rioolheffing.

Op grond van de gemeentewet kan een gemeente per 1 januari 2008 een rioolheffing instellen om de gemeentelijke watertaken te bekostigen. Daaronder vallen de inzameling en het transport van huishoudelijk en industrieel afvalwater, van afvloeiend hemelwater, en de zorg voor gevolgen van de grondwaterstand. De Leidraad module D1200 geeft uitgebreid informatie over de randvoorwaarden.

Voor toerekening en dekking van de kosten kunnen we verwijzen naar module D1300 van de Leidraad van Rioned. Aan de financiële aspecten van de rioleringszorg is ook een belangwekkend hoofdstuk gewijd (Hfdst. 4) in de Rioleringsatlas van Nederland (Rioned 2005).

Overigens wordt door de maatschappij altijd kritisch gereageerd als de rioolheffing omhoog moet. Maar men moet wel beseffen dat we dankzij rioleringsbeheer, en dus dankzij de heffing 15 tot 20 jaar langer en gezonder leven! Kennelijk lukt het de vakwereld en de overheid niet, om dat duidelijk te maken.

Technische levensduur

Als een product niet meer goed functioneert en moet worden vervangen is sprake van de technische levensduur. Goed onderhoud kan de technische levensduur verlengen. In het verleden is daar vaak een gebrek aan belangstelling voor geweest. Bij normaal gebruik overschrijdt de technische levensduur van een betonbuis altijd de economische.

Het voorspellen van het technische einde blijft afhankelijk van de gebruiksomstandigheden en daarmee een moeilijke zaak. Er zijn pogingen gedaan om aan de hand van inspecties en statistieken voorspellingen te doen, maar dat is tot nu toe onvoldoende betrouwbaar gebleken.

Renovatie is een methode om de technische levensduur te verlengen. Een bekleding aan de binnenzijde beschermt een buis als deze door agressieve stoffen wordt aangetast. Ook een wijk kan worden gerenoveerd. Nieuwe woningen, andere wegenstructuur, van woonerf weer gescheiden verkeersfuncties maken, het zijn allemaal redenen dat de technische levensduur niet wordt bereikt omdat het riool eerder wordt vervangen. Dankzij IFD (Industrieel Flexibel Demontabel) link kunnen gebruikte betonbuizen elders vaak weer prima worden ingezet.

12. Veranderingen in de fabriek van de toekomst

Maatschappelijke veranderingen en opinies zorgen bij de producenten van betonleidingsystemen voor een nieuwe visie op hun ondernemerschap. In de Fabriek van de Toekomst past bijvoorbeeld een benadering van maatschappelijk verantwoord ondernemen. Volgens de Sociaal Economische Raad (SER) (www.ser.nl) is dit, 'het bewust richten van de ondernemingsactiviteiten op waardecreatie in drie dimensies: markt (het economische rendement), mens (de gevolgen voor de mens, binnen en buiten de onderneming) en milieu (de effecten op het natuurlijke leefmilieu)'. Vertaald naar de producenten van betonleidingen zijn er duidelijke verbeteringen te constateren op het vlak van bijvoorbeeld:

- * Arbeidsomstandigheden (ARBO) : stof, zagen, trillingsvrij produceren, etc.
- * Milieu : CO2 reductie, afvalbeheer, hergebruik, etc.

De toenemende rol van kennis en kennismanagement in de Fabriek van de Toekomst is al beschreven bij de veranderingen in de bevolkingssamenstelling, eerder in dit deel.

13. Juridische aspecten

Er komt nogal wat wetgeving kijken bij rioleringsactiviteiten. Zo is er de wettelijke plicht van een gemeente voor de inzameling en het transport van afvalwater. En ook de plicht van een gemeente voor een GRP (Gemeentelijk Rioleringsplan) en de financiering ervan.

Bij de aanleg is natuurlijk de zeggenschap over de grond waarin de riolering ligt belangrijk. Meestal is dat openbaar terrein maar anders moeten er erfdienstbaarheidrechten worden gevestigd.

Om het werk uit te voeren moeten de Europese regelgeving voor aanbestedingen worden gehanteerd. En dan zijn er nog regels over aanleg, bouwbesluit, enzovoorts.

Ook het gebruik van de riolering past in een juridisch kader. Lozingen op een riool, lozingen vanuit een riool, op de bodem, op het oppervlaktewater, voor alles zijn spelregels vastgesteld in wetgeving. Een overzicht is te vinden in module A2000 van de Leidraad van Rioned.