



Water- en Riolpersleidingen

Technisch handboek waterleidingen en rioolpersleidingen

Waterleidingen en rioolpersleidingen

1 Materiaalkeuze

- 1.1 Chemische bestendigheid
- 1.2 Sterkte, stijfheid en flexibiliteit

2 Ondergronds gedrag

- 2.1 Aanlegadviezen

3 Diameter- en drukklassebepaling

4 Klassifikatiesysteem kunststof buizen

- 4.1 Sterkte
- 4.2 Stijfheid
- 4.3 Temperatuur correctie

5 Dwarscontractie - vervorming ten gevolge van inwendige overdruk

- 5.1 Trekvaste buislengte aansluitend op mantelbuis

6 Bochtkrachten

- 6.1 Trekvaste lengte bij bochten
- 6.2 Trekvaste lengte bij T-stukken

7 Waterslag

8 Onderdrukken

9 Zinkers en slootkruisingen

- 9.1 Verankering tegen opdrijven
- 9.2 Zinkers en slootkruisingen
- 9.3 Zinkveiligheid
- 9.4 Ontluchtingen

10 Afpersen van leidingen

11 Specifieke constructies

- 11.1 Bochten
- 11.2 Thermische lasverbindingen
- 11.3 Afstandhouders
- 11.4 Beugeling

Inleiding

Dit Technisch Handboek heeft tot doel de lezer antwoord te geven op veel voorkomende vragen bij het ontwerpen, uitvoeren, afnemen, in gebruikstellen en onderhouden van ondergrondse kunststof leidingsystemen. We hebben daarbij gekozen voor een meerdelige opzet. Het nu voor u liggende deel behandelt drukleidingen, met het accent op water- en rioolpersleidingen.

Hebt u vragen, wensen, praktijkproblemen e.d. waarop dit handboek geen antwoord geeft, dan verzoeken wij u deze aan ons voor te leggen. Uiteraard zijn wij ook bijzonder geïnteresseerd in uw suggesties voor aanpassingen en aanvullingen.

Aangezien onze leidingsystemen in de praktijk worden verwerkt onder omstandigheden die buiten onze waarneming vallen, kan voor de in dit handboek verstrekte gegevens geen aansprakelijkheid worden aanvaard. Met de uitgave van dit handboek vervallen alle eerder gepubliceerde technische gegevens.

1 Materiaalkeuze

Ondergrondse drukleidingen voor het transport van drink- en rioolwater moeten aan diverse eisen voldoen.

Enkele hiervan zijn:

- Een economisch verantwoord drukverlies.
- Een blijvend water- of gasdicht systeem.
- Een lange technische levensduur.
- Een eenvoudige montage.

In de afgelopen decennia is in de praktijk overduidelijk bewezen dat kunststof leidingsystemen van Polyvinylchloride (PVC) en Polyetheen (PE) uitstekend voldoen aan elk van deze eisen.

1.1 Chemische bestendigheid

Eén van de eerste aspecten waarmee een ontwerper van een leidingsysteem te maken krijgt, is de materiaalkeuze. Naast sterkte en stijfheid speelt ook de chemische bestendigheid een grote rol. PVC en PE zijn bestand tegen de natuurlijk voorkomende agressieve stoffen, zoals die zich bevinden in potkleigronden, bruinkoolgronden, enz. Aanvullende beschermingsmaatregelen zijn dan ook niet nodig.

PVC en PE zijn ongevoelig voor de pH-waarde van de omgevende grond en het te transporteren medium. Uiteraard kunnen er stoffen in chemisch verontreinigde grond aanwezig zijn die buismaterialen kunnen aantasten of een anderszins nadelig gedrag kunnen oproepen. Een eerste indicatie omtrent de chemische bestendigheid kan worden gevonden in afbeelding 1: 'Chemische bestendigheid'. In geval van twijfel kunt u voor advies altijd bij Wavin terecht.

Afbeelding 1.
Chemische bestendigheid

Grondstof	Afkorting	Chemische bestendigheid	Toelaatbare temp	
			Konst.	Piekw.
Hard PVC	UPVC	Bestand tegen de meeste waterige oplossingen van zuren, basen, zouten en tegen in water oplosbare oplosmiddelen. Niet bestand tegen aromatische en gechlloreerde koolwaterstoffen.	60°C	60°C
Hard polyethyleen	HDPE/ MDPE	Bestand tegen waterige oplossingen van zuren, basen, zouten en veel organische oplosmiddelen. Ongeschikt voor gekoncentreerde oxyderende zuren.	60°C	80°C
Polypropeen	PP	Overeenkomstig HDPE	90°C	110°C
Polybuteen	PB	Overeenkomstig HDPE	90°C	110°C
Polyvinyliideenfluoride	PVDF	Bestand tegen zuren, zoutoplossingen, alifatische, aromatische en gechlloreerde koolwaterstoffen, alcoholen en halogenen. Onder bepaalde voorwaarden toepasbaar in ketonen, esters, ethers, organische basen en alkalische logen.	140°C	150°C

1.2 Sterkte, stijfheid en flexibiliteit

PVC en PE zijn de meest toegepaste kunststoffen voor leidingsystemen. Daarnaast worden op kleinere schaal om veelal technische redenen andere kunststoffen toegepast zoals Polypropreen (PP) en Polyvinylideenfluoride (PVDF). De belangrijkste fysische eigenschappen van deze materialen zijn samengevat in afbeelding 2.

Ontwerpdruk en -spanningen worden nader behandeld in het hoofdstuk 'klassifikatiesysteem kunststof buizen'.

Afbeelding 2.
Fysische eigenschappen

		PVC	LDPE	HDPE	PP	PB	PVDF
Dichtheid	g/cm ³	1,40	0,920	0,945	0,900	0,915	1,77
Vloeisterkte	N/mm ²	50-55	11-13	15-18	34-37	20-22	55-57
Rek bij breuk	%	50-150	> 600	> 600	> 600	> 150	> 100
E-modulus	N/mm ²	3000	250	640-900	1200	350	2000
Smeltpunt	°C	ca. 90	110-118	120-130	160	128	175
Vicat verwekingspunt (5 kg)	°C	80	< 60	60-65	90	113	147
Soortelijke warmte	kJ/kg K	1,00	2,30	2,30	1,67	1,80	1,38
Warmte- geleidingscoëff.	W/m K	0,16	0,33	0,43	0,22	0,23	0,12
Lineaire uitz. coëff.	m/m K	0,8.10 ⁻⁴	2,3.10 ⁻⁴	1,7.10 ⁻⁴	1,8.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁴

Ondergronds gedrag

Grond- en verkeerslasten worden door de flexibele kunststof buis elastisch opgevangen. Iedere buis vormt in de bodem een storend element. Hoe dichter het gedrag en de flexibiliteit van de buis bij die van de grond komen, des te minder storend is dat buiselement. In het hoofdstuk 'ondergronds gedrag' wordt aangetoond, dat het voorkeur verdient een flexibele buis toe te passen. Het flexibele gedrag werkt sterk afremmend op dynamische stromingseffekten zoals die kunnen optreden bij waterslag. In het hoofdstuk 'waterslag' wordt hierop uitgebreid ingegaan.

Axiale flexibiliteit

Ook axiale flexibiliteit is een groot voordeel. Ongelijkmatige grondzetting is niet altijd te voorkomen. Flexibele buizen volgen de ongelijkmatige grondzettingen gelijkmatig zonder grote knikken of belastingen op de verbindingen en zonder dat lekkage in de verbindingen ontstaat. Axiale flexibiliteit is ook van groot voordeel tijdens aanleg waardoor eenvoudige tracécorrecties probleemloos kunnen worden uitgevoerd. In het hoofdstuk 'bochten' wordt hierop nader ingegaan.

Door het relatief geringe grondverstoringsgedrag van kunststof buizen is het niet nodig deze in slappe grondsoorten te funderen of te onderheien.

Dichtheid van de systemen

PVC en PE drukleidingsystemen zijn gas- en waterdicht. Bij PVC wordt dit o.a. bereikt door het gebruik van gefixeerde afdichtingsmanchetten in de verbindingen. Ook bij onderdrukken functioneren deze afdichtingen uitstekend; zelfs bij overmatige buisvervorming en hoekverdraaiing. De praktijk met PE-systemen heeft bewezen dat de stuiklasmethode bij grote diameters en de elektromoflasverbinding in de kleinere diameters zeer betrouwbaar sterke verbindingen opleveren.

De dichtheid van de leidingsystemen wordt mede bereikt door de eenvoud van de verbindingen, waardoor foutieve montage nagenoeg is uitgesloten.

2 Ondergronds gedrag

Al in 1962 is Wavin gestart met een onderzoek naar het langeduur vervormingsgedrag van ondergrondse kunststof buizen in de praktijk. Dit onderzoek is hoofdzakelijk uitgevoerd aan operationele rioleringsystemen vanwege de toegankelijkheid via inspectieputten. Ruim 30.000 meter buisleiding is tot op heden meermalen onderzocht en in kaart gebracht. De voor ondergrondse kunststof drukleidingen belangrijkste conclusies zijn:

- In samenhangende grondsoorten zoals klei en veen zal een aanlegvervorming door inwendig druk worden verminderd. In zand treedt deze zgn. 'rerounding' nagenoeg niet op.
- De invloed van de buisdiameter, de oorspronkelijke grondsoort en de gronddekking op de optredende vervorming is niet aan te tonen.
- De invloed van de buisklasse is alleen duidelijk tijdens het aanvullen van de sleuf.
- De toename van de vervorming na de aanleg is nauwelijks afhankelijk van de gebruikte buisklasse.
- De uiteindelijke vervorming is beperkt afhankelijk van het feit of er wel of niet sprake is van verkeersinvloed.
- Bij verkeersinvloed zal de uiteindelijke vervorming eerder bereikt worden.
- De invloed van het verkeer is alleen waarneembaar bij een gronddekking kleiner dan 1 m.
- De combinatie van de aanvulgrond en de wijze van aanvullen is bepalend voor de mate van vervorming.
- PVC buis klasse 41 (SDR 41, 0,63 MPa) is de universeel toepasbare buisklasse. In extreme omstandigheden is klasse 34 (SDR 34, 0,75 MPa) aan te bevelen. Het toepassen van PVC buizen die nog minder flexibel zijn dan klasse 34, zal niet resulteren in een kleinere vervorming.

2.1 Aanlegadviezen

Voor PVC drukleidingen, welke zowel continu als discontinu onder inwendige druk staan, adviseert Wavin het volgende:

- In principe altijd aanvullen met de uitkomende grond. Het gebruik van een verbeterde aanvulgrond (bijv. zand) in slappe gronden levert geen mindere vervorming op.
- In het algemeen is PVC buisklasse 41 geschikt voor een werkdruk van 0,63 MPa (=6,3 bar) universeel toepasbaar. Klasse 34, geschikt voor een werkdruk van 0,75 MPa (=7,5 bar), wordt geadviseerd in aanlegsituaties met verhoogde belasting en wanneer geen zorg wordt besteed aan aanvulling en verdichting.

Voor een buisklassekeuze gebaseerd op ondergronds gedrag geldt onderstaande aanbevelingstabel.

Afbeelding 3.
Buisklasse-aanbeveling
PVC buizen

Dekking H (m)	Zand	Slappe klei	Veen
0,6-1	41/34 ¹⁾	41	41
0,6-1 met verkeer	34	34	34
1-3	41	41/34 ¹⁾ ²⁾	41
3	34	34	34

¹⁾Klasse 34 (0,75 MPa) toepassen indien geen zorg wordt besteed aan aanvulling en verdichting.

²⁾Indien continue inwendige druk van minimaal 0,1 MPa (1 bar) kan klasse 41 (0,63 MPa) worden toegepast.

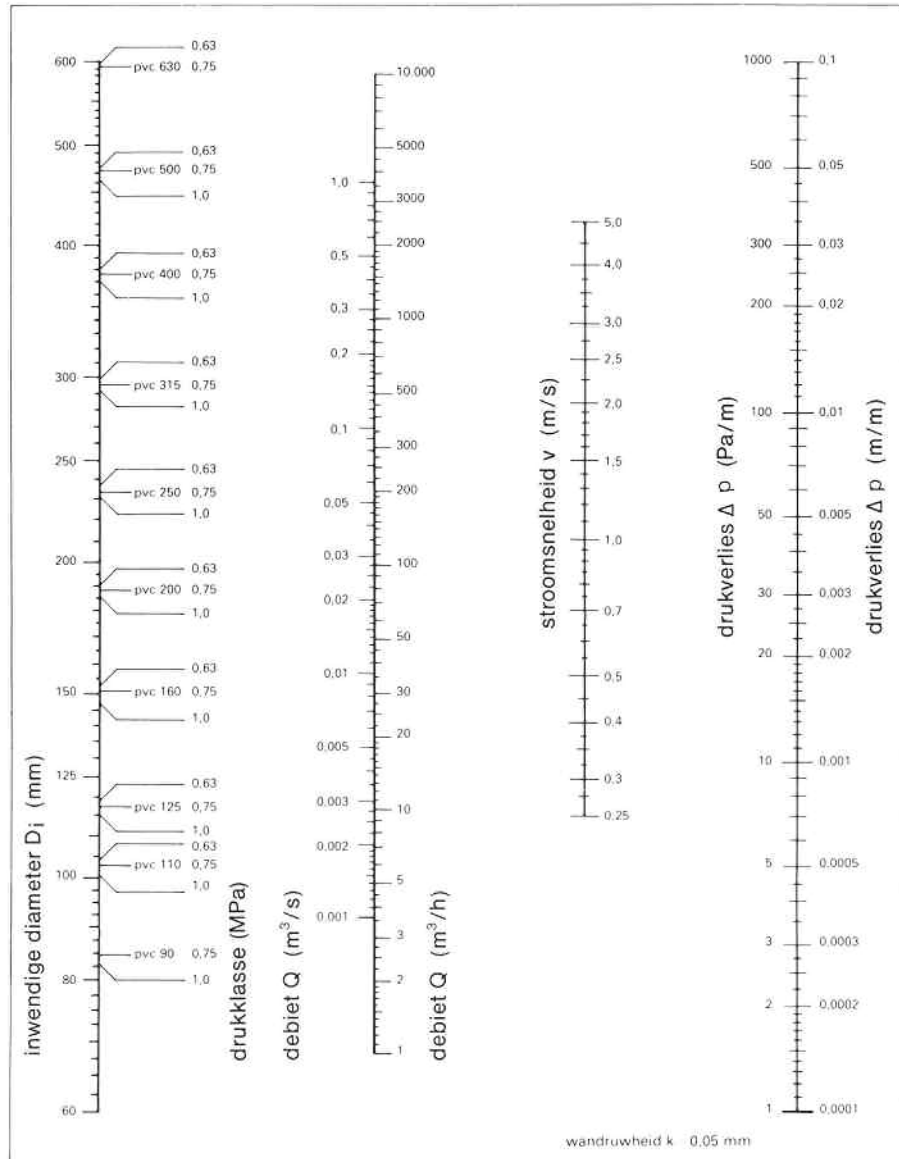
PE buizen

PE buizen van vergelijkbare drukklasse als PVC hebben een grotere wanddikte. De weerstand tegen radiale vervorming is daardoor aanzienlijk hoger. PE buizen in de klassen SDR 11 (1,0 MPa) zijn onder alle bovengenoemde condities universeel toepasbaar. De HPE buisklasse SDR 26 (=0,4 MPa) is qua stijfheid vergelijkbaar met PVC klasse 41 (=0,63 MPa) en HPE buisklasse SDR 17,6 (=0,6 MPa) met PVC klasse 34 (=0,75 MPa).

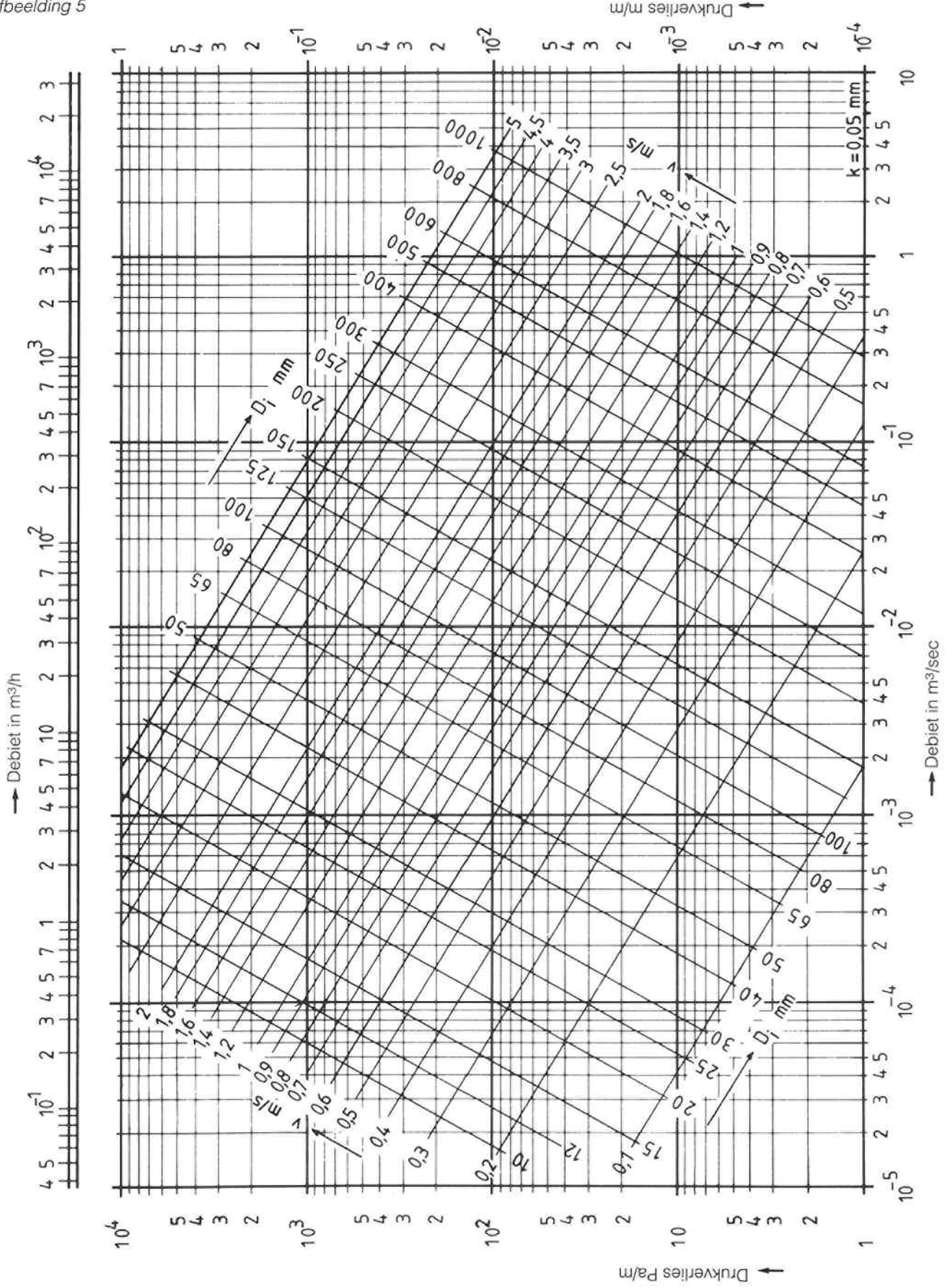
3 Diameter- en drukklassebepaling water- en rioolpersleidingen

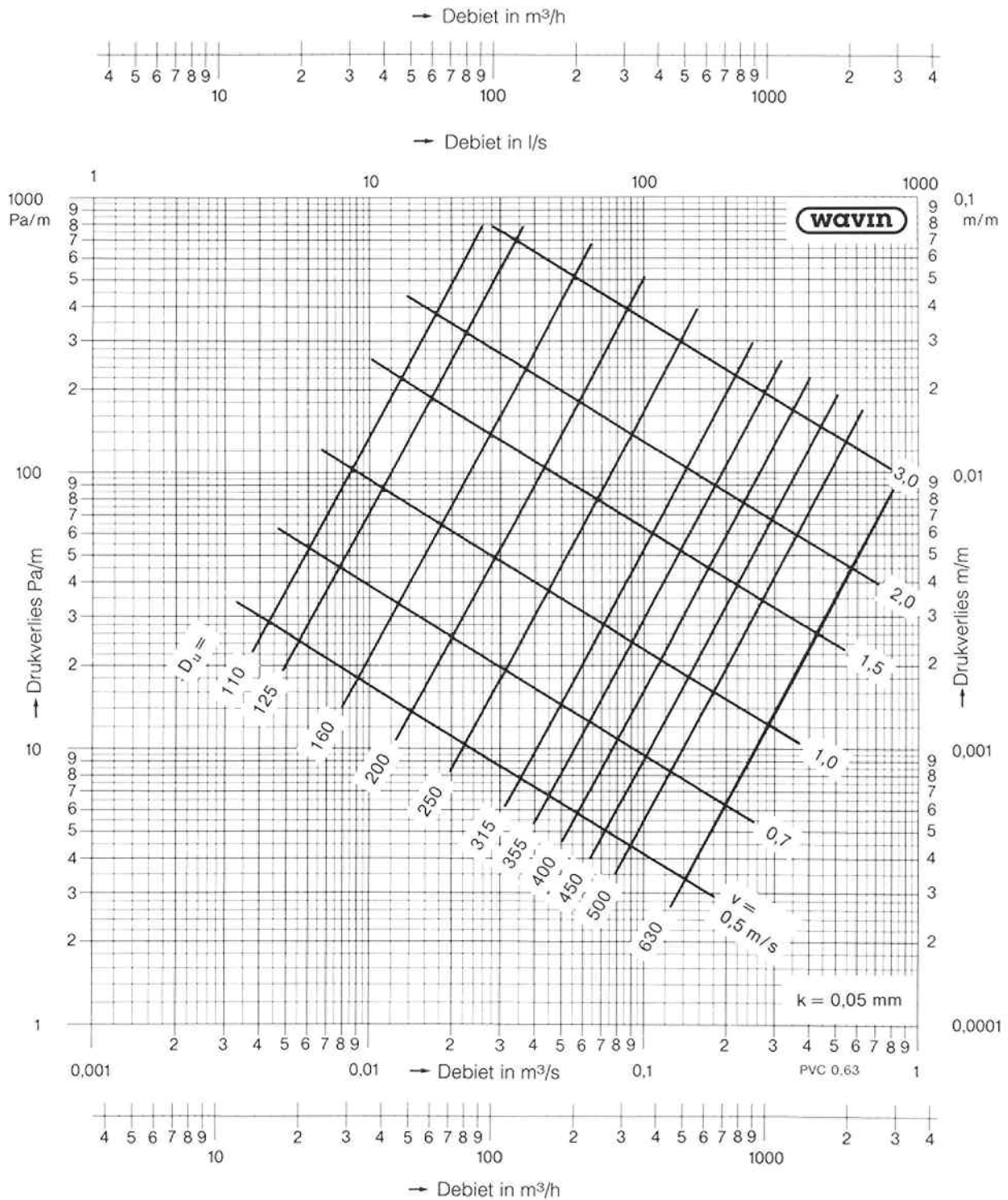
Het berekenen van een leidingdiameter kan via diverse invalshoeken worden bepaald met gebruikmaking van de formules van Darcy-Weisbach en Colebrook. Voor rechte leidingen t.b.v. het transport van schoon water van 10°C en afvalwater 15-20°C zijn deze formules uitgewerkt in afbeelding 5. Let op: de in deze grafiek weergegeven diameters zijn gebaseerd op de inwendige afmetingen! Het nomogram, afbeelding 4, kan worden gebruikt voor een snelle, redelijk nauwkeurige afschatting van de inwendige leidingdiameter en leidingweerstand. Uitgewerkt per materiaal en standaard druk-klasse voor PVC en HPE zijn de afbeeldingen 6 t/m 10. In deze drukverliesgrafieken korresponderen de diameterlijnen met de werkelijke inwendige diameter. Dit omdat het bij kunststof buizen gebruikelijk is deze aan te duiden met de uitwendige i.p.v. de inwendige diameter.

Afbeelding 4.
Nomogram voor het
bepalen van stromingen in
buisleidingen

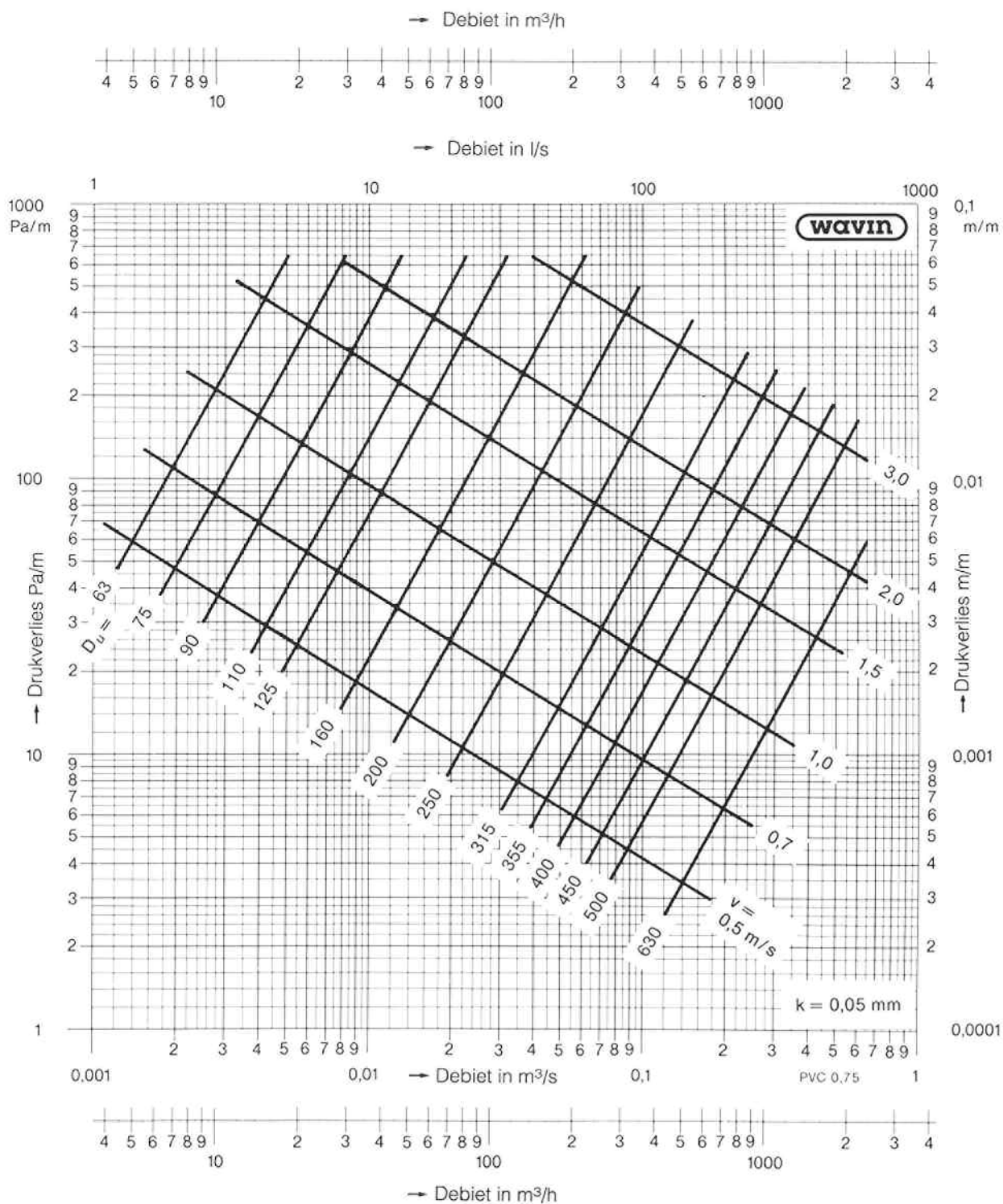


Afbeelding 5

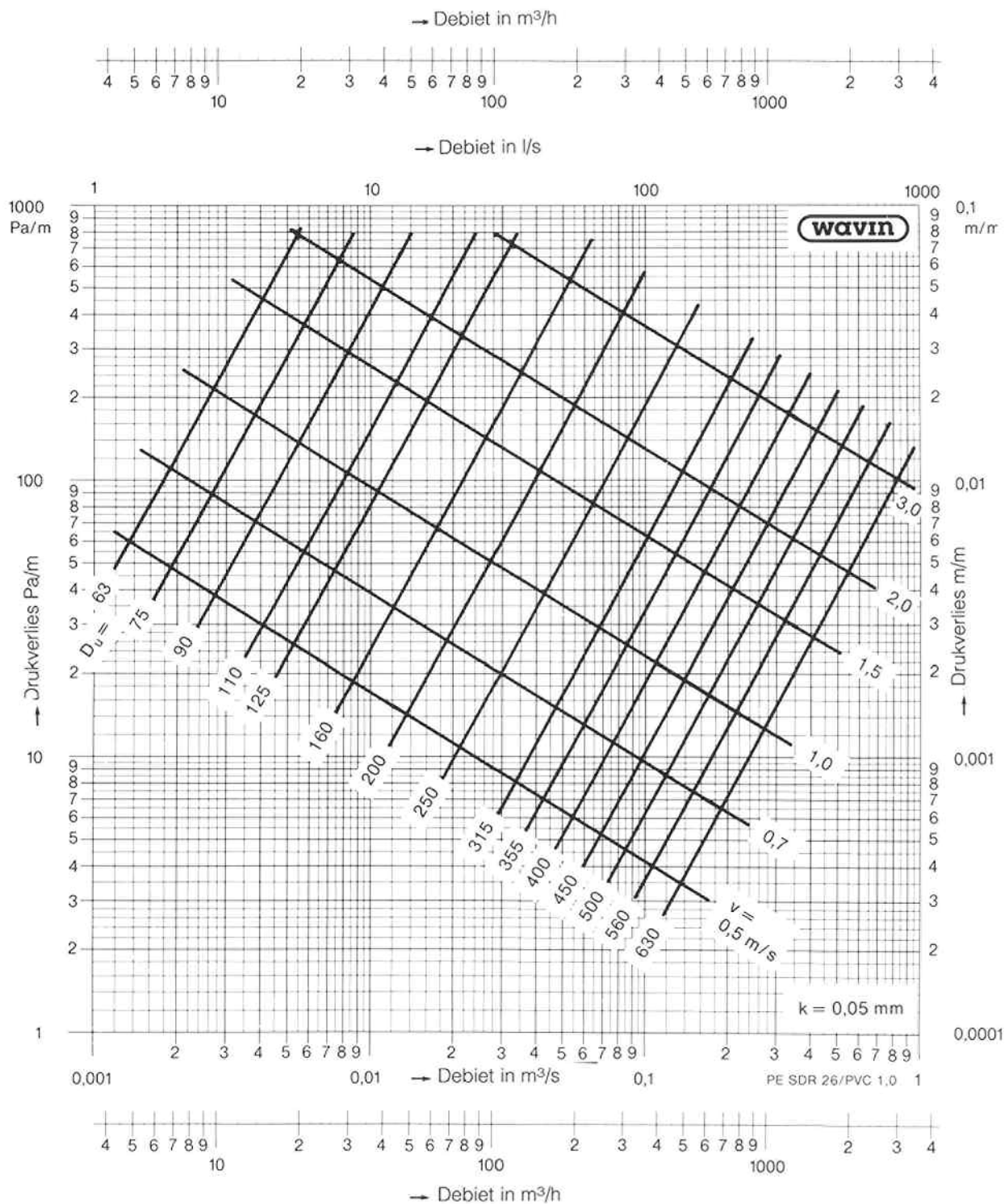




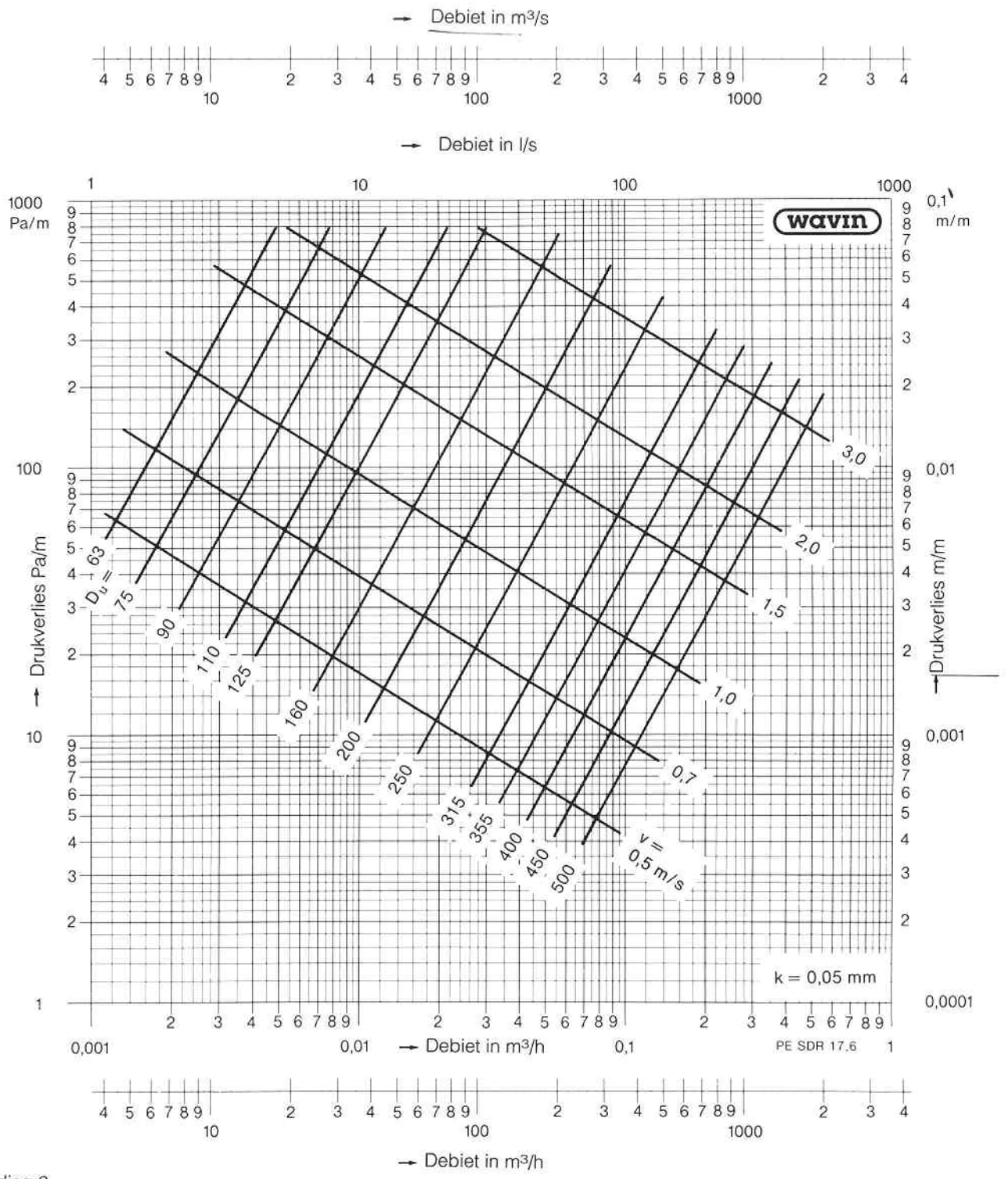
Afbeelding 6.
 Drukverlies bij stroming van
 drinkwater van 10°C en
 afvalwater van 15-20°C door
 hard PVC buizen voor 0,63
 MPa werkdruk



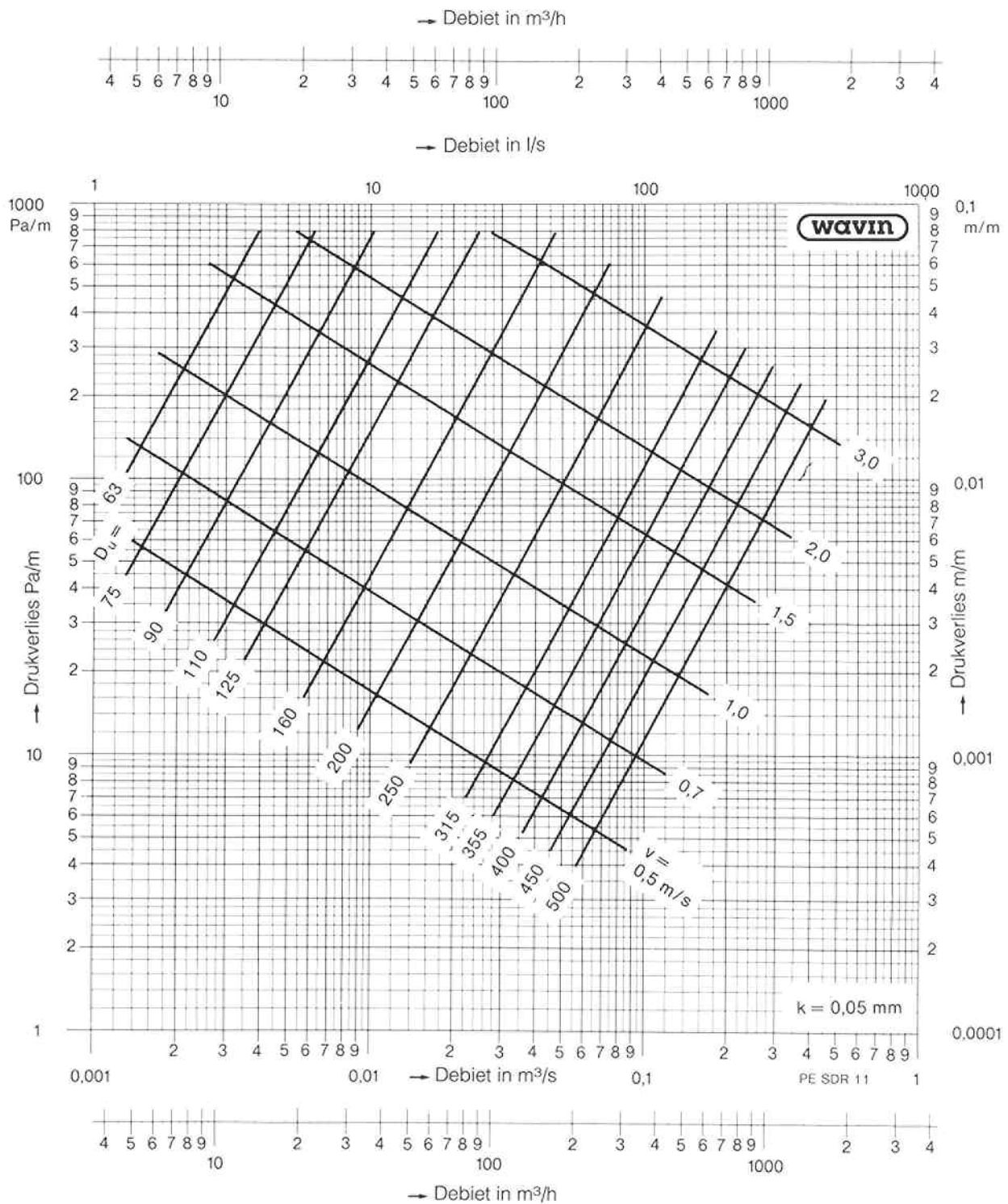
Afbeelding 7.
 Drukverlies bij stroming van
 drinkwater van 10°C en
 afvalwater van 15-20°C door
 hard PVC buizen voor 0,75
 MPa werkdruk



Afbeelding 8.
 Drukverlies bij stroming van
 drinkwater van 10°C en
 afvalwater van 15-20°C door
 hard PVC buizen voor 1,0
 MPa werkdruk en HPE
 buizen klasse SDR 26



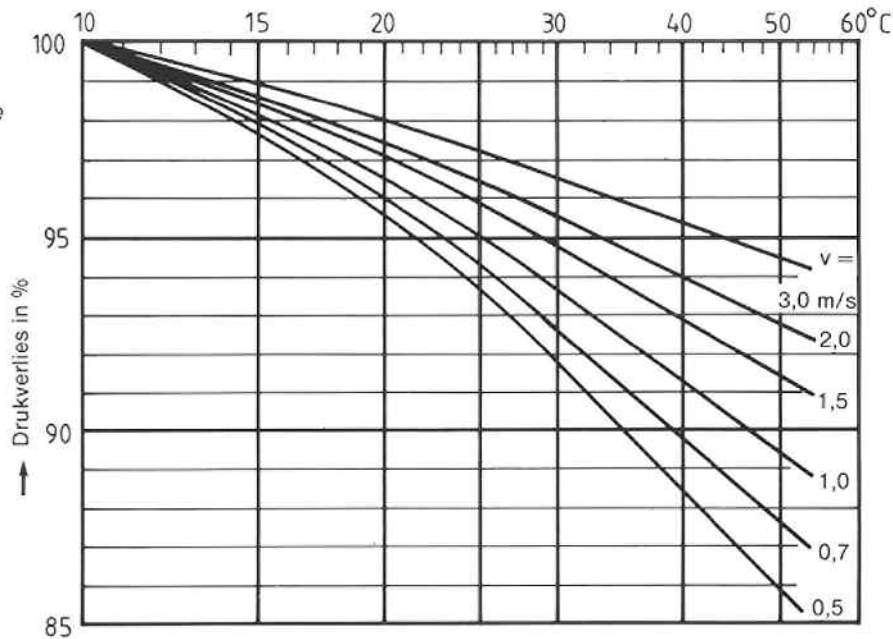
Afbeelding 9.
 Drukverlies bij stroming van
 drinkwater van 10°C en
 afvalwater van 15-20°C door
 HPE buizen klasse SDR 17.6



Afbeelding 10.
 Drukverlies bij stroming van
 drinkwater van 10°C en
 afvalwater van 15-20°C door
 HPE buizen klasse SDR 11

Voor bochten, appendages, etc. dient een toeslag te worden gegeven. Voor de eenvoud kan dit in de vorm van extra lengte of een in te schatten percentage drukverhoging (ca. 5%). Voor een nauwkeurige berekening wordt verwezen naar KIWA-mededeling nr. 14. Bij hogere temperaturen kan het totale drukverlies worden gekompenseerd met een faktor van afbeelding 11.

Afbeelding 11.
Relatief drukverlies als
functie van de
watertemperaturen en de
stroomsnelheid



Optimale leidingdiameter

De bepaling van de optimale leidingdiameter is een kwestie van de uitgangspunten die men kiest c.q. krijgt opgelegd. Bij persioleringen, welke diskontinu in bedrijf zijn, zal men tevens een niet te hoge stroomsnelheid kiezen. Een grotere leidingdiameter geeft tevens een lager wrijvingsverlies met als mogelijk gevolg dat een kleinere pomp kan worden gekozen. De energiekosten spelen dan ook een niet te verwaarlozen rol bij de diameterkeuze. Het gaat te ver om in dit handboek hiervoor berekeningsgrondslagen aan te geven. Een uitgebreide studie over de bepaling van de optimale leidingdiameter is gepubliceerd door het KIWA, in mededeling nr. 58.

Wandruwheid

De wandruwheid van kunststof buizen is bijzonder klein. Om een optimaal stromingsgedrag te krijgen, is een gesloten gladde binnenwand onontbeerlijk. Hechting van slibdeeltjes en afzetting aan de buiswand is bij normale stroomsnelheid vrijwel onmogelijk. Mocht er door zeer lage stroomsnelheden toch slibafzetting optreden, dan zal deze bij verhoogde stroomsnelheid snel verdwijnen. Voor veel niet-kunststof materialen is het gebruikelijk om te rekenen met een veel hogere k-waarde dan die van nieuw materiaal, omdat ten gevolge van corrosie, scheurvorming, hechting van slib en dergelijke, de k-waarde in de loop der jaren toeneemt. Omdat kunststofbuizen een volkomen dichte wand bezitten zal deze toename minimaal zijn.

Om toch voldoende zekerheid te bieden is in de drukverliesgrafieken rekening gehouden met een kleine toename. De invloed van de wandruwheid op het debiet is aangegeven in afbeelding 12. N.B.: De gemeten k-waarden voor PVC buizen zijn 0,023-0,041 mm. De grafieken zijn gebaseerd op een k-waarde van 0,05 mm.

Afbeelding 12.
Invloed wandruwheid
op debiet

Wandruwheid k mm	Debiet Q %
0,05	100
.....
0,02	104
0,25	89
0,40	86

Drukklasse water

Is met het voorgaande de diameter vastgelegd, dan bepaalt de totale leidingweerstand plus het te overwinnen geologische hoogteverschil de maximaal optredende bedrijfsdruk. Bij drinkwaternetten zal de druk bij geen waterverbruik in het gehele net oplopen tot de maximale pompdruk. In de praktijk blijkt dat de bedrijfsdrukken in drinkwaterleidingen en persriolen doorgaans niet hoger zijn dan 0,6 MPa (6 bar), uitzonderlijke situaties daargelaten. Voor het exact berekenen van de optredende bedrijfsdruk zal de leidingkarakteristiek (= drukverlies uitgezet tegen debiet) geprojecteerd moeten worden op de pompkarakteristiek (= Q-H kromme). Het snijpunt van beide curven geeft de bedrijfsinstelling weer (debiet en pompdruk).

Stijfheid en persriolen

Bij drinkwaternetten zal het leidingsysteem continu onder druk staan, terwijl persriolen onregelmatig in bedrijf zijn en dus vaak drukloos komen te staan. Bij persriolen is het van belang om dan tevens de stijfheid in de bepaling van de drukklasse te betrekken. Zie hiervoor het hoofdstuk 'Ondergronds gedrag'. Bij thermoplastische buizen, zoals PVC en PE, is de stijfheid gerelateerd aan de drukklasse, zoals omschreven in het hoofdstuk 'Klassifikatiesysteem kunststof buizen' (hoofdstuk 4). Met incidenteel optredende waterslageffekten heeft bij de drukklassebepaling in principe geen rekening te worden gehouden, daar de gunstige elasticiteit en korteduur sterkte-eigenschappen van PVC en HPE de optredende druggolven goed kunnen opvangen. Het fenomeen waterslag is uitgebreid beschreven in het hoofdstuk 'Waterslag' (hoofdstuk 7).

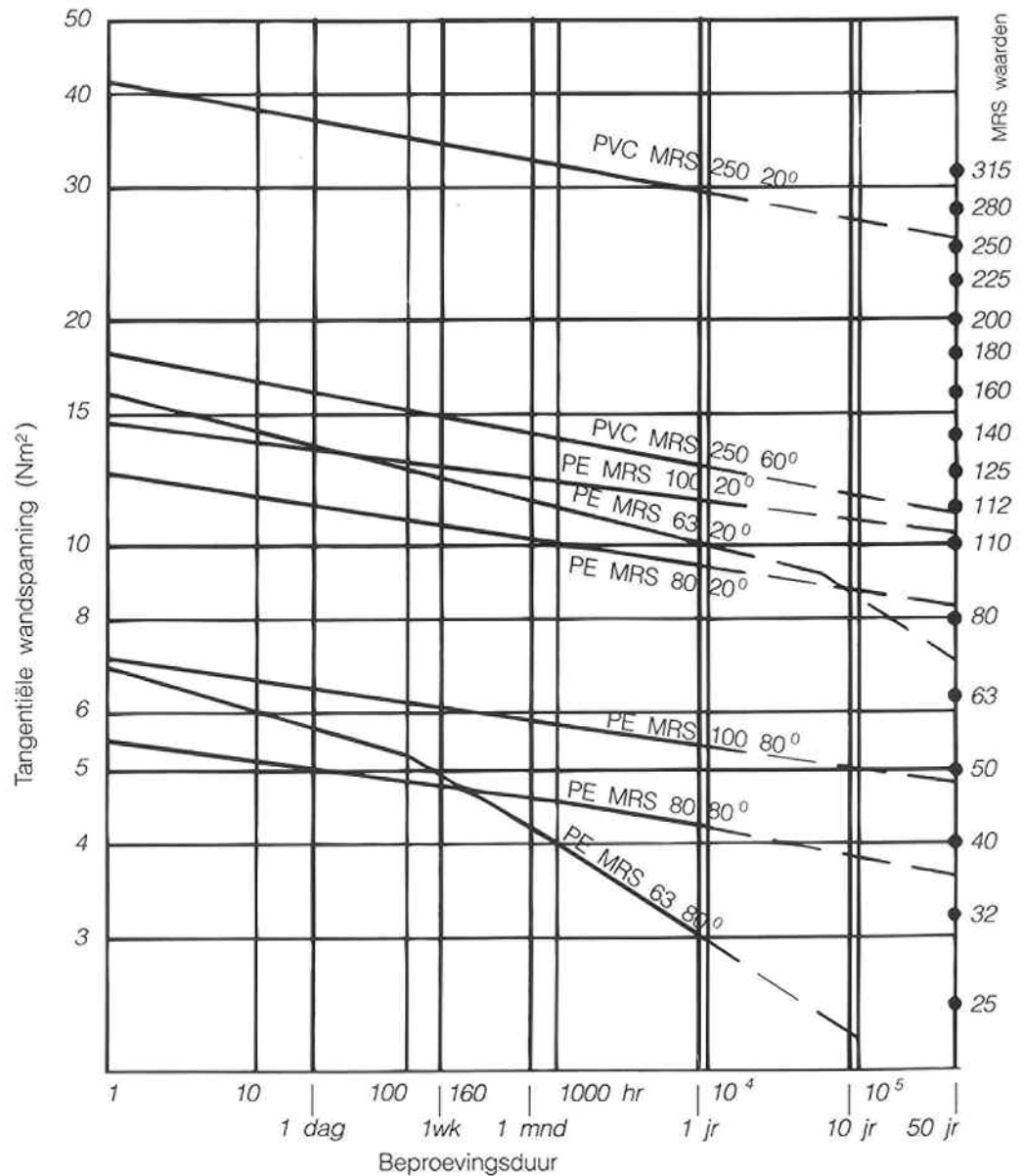
4 Klassificatiesysteem kunststof buizen

Kunststof buizen van PVC en PE zijn gedimensioneerd op sterkte en stijfheid. Deze beide criteria gekoppeld aan de korte- en langeduur materiaaleigenschappen zijn direct vertaalbaar naar geometrische verhoudingsgetallen. Met toepassing van internationaal geaccepteerde standaard getallenreeksen zijn logische diameter- en drukklassereeksen opgezet.

4.1 Sterkte

De basis vormt het langeduur barstdrukonderzoek, waarin een 50-jaars geëxtrapolerd spanningsniveau wordt bepaald. Deze zogenaamde LTHS-waarde (= long term hydrostatic strength) wordt naar beneden afgerond tot een internationaal overeengekomen MRS-waarde (= minimum required strength). De gestandaardiseerde MRS-waarden vormen een zgn. Renard reeks.

Afbeelding 13.
Barstdruklijnen voor
PVC en PE



Buismateriaal klassifikatie is dus opgebouwd uit de materiaalafkorting en de bijbehorende MRS-waarde, bijv. PVC MRS 250 of PE MRS 80.

In afbeelding 13 zijn voor de huidige toegepaste kunststofbuismaterialen de barstdruklijnen getekend bij zowel 20°C als bij 60 en 80°C. Op de 50-jaarslijn zijn de MRS-waarden aangeduid.

Bij het koderen van HPE buizen is het tot op heden gebruikelijk op de materiaalkode 'PE 50' op de buis te drukken. Recente ontwikkelingen in het polymerisatieproces van polyethyleen leveren materialen op die zowel qua lange duur sterkte als taaheid (o.a. tegen kerfwerking) aanzienlijk zijn verbeterd ten opzichte van de eerste generaties hard polyetheen buizen. De termen HPE, MPE of PE 50 voldeden niet meer om de nieuwe mogelijkheden kenbaar te maken. Met instandhouding van de tot nu toe gebruikte materiaal- en toepassingsfactoren mogen kunststof buizen worden gedimensioneerd op de volgende genormaliseerde toelaatbare spanningen.

Afbeelding 14.

Genormaliseerde toelaatbare spanningen

PVC MRS 250 t/m ø 50 mm	10,0 N/mm ²
PVC MRS 250 vanaf ø 63 mm	12,5 N/mm ²
PE MRS 100	8,0 N/mm ²
PE MRS 80	6,3 N/mm ²
PE MRS 63	5,0 N/mm ² 1)
PE MRS 32	2,5 N/mm ² 2)

1) Vroeger aangeduid als PE 50

2) Zacht Polyetheen (LDPE)

Het verband tussen tangentiële wandspanning σ_t en inwendige druk p wordt weergegeven in onderstaande formule (de zgn. ketelformule).

$$\sigma_t = \frac{p(D_u - e)}{2e} \quad \text{of} \quad \frac{\sigma_t}{p} = \frac{1}{2} \left(\frac{D_u}{e} - 1 \right)$$

e = wanddikte

D_u = uitwendige diameter

De termen $\frac{\bar{\sigma}_t}{p}$ en $\frac{D_u}{e}$ zijn internationaal

geaccepteerde geometrische verhoudingsgetallen.

$$\frac{\bar{\sigma}_t}{p} = S \text{ (serie)} \quad \text{en} \quad \frac{D_u}{e} = \text{SDR (Standaard Dimension Ratio)}$$

$$\text{dus: } S = \frac{\text{SDR}-1}{2}$$

Buismateriaal klassifikatie is dus opgebouwd uit de materiaalafkorting en de bijbehorende MRS-waarde, bijv. PVC MRS 250 of PE MRS 80.

In afbeelding 13 zijn voor de huidige toegepaste kunststofbuismaterialen de barstdruklijnen getekend bij zowel 20°C als bij 60 en 80°C. Op de 50-jaarslijn zijn de MRS-waarden aangeduid.

Bij het koderen van HPE buizen is het tot op heden gebruikelijk op de materiaalkode 'PE 50' op de buis te drukken. Recente ontwikkelingen in het polymerisatieproces van polyethyleen leveren materialen op die zowel qua lange duur sterkte als taaheid (o.a. tegen kerfwerking) aanzienlijk zijn verbeterd ten opzichte van de eerste generaties hard polyetheen buizen. De termen HPE, MPE of PE 50 voldeden niet meer om de nieuwe mogelijkheden kenbaar te maken. Met instandhouding van de tot nu toe gebruikte materiaal- en toepassingsfactoren mogen kunststof buizen worden gedimensioneerd op de volgende genormaliseerde toelaatbare spanningen.

Afbeelding 14.

Genormaliseerde toelaatbare spanningen

PVC MRS 250 t/m ø 50 mm	10,0 N/mm ²
PVC MRS 250 vanaf ø 63 mm	12,5 N/mm ²
PE MRS 100	8,0 N/mm ²
PE MRS 80	6,3 N/mm ²
PE MRS 63	5,0 N/mm ² ¹⁾
PE MRS 32	2,5 N/mm ² ²⁾

¹⁾ Vroeger aangeduid als PE 50

²⁾ Zacht Polyetheen (LDPE)

Het verband tussen tangentiële wandspanning σ_t en inwendige druk p wordt weergegeven in onderstaande formule (de zgn. ketelformule).

$$\sigma_t = \frac{p(D_u - e)}{2e} \quad \text{of} \quad \frac{\sigma_t}{p} = \frac{1}{2} \left(\frac{D_u}{e} - 1 \right)$$

e = wanddikte

D_u = uitwendige diameter

De termen $\frac{\bar{\sigma}_t}{p}$ en $\frac{D_u}{e}$ zijn internationaal

geaccepteerde geometrische verhoudingsgetallen.

$$\frac{\bar{\sigma}_t}{p} = S \text{ (serie)} \quad \text{en} \quad \frac{D_u}{e} = \text{SDR (Standaard Dimension Ratio)}$$

$$\text{dus: } S = \frac{\text{SDR}-1}{2}$$

In afbeelding 15 zijn voor vollewand buizen de diverse klassifikatiecodes en zowel de bijbehorende nominaal toelaatbare inwendige druk als de initiële stijfheid weergegeven.

Afbeelding 15.

Oververzicht buisklassen:

SDR (Standard Dimension Ratio)	Materiaal	S (Serie)	Nominale druk vlg. KIWA (MPa)	STIS N/m²
9	PE MRS 32 (LDPE)	4.2	0.6	50.000
11	PE MRS 63 (HDPE)	5	1.0	65.000
	PE MRS 80 (MDPE)	5	1.25	65.000
	PE MRS 100	5	1.6	65.000
14	PVC t/m ø40 mm	6.3	1.6	110.000
	PE MRS 63	6.3	0.8	30.000
	PE MRS 80	6.3	1.0	30.000
	PE MRS 100	6.3	1.25	30.000
17.6	PE MRS 63	8.3	0.6	14.000
	PE MRS 80	8.3	0.8	14.000
	PE MRS 100	8.3	1.0	14.000
21	PVC t/m ø50 mm	10	1.0	30.000
	PE MRS 63	10	0.5	8.000
	PE MRS 80	10	0.6	8.000
	PE MRS 100	10	0.8	8.000
26	PVC t/m ø63 mm	12.5	1.0	16.000
	PE MRS 63	12.5	0.4	4.300
	PE MRS 80	12.5	0.5	4.300
	PE MRS 100	12.5	0.6	4.300
34	PVC vanaf ø63 mm	16.7	0.75	7.000
41	PVC vanaf ø63 mm	20	0.63	3.900

Opm. De buisklassen SDR 14 en SDR 21 zijn voor PE incurante afmetingen!

4.3 Temperatuurcorrectiefactoren

Afbeelding 16.

Materiaal	Reduktiefactoren voor de temperatuursgebieden					
	0-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45
PVC	1	1	0.9	0.8	0.7	0.6
PE MRS 32	1	0.7	0.55	0.4	-	-
PE MRS 63	1	0.8	0.6	0.5	0.4	-
PE MRS 80	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
PE MRS 100	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

5 Dwarskontractie-ervorming ten gevolge van inwendige overdruk

Voor vervorming in het elastische gebied geldt de algemeen bekende formule van 'Hooke':

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

waarin:

ε = rek in mm/mm

σ = wandspanning in N/mm²

E = elasticiteitsmodulus in N/mm²

De elasticiteitsmodulus is een materiaalkonstante die bij kunststoffen een tijds- en belastingsafhankelijk karakter heeft. Dus bij een gelijkblijvende spanning zal kunststof langzaam rekken (kruip), op bij gelijkblijvende rek zal de spanning langzaam verminderen (spanningsrelaxatie). Een andere belangrijke materiaalkonstante is de zogenaamde dwarskontractiecoëfficiënt; aangeduid door het teken 'v'.

Deze konstante duidt aan de mate waarin het materiaal krimpt in de ene richting als gevolg van een aangebrachte rek in de andere richting (een sprekend voorbeeld is een rekkend stuk elastiek).

In formulevorm weergegeven:

$$\varepsilon_{\text{axiaal}} = \frac{1}{E} (\sigma_{\text{axiaal}} - \nu \cdot \sigma_{\text{tangentieel}})$$

en

$$\varepsilon_{\text{tangentieel}} = \frac{1}{E} (\sigma_{\text{tangentieel}} - \nu \cdot \sigma_{\text{axiaal}})$$

Afhankelijk van de tijd gebruikt men de volgende waarden:

Elasticiteitsmodulus	PVC	HPE
Kortdurende belasting	3200 N/mm ²	900 N/mm ²
Langdurende belasting	1500 N/mm ²	230 N/mm ²
Dwarskontractiecoëfficiënt	0,37	0,40

Dwarskontractie in de praktijk

Het verschijnsel van dwarskontractie is onder meer van belang bij de konstruktie van leidingen welke in lengterichting vrij kunnen bewegen, zoals bijv. in een mantelbuis. Bij ondergrondse leidingstelsels wordt lengtevermindering als gevolg van dwarskontractie grotendeels verhinderd door de wrijving tussen buis en omringende grond.

Derhalve behoeft voor ondergrondse leidingen, verbonden met behulp van Wavin steekmoffen, onder normale omstandigheden geen rekening worden gehouden met optredende lengtevermindering als gevolg van dwarskontractie.

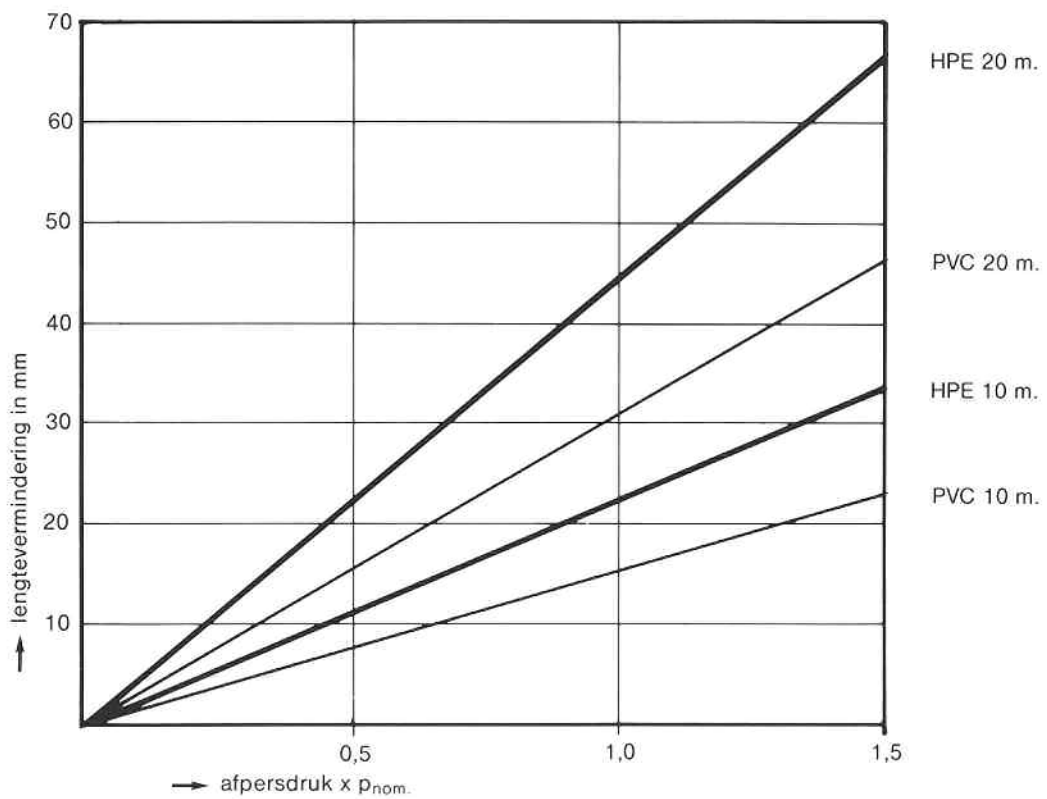
Indien de omstandigheden zodanig zijn (bijv. natte losgestorte klei, veen etc.) dat weinig of geen wrijving tussen buis en grond moet worden verwacht, wordt geadviseerd in combinatie met steekmoffen buislengtes van maximaal 10 meter te gebruiken, of met trekvaste verbindingen te werken.

Afbeelding 17.

Andere mogelijkheden om uitschuiven als gevolg van dwarskontractie te verminderen zijn het toepassen van grondverbeteringen (bijv. aanvullen met zand) en het kiezen van een lagere afpersdruk.

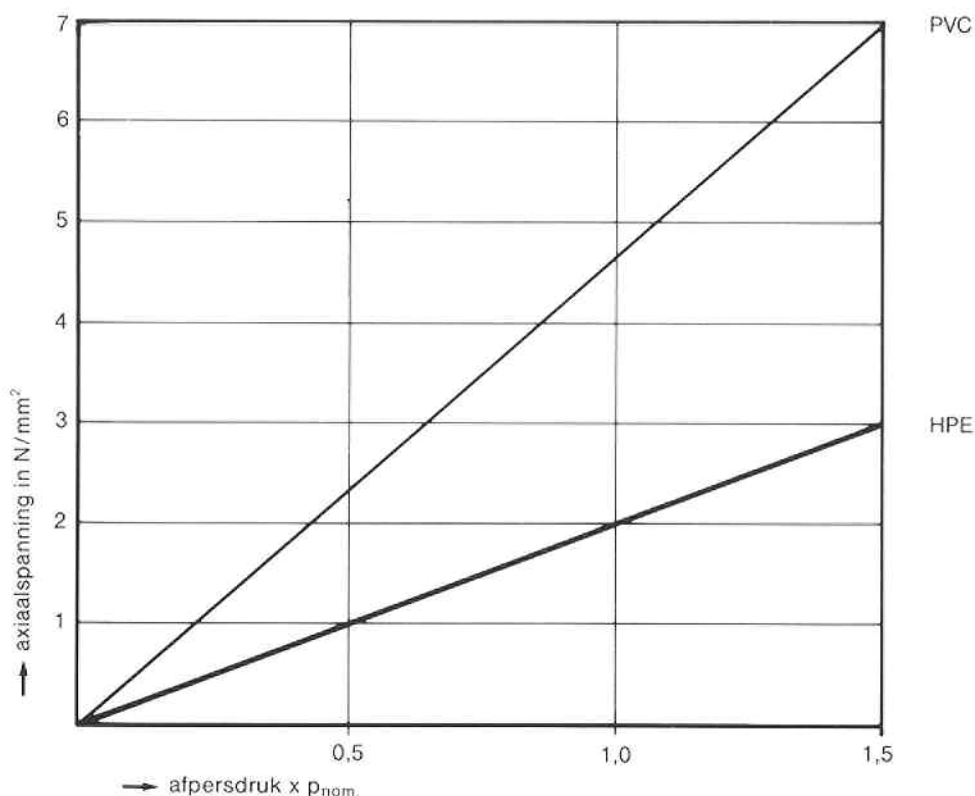
Verbindingen in drukleidingen welke in mantelbuizen liggen, moeten trekvast worden uitgevoerd. Zo ook de aansluitende buizen buiten de mantelbuis tot een lengte die afhankelijk is van inwendige druk, grondsoort en legdiepte. Wavin heeft hiervoor computerprogramma's ontwikkeld en brengt u desgewenst gaarne advies uit. Ter illustratie is in afbeelding 18 het verband weergegeven tussen afpersdruk als functie van ontwerpdruk P_{nom} , buislengte en dwarskontractie voor PVC en HPE, voor het geval dat de buis wrijvingsloos kan verkorten. De waarden zijn gebaseerd op de korteduur elasticiteitsmodulus.

Afbeelding 18.



In afbeelding 19 is het verband weergegeven tussen axiale buisspanning en afpersdruk als functie van ontwerpdruk p_{nom} , indien de buis niet kan verkorten. Deze situatie ontstaat in trekvaste mantelbuisconstructies en in door grond omhulde buizen. Door de axiale buisspanning te vermenigvuldigen met de ringdoorsnede wordt de axiale kracht verkregen. Door spanningsrelaxatie zal in ondergrondse buizen deze axiale spanning in de tijd afnemen. In mantelbuizen is deze axiale spanning blijvend.

Afbeelding 19.



5.1 Trekvaste buislengte aansluitend op mantelbuis

De materiaaleigenschap 'dwarskontractie' zal opgevangen moeten worden. Steekverbindingen in en direct buiten de mantelbuis kunnen anders worden losgetrokken.

In zand- en kleigronden dient de leiding trekvast te worden uitgevoerd over een lengte die kan worden berekend m.b.v. afbeelding 20 door de gekozen waarde te vermenigvuldigen met de bedrijfsdruk in MPa. In kleigrond speelt de dekking een verwaarloosbare rol, terwijl in zandgrond deze hoogte wel degelijk van invloed is. Voor andere dekkingen in zand kan de trekvaste lengte worden gevonden door onderstaande waarden te delen door de aanvulhoogte.

In zeer slappe gronden waar geen kohesie en ook geen statische wrijving aanwezig is, dient de dwarskontractie te worden opgevangen door óf verankering tegen de kopse kanten van de mantelbuis, óf door grondankerplaten, waarbij dan gebruik wordt gemaakt van de passieve gronddruk (zie afbeeldingen 21 en 22). Voor een passend advies verzoeken wij u met ons in contact te treden.

Afbeelding 20.
Trek vaste buislengte i.v.m. dwarskontractie in m per 1 MPa inwendige bedrijfsdruk en een aanvulhoogte van 1 m.

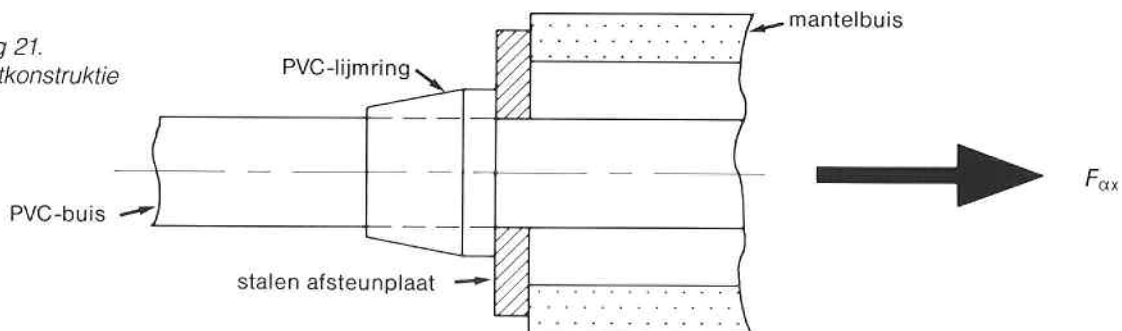
D	Zand	Klei
110	10	20
125	12	22
160	15	29
200	20	36
250	24	45
315	29	56
355	33	64
400	37	72
450	40	80
540	45	90
630	55	110

Voorbeeld:
PVC ø400
 $p = 0,4 \text{ MPa}$
 $H = 1,3 \text{ m}$

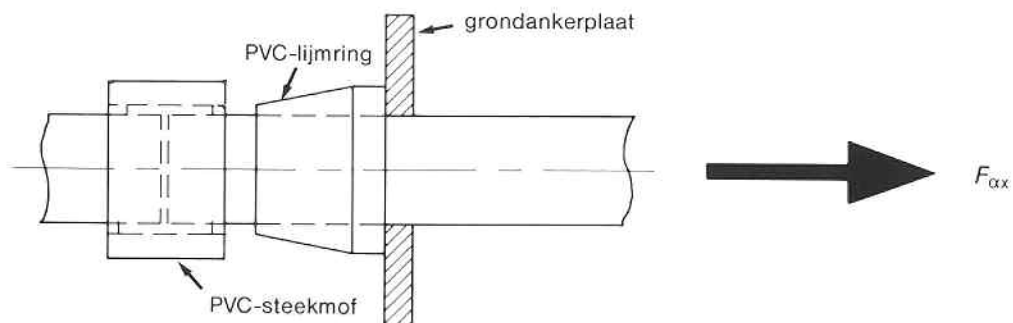
$$\text{zand: } L_{\text{zand}} = \frac{37 \times 0,4}{1,3} = 11,4 \text{ m}$$

$$\text{klei: } L_{\text{klei}} = 72 \times 0,4 = 28,8 \text{ m}$$

Afbeelding 21.
Steunplaatconstructie



Afbeelding 22.
Grondankerplaat



6 'Bochtkrachten' en 'trekvaste lengte bij bochten'

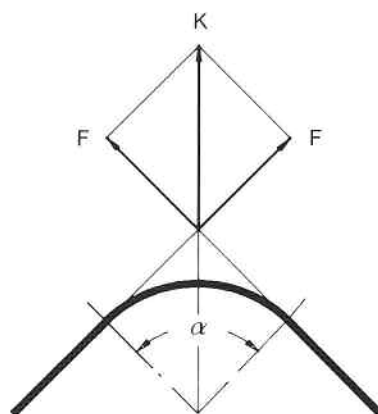
Indien een buisstuk aan beide uiteinden is afgesloten met eindkappen welke aan de buiswand zijn bevestigd, dan is de axiale wandspanning ten gevolge van inwendige overdruk de helft van de tangentiële wandspanning.

$$\sigma_a = 1/2\sigma_t$$

Bij ondergrondse leidingsystemen is deze axiale wandspanning van ondergeschikt belang. Bij bochten daarentegen dient wel degelijk rekening worden gehouden met axiale krachten.

De grootte hiervan is afhankelijk van de inwendige druk (p), de buisdiameter (d) en de hoek van de bocht (α). De resultante van de bochtkrachten is $K=2.F.\sin.1/2\alpha$. Deze kracht is over de lengte van de bocht verdeeld. Hierbij is $F=1/4\pi D_u^2.p$.

Afbeelding 23.
Resultante van de bochtkrachten



In afbeelding 24 zijn deze krachten voor de buisdiameter van 110 t/m 630 mm voor een inwendig druk van 1,0 MPa weergegeven.

Afbeelding 24.
Krachten F en K in kN bij een inwendige druk van 1,0 MPa

Buisdiam. (mm)	F (kN)	Spatkracht K (kN) bij een bocht van				
		11°	22°	30°	45°	90°
110	9,5	1,8	3,7	5,0	7,3	13,5
125	12,3	2,4	4,7	6,4	9,4	17,4
160	20,1	3,9	7,7	10,5	15,4	28,5
200	31,4	6,0	12,0	16,3	24,1	44,5
250	49,1	9,4	18,8	25,5	37,6	69,5
315	77,9	15,0	29,8	40,4	59,7	110,3
355	99,0	19,0	37,8	51,2	75,8	140,0
400	125,7	24,1	48,0	65,1	96,2	177,8
450	159,0	30,5	60,7	82,3	121,7	224,9
500	196,4	37,7	75,0	101,7	150,3	277,7
630	311,7	59,8	119,0	161,4	238,6	440,9

(N.B.: 10 kN \approx 1 ton)

6.1 Trekvaste lengte bij bochten

In kunststof drukleidingen kunnen deze spatkrachten eenvoudig worden opgevangen door de leiding ter weerszijde van de bocht over een zekere lengte trekvast te verbinden. Hierdoor wordt de bocht verankerd zonder dat andere voorzieningen zoals 'stempels' aangebracht hoeven te worden. Het gebruik van beton, houten paaltjes e.d. als stempels wordt ontraden. De verankerende werking berust op de volgende grondmechanische eigenschappen:

- Statische friktie tussen buis en omringende grond.
- Passieve gronddruk als functie van grondsoort, kohesie, legdiepte en aanvulgroep.

De lengte over welke de leiding ter weerszijde van een bocht trekvast moet worden uitgevoerd is afhankelijk van:

- Grondsoort en mate van verdichting.
- Legdiepte.
- Bochtgradering en buigstraal.
- Werkdruk.
- Snelheid van het medium (dynamische krachten).
- Zekerheidsfactor in relatie tot afpersdruk en eventuele waterslageffekten.

Wavin heeft voor de berekening van de benodigde trekvaste lengte een computerprogramma ontwikkeld. In voorkomende gevallen brengen wij u gaarne een passend advies uit.

In afbeelding 25 zijn voor de grondsoorten zand, klei en veen de berekende trekvaste lengtes vermeld, waarbij als berekeningsgrondslag is gekozen voor:

- Inwendige druk = 0,6 MPa
- Medium snelheid = 1 m/s
- Leiding ligt in het grondwater met een dekking van 1 m
- bochthoek = 90°
- Buigstraal = 5 x buisdiameter
- Verdichting: zand - 90%
 klei - 80%
 veen - 70%
- Zekerheidsfactor = 3

Afbeelding 25.
Trevaste lengte in m
voor 90° bocht, 0,6 MPa
inwendige druk en
1 m diepte

D	Zand	Klei	Veen
110	3,0	3,9	9,9
125	3,3	4,2	11,0
160	4,1	5,1	13,8
200	5,3	6,6	17,2
250	6,3	7,8	20,8
315	7,4	9,0	24,9
355	7,9	9,7	27,4
400	8,9	10,7	30,2
450	9,6	11,7	33,3
500	10,6	12,6	36,2
630	12,7	14,8	43,1

De trekvaste lengte voor bochten kleiner dan 90° kan worden berekend door bovenstaande waarde te vermenigvuldigen met $\tan \frac{1}{2}\alpha$ (α = bochthoek).

6.2 Trekvaste lengte bij T-stukken

Bij haakse aftakkingen (T-stukken) zal de axiale kracht $F = \frac{1}{4}\pi D^2 \cdot p$. (zie afbeelding 20) de doorgaande leiding zijdelings verplaatsen indien de aftakkende verbinding niet trekvast is uitgevoerd. Bij een trekvaste uitvoering van deze verbinding wordt de gehele leiding op zijn plaats gehouden doordat enerzijds de passieve gronddruk de doorgaande leiding en anderzijds de statische wrijving de aftakkende buis in de grond verankert. Buisdiameter, inwendige druk, aanvullingshoogte en grondsoort zijn van grote invloed op de trekvaste lengte. In slappere grondsoorten kan de benodigde trekvaste buislengte dermate lang worden, dat het in deze situaties goedkoper en technisch beter verantwoord is om alle aansluitingen van het T-stuk trekvast uit te voeren. In dat geval kunnen de waarden uit afbeelding 25 met een grote mate van zekerheid worden gehanteerd.

7 Waterslag

Waterslag is het optreden van drukverschillen in gesloten leidingen ten gevolge van veranderingen in stroomsnelheid van de vloeistof. Deze snelheidsveranderingen kunnen onder meer ontstaan door het aan- of afslaan van pompen en door manipulaties met afsluiters. Hierdoor ontstaat een drukgolf die zich met een bepaalde snelheid door de leiding voortplant. De voortplantingssnelheid van deze drukgolven is afhankelijk van: het leidingmateriaal, de vloeistof, de afmetingen van de leiding. Hiertussen bestaat de volgende relatie:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \left\{ \frac{1}{K} + \left(\frac{D}{e} - 2 \right) \frac{1}{E_b} \right\}}}$$

waarin:

c = Voortplantingssnelheid van de drukgolf (m/s)

ρ = Dichtheid van de vloeistof (kg/m³)

K = Kompressiemodulus van de vloeistof (N/m²)

Voor water zonder vrij gas $K = 2,05 \times 10^9$ N/m²

$\frac{D}{e}$ = Quotiënt buitendiameter /wanddikte = buisklasse = SDR

E_b = Elasticiteitsmodules

voor PVC $E_b = 3,2 \times 10^9$ N/m²

voor HPE $E_b = 0,9 \times 10^9$ N/m²

Bij PVC en HPE buizen zullen de volgende voortplantingssnelheden van de drukgolven (c) optreden in leidingen gevuld met luchtvrij water.

Leiding	Klasse	c
PVC	SDR 41	280 m/s
	SDR 34	320 m/s
HPE buis	SDR 17,6	230 m/s
	SDR 11	300 m/s

Voortplantingssnelheden

In de praktijk zullen de voortplantingssnelheden voor de drukgolven lager zijn door de aanwezigheid van vrij gas en doordat de leiding altijd iets vervormd is. Door Wavin is een aantal metingen verricht aan operationele persleidingen. Hierbij zijn voortplantingssnelheden gemeten tussen 80 en 120 m/s. Dit laatste is van groot belang bij het berekenen van de drukverschillen die optreden door waterslag.

Afbeelding 26.
Voortplantingssnelheid
drukgolven PVC en
HPE buis

Onder verwaarlozing van het wrijvingsverlies in de leiding en onder voorwaarde dat de snelheidsverandering optreedt in een tijd korter dan de looptijd van de golf μ , waarbij $\mu=2L/c$ (L =lengte van de leiding in meters), kan met de Joukowsky-relatie de drukverandering berekend worden:

$$\pm \Delta H = \frac{c}{g} \cdot \Delta v$$

waarin:

ΔH = drukverhoging resp. -verlaging (mwk)

g = gravitatieconstante (m/s^2)

Δv = snelheidsverandering van vloeistof (m/s)

Met de hierboven berekende waarden van c worden de drukverschillen als volgt, indien $\Delta v= 1 m/s$.

*Afbeelding 27.
Drukverschillen en
wandspanningsveran-
deringen door waterslag
bij een snelheids-
verandering van de
vloeistof (v) van 1 m/s.*

Leiding	Klasse	ΔH	$\Delta \sigma$
PVC	SDR 41	29 mwk	5,7 N/mm ²
	SDR 34	33 mwk	5,5 N/mm ²
HPE	SDR 17,6	23 mwk	1,9 N/mm ²
	SDR 11	31 mwk	1,6 N/mm ²

$\Delta \sigma$ = verandering van de wandspanning t.g.v. ΔH

Onderdrukken

Bij waterslag kunnen ook onderdrukken optreden. Op die plaatsen waar de druk lager wordt dan de dampspanning van de vloeistof, kan gas- of dampspanning optreden (kavitasie). Als dit regelmatig gebeurt kunnen in de leiding gekoncentreerde gasbellen ontstaan. Deze kunnen bij pompstart drukverhogingen ten gevolge hebben en de leidingweerstand vergroten, totdat de gasbel is opgelost. Ook bij het dichtlopen van deze kavitasieplaatsen, als de onderdruk golf gereflekteerd is tegen het leidinguiteinde, kunnen overdrukken ontstaan. In drinkwaternetten wil men in het algemeen geen onderdruk toelaten wegens de kans op het aantrekken van vreemd water.

Hoewel kunststoffen zeer goed bestand zijn tegen kortdurende onderdrukken wordt i.v.m. de kavitasie bij persleidingen nog uitgegaan van de arbitraire eis dat geen onderdrukken groter dan 0,07 MPa (7 mwk) mogen ontstaan. Om grotere onderdrukken te voorkomen kunnen de volgende maatregelen genomen worden: vliegwielen op de pompen, beluchte of onbeluchte windketels, buffertorens en bypasses bij pompen. Bij het optreden van onderdrukken door waterslag is de weerstand van de leiding tegen kortdurende onderdrukken van groot belang.

Voor bestandheid van kunststof buizen tegen langdurende onderdrukken, zie hoofdstuk 'Onderdrukken in kunststof leidingen' (hoofdstuk 8).

8 Onderdrukken in kunststof leidingen

Inleiding

Bij het basisontwerp van kunststof transportleidingen zullen produkteigenschappen zoals toelaatbare inwendige onderdruk en weerstand tegen grondbelasting een rol spelen. Daarnaast zal, vooral voor leidingen die gedurende bepaalde perioden buiten gebruik worden gesteld, rekening moeten worden gehouden met de toelaatbare inwendige onderdruk. Enerzijds zullen door waterslagverschijnselen kortdurende onderdrukken kunnen ontstaan, terwijl anderzijds door verschillen in hoogteligging ook nog (semi-)permanente onderdrukken voorkomen. Over de ontwerpcriteria betreffende toelaatbare onderdruk is, in tegenstelling tot overdruk nog weinig gepubliceerd. Op basis van een onderzoek aan bovengrondse buizen en een literatuurstudie is door Wavin een theorie ontwikkeld waarin buisstijfheid, kruipeigenschappen (tijd), buisdeformatie en grondsteun, die een buis in de praktijk ondervindt, de belangrijkste parameters zijn.

Ontwerpcriteria

In het algemeen zullen kunststof buizen als gevolg van verschillende oorzaken geen zuivere cirkelvorm hebben. Buizen kunnen onder andere ten gevolge van het productieproces, opslag, etc. een vorm krijgen die tot ca. 1% afwijkt van de cirkelvorm. Eveneens kunnen buizen onder diverse omstandigheden in de loop der tijd een blijvende vormverandering ondergaan.

Grondsteun

De deformatie zelf en de aanlegmethode bepalen samen met de grondsoort de grondsteun die de buis aan de zijanten kan ondervinden; deze is van belang voor de weerstand tegen onderdrukken.

Afbeelding 28.
Weerstand tegen langdurende onderdruk
(= uitwendige overdruk) in
KPa (10 KPa = 1 mwk =
0,1 bar) voor
ondergrondse leidingen.

Buisklasse	Aanlegmethode	Weerstand tegen langdurende onderdruk in KPa bij omhulling rond de buis met		
		zand	klei	veen
PVC kl. 41 0,63 MPa	goed	180	110	90
	redelijk	180	110	90
	matig	180	110	90
	slecht	160	100	80
PVC kl. 34 0,75 MPa	goed	290	180	140
	redelijk	290	180	140
	matig	290	180	140
	slecht	290	180	140

Uit afbeelding 28 blijkt dat PVC buizen bestand zijn tegen grote onderdrukken.

De weerstand tegen kortdurende onderdrukken (bijv. waterslageffekten) is afhankelijk van de aanlegmethode 1,05 tot 1,5 maal hoger dan de waarden vermeld in afbeelding 28 (1,05 voor slechte aanlegmethoden en 1,5 voor een goede aanlegmethode). HPE buis SDR 17,6 (werkdruk 0,6 MPa) gedraagt zich stijver dan PVC buis klasse 34 (zie afbeelding 15), zodat HPE buis SDR 17,6 en SDR 11 eveneens zeer goed bestand zijn tegen kortdurende en langdurende onderdrukken/uitwendige overdrukken. In het algemeen zal het gebruik van PVC buis klasse 41 (werkdruk 0,63 MPa), ook ingeval onderdrukken kunnen optreden, verantwoord zijn.

9 Zinkers en slootkruisingen

9.1 Verankering tegen opdrijven

Het flexibele gedrag gekombineerd met het lage buisgewicht zijn factoren die kunststof buizen zeer geschikt maken voor toepassing in samenhangende grondsoorten zoals slappe klei, veen, e.d. Deze factoren voorkomen dat een gevulde kunststof leiding verzakt. De leiding zweeft als het ware in de slappe grond. In uiterst slappe grondsoorten kan het voorkomen dat nog niet gevulde buis direct na aanleg opdrijft. De afgelopen jaren is samen met gebruikers een ruime ervaring opgebouwd in het toepassen van verankeringsystemen, welke de legsnelheid weinig beperken. Doet zich een dergelijke situatie voor, dan brengen wij graag advies uit.

9.2 Zinkers en slootkruisingen

Het opbouwen van zinkers en slootkruisingen met behulp van standaardbochten wordt weinig toegepast. De kosten hiervan zijn tamelijk hoog en de hantering wordt moeilijker. Zinkers van PVC en HPE kunnen o.a. afhankelijk van de transportmogelijkheden geheel of gedeeltelijk in de fabriek worden voorgebogen. Soms zal het daarom noodzakelijk zijn de zinker uit twee of drie delen op te bouwen. De plaats van de trekvaste verbindingen kan het best in overleg met Wavin worden vastgesteld. Ook is het mogelijk om lange zinkers in niet-voorgebogen vorm te transporteren en op het werk in de gewenste vorm te laten buigen door Wavin montageploegen. Moderne gestuurde boortechneken maken het mogelijk om nauwkeurig zowel rechte als gebogen boringen te maken over aanzienlijke afstanden. Met name de flexibiliteit en de mogelijkheid tot het leveren van zeer lange buislengten heeft in de praktijk bewezen dat de HPE buis bij uitstek geschikt is voor deze aanlegtechniek.

HPE zinkers

Voor zinkers van HPE is het niet altijd noodzakelijk de bochten voor te buigen. Door de grote elasticiteit van HPE buis kan de bocht tijdens het afzinken worden gevormd. Hierdoor kan de legoperatie eenvoudiger en goedkoper worden, vooral bij langere zinkers. De minimum straal die bereikt kan worden in een HPE leiding bedraagt minimaal $50-100 \times D$ (zie ook 'Specifieke constructies: Bochten', hoofdstuk 11). Om de zinker deze kromming te geven, moet wel voldoende gewicht in de vorm van ballast worden aangebracht. Het is gewenst in deze gevallen contact op te nemen met specialisten van Wavin die een grote ervaring op het gebied van zinkers hebben, om samen de meest economische en technisch beste oplossing te bepalen. De lage dichtheid van PVC (1400 kg/m^3) en HPE (950 kg/m^3) maakt het gewenst de zinkers te ballasten. Voor HPE zinkers, welke of als sleepzinker in de sleuf worden getrokken, of als rechte buis worden afgezonken, geldt als vuistregel dat geen extra ballast ter plaatse van onderbochten aangebracht hoeft te worden wanneer de buigstraal groter is dan $100 \times D$.

HPE zinkers waarin kortere onderwaterbochten worden vereist moeten over deze bochten worden voorzien van extra ballast. In voorkomende gevallen kan Wavin u hierin adviseren. Wanneer een HPE zinker als rechte buis wordt ingevaren boven de gebaggerde sleuf, kan deze het beste worden afgezonken door de buis vanaf een zijde te vullen met water. Om te vermijden dat luchtbellens ontstaan doordat zich zgn. 'katteruggen' vormen, waardoor het afzinken ernstig wordt bemoeilijkt, kan het beste een schuimprop aan de vulzijde in de zinker worden aangebracht. De HPE zinker vlijt zich dan a.h.w. op de bodem. De afzinkprocedure is hierdoor zeer beheersbaar.

PVC zinkers

Bij PVC zinkers met een totale lengte van 40 tot 50 maal de buisdiameter kan met geen of heel weinig ballast volstaan worden, omdat deze nog voldoende eigen stijfheid bezitten om het kromstaan van het middendeel te voorkomen, mits de boveinden van de zinker gefixeerd zijn en de aanvulling beheerst wordt aangebracht.

De benodigde hoeveelheid ballast per strekkende meter buislengte is afhankelijk van:

- Soortelijke massa van het ballastmateriaal.
- Zinkveiligheid.
- Buismateriaal en -afmetingen.

9.3 Zinkveiligheid

Onder zinkveiligheid wordt verstaan het gewicht van het watergrondmengsel in ton/m³ tijdens het aanvullen waarin de geballaste buis zweeft. Het moge duidelijk zijn dat met name tijdens het aanvullen van de sleuf de grootste kans bestaat dat de buis door zijn zeer lage onderwatergewicht gemakkelijk kan gaan opdrijven of zijdelings verplaatsen.

In de afbeeldingen 29 en 30 is voor HPE en PVC voor een drietal situaties het ballastgewicht per strekkende meter berekend wanneer staal of beton c.q. zakken zand als ballastmateriaal wordt gekozen. Zo zal in de praktijk meestal worden gerekend met een zinkveiligheid van 1,1. Doch wanneer onbeheerst grote hoeveelheden zand op de zinker worden gestort zal al gauw gerekend moeten worden met een zinkveiligheid van 1,4. Het afzinken geschiedt door het vullen van de zinker met water.

:

Opmerking:

De in de afbeeldingen 29 en 30 vermelde gewichten zijn droge gewichten, dus **niet** het onderwatergewicht!

Afbeelding 29.

HPE zinkers**Ballast per strekkende meter in kg (bovenwatergewicht)**

zinkveiligheid	beton/zand			ijzer/staal		
	1,1	1,2	1,4	1,1	1,2	1,4
D						
110	2,5	4,5	11,0	1,5	2,5	5,0
125	3,0	6,0	14,0	1,5	3,0	6,0
160	4,5	10,0	23,0	2,5	5,0	10,0
200	7,0	15,0	35,0	4,0	8,0	16,0
250	11,0	23,0	55,0	6,0	12,0	24,0
315	17,0	36,0	88,0	10,0	19,0	39,0
355	22,0	46,0	111,0	13,0	25,0	49,0
400	28,0	58,0	141,0	16,0	31,0	63,0
450	35,0	73,0	179,0	20,0	39,0	80,0
500	43,0	90,0	220,0	25,0	49,0	98,0
630	68,0	143,0	350,0	40,0	75,0	155,0

Afbeelding 30.

PVC zinkers**Ballast per strekkende meter in kg (bovenwatergewicht)**

zinkveiligheid	beton/zand			ijzer/staal		
	1,1	1,2	1,4	1,1	1,2	1,4
D						
110	1,5	3,5	9,5	1,0	2,0	4,0
125	1,5	4,5	12,0	1,0	2,5	5,5
160	2,5	7,0	20,0	1,5	4,0	9,0
200	3,5	11,0	31,0	2,0	6,0	14,0
250	5,5	17,0	48,0	3,5	9,0	21,0
315	9,8	27,0	76,0	5,0	15,0	34,0
355	11,0	34,0	97,0	6,5	18,0	43,0
400	14,0	43,0	123,0	8,0	23,0	54,0
450	18,0	54,0	155,0	10,0	29,0	69,0
500	22,0	67,0	192,0	13,0	36,0	85,0
630	35,0	107,0	305,0	20,0	57,0	135,0

9.4 Ontluchting

Hellingen in de leiding, ontluchting

Rioolpersleidingen behoeven niet onder afschot te worden gelegd. Op de hoogste punten van de leiding kan zich lucht of gas verzamelen. Blijft dit gas daar aanwezig, dan ontstaat daardoor een vermindering van de afvoerkapaciteit van de leiding. Dit gas kan via, al of niet automatisch werkende, ontluchters verwijderd worden. Als de neergaande hellingen (in de stroomrichting gezien) niet te steil zijn, wordt een gasbel door de waterstroming afgebroken en de dan ontstane kleinere gasbellen worden meegevoerd. Door het Waterloopkundig Laboratorium is uit literatuurstudie en uit theoretische benadering een veilige formule ontwikkeld, die aangeeft bij welke stroomsnelheid, buisdiameter en helling, gasbellen afgebroken en meegevoerd worden. Op die plaatsen in de leiding, die aan deze voorwaarden voldoen hoeven dus geen ontluchtingen aangebracht te worden.

Deze formule luidt $v_{\min} = 1,23 \sqrt{g D \sin \alpha}$

waarin: v_{\min} = de minimale stroomsnelheid in m/s

g = versnelling van de zwaartekracht = $9,81 \text{ m/s}^2$

D = diameter van de leiding in m

α = de hellingshoek van de leiding.

Uitgaande van stroomsnelheden van 0,4 en 1,0 m/s kan de volgende tabel worden opgesteld voor de maximale helling van leidingen in verschillende diameters, waarbij gas meegevoerd wordt.

Maximale helling (α) waarbij gasbellen zeker meegevoerd zullen worden door de stromende vloeistof.

Afbeelding 31.

D	v=0,4 m/s	v=1,0 m/s
125	5° (1:12)	33° (1:1,6)
160	4° (1:15)	25° (1:2,2)
200	3° (1:19)	20° (1:2,8)
250	2,5° (1:23)	16° (1:3,6)
315	2° (1:29)	12° (1:4,6)
400	1,5° (1:37)	10° (1:5,9)
500	1,2° (1:46)	8° (1:7,4)
630	1° (1:58)	6° (1:9,3)

Uit enkele proefnemingen is gebleken, dat deze formule een veiligheidsfactor van 1,5 à 2 bezit en dat in zeer korte tijd (1 à 2 minuten) de gasbel afgebroken en meegevoerd is.

10 Afpersen van leidingen

Het doel van afpersen is de controle op dichtheid en sterkte. In de praktijk combineert men veelal beide afname-eisen door het aanbrengen van een afpersdruk van maximaal 1,5 x de nominale drukklasse van de buis. Bij rioolpersleidingen is het gebruikelijk op max. 1,5 x gesloten pompdruk af te persen. Bij deze gekombineerde beproevingsmethode op pas aangelegde leidingen moet terdege rekening worden gehouden met het feit, dat de grond rondom de buis nog niet de volledige natuurlijke verdichting heeft bereikt. De mate van verdichting en de draagkracht, welke sterk afhankelijk zijn van de grondsoort, bepalen in sterke mate de wrijving tussen buis en grond. Bij richtingsveranderingen (bochten, T-stukken, e.d.) in de leiding heeft dit consequenties voor het opvangen van de bochtkrachten door bijv. stempels of trekvastе buislengtes. In geval van buislengtes en niet-tekvastе verbindingen kan dwarskontractie door onvoldoende opgebouwde wrijving tussen buis en grond leiden tot overmatig schuiven in de verbinding. Dit aspect is eveneens behandeld in hoofdstuk 5 'Dwarskontractie - vervorming ten gevolge van inwendige overdruk'.

Beproevingdruk

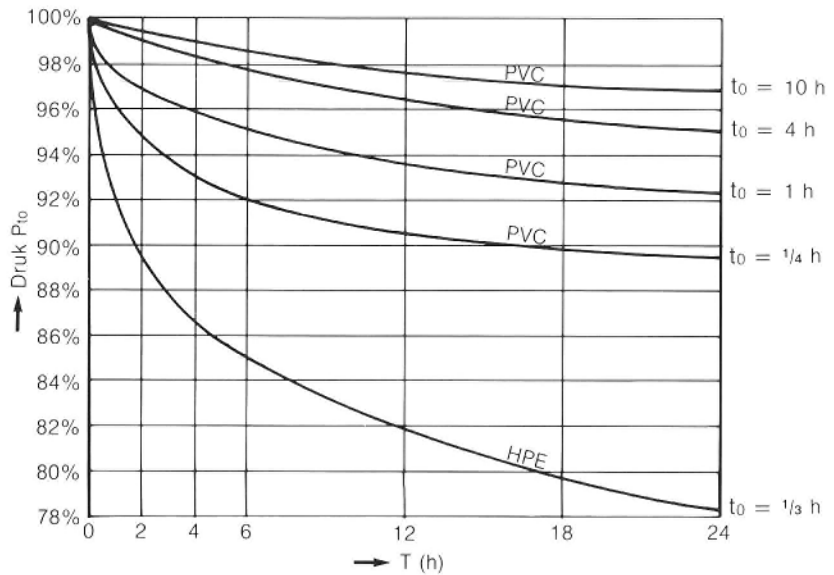
Het spreekt vanzelf dat ook de belastbaarheid van ingebouwde afsluiters e.d. bepalend kan zijn voor de hoogte van de beproevingsdruk. Indien de omstandigheden zodanig zijn, dat geen of weinig wrijving tussen buis en grond moet worden verwacht en er dus bij hoge afpersdrukken ten gevolge daarvan problemen kunnen worden verwacht, wordt volgend beproevingschema geadviseerd:

1. Dichtheidsbeproeving op een inwendige druk van ca. 0,05 MPa (0,5 bar). Foutief gemonteerde verbindingen zullen bij deze lage druk eerder lekkage vertonen dan wanneer op een hogere druk wordt afgeperst.
2. Wanneer na ca. 1 uur geen drukverlies is geconstateerd, dan de inwendige druk geleidelijk in kleine stappen in minimaal 1 uur opvoeren tot de bedrijfsdruk (in de praktijk is de bedrijfsdruk veelal lager dan de nominale druk).
3. Wordt op de bedrijfsdruk geen drukverlies geconstateerd, dan is de leiding dicht en kan verder in bedrijf worden genomen.
4. Een sterktebeproeving is onder deze omstandigheden pas raadzaam na een langdurige periode waarin de grond rondom de buis zijn natuurlijke verdichting heeft bereikt.

Bij het afpersen op 1,5 x de nominale drukklasse van de buis ontstaat bij PVC een tangentiële wandspanning van $1,5 \times 12,5 \text{ N/mm}^2 = 18,75 \text{ N/mm}^2$ en bij HPE $1,5 \times 5 \text{ N/mm}^2 = 7,5 \text{ N/mm}^2$ (zie afbeeldingen 13 en 14). Tijdens de afpersprocedure zal het buismateriaal gaan rekken. De leiding krijgt zo een wat groter volume en de druk zal dientengevolge iets dalen. De rek begint op te treden bij het onder druk brengen, waardoor de grootte van de drukval mede wordt bepaald door de tijd, nodig voor het op testdruk brengen.

Voor het geval dat de leidinglengte niet verandert, inwendig geen lucht aanwezig is en de temperatuur konstant blijft, geeft afbeelding 32 de drukval over de beproevingsduur weer bij het afpersen op 1,5 x de nominale druk afhankelijk van de tijd benodigd voor het op druk brengen.

Afbeelding 32.
Drukverloop bij afpersen
PVC- en HPE leidingen
met water



t_0 = tijd benodigd om
leiding op druk te
brengen

T = tijd nadat de leiding
op druk is gebracht

P_{t_0} = beproevingsdruk
gelijk aan 1,5 x nominale
druk

11 Specifieke constructies

11.1 Bochten

Bochten in een ondergronds leidingtracé kunnen op de volgende wijze worden uitgevoerd:

- Kunststof knieën, welke m.b.v. lijmverbinding (PVC) of lasverbinding (PE) of mechanische klemverbinding (m.n. dienstleidingen PE) trekvast aan de buis worden verbonden.
- Metalen knieën (zgn. Q-stukken) welke m.b.v. flensverbindingen of insteekverbindingen al dan niet trekvast worden verbonden.
- Warmgebogen kunststof bochten, welke fabrieksmatig uit buis zijn gebogen. De kromtestraal bedraagt ca. $5 \times D$ en de hoeken zijn standaard.
- Warmgebogen kunststof buisstukken welke zowel fabrieksmatig als in het veld in iedere hoek kunnen worden gebogen. De kromtestraal bedraagt ca. $10 \times D$.
- Met flexibele PVC druksteekmoffen van $\varnothing 250$ t/m 630 mm. De vrije hoekverdraaiing per steekmof bedraagt 6°C (1:10, d.w.z. een 10 m buis kan aan het uiteinde 1 m worden verplaatst). De bochtstraal is rechtevenredig met de individuele buislengte. Deze bedraagt $R = 9,5$ m per m buis. Bijv. met buizen van 10 m wordt de bochtstraal 95 m (dus zonder axiale buiging van de buis!).
- Met gebruikmaking van de axiale flexibiliteit van het kunststof buismateriaal. Geadviseerd wordt om de volgende minimale buigstralen te hanteren:

Afbeelding 33.

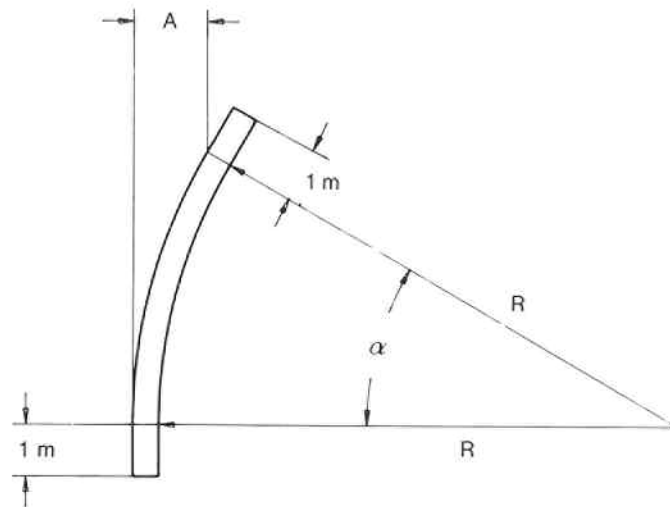
PVC buis	$R \geq 200 D$
PE buis $\varnothing 63$ t/m 160 mm	$R \geq 50 D$
PE buis $\varnothing 200$ en 250 mm	$R \geq 70 D$
PE buis $\varnothing 315$ mm en groter	$R \geq 100 D$

N.B.: Alle PE buisdiameters kunnen dezelfde kleine buigstraal weerstaan (ca. $15-30 \times D$) voordat zij bezwijken. Bovenstaande tabel houdt rekening met het feit dat de bocht door de aanvulgrond in gewenste buigstraal kan worden gehouden.

Voorzorgsmaatregelen

Bij het leggen van PVC buizen onder axiale buigspanning dient men tijdens aanleg te voorkomen dat buigkrachten door buisverbindingen worden overgebracht; dus niet verder buigen dan de vrije hoekverdraaiing in de mofverbinding toelaat. Het beste bereikt men dit door eerst aan weerszijden van de verbinding aan te vullen en te verdichten voordat de buis wordt gebogen. De buis dient op een aantal plaatsen aan de binnenbocht te worden verankerd. Gelaste HPE (zowel stuik- als elektrolasmof) verbindingen mogen na volledige afkoeling geheel worden gebogen volgens bovengenoemde tabel. In afbeelding 35 is voor PVC buizen van diverse lengten de mogelijke hoekverdraaiing α en verplaatsing A berekend voor de lengte minus 2 m (uitgaande van het feit dat iedere verbinding ter weerszijde over 1 m niet is gebogen, zoals weergegeven in afbeelding 34). Afbeelding 36 geeft voor HPE buizen de hoekverdraaiing per meter buislengte en de verplaatsing A voor diverse buislengten weer.

Afbeelding 34.
Axiale buiging van PVC
en PE buizen



Afbeelding 35.
Axiale buiging van
PVC buizen

D (mm)	R (m)	Buislengte							
		6 m	10 m	15 m	20 m				
		α°	A(m)	α°	A(m)	α°	A(m)	α°	A(m)
110	22	10	0,33	20	1,32	30	2,95	39	4,90
125	25	9	0,30	17	1,09	27	2,72	35	4,52
160	32	7	0,24	14	0,95	22	2,33	29	4,01
200	40	5	0,15	11	0,73	18	1,96	24	3,46
250	50	3	0,07	8	0,48	14	1,49	19	2,72
315	63	in de praktijk		6	0,34	11	1,16	15	2,15
355	71	moeilijk		in de praktijk		10	1,08	14	2,11
400	80	uitvoerbaar		moeilijk		9	0,98	12	1,75
450	90			uitvoerbaar		8	0,87	11	1,65
500	100					7	0,74	10	1,52
630	126					5	0,48	8	1,23

N.B.: ter weerszijde van de verbinding over 1 m geen buiging!

Afbeelding 36.
Axiale buiging
van HPE buizen

D (m)	R (m)	hoekverdraaiing per meter buislengte		A (m)			
		α°/m	6 m	10 m	15 m	20 m	
110	5,5	10	2,25	6,45	10,26	-	
125	6,25	9	2,57	6,25	10,67	12,5	
160	8	7	2,05	5,26	10,07	14,13	
200	14	4	1,21	3,27	7,00	11,56	
250	17,5	3	0,86	2,34	5,12	8,75	
315	31,5	1,8	0,56	1,54	3,43	6,01	
355	35,5	1,6	0,50	1,37	3,07	5,39	
400	40	1,4	0,43	1,19	2,65	4,68	
450	45	1,3	0,42	1,15	2,58	4,55	
500	50	1,15	0,36	1,00	2,25	3,97	
630	63	0,91	0,28	0,79	1,78	3,15	

N.B.: ook buiging in de lasverbinding toegestaan!

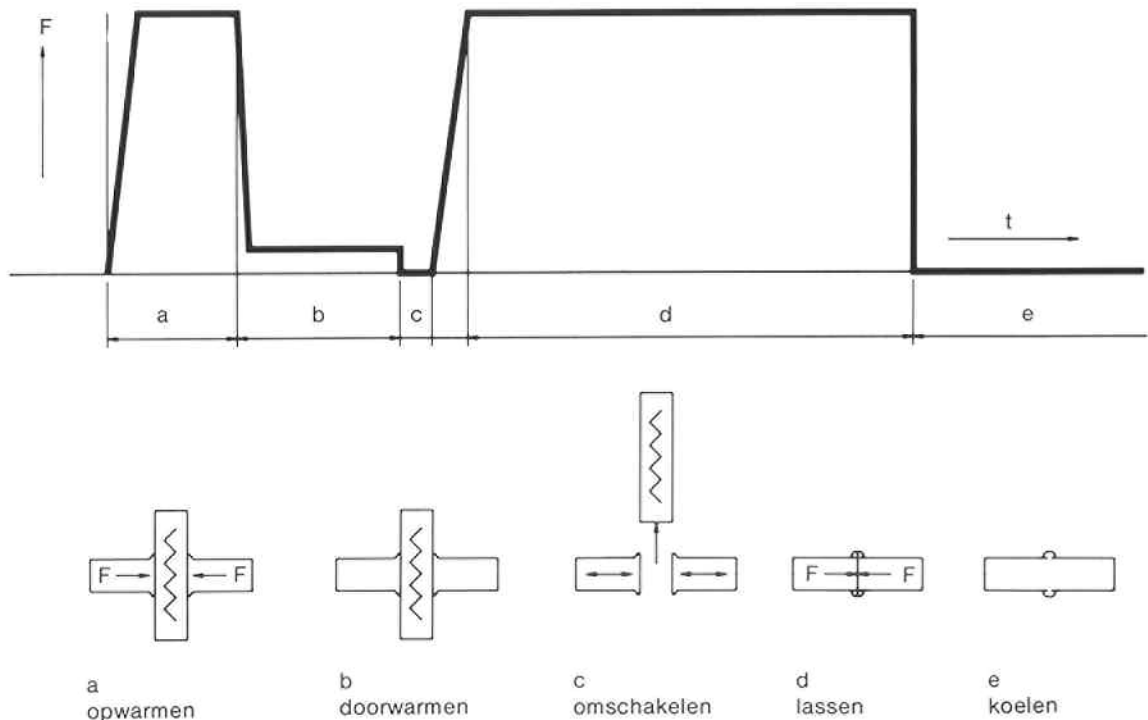
11.2 Thermische lasverbindingen

Polyethyleen, met name MPE en HPE, is uitstekend te lassen. PE kan niet gelijmd worden. De meest toegepaste lasmethoden zijn stuiklassen en elektromoflassen. In dit hoofdstuk wordt alleen stuiklassen behandeld. Lasverbindingen in PE leidingen bezitten, mits uitgevoerd volgens de geldende lasvoorschriften, een sterkte welke gelijkwaardig is aan die van de buis.

Stuiklassen

In 1984 is door een werkgroep van deskundigen vanuit de kunststof buizenindustrie, het VEG-Gasinstituut en het KIWA, een stuiklasmethodespecificatie opgesteld, zie NEN 7200. Stuiklassen blijkt een betrouwbare verbindingstechniek te zijn, mits goede apparatuur, goedgekeurde uitgangsmaterialen en de juiste lasparameters gehanteerd worden. Tevens moet het lassen door een ervaren lasser uitgevoerd worden. Aangezien geen volledig betrouwbare niet-destructieve inspectiemethode van de gemaakte stuiklassen beschikbaar is, dient veel zorg te worden besteed aan een goede uitvoering van het lassen door bijv. een intensief toezicht. Voor de aanvang van het stuiklassen dienen de te hanteren laskondities (temperatuur, druk, tijd, e.d.) voor de betreffende buismaat gedetailleerd aanwezig te zijn. Ook verdient het aanbeveling regelmatig proefflassen te maken. Een beoordelingsmethode van deze proefflassen is ook in de norm opgenomen.

Afbeelding 37.
Lascyclus



Het stuiklasproces is in principe weergegeven in afbeelding 37: de te lassen oppervlakken worden in contact gebracht met een verwarmde plaat, lassingel genoemd en dan gedurende enige tijd verwarmd, de plaat wordt weggenomen en de twee vlakken worden tegen elkaar geperst, waarbij de uiteindelijke lasril wordt gevormd.

De voorwaarden waaraan moet worden voldaan om een goede stuiklasverbinding te maken staan omschreven in NEN 7200. De lasdrukken en -tijden zijn uitgewerkt in stuiklastabellen, t.w. afbeelding 38: SDR 26, afbeelding 39: SDR 17,6 en afbeelding 40: SDR 11.

Stuiklastabel voor HDPE en MDPE

Afbeelding 38.

SDR 26 210°C

Diameter	mm	63	75	90	110	125	160	200	250	315	355	400	450	500	560	630
Opwarmkracht ¹⁾	kN	0,09	0,12	0,17	0,26	0,33	0,54	0,84	1,32	2,09	2,64	3,35	4,26	5,25	6,58	8,32
Opwarmrilbreedte	mm	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0
Max.doorwarmkracht ²⁾	kN	0,005	0,007	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,12	0,15	0,19	0,24	0,29	0,37	0,46
Doorwarmtijd	s	30	35	42	50	60	75	90	115	145	165	185	210	230	260	290
Max.omschakeltijd	s	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Max.drukopvoertijd	s	5	5	6	6	7	8	9	11	12	14	15	17	18	20	22
Laskracht ¹⁾	kN	0,09	0,12	0,17	0,26	0,33	0,54	0,84	1,32	2,09	5,64	3,35	4,26	5,25	6,58	8,32
Min.lastijd	min	6	6	7	7	8	9	11	13	15	17	18	20	22	25	27
Min.koeltijd	min	4	4	5	6	7	9	12	15	18	21	23	26	29	32	36
Min.rilbreedte ³⁾	mm	4	4	5	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Max.rilbreedte ³⁾	mm	7	7	8	8	9	10	11	12	14	15	17	18	19	21	23

¹⁾ Inclusief maximaal 10% sleepkracht

²⁾ Nagenoeg drukloos

³⁾ Valt de rilbreedte buiten de gestelde toleranties, dan dient alléén de opwarmtijd te worden aangepast!

Stuiklastabel voor HDPE en MDPE

Afbeelding 39.

SDR 17,6 210°C

Diameter	mm	63	75	90	110	125	160	200	250	315	355	400	450	500	560	630
Opwarmkracht ¹⁾	kN	0,12	0,17	0,25	0,37	0,48	0,78	1,22	1,90	3,01	3,81	4,84	6,12	7,55	9,47	12,0
Opwarmrilbreedte	mm	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0
Max.doorwarmkracht ²⁾	kN	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07	0,11	0,17	0,21	0,27	0,34	0,42	0,53	0,67
Doorwarmtijd	s	40	50	60	75	85	110	135	170	215	240	270	305	340	380	430
Max.omschakeltijd	s	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Max.drukopvoertijd	s	5	5	6	6	7	8	9	11	12	14	15	17	18	20	22
Laskracht ¹⁾	kN	0,12	0,17	0,25	0,37	0,48	0,78	1,22	1,90	3,01	3,81	4,84	6,12	7,55	9,47	12,0
Min.lastijd	min	7	7	8	9	10	12	14	17	21	23	26	30	31	35	39
Min.koeltijd	min	5	6	8	9	11	14	17	21	27	30	34	38	42	48	54
Min.rilbreedte ³⁾	mm	5	5	5	6	6	7	9	10	12	13	14	16	17	19	21
Max.rilbreedte ³⁾	mm	8	8	9	10	11	12	14	16	19	20	22	24	26	29	32

¹⁾ Inclusief maximaal 10% sleepkracht

²⁾ Nagenoeg drukloos

³⁾ Valt de rilbreedte buiten de gestelde toleranties, dan dient alléén de opwarmtijd te worden aangepast!

Stuiklastabel voor HDPE en MDPE

SDR 11 210°C

Afbeelding 40.

Diameter	mm	63	75	90	110	125	160	200	250	315	355	400	450	500	560	630
Opwarmkracht ¹⁾	kN	0,19	0,27	0,38	0,57	0,73	1,21	1,87	2,93	4,65	5,89	7,48	9,48	11,69	14,68	48,62
Opwarmriibreedte	mm	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Max.doorwarmkracht ²⁾	kN	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,11	0,16	0,26	0,33	0,42	0,53	0,65	0,82	1,03
Doorwarmtijd	s	70	83	100	120	135	175	220	275	345	390	435	490	545	610	685
Max.omschakeltijd	s	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Max.drukopvoertijd	s	5	5	6	6	7	8	9	11	12	14	15	17	18	20	22
Laskracht ¹⁾	kN	0,19	0,27	0,38	0,57	0,73	1,21	1,87	2,93	4,65	5,89	7,48	9,48	11,69	14,68	18,62
Min.lastijd	min	8	10	11	13	14	18	21	26	32	35	39	44	49	54	60
Min.koeltijd	min	9	10	12	15	17	22	27	34	43	48	55	62	68	76	86
Min.riibreedte ³⁾	mm	5	6	7	8	9	10	12	14	17	19	21	23	26	28	32
Max.riibreedte ³⁾	mm	9	10	11	13	14	16	19	22	27	29	32	36	39	43	48

¹⁾ Inclusief maximaal 10% sleepkracht

²⁾ Nagenoeg drukloos

³⁾ Valt de riibreedte buiten de gestelde toleranties, dan dient alléén de opwarmtijd te worden aangepast!

11.3 Afstandhouders

Afstandhouders worden toegepast bij de aanleg van leidingnetten waarbij de mediumvoerende kunststof buis door een beschermende mantelbuis wordt gevoerd. Zeker in leidingnetten waarin waterslageffekten kunnen optreden moet worden voorkomen dat de leiding in de mantelbuis kan gaan 'klapperen'. Dit wordt bereikt door de mediumvoerende buis te voorzien van afstandhouders. Hiermee wordt ook voorkomen dat de mediumvoerende buis kan beschadigen tijdens het inbrengen. Afstandhouders dienen deugdelijk om de mediumvoerende buis te worden bevestigd, zodat deze niet kunnen verschuiven tijdens het inbrengen. Ook mogen afstandhouders geen grote plaatselijke klemspanningen op de buis uitoefenen. Wavin levert voor PVC buizen PVC afstandhouders welke fabrieksmatig worden aangebracht. Voor PVC buizen gelden onderstaande maximale afstanden tussen de PVC afstandhouders in meters.

Afbeelding 41.

D	110	125	160	200	250	315	355	400	450	500	630
L	1,75	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	4,00	4,50

11.4 Beugeling

Voor het beugelen van kunststof leidingsystemen zijn van toepassing NEN 2672 voor PVC binnenrioleringen, NEN 2673 voor PE binnenrioleringen en NEN 7100 voor drinkwaterinstallaties van PVC.

Als vuistregel kan voor de maximale beugelafstand voor horizontale PVC en PE koudwaterleidingen worden gehanteerd:

t/m $\varnothing 63$ mm : $L_{max} = 20xD$

$\varnothing 75$ t/m $\varnothing 110$ mm : $L_{max} = 15xD$

vanaf $\varnothing 110$ mm : $L_{max} = 2$ m

Leveringsprogramma:

Wavin levert kunststof leidingssystemen met complete fittingprogramma's voor de volgende toepassingsgebieden:

- Drinkwaterdistributie
- Gastransport en -distributie
- Persriolering o.a. pompputten
- Buitenriolering o.a. kunststof inspectieputten, kunststof kolken
- Binnenriolering
- Sanitair en Verwarming
- Regenwaterafvoer en dakgoten
- Regenwatersystemen
- Regenwaterinfiltratiesystemen
- PE-afvoer
- Elektro
- Kabelbescherming
- Industriële leidingen
- Glasvezelversterkte kunststofleidingen
- Drainage
- Lijnafwateringsystemen

© 2010 Wavin Nederland B.V.

De in deze brochure opgenomen informatie is gebaseerd op onze huidige kennis en ervaring. Wij aanvaarden evenwel geen aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventuele tekortkomingen hierin. Overname van delen van de inhoud is uitsluitend toegestaan met bronvermelding.

Voor de meest actuele productinformatie, kijk op wavin.nl.