



Oplegnotitie Aanbeveling 51

Titel:	Aanbeveling 51: Milieutechnische ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen
Onderwerp:	Deze CUR/PBV-Aanbeveling geeft definities, eisen, regels, bepalingsmethoden en keuringscriteria voor het ontwerp van een bedrijfsriolering.
Datum en versie:	1997

1. Inleiding

SIKB heeft in 2021 het beheer overgenomen van Aanbeveling 51, voorheen CUR Aanbeveling 51. In deze oplegnotitie is een overzicht gegeven van de status en een eventueel voornemen tot actualisatie van het document.

2. Status

Vanwege contractuele verplichtingen zijn de logo's en merken van CUR van het document zoveel als mogelijk verwijderd of onherkenbaar gemaakt.

Tekst en inhoud van het document is in 1997 vastgesteld; dat is niet onder verantwoordelijkheid van SIKB gebeurd.

SIKB is dus niet verantwoordelijk of aansprakelijk voor tekst en inhoud van het betreffende document.

3. Voornemen tot actualisatie

SIKB is voornemens om het te zijner tijd het rapport te gaan actualiseren en om te zetten naar een SIKB rapport. Een exacte planning is nog niet bekend. Voor de laatste stand van zaken en nieuws omtrent de actualisatie wordt verwezen naar de website van SIKB.



CUR / PBV Aanbeveling 51:1997

Milieutechnische ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Inhoud

Voorwoord	3
1. Onderwerp	4
2. Toepassingsgebied	5
3. Termen en definities	6
4. Ontwerpcriteria	7
4.1 Vloeistofdichtheid	7
4.2 Samenstelling bedrijfsafvalwater	7
4.3 Externe leidingomgeving	8
5. Ontwerp	9
5.1 Vloeistofdichtheid	9
5.2 Bestandheid tegen aantasting	10
5.3 Hechting bekledingen	10
5.4 Draagvermogen buis en verbinding	10
5.5 Onderhoud en inspectie	10
5.6 Noodvoorzieningen	10
5.7 Ontwerpgegevens	10
6. Keuring en controle	12
6.1 Vloeistofdichtheid	12
Titels van vermelde normen en overige publicaties	14
Bijlage A Chemische bestandheid verschillende materialen	15
Bijlage B Chemische bestandheid van kunststofrielingen	16
Bijlage C Berekening buizen in ring- en lengterichting	20
1. Inleiding	20
2. Berekening buizen in ringrichting gefundeerd op staal	20
3. Berekening buizen in lengterichting (fundatie op staal)	38
Auteursrechten en aansprakelijkheid	42

1 Onderwerp

**2 Toepassings-
gebied**

**3 Termen en
definities**

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

**6 Keuring en
controle**

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Voorwoord

De huidige milieuwetgeving staat niet toe dat verontreinigingen terechtkomen in het oppervlaktewater of in de bodem. Een bedrijf heeft dan ook een verantwoordelijkheid ten aanzien van de gevolgen van de bedrijfsvoering voor het milieu. Zo verplichten de Wet bodembescherming, de Wet milieubeheer en de Wet verontreiniging oppervlaktewateren de eigenaar van het bedrijf om vervuiling van de grond, het grondwater of het oppervlaktewater te voorkomen. Dit kan onder meer worden gerealiseerd door het aanbrengen van vloeistofdichte bedrijfsrioleringen. Deze CUR/PBV-Aanbeveling gaat nader in op de milieutechnische ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen. Op basis van deze Aanbeveling kunnen vergunningverlenende instanties, ondernemers, ontwerpers en aannemers beoordelen of de voorgenomen uitvoering van bedrijfsrioleringen voldoet aan de huidige milieuwetgeving. De inhoud van deze Aanbeveling is afgestemd met relevante documenten die binnen het Plan Bodembeschermende Voorzieningen worden gepubliceerd.

Deze Aanbeveling, in het kader van het Plan Bodembeschermende Voorzieningen waarin CUR, Kiwa en het NIBV samenwerken, is opgesteld door CUR/KIWA/PBV-Voorschriftencommissie 41 "Milieutechnische ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen".

Op het moment van publiceren van deze Aanbeveling was de samenstelling van de commissie als volgt: ing. C. van der Vlist (voorzitter), ing. L. Bolding (rapporteur), ir. J.C. Wielenga (secretaris), ir. A.S. Beenen, L. du Clou, ing. M.A. Dokman, ir. G.M. Gaikema, ir. W. de Groot, ing. G.W. Koldewijn, S. Mensing, ing. P.A. Ruardi, J.H. van Santen, E.F.M. Smits, L. de Vaal, ir. M. van Zoelen, J.W. Pinkney (corr. lid), ing. A. Jonker (coördinator), ir. J. de Nekker (mentor). De tekst, opgesteld door de rapporteur, is door ir. C.A. van der Steen bewerkt tot deze Aanbeveling.

Deze Aanbeveling is goedgekeurd door de Algemene Voorschriftencommissie "Bodem en milieu".

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

1 Onderwerp

Deze CUR/PBV-Aanbeveling geeft definities, eisen, regels, bepalingmethoden en keuringscriteria voor het ontwerp van een bedrijfsriolering, mede op basis van de vloeistofdichtheid, zoals die door de Rijksoverheid is vastgesteld in het kader van de Milieuwetgeving en in 4.1 nader is omschreven.

Toelichting

Overige eisen aan het functioneren van een bedrijfsriool, zoals het afstemmen op de geldende lozingsvoorwaarden, vastgelegd in de Wet milieubeheer en hydraulische criteria vormen geen onderdeel van deze Aanbeveling.

1 Onderwerp

**2 Toepassings-
gebied**

**3 Termen en
definities**

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

**6 Keuring en
controle**

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

2 Toepassingsgebied

Deze CUR/PBV-Aanbeveling is van toepassing op bedrijfsrioleringen onder vrij verval, dan wel onder een overdruk van ten hoogste 0,25 MPa, voor het verzamelen en transporteren van bedrijfsafvalwater tot de lozing op het openbaar riool of het open water.

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

3 Termen en definities

Aanvullend op de definities in NEN 3300, gelden de volgende definities.

- 3.1 *Afvalwater*: al het water waarvan de houder zich, met het oog op de verwijdering daarvan, ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen.
- 3.2 *Huishoudelijk afvalwater*: afvalwater afkomstig van particuliere huishoudens dan wel afvalwater afkomstig van andere bronnen, maar dat wat betreft aard en samenstelling vergelijkbaar is met afvalwater uit particuliere huishoudens.

Toelichting

Hiertoe behoort bijvoorbeeld afvalwater afkomstig uit kantoorgedeelten met bijbehorende infrastructuur.

- 3.3 *Bedrijfsafvalwater*: het afvalwater niet zijnde huishoudelijk afvalwater.
- 3.4 *Bedrijfsriolering*: een voorziening voor de afvoer van bedrijfsafvalwater op een bedrijfsterrein naar een openbaar riool of een andere voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater, inclusief alle daarbij behorende verbindingen, putten en overige voorzieningen.
- 3.5 *Bedrijfsterrein*: een terrein, niet behorend tot openbaar terrein, waarop een bedrijf processen uitvoert.
- 3.6 *Vloeistofdichtheid*: de mate van lekverlies van een medium (vloeistof) optredende in een bedrijfsriolering.
- 3.7 *Lekverlies*: de hoeveelheid vloeistof, in ml, die wordt getransporteerd door 1 m² inwendige leidingwand, verbindingen, putten en/of aansluitingen.
- 3.8 *Aantasting*: het proces waarbij door chemische of fysische inwerking materiaalverlies optreedt of eigenschappen van een materiaal in ongunstige zin worden beïnvloed.
- 3.9 *Geplande levensduur*: de tijd waarin een bedrijfsriolering aan de gewenste prestaties moet voldoen.
- 3.10 *Ontwerp levensduur*: de levensduur van de bedrijfsriolering of onderdelen daaruit zoals aangehouden bij het ontwerp en gericht op het met zekerheid voldoen aan de gestelde eisen aan het riool gedurende de geplande levensduur, al dan niet in combinatie met gepland onderhoud.

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

4 Ontwerpcriteria

De volgende gegevens moeten bij aanvang van het ontwerp ten minste bekend zijn en worden vastgelegd:

- de eis aan de vloeistofdichtheid, zie 4.1;
- de samenstelling en kenmerken van het afvalwater, zie 4.2;
- de externe leidingomgeving, zoals bodem, grondwater en belastingen, zie 4.3;
- de van buitenaf optredende belastingen, zie 4.3.3;
- de geplande levensduur;
- de ontwerplevensduur;
- de wijze van uitvoering;
- de wijze van beheer

Toelichtin

De procesafhankelijke gegevens moeten bij de ontwerper bekend zijn, zodat het leidingmateriaal hierop kan worden beoordeeld.

Bij het opstellen van de ontwerpgegevens is niet alleen de huidige situatie belangrijk maar ook die situaties die door proceswijziging ontstaan en toekomstige ontwikkelingen op het boven de leidingen liggende bedrijfsterrein.

4.1 Vloeistofdichtheid

Door de bedrijfsriolering of componenten daarvan mag, bepaald volgens 6, een lekverlies optreden dat overeenkomt met de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

4.1.1 Vloeistofdichtheidsklasse A

Van vloeistofdichtheidsklasse A is sprake indien het afvalwater op basis van de samenstelling gelijk kan worden gesteld aan bedrijfsafvalwater en het lekverlies ten hoogste $0,1 \text{ ml/m}^2$ per uur bedraagt. In dat geval is er sprake van een verwaarloosbaar risico in het kader van de Nationale Richtlijn Bescherming bedrijfsmatige activiteiten (NRB).

4.1.2 Vloeistofdichtheidsklasse B

Van vloeistofdichtheidsklasse B is sprake indien het afvalwater op basis van de samenstelling gelijk kan worden gesteld aan bedrijfsafvalwater en het lekverlies ten hoogste $1,0 \text{ ml/m}^2$ per uur bedraagt. In dat geval is er sprake van een aanvaardbaar risico in het kader van de Nationale Richtlijn Bescherming bedrijfsmatige activiteiten (NRB) en moet een adequaat lekdetectie en/of monitoringsysteem worden toegepast.

Toelichting

In deze situatie is sprake van een zeker risico op verplichte bodemsanering in het kader van de zorgplicht.

4.1.3 Vloeistofdichtheidsklasse C

Van vloeistofdichtheidsklasse C is sprake indien het afvalwater op basis van de samenstelling gelijk kan worden gesteld aan huishoudelijk afvalwater en het lekverlies ten hoogste 80 ml/m^2 per uur bedraagt.

4.2 Samenstelling bedrijfsafvalwater

Van het bedrijfsafvalwater moeten voor het ontwerpen van het leidingsysteem ten minste de volgende eigenschappen en aspecten bekend zijn:

- de stoffen of combinatie van stoffen die van invloed kunnen zijn op de duurzaamheid van het rioelstelsel;
- de temperatuur van het afvalwater en de variatie daarin in de tijd;
- de concentratie van aanwezige stoffen en de variatie daarin;
- de vullingsgraad van het riool en de variatie daarin;

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

- de aanwezigheid van bestanddelen die aanleiding geven tot erosie van de leiding of leidingonderdelen (zand- en slibtransport).

Rekening moet worden gehouden met toekomstige ontwikkelingen ten aanzien van de hoeveelheid en samenstelling van het afvalwater dat de riolering moet verwerken. Aan de hand van een analyse van de samenstelling en eigenschappen van het afvalwater moet worden vastgesteld of sprake is van afvalwater dat gelijk kan worden gesteld aan huishoudelijk afvalwater of van bedrijfsafvalwater.

Toelichting

De beoordeling van de schadelijkheid voor (onderdelen van) de bedrijfsriolering van stoffen in het afvalwater bij een bepaalde temperatuur, vereist inzicht in de mechanismen die tot aantasting leiden van verschillende buismaterialen en verbindingsmiddelen. Het is wenselijk in teamverband na te gaan welke aantastingsmechanismen een rol kunnen spelen. In dit team kunnen bijvoorbeeld zijn vertegenwoordigd de ontwerper, de gebruiker, een chemicus en een materiaalkundige.

Bedacht moet worden dat de aantasting niet alleen een gevolg kan zijn van een bepaalde stof die wordt geloosd maar ook van reactieproducten, in vloeibare- of gasvorm, tussen stoffen in het afvalwater.

Per type buismateriaal of verbinding, kunnen andere bestanddelen in het afvalwater schadelijk zijn (zie bijlage A en B).

4.3 Externe leidingomgeving

Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met factoren in de omgeving van de leiding die van invloed kunnen zijn op de vloeistofdichtheid van de leiding. Factoren die ten minste moeten worden beschouwd, zijn:

- de grondeigenschappen onder en rondom de leiding, zie 4.3.1;
- de optredende grondwaterstanden en samenstelling van het grondwater, zie 4.3.2;
- de optredende bovenbelastingen op het maaiveld en verkeersbelastingen, zie 4.3.3.

4.3.1 Kenmerken grondpakket

De volgende kenmerken van het grondpakket moeten ten minste zijn vastgesteld:

- de opbouw en de samenstelling;
- het draagvermogen;
- het vervormingsgedrag (zettingsgevoeligheid).

4.3.2 Grondwatergegevens

De volgende gegevens van het grondwater moeten ten minste zijn vastgesteld:

- de grondwaterstanden en variaties daarin (gemiddeld hoogste, gemiddeld laagste en de extreme waarden);
- de grondwaterstromingen;
- de mogelijke agressiviteit van het grondwater.

Voor de beoordeling van de externe buisomgeving in relatie tot de duurzaamheid van de bedrijfsriolering geldt hetzelfde zoals gesteld in de toelichting van 4.2.

Toelichting

Grondwaterstroming en variatie in de grondwaterstand kunnen de aantasting van een leiding nadelig beïnvloeden. Bij de beoordeling van de agressiviteit verdienen zwavelverbindingen, humuszuren en kooldioxide in kalkarm (stromend) grondwater aandacht. Bij metalen leidingen moet bijvoorbeeld ook rekening worden gehouden met de elektrische geleidbaarheid van de grond en zwerfstromen veroorzaakt door bijvoorbeeld kabels, rails en transformatorstations.

4.3.3 Bovenbelastingjverkeersbelasting

Bij het leidingontwerp moet rekening worden gehouden met aanwezige, tijdelijke en in de toekomst te verwachten statische- en dynamische belastingen.

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

5 Ontwerp

5.1 Vloeistofdichtheid

5.1.1 Buismaterialen en -verbindingen

De vloeistofdichtheid van buismaterialen en buisverbindingen moet zodanig zijn dat wordt voldaan aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

Toelichting

Voor aanwijzingen omtrent de aanleg en de detaillering wordt verwezen naar de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) 3218 en naar de Leidraad Riolerings.

5.1.2 Voorzieningen in de bedrijfsriolering

De voorzieningen die in de bedrijfsriolering zijn aangebracht in verband met 5.5, moeten zodanig vloeistofdicht zijn dat wordt voldaan aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

5.1.3 Aansluitingen tussen kolken en leidingen

De aansluitingen tussen kolken en leidingen moeten zodanig vloeistofdicht zijn dat wordt voldaan aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse. De kolken en hun afdekkingen moeten bestand zijn tegen de uitgeoefende statische en dynamische belastingen en tegen het te ontvangen medium. Afdekkingen moeten voldoen aan NEN-EN 124.

Toelichting

Bij kolken kan de langere verblijftijd van het medium (zandvang) tot een grotere aantasting leiden.

5.1.4 Aansluitingen met lijnafwatering

Daar waar lijnafwateringselementen zijn opgenomen in vlakken waarop bedrijfsafvalwater wordt geloosd, moet de onderlinge verbinding van de elementen en de aansluiting met de bedrijfsvloer zodanig zijn dat wordt voldaan aan de gestelde eis ten aanzien van de vloeistofdichtheid.

Toelichting

Bruikbare documenten voor het vastleggen van eisen zijn de Beoordelingsrichtlijnen 5211 en 2362.

5.1.5 Afscheiders en hun aansluitingen

Afscheiders moeten voldoen aan NEN 7087 en NEN 7089. De aansluitingen tussen afsluiters en leidingen moeten zodanig vloeistofdicht zijn dat wordt voldaan aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

5.1.6 Aansluiting met zuiveringsinstallaties

De aansluitingen tussen een afvalwaterzuiveringsinstallatie en de aansluitende leidingen moeten zodanig vloeistofdicht zijn dat wordt voldaan aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

5.1.7 Aansluiting tussen bedrijfsvloer en leiding

Het op de bedrijfsvloer geloosde en/of gemorste afvalwater moet worden ingezameld, bijvoorbeeld door een lijnafwatering of kolken. De inzamelpunten moeten bestand zijn tegen het afvalwater en zodanig met de transportleidingen worden verbonden, dat wordt voldaan aan de gestelde eis ten aanzien van de vloeistofdichtheid. De afdekkingen moeten bestand zijn tegen de statische en dynamische belasting op vloer en afdekking uitgeoefend.

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Toelichting

Een bruikbaar document voor het vastleggen van eisen is de Beoordelingsrichtlijn 2362.

5.1.8 Reserve aansluitingen

Aansluitingen die niet direct worden gebruikt, moeten voor zolang dit noodzakelijk is, worden afgesloten op een wijze die in overeenstemming is met de verbinding van de aanwezige of later aan te brengen leidingen/voorzieningen. De punten dienen in het werk duidelijk te worden aangegeven met een signalering conform NEN 1184 en bereikbaar te zijn. De vloeistofdichtheid van de afsluiting moet zodanig zijn dat wordt voldaan aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

5.2 Bestandheid tegen aantasting

Het leidingstelsel moet een zodanige bestandheid tegen aantasting bezitten dat gedurende de geplande levensduur steeds wordt voldaan aan de gestelde eisen met betrekking tot sterkte, stijfheid, stabiliteit en vloeistofdichtheid.

Toelichting

Informatie over de bestandheid tegen aantasting is opgenomen in bijlage A en B.

5.3 Hechting bekledingen

Daar waar bekledingen zijn toegepast moet deze bekleding aaneengesloten zijn, ook ter plaatse van verbindingen en aansluitingen.

Hechtende bekledingen moeten gedurende de geplande levensduur blijvend hechtend zijn en mogen geen aantasting ondergaan waardoor functieverlies optreedt.

5.4 Draagvermogen buis en verbinding

Het draagvermogen van buis en verbinding moet worden getoetst aan de criteria sterkte, stabiliteit en vervorming, overeenkomstig bijlage C.

De toelaatbare hoekverdraaiing voor de verbindingen moet voldoen aan de productnorm voor het betreffende materiaal.

5.5 Onderhoud en inspectie

Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid tot onderhoud en inspectie (conditiebewaking) van het riool alsmede een doelmatig beheer.

Toelichting

Voor de inspectie en toestandsbeoordeling wordt verwezen naar de NPR 3398 en NEN 3399.

5.6 Noodvoorzieningen

In het rioleringsstelsel moet een noodvoorziening in de vorm van bijvoorbeeld een bufferbassin of een by-pass worden aangebracht voor het geval dat het systeem wordt overbelast.

5.7 Ontwerpgegevens

Van de ontworpen bedrijfsriolering moeten ten minste de volgende gegevens of uitgangspunten van het ontwerp zijn vastgelegd, mede ten behoeve van de uitvoeringscontrole:

- de gegevens omtrent het afvalwater, zoals verwoord in 4.2;
- de beschouwde stoffen (bestanddelen) in het afvalwater of de externe leidingomgeving die van invloed zijn op de duurzaamheid van de riolering;
- de beschouwde vormen van aantasting en de aangenomen gevolgen daarvan op de toegepaste materialen;

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

- de geplande levensduur en de ontwerplevensduur;
- de kenmerken van de ondergrond en de wijze van constructieberekening van het riool
- de wijze en omstandigheden van aanleg;
- hoe en op welke wijze het beheer moet plaatsvinden (beheerplan), zie ook NPR 3220.

Toelichting

In het beheerplan kan bijvoorbeeld worden vastgelegd:

- met welke regelmaat de riolering op dichtheid en aantasting moet worden geconcentreerd teneinde de vloeistofdichtheid te waarborgen en hoe dit moet plaatsvinden;
- de frequentie waarmee de leidingen en andere van belang zijnde componenten moeten worden gecontroleerd op een ordelijke toestand en het goed functioneren;
- hoe eventuele gebreken moeten worden verholpen en hoe bij incidenten of calamiteiten moet worden gehandeld;
- hoe een eventueel aangenomen zetting of later vastgestelde zetting moet worden bewaakt door landmeetkundige metingen in het leidingtrace, zo nodig aangevuld met zettingsmetingen van de leiding;
- waar bij de uitvoering van werkzaamheden op moet worden gelet, zoals (aanwezige bestanddelen, agressiviteit van het water).

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

6 Keuring en controle

6.1 Vloeistofdichtheid

Van het te beoordelen onderdeel van de bedrijfsriolering moet een proefopstelling worden gemaakt. Deze proefopstelling moet bestaan uit ten minste twee leidingbuizen of gedeelten daarvan met daartussen de verbinding, of een leidingbuis met daarop aangesloten de betreffende voorziening inclusief de daarbij behorende afdichting. De wijze van montage of onderlinge verbinding moet overeenkomen met de richtlijnen voor montage in het werk, zoals opgegeven door de producent.

Alle open uiteinden in de opstelling moeten waterdicht worden afgesloten. In de opstelling moet een voorziening worden aangebracht waarmee water (onder druk) kan worden aangebracht en een voorziening waarmee ontluchting mogelijk is. Tevens moet een voorziening worden aangebracht waarmee het lekverlies kan worden gemeten met de opgegeven nauwkeurigheid.

De te keuren onderdelen alsmede het te gebruiken water voor de proef moeten tijdens de proefuitvoering een nagenoeg constante temperatuur hebben.

Toelichting

Het beoordelen van de vloeistofdichtheid via een proefopstelling onder "Laboratoriumomstandigheden" heeft primair als doel informatie te krijgen of het betreffende onderdeel uit het leidingsysteem potentieel in staat is te voldoen aan de gestelde eisen ten aanzien van de vloeistofdichtheid.

6.1.1 Vrij verval systeem

De beproeving van het te beoordelen onderdeel moet plaatsvinden door middel van inwendige waterdruk. De proefopstelling moet worden gevuld met water, zodanig dat ter plaatse van de kruin van het hoogst gelegen punt van de opstelling een overdruk ontstaat van 1,0 m waterkolom. Luchtinsluitingen moeten hierbij worden voorkomen. Deze overdruk moet gedurende ten hoogste 72 uur worden gehandhaafd. Hierna moet gedurende 24 uur het lekverlies worden bepaald waarbij de overdruk van 1,0 meter waterkolom moet worden gehandhaafd.

De nauwkeurigheid van het bepaalde lekverlies moet zodanig zijn dat de nauwkeurigheid van het berekende lekverlies in ml/m^2 per uur ten minste bedraagt voor:

- vloeistofdichtheidsklasse A $0,01 \text{ ml/m}^2$ uur;
- vloeistofdichtheidsklasse B $0,1 \text{ ml/m}^2$ uur;
- vloeistofdichtheidsklasse C 1 ml/m^2 uur.

Keuringscriterium

Het opgetreden lekverlies moet worden omgerekend in een lekverlies per vierkante meter oppervlak van het riool en per uur. Het lekverlies, in ml/m^2 per uur, moet voldoen aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

6.1.2 Rioolpersleidingsysteem

De beproeving van het te beoordelen onderdeel moet plaatsvinden door middel van inwendige waterdruk. De proefopstelling moet worden gevuld met water, zodanig dat ter plaatse van de kruin van het hoogst gelegen punt van de opstelling een overdruk ontstaat van 1,0 m waterkolom. Luchtinsluitingen moeten hierbij worden voorkomen. Deze overdruk moet gedurende ten hoogste 72 uur worden gehandhaafd. Hierna moet de druk gedurende ten hoogste 3 uur worden ingesteld op de te verwachten bedrijfsdruk en vervolgens 2 uur worden ingesteld op 1,5 maal de te verwachten bedrijfsdruk. Hierna moet gedurende 2 uur het lekverlies worden bepaald waarbij een druk wordt aangehouden van 1,5 maal de te verwachten bedrijfsdruk.

De nauwkeurigheid van het bepaalde lekverlies moet zodanig zijn dat de nauwkeurigheid van het berekende lekverlies in ml/m^2 per uur ten minste bedraagt voor:

- vloeistofdichtheidsklasse A $0,01 \text{ ml/m}^2$ uur;
- vloeistofdichtheidsklasse B $0,1 \text{ ml/m}^2$ uur;
- vloeistofdichtheidsklasse C 1 ml/m^2 uur.

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Keuringscriterium

Het opgetreden lekverlies moet worden omgerekend in een lekverlies per vierkante meter oppervlak van het riool en per uur. Het lekverlies, in ml/m^2 per uur, moet voldoen aan de overeengekomen vloeistofdichtheidsklasse.

Toelichting

Als gevolg van druk kunnen plastische materialen vervormen hetgeen leidt tot een schijnbaar waterverlies (elastische uitzetting en kruip). Daarom wordt voorafgaand aan de beproeving eerst de druk verhoogd.

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Titels van vermelde normen en overige publicaties

NEN 1184	1986	Aanwijsplaten voor brandkranen, brandputten en toestellen in water-, gas- en stadsverwarmingsleidingnetten en voor riolering
NEN 3300	1996	Buitenriolering, termen en definities
NEN 3399	1994	Buitenriolering. Classificatiesysteem bij visuele inspectie van riolen
NEN 3650	1992	Eisen voor stalen transportleidingssystemen
NEN 3651	1994	Aanvullende eisen voor stalen leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken
NEN 7087	1990	Vetafscheiders en slibvangputten. Type-indeling, eisen en beproevingsmethoden
NEN 7089	1990	Olie-afscheiders en slibvangputten. Type-indeling, eisen en beproevingsmethoden
NEN-EN 124	1994	Roosters en deksels voor putten en kolken voor verkeersgebieden. Ontwerpeisen, typebeproevingen, merken en kwaliteitsbeheersin
NPR 3218	1984	Buitenriolering onder vrij verval. Aanleg en onderhoud
NPR 3220	1994	Buitenriolering. Beheer
NPR 3398	1992	Buitenriolering. Inspectie en toestandsbeoordeling van riolen
NPR 3659	1996	Ondergrondse pijpleidingen. Grondslagen voor de sterkte berekening
ISO TR 7073	1988	Recommended technics for the installation of pvc buried drains and sewers
ISO TR 7473	1981	Unplasticized polyvinyl chloride pipes and fittings. Chemical resistance with respect to fluids
ISO TR 7474	1981	High density polyethylene pipes and fittings. Chemical resistance with respect tot fluids
ISO TR 7620	1986	Rubber materials. Chemical resistance
BRL 2362	1996	Aanleg vloeistofdichte verhardingsconstructies in ter plaatse gestort beton, die vloeistofdicht zijn voor motorbrandstoffen en smeermiddelen
BRL 5211	1996	Elementen voor lijnafwatering
ATV-A-127		Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanalen und -leitungen
CUR-rapport 122		Buizen in de grond. Berekening van ongewapende en gewapende betonnen buizen

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Bijlage A Chemische bestandheid verschillende materialen

(informatief)

Constructieve materialen		T=20° C p=0,1 MPa											
		organische zuren	organische zuren	basen	zoutoplossingen	oxiderende media	alifatische koolw.st.	aromatische koolw.st.	alcoholen	ketonen	esters	gehalogen. koolw.st.	ethers
Beton	1*	0	9	3-9**	10	9	9	9	9	3-9***	8	9	3-9
GRES	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PVC	10	9	10	10	8	9	0	9	5	0	0	0	9
PE	9	9	10	10	8	8	5	9	8	5	4	5	5
PP	9	9	10	10	8	7	5	9	9	5	3	5	5
GVK	9	8-9	8-9	10	5	8-10	8-9	8-9	7-9	6-9	8	3-8	10
KS	0	0	5	2	0	5	7	6	5	5	5	5	5
NG	0	0	4	2	0	5	7	6	8	5	5	5	5
GG													
RVS	8	9		8	10								

ELASTOMEREN (NEN 7103)													
1. NR	Natuurrubber												
2. IR	Isopreenrubber												
3. SBR	Styreenbutadieenrubber												
4. NBR	Nitrilrubber												
5. CR	Chloropreenrubber												
6. EPDM	Etheenpropeenrubber												
7. FPM	Fluorpolymeer												

Elastomeren****		T=20° C p=0,1 MPa											
		organische zuren	organische zuren	basen	zoutoplossingen	oxiderende media	alifatische koolw.st.	aromatische koolw.st.	alcoholen	ketonen	esters	gehalogen. koolw.st.	ethers
NR	6	5	9	9	0	3	0	7	8	2	0	0	3
IR	8	8	10		3	0	0	8	9	6	0	0	0
SBR	7	5	9	9	0	0	0	7	7	0	0	0	3
NBR	5	6	8	9	0	7	0	7	4	0	4	0	
CR	6	5	10	10	0	5	0	7	6	3	0	0	8
EPDM	8	7	8		3	0	0	7	9	7	0	5	0
FPM	8	9	7	10	10	10	10	10	0				10

Toelichting bij tabel 1:

- * Beton is veelal niet bestand tegen een lage pH. Bij een lage pH heeft een CEM III-cement (hoogovencement) de voorkeur.
- ** Zouten met een zwakke base en een sterk zuur zijn in staat met cementsteen te reageren. Dit geldt met name voor: ammoniumsulfaat, ammoniumnitraat en magnesiumsulfaat. In deze gevallen is beton slecht bestand. In alle andere gevallen is beton uitstekend bestand.
- *** Esters zijn organische zouten die zowel zuur als basisch zijn.
- **** Met uitzondering van fluorwaterstof
- ***** Bij een combinatie van chemische stoffen kan een negatieve uitwerking op de beoordeling optreden. De concentratie van de chemische stof in het medium is maatgevend voor de beoordeling. Daarbij kan in sommige gevallen een lagere concentratie van een chemische stof agressiever zijn dan een verzadigde oplossing (zie bijlage B). Per geval moet overleg plaatsvinden tussen gebruiker van de leiding en de betreffende elastomeerleverancier. In geval van twijfel moet een test worden uitgevoerd.

De getallen in tabel 1 geven de mate van bestandheid weer, waarbij geldt:

- score 10 bestand
- score 5 beperkt bestand
- score 0 niet bestand

De chemische bestandheid is een globale indicatie per hoofdgroep. Het is mogelijk dat een stof welke behoort tot een hoofdgroep geen negatieve invloed heeft op het materiaal, terwijl een andere stof behorende tot dezelfde hoofdgroep het materiaal aantast.

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Bijlage B Chemische bestandheid van kunststofrioleringen

(informatief)

Hoewel de weerstand tegen aantastingen van kunststoffen (PVC en PEI door chemische bestanddelen is vastgelegd in diverse internationale normen kunnen de daarin opgenomen tabellen niet zonder meer worden gebruikt, omdat het proceswater vaak diverse stoffen bevat. Een beproeving met het te transporteren proceswater zal dan ook veelal noodzakelijk zijn.

De chemische resistentie van polyvinylchloride is beschreven in ISO TR 7473, terwijl voor polyetheen ISO TR 7474 geldt. Rubbers zijn beschreven in ISO TR 7620.

Deze ISO normen geven de bestandheid tegen organische oplosmiddelen en waterige oplossingen van diverse zouten en dergelijke. Meestal wordt in deze normen de bestandheid tegen het oplosmiddel in zuivere vorm of verzadigde waterige oplossingen gegeven. Kunststoffen zijn soms niet bestand tegen de pure organische vloeistoffen, maar wel tegen verdunde oplossingen in water.

Voor het vaststellen van de bestandheid van kunststoffen en rubbers onder praktijkomstandigheden moet de volgende procedure worden gevolgd. Bepaal welke chemicaliën in het rioolwater kunnen voorkomen en wat daarbij de maximale concentratie zal zijn. Stel aan de hand van bijvoorbeeld tabellen uit normen vast of het materiaal bestand is tegen deze chemicaliën.

Voor chemicaliën waartegen kunststof of rubber bestand is geldt geen beperking in de toepassing. Indien de kunststof of rubber als niet bestand wordt geklasseerd geldt de volgende procedure. Bepaal de verzadigingsconcentratie in water van de onderhavige chemicaliën aan de hand van tabel 2 en bereken de relatieve concentratie in procenten. De relatieve concentratie is de in het rioolwater te verwachten concentratie gedeeld door de verzadigingsconcentratie. Zolang de relatieve concentratie beneden de 10 % blijft, kan de kunststof worden toegepast in een vrij verval riolering zonder risico's op aantasting. Voor een drukriolering geldt een maximum van 5 %. Indien het rioolwater meer dan een oplosmiddel bevat moet de som van de relatieve concentraties van de oplosmiddelen waartegen de kunststof niet bestand is beneden 10 % blijven bij vrij verval riolering en 5 % bij een drukriolering.

Blijkt uit deze berekening dat het buismateriaal onvoldoende bestand is, dan moet een ander materiaal worden voorgeschreven of moeten de concentraties aan organische vloeistoffen waartegen de kunststof niet bestand is worden verlaagd.

Deze procedure is toepasbaar voor rioolwater met een bedrijfstemperatuur van ten hoogste 40 graden Celsius. Voor hogere temperaturen moet advies worden ingewonnen bij de fabrikant. In tabel 3 is de chemische resistentie van polyetheen en polyvinylchloride weergegeven, gebaseerd op bovenstaande procedure.

Voorbeeldberekening

Rioolwater bevat 100 mg hexaan, 25 mg toluen en 5 mg xyleen. Polyvinylchloride wordt niet aangetast door hexaan dus zijn er voor hexaan geen beperkingen. Polyvinylchloride is niet bestand tegen pure toluen en xyleen, dus voor deze oplosmiddelen geldt de concentratiebeperking van 10 % bij een vrij verval riool en 5 % bij een persleiding. De verzadigingsconcentraties van toluen en xyleen in water zijn 515 en 200 mg per liter. Rioolwater met 25 mg toluen en 5 mg xyleen heeft dus een relatieve concentratie van 5 % toluen en 2,5 % xyleen. Gezamenlijk zijn de relatieve concentraties dus 7,5 %. In deze situatie kan polyvinylchloride wel voor een vrij verval riolering worden toegepast maar niet voor een drukriool. Opgemerkt wordt dat indien combinaties van materialen, ook in lage concentraties, leiden tot verbindingen die agressiever zijn dan beide componenten, de voorbeeldberekening zoals hier aangegeven niet mag worden toegepast.

Tabel 2. Verzadigingsconcentraties van diverse organische vloeistoffen in water

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Verbinding	Verzadigingsconcentratie in water in mg per liter
Aromaten	
benzeen	1780
tolueen	515
styreen	300
xyleen	175
ethylbenzeen	150
1,3, 5-trimethylbenzeen	20
propylbenzeen	60
isopropylbenzeen	50
isobutylbenzeen	15
naftaleen	30
antraceen	1,3
fenantreen	1,6
p-isopropyltolueen	35
biphenyl	8
biphenylether	20
1,3,5-triethylbenzeen	7
Gechloreerde koolwaterstoffen	
chloormethaan	4000
dichloormethaan	20000
trichloormethaan	8000
tetrachloormethaan	800
1,1-dichlooretheen	400
1,2-dichlooretheen	800
trichlooretheen	1100
tetrachlooretheen	150
chloorethaan	5700
1,2-dichloorethaan	8700
1,1,1-trichloorethaan	4400
1,1,2-trichloorethaan	4500
1,1,2 ,2-tetrach looreth aan	2900
n-chloorpropaan	2300
2-chloorpropaan	3400
1,2-dichloorpropaan	2700
1,3-dichloorpropaan	2900
n-chloorbutaan	660
Gechloreerde aromaten	
chloorbenzeen	500
1,2-dichloorbenzeen	100
1,3-dichloorbenzeen	120
1,4-dichloorbenzeen	50
1,2, 3-trich loorbenzeen	10
1,2, 4-trichloorbenzeen	20
1,3, 5-trich loorbenzeen	6
Ethers	
di-ethylether	69000
di-isopropylether	900
di-ch loorisopropylether	1700
di-butylether	300
Ketonen	
aceton	onbeperkt mengbaar
methylethylketon	267000
2-pentanon	60000
ethylisobutylketon	17000
2-heptanon	4300
Alcoholen	



1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

methanol	onbeperkt mengbaar
ethanol	beperkt mengbaar
1-butanol	77000
isobutanol	95000
1-pentanol	26000
3-methyl-1-butanol	27500
1-hexanol	5900
cyclohexanol	36000
2-ethyl-1-hexanol	1000
Nitrobenzenen	
nitrobenzeen	1900
o-dinitrobenzeen	100
m-dinitrobenzeen	450
o-nitrotolueen	650
m-nitrotolueen	500
p-nitrotolueen	450
Anilines	
aniline	34000
o-nitro-aniline	1200
m-nitro-aniline	900
p-nitro-aniline	800
Chloorfenolen	
fenol	82000
p-chloorfenol	27000
2,4-dichloorfenol	4500
2,4,6-trichloorfenol	800
2,4,5-trichloorfenol	1200
pentachloorfenol	14

Tabel 3. Chemische resistentie van polyvinylchloride en polyetheen ten opzichte van organische oplosmiddelen bij gebruik van deze kunststoffen in vrijerval rioleringen

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

	Maximale toelaatbare concentratie in water in mg per liter bij een organische verontreiniging	
Aromaten		
benzeen	180	180
tolueen	50	50
xylenen	20	20
1,3 ,5-trimethyl benzeen	2	2
ethylbenzeen	15	15
PCA's		
naphtaleen	3	3
antraceen	0,1	0,1
fenantreen	0,2	0,2
Chloorkoolwaterstoffen		
dichloormethaan	2000	2000
trichloormethaan	800	800
tetrachloormethaan	80	80
trichloorethaan	450	450
trichlooretheen	110	110
1,2-dichloorethaan	870	870
Ketonen, ethers en alcoholen		
aceton	100000	onbeperkt
methylethylketon	27000	onbeperkt
di-ethylether	7000	7000
di-butylether	30	30
ethanol	onbeperkt	onbeperkt
cyclohexanol	onbeperkt	onbeperkt
Alkanen		
hexaan	onbeperkt	onbeperkt
octaan	onbeperkt	onbeperkt
nonaan	onbeperkt	onbeperkt
Fenolen		
fenol	onbeperkt	onbeperkt
p-chloorfenol	2700	2700
pentachloorfenol	30	30
Zouten, zuren en basen		
alle zouten opgelost in water	onbeperkt	onbeperkt
zuren pH hoger dan 1	onbeperkt	onbeperkt
basen pH lager dan 12	onbeperkt	onbeperkt
basen pH tussen 12 en 14	onbeperkt	niet geschikt

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Bijlage C Berekening buizen in ring- en lengterichting

1 Inleiding

De belasting op buizen in de grond wordt op verschillende manieren berekend. Berekeningsmethoden die hierbij worden gebruikt zijn bijvoorbeeld de theorieën van Spangler en Leonhardt.

De methode van Leonhardt is gemodificeerd en als officiële richtlijn van de Abwassertechnische Verein (ATV) gepubliceerd als Arbeitsblatt - A 127 met als titel "Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen". In ons land is deze methode verder uitgewerkt, aangevuld en vastgelegd in CUR-rapport 122 "Buizen in de grond. Berekening van ongewapende en gewapende betonnen buizen".

Verder zijn in NEN 3560, NEN 3651 en NPR 3659 eisen geformuleerd voor stalen transportleidingen. Het draagvermogen van de buis en de verbinding moet daarbij worden getoetst aan drie ontwerpcriteria: sterkte, vervorming en stabiliteit.

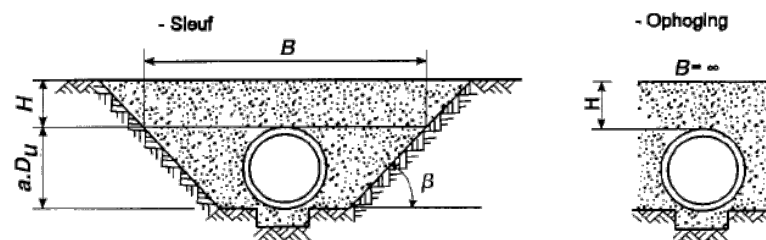
In hoofdstuk 2 van deze bijlage is de berekeningsmethode uitgewerkt zoals opgenomen in publicatie A-127 van de ATV en CUR-rapport 122 voor de berekening van buizen in ringrichting. In hoofdstuk 3 is een benaderingswijze voor de berekening van buizen in lengterichting aangegeven. Deze bijlage bevat tevens een tabel met materiaalgegevens.

2 Berekening buizen in ringrichting gefundeerd op staal

2.1 Aanlegwijzen

Te onderscheiden zijn:

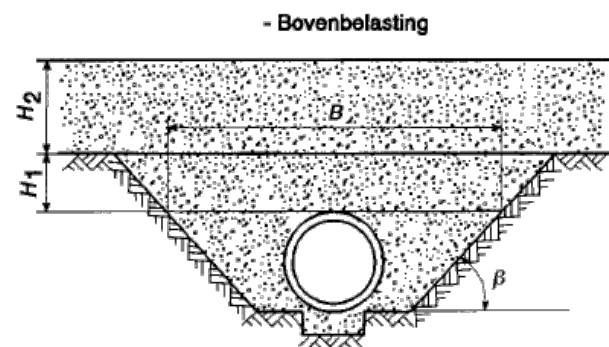
- type 1, buisaanleg in sleuf of in ophoging, zie figuur C1;
- type 2, buisaanleg in sleuf met bovenbelasting, zie figuur C2.



Verklaring letters en symbolen in figuur C1:

- H is de gronddekking, in m;
- B is de sleufbreedte ter plaatse van bovenkant buis, in m;
- β is de sleufhellingshoek, in graden;
- a is een factor voor de relatieve ontgraving (dimensieloos);
- D_u is de uitwendige buisdiameter, in m.

Figuur C1. Buisaanleg in sleuf of in ophoging



1	Onderwerp
2	Toepassingsgebied
3	Termen en definities
4	Ontwerpcriteria
5	Ontwerp
6	Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Verklaring letters in figuur C2:

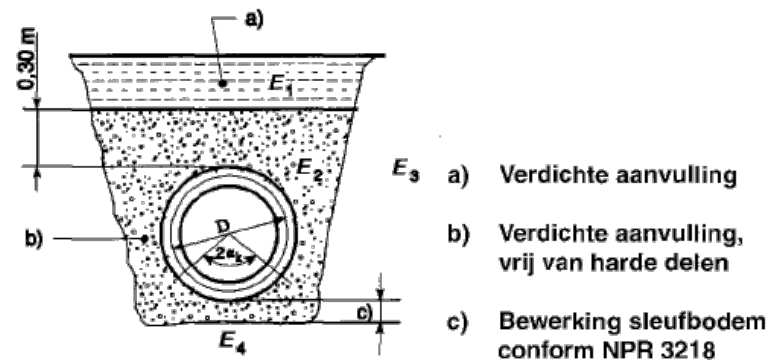
H_1 is de gronddekking in sleuf, in m;

H_2 is de hoogte bovenbelasting, in m.

Figuur C2. Buisaanleg in sleuf met bovenbelasting

2.2 Beddingcondities

Een verklaring van de in de berekening aan te houden grootheden is gegeven in figuur C3.



Verklaring letters en symbolen in figuur C3:

E_1 is de rekenwaarde voor de elasticiteitsmodulus van de sleufaanvulling boven de buis, in N/mm^2 ;

E_2 is de rekenwaarde voor de elasticiteitsmodulus van de beddingszone, in N/mm^2 ;

E_3 is de rekenwaarde voor de elasticiteitsmodulus van de ongeroerde grond naast de sleuf, in N/mm^2 ;

E_4 is de rekenwaarde voor de elasticiteitsmodulus van de ongeroerde grond onder de buis, in N/mm^2 ;

D is de gemiddelde diameter van de buis, in m;

$2\alpha_k$ is de opleghoek, in graden.

Figuur C3. Beddingcondities

2.3 Grondsoorten

Bij de berekening wordt onderscheid gemaakt in drie groepen grondsoorten:

Groep 1: niet of weinig samenhangende grond, waartoe behoren:

- zand en grind of mengsels daarvan;
- silthoudend zand en grind met ten hoogste 10 % (m/m) delen kleiner dan 63 mm.

Groep 2: samenhangende menggrond, waartoe behoren:

- mengsels van zand, klei en silt met ten hoogste 50 % (m/m) delen kleiner dan 63 mm
- stijve, licht-plastische kleien of silten;
- mengsels van zand en humus of veen.

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Groep 3: samenhangende grond, waartoe behoren:

- klei;
- silt of klei met organische vermenging (venige klei of silt).

Voor bovengenoemde grondsoorten mogen bij de berekening de richtwaarden worden aangehouden, zoals vermeld in 2.4. De aan te houden waarde voor E_2 (beddingszone) mag niet groter zijn dan de waarde van E_1 .

2.4 Grondgegevens

Kenmerkende grondgegevens in relatie tot de grondsoort zijn vermeld in tabel C1.

Tabel C1. Grondgegevens voor de drie groepen

grondsoort groep m.	E_1 en E_2 in N/mm^2 proctordichtheid in procenten								
	γ	K_2	φ	85	90	92	95	97	100
1	20	0,3	30^0	1,2	3	4	8	11	20
2	20	0,2	25^0	0,8	2	3	5	-	-
3	20	0,1	20^0	0,6	1,5	2	-	-	-

Verklaring van letters en symbolen in tabel C1:

γ is de volumieke massa van de grond, in kN/m^3 ;

K_2 is de horizontale gronddrukcoëfficiënt;

φ is de inwendige wrijvingshoek, in graden.

Voor grondsoorten of andere stoffen, die niet in de bovengenoemde drie groepen zijn onder te brengen, zoals organische grondsoorten waaronder veen, moeten de rekenwaarden per geval worden bepaald. Hierbij is in het bijzonder het kruipgedrag van organische grond belangrijk.

Tabel C2. Verband tussen gemiddelde E-waarde en conusweerstand q_c

- Niet of weinig samenhangende grond:

$q_c < 5 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 2,5q_c$
$5 < q_c < 10 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 2,0q_c$
$q_c > 10 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 1,5q_c$
- Samenhangende menggrond:

$q_c < 2 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 4,0q_c$
$q_c > 2 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 2,0q_c$
- Samenhangende grond:

$q_c < 1 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 4,0q_c^*$
$q_c > 1 \text{ N/mm}^2$	$\hat{E} = 2,0q_c$

* Voor zeer venige klei of veen gronden, waarin q_c bijna altijd kleiner is dan 1 N/mm^2 , geldt de gegeven \hat{E} -waarde niet. Afhankelijk van het watergehalte kan \hat{E} zelfs veel kleiner dan q_c worden. Het is raadzaam voor veengronden een expert te raadplegen.

2.5 Uitvoeringsmethoden

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Bij het vullen van de sleuf boven de "leidingzone" (0,30 m boven kruin buis) worden de volgende vier methoden van uitvoering onderscheiden:

1. laagsgewijze verdichte sleufvulling zonder controle achteraf, proctordichtheid $\geq 92\%$;
2. toepassing van verticale delen, lichte damwandprofielen als sleufwand, of onverdichte aanvulling, proctordichtheid $\geq 90\%$;
3. toepassing van verticale damwandprofielen (stijve constructie);
4. laagsgewijze aanvulling met controle van de verdichting, proctordichtheid $\geq 95\%$.

Tabel C3. Waarden voor K_1 (σ_H/σ_v) en δ (wandwrijvingshoek) bij verschillende uitvoeringsmethoden

uitvoeringsmethode	K_1	δ
1	0,5	$2/3\varphi$
2	0,5	$1/3\varphi$
3	0,5	0
4	0,5	φ

2.6 Verticale grondbelasting

2.6.1 Aanlegwijze type 1

Hiervoor geldt:

$$q_{v1} = \lambda_R \cdot C \cdot \gamma \cdot H \quad (1)$$

waarin:

q_{v1} is de verticale grondbelasting op de buis, in kN/m^2 ;

λ_R is de resulterende concentratiefactor voor grond;

C is een reductiecoëfficiënt in verband met silowerking en alleen van toepassing als $E_1 \leq E_3$;

γ is de volumieke massa van de grond, in kN/m^3 ;

H is de dikte van het grondpakket, in m.

2.6.2 Aanlegwijze type 2

Hiervoor geldt:

$$q_{v2} = \lambda_R (C \cdot \gamma_1 \cdot H_1 + C_n \cdot \gamma_2 \cdot H_2) \quad (2)$$

waarin:

q_{v2} is de verticale grondbelasting op de buis, in kN/m^2 ;

C_n is de reductiecoëfficiënt voor een bovenbelasting met grote oppervlakte. Silowerking is alleen van toepassing indien $E_1 \leq E_3$.

2.6.3 Uitwerking coëfficiënten C en C_n

Voor coëfficiënt C geldt:

$$C = 1 \text{ voor } 0 \leq \beta \leq \varphi \quad (3)$$

$$C = 1 - \frac{\beta}{90} (1 - C_{90}) \text{ voor } \varphi < \beta < 90^\circ \quad (4)$$

$$C_{90} = \frac{1 - e^{-(H/B) \cdot K_1 \cdot \tan \delta}}{(H/B) \cdot K_1 \cdot \tan \delta} \quad (5)$$

waarin:

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

K_1 is de de horizontale gronddrukcoëfficiënt in de leidingzone boven de buis;
 δ is de wandwrijvingshoek, afhankelijk van de uitvoeringsmethode, in graden.

$K_1 = 0,5$ dus geldt:

$$C_{90} = \frac{1 - e^{-(H/B) \tan \delta}}{(H/B) \cdot \tan \delta} \quad (6)$$

Voor coëfficiënt C_n geldt:

$$C_n = 1 \text{ voor } 0 < \beta < \varphi \quad (7)$$

$$C_n = 1 - \frac{\beta}{90} (1 - C_{n90}) \text{ voor } \varphi < \beta < 90^\circ \quad (8)$$

$$C_{n90} = e^{-2(H_1/B) K_1 \tan \delta} \quad (9)$$

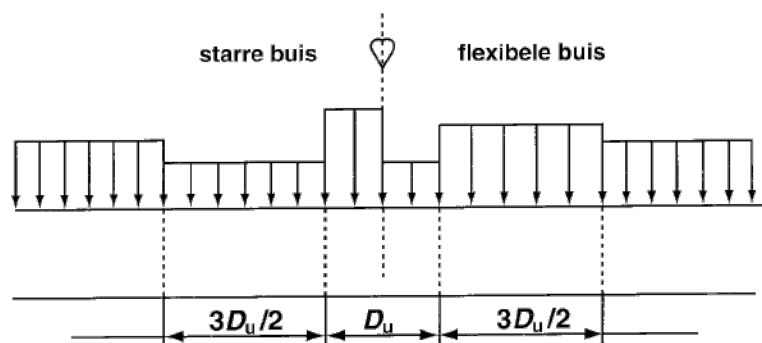
K_1 is gelijk aan 0,5 dus geldt:

$$C_{n90} = e^{-(H_1/B) \tan \delta} \quad (10)$$

Het toepassen van de reductiecoëfficiënten C en C_n (silowerking) is bij relatief stijve buizen en hoge E_d/E_1 -waarden discutabel. Het is onzeker of de voor deze reductie benodigde schuifspanningen zich in een dergelijk geval voldoende kunnen ontwikkelen.

2.7 Gronddrukverdeling (verticaal ter plaatse van bovenkant buis)

Voor de gronddrukverdeling ter plaatse van de buis geldt figuur C4.



Figuur C4. Gronddrukverdeling

2.8 Bepaling concentratiefactor λ_R

Voor de bepaling van de concentratiefactor λ_R geldt:

- 1 Onderwerp
- 2 Toepassingsgebied
- 3 Termen en definities
- 4 Ontwerpcriteria
- 5 Ontwerp
- 6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

$$\lambda_R = \frac{(\lambda_1 - 1) \cdot \frac{B}{D_u} + \frac{4 - \lambda_1}{3}}{3}, \text{ voor } 1 \leq \frac{B}{D_u} \leq 4 \text{ en } \lambda_R = \lambda_1 \text{ voor } 4 \leq \frac{B}{D_u} \leq \infty \quad (11)$$

$$\lambda_{\text{lim.}} \text{ voor } H \leq 10 \text{ m, } \lambda_{\text{lim.}} = 4,0 - 0,15 H \quad (12)$$

$$H > 10 \text{ m, } \lambda_{\text{lim.}} = 2,5 = \text{constant}$$

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_{\text{max}} \cdot V_s \cdot \frac{(\lambda_{\text{max}} - 1) \cdot \lambda_0 \cdot V_0}{1 - \lambda_0}}{V_s \cdot \frac{(\lambda_{\text{max}} - 1) \cdot V_0}{1 - \lambda_0}} \text{ voor } \lambda_1 \leq 4 \quad (13)$$

$$\lambda_0 = \frac{4K_2}{3 + K_2} \quad (14)$$

$$V_0 = \frac{(1 - K_2)a^1}{a^1 \cdot 0,25} \quad (15)$$

$$a^1 = a \cdot \frac{E_1}{E_2}, \text{ voor } a^1 \leq 0,25 \text{ geldt } a^1 = 0,25 \quad (16)$$

a is een factor voor de relatieve ontgraving, normaliter 1,0.

$$\lambda_{\text{max}} = 1 + \frac{\frac{H}{D_u}}{\frac{35}{a^1} + \frac{22E_1}{E_4(a^1 - 0,25)} + \frac{H}{D_u} \left[\frac{0,62}{a^1} + \frac{16}{E_4(a^1 - 0,25)} \right]} \quad (17)$$

$$V_s = \frac{S_F}{|C_v^*| \cdot S_{BV}} \quad (18)$$

$$S_R = \frac{E_b I}{r^3} = \frac{E_b}{12} \left(\frac{2s}{D_u - s} \right)^3 \quad (19)$$

waarin:

E_b is de elasticiteitsmodulus van het buismateriaal in ringrichting, in N/mm²;

r is de gemiddelde straal buis, in mm;

s is de wanddikte buis, in mm.

De waarde S_R moet ten minste $3 \cdot 10^3$ N/mm² bedragen.

$$S_{BV} = \frac{E_2}{a} \quad (20)$$

$$C_v^* = C_{v1} + C_{v2} K^* \quad (21)$$

waarin:

C_{v1} is een coëfficiënt voor Δd_v ten gevolge van q_v ;

C_{v2} is een coëfficiënt voor Δd_v ten gevolge van q_H .

$$K^* = \frac{C_{H1}}{V_{RB} \cdot C_{H2}}$$

C_{H1} is een coëfficiënt voor Δd_H ten gevolge van q_v ;

C_{H2} is een coëfficiënt voor Δd_H ten gevolge van q_H .

Tabel C4. Invloedsgetallen voor de berekening van de vervorming van de buis

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

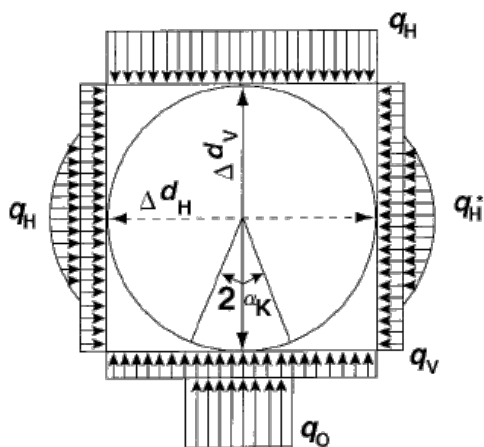
Bijlage B

Bijlage C

$2\alpha_k$	C_{v1}	C_{v2}	C_{H1}	C_{H2}
0	-0,116	0,064	0,110	-0,0658
30	-0,113	0,064	0,109	-0,0658
60	-0,105	0,064	0,103	-0,0658
90	-0,096	0,064	0,096	-0,0658
120	-0,089	0,064	0,089	-0,0658
180	-0,083	0,064	0,083	-0,0658

$$\Delta d_v = \frac{(q_v - q_H) \cdot 2r \cdot r^3}{EI} \cdot C_{v1} + \frac{q_H^* \cdot 2r \cdot r^3}{EI} \cdot C_{v2} \quad (23)$$

$$\Delta d_v = \frac{(q_v - q_H) \cdot 2r \cdot r^3}{EI} \cdot C_{H1} + \frac{q_H^* \cdot 2r \cdot r^3}{EI} \cdot C_{H2} \quad (24)$$



Figuur C5. Belasting op buis

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{BH}} = \text{stijfheidsverhouding} \quad (25)$$

$$S_{BH} = 0,6 \cdot \xi \cdot E_2 \quad (26)$$

$$\xi = \frac{1,44}{\Delta f + (1,44 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (27)$$

waarin:

$$\text{met } \Delta f = \frac{\frac{B}{D_u} - 1}{1,154 + 0,444 \left(\frac{B}{D_u} - 1 \right)} \leq 1,44 \quad (28)$$

Als E_2 gelijk is aan E_3 geldt $\xi = 1$

Bij een grondwaterstand tot boven bovenkant buis geldt voor E_2 een reductiefactor van: (29)

$$f = \frac{D_{PR} - 75}{20} \leq 1$$

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

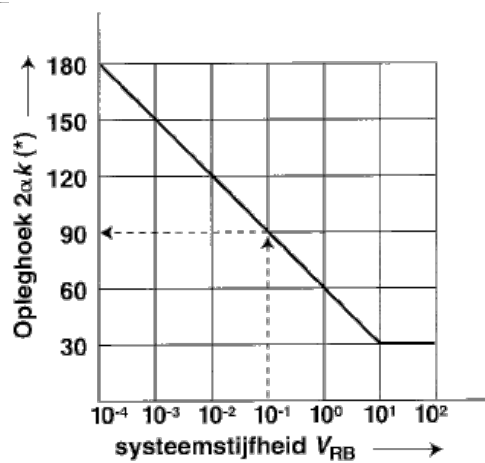
5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C



Figuur C6. Indicatief verband tussen systeemstijfheid en opleghoek

2.9 Horizontale grondbelasting

Voor de horizontale grondbelasting bij aanlegwijze type 1 geldt:

$$q_H = \lambda_B \cdot k_2 \cdot C \cdot \gamma \cdot H \quad (30)$$

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad \text{voor } 1 < \frac{B}{D_u} < \infty \quad (31)$$

$$q_H^* = (q_v - q_H) K^* \quad (32)$$

Voor de horizontale grondbelasting bij aanlegwijze type 2 geldt:

$$q_H = \lambda_B \cdot K_2 (C \cdot \gamma_1 \cdot H_1 + Cn \cdot \gamma_2 \cdot H_2) \quad (33)$$

$$q_H^* = (q_v - q_H) K^* \quad (32)$$

2.10 Verkeersbelasting

Voor de maximale concentratiefactor voor de verticale verkeersbelasting geldt:

$$\lambda_{VV \max} = 1 + \frac{2^1 \cdot m(H/D_u)^{0,5}}{m \left(2 \left(a^1 + \frac{f_2}{m} \right) (1 + \mu) \right)^{0,5} + \frac{m(1 + \mu)}{2(H/D_u)^{0,5}} + \left(2f_0 + \frac{2m}{f_1} \right) \cdot \left(\frac{H}{D_u} \right)^{0,5}} \quad (34)$$

waarin:

$$\begin{aligned} f_0 &= 1,5 \\ f_1 &= 4,0 \\ f_2 &= 1,5 \\ \mu &= 0,3 \\ m &= E_4/E_1 \\ a^1 &= a \cdot E_1/E_2 \end{aligned}$$

Voor de effectieve verticale concentratiefactor λ_{VV} geldt:

$$\lambda_{VV} = \frac{\lambda_{VV \max} V_S + \frac{V_0}{1 - \lambda_0} (\lambda_{VV \max} - 1)}{V_S + \frac{V_0}{1 - \lambda_0} (\lambda_{VV \max} - 1)} \quad (35)$$

waarin:

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

$$V_s = \frac{S_R \cdot a}{|C_V^*| \cdot E_2} \quad (36)$$

Voor de resulterende verticale verkeersbelasting geldt:

$$q_{VV} = \lambda_{VV} \cdot \bar{P}_V \cdot S \quad (37)$$

waarin:

S is de stootcoëfficiënt

$$\bar{P}_V = \frac{P_{V \text{ boven}} + P_{V \text{ onder}}}{2}$$

"Boven" is ter plaatse van bovenkant buis

"Onder" ligt een hoogte $a \cdot D_u$ lager

Voor P_V zie figuur C7.

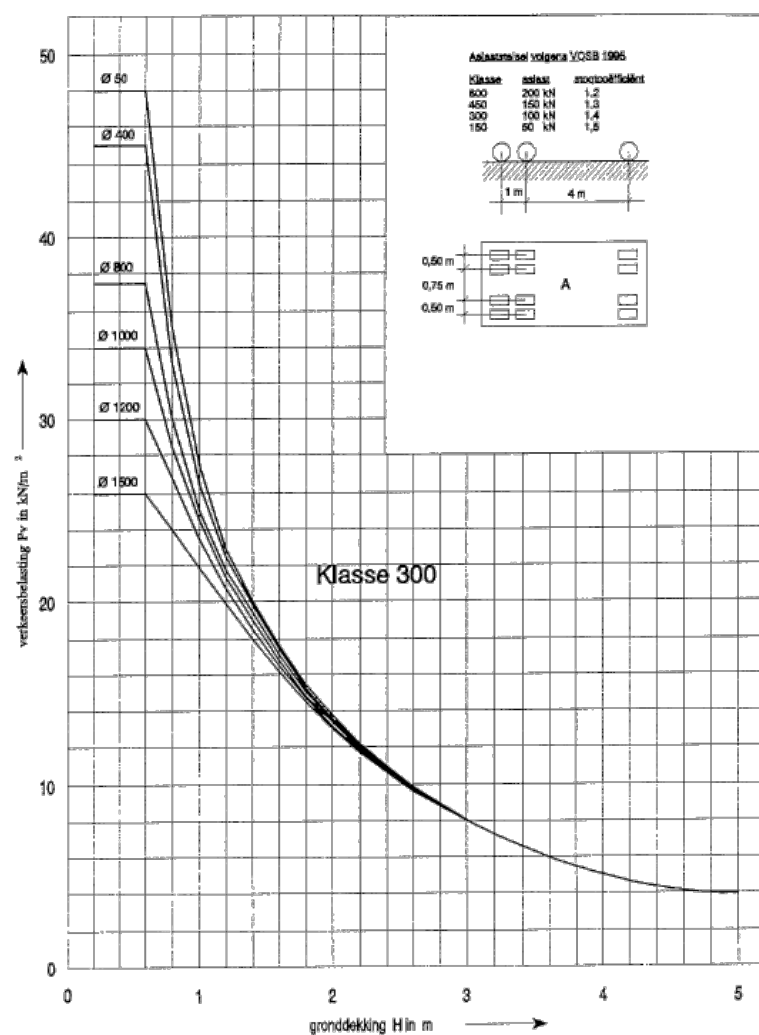
2.11 Horizontale verkeersbelasting

Voor de horizontale verkeersbelasting geldt:

$$q_{HV} = \lambda_{BV} \cdot K_2 \cdot \bar{P}_V \cdot S \quad (38)$$

$$\lambda_{BV} = \frac{4 - \lambda_{VV}}{3}, \text{ voor } 1 < \frac{B}{D} < \infty \quad (39)$$

$$q_{HV}^* = (q_{VV} - q_{HV}) K^* \quad (40)$$



1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Figuur C7. Verkeersbelasting (zonder stootcoëfficiënt) voor verkeersklasse 300 en gedifferentieerd naar diameter volgens Braunstorfinger

2.12 Momenten, normaalkrachten, spanningen en vervormingen

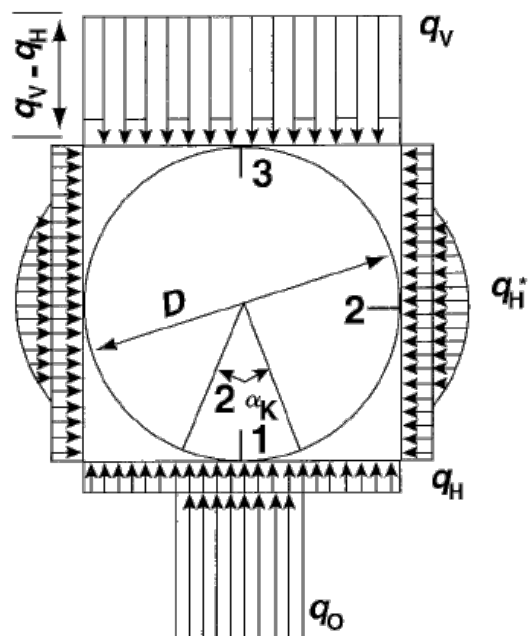
2.12.1 Coëfficiënten

In deze paragraaf worden aan de hand van tabellen en formules de verschillende coëfficiënten gegeven die nodig zijn voor de berekening van momenten, normaalkrachten en momentensommen, ontstaan door grond-, boven- of verkeersbelasting.

Tabel C5. Diverse coëfficiënten nodig voor de berekeningen

q_v	$2\alpha_k$	C_1	C_2	C_3	n_1	n_2	n_3	C_u
0		0,147	-0,077	0,075	-0,053	-0,500	0,053	0,195
30		0,117	-0,074	0,074	-0,049	-0,500	0,049	0,176
45		0,106	-0,073	0,073	-0,045	-0,500	0,045	0,167
60		0,094	-0,072	0,072	-0,040	-0,500	0,040	0,158
90		0,078	-0,068	0,068	-0,027	-0,500	0,027	0,144
120		0,069	-0,066	0,066	-0,014	-0,500	0,014	0,135
150		0,064	-0,063	0,063	-0,004	-0,500	0,014	0,128
180		0,063	-0,063	0,063	0	-0,500	0	0,126
q_H	C_{H1}	C_{H2}	C_{H3}	n_{H1}	n_{H2}	n_{H3}		
	-0,063	0,063	-0,063	0,500	0,0	-0,500		
q^*_H	C^*_{H1}	C^*_{H2}	C^*_{H3}	n^*_{H1}	n^*_{H2}	n^*_{H3}		
	-0,045	0,052	-0,045	-0,289	0,0	-0,289		

In figuur C8 is de schematisering van de belastingen gegeven.



Figuur C8. Schematisering van belastingen

Voor de momenten en normaalkrachten geldt:

$$\begin{aligned}
 M_i &= C_i \cdot (q_v - q_H) \cdot D^2 + C^*_{H_i} \cdot q^*_H \cdot D^2 \\
 N_i &= n_i \cdot (q_v - q_H) \cdot D - 0,50 \cdot q_H \cdot D + n^*_{H_i} \cdot q^*_H \cdot D \\
 (M_1 + M_2) &= C_u \cdot (q_v - q_H) \cdot D^2 - 0,097 \cdot q^*_H \cdot D^2
 \end{aligned}$$

waarin:

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

D is de gemiddelde buisdiameter, in mm

Tabel CG. Coëfficiënten voor de berekening van momenten, normaalkrachten en momentensommen, ontstaan door het eigen gewicht van de buis

$2\alpha_K$	C_{1eg}	C_{2eg}	C_{3eg}	N_{1eg}	n_{2eg}	n_{3eg}	C_{eg}
0	0,119	-0,045	0,040	-0,080	-0,250	0,080	0,125
30	0,089	-0,044	0,040	-0,076	-0,250	0,076	0,109
45	0,077	-0,043	0,038	-0,072	-0,250	0,072	0,101
60	0,066	-0,041	0,036	-0,067	-0,250	0,067	0,092
90	0,051	-0,038	0,034	-0,053	-0,250	0,053	0,081
120	0,041	-0,035	0,030	-0,040	-0,250	0,040	0,071
150	0,036	-0,032	0,028	-0,030	-0,250	0,030	0,064
180	0,032	-0,030	0,027	-0,027	-0,250	0,027	0,060

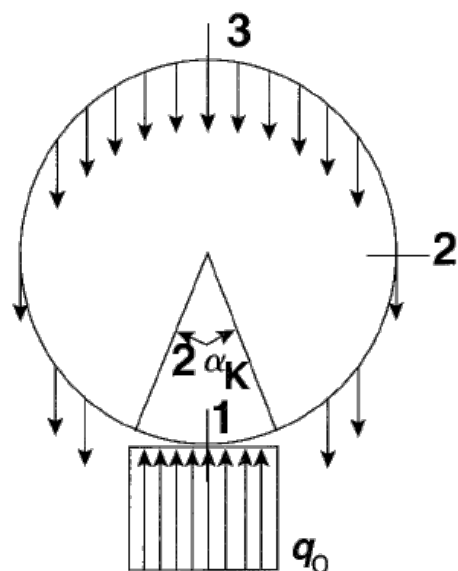
In figuur C9 is de schematisering gegeven van het eigen gewicht,

Voor de momenten en normaalkrachten geldt:

$$M_i = c_{ieg} \cdot Q_{eg} \cdot D \quad (i=1 \text{ t/m } 3)$$

$$N_i = n_{ieg} \cdot Q_{eg}$$

$$(M_1 + M_2) = c_{eg} \cdot Q_{eg} \cdot D$$



Figuur C9. Schematisering eigen gewicht van de buis

Tabel C7. Coëfficiënten voor de berekening van momenten, normaalkrachten en momentensommen, ontstaan door de vulling van de buis

$2\alpha_K$	C_{1vl}	C_{2vl}	C_{3vl}	n_{1vl}	n_{2vl}	n_{3vl}	C_{vl}
0	0,094	-0,036	0,031	0,313	0,054	0,188	0,099
30	0,070	-0,035	0,031	0,315	0,054	0,185	0,086
45	0,062	-0,034	0,030	0,318	0,054	0,182	0,080
60	0,053	-0,033	0,029	0,323	0,054	0,177	0,074
90	0,040	-0,030	0,026	0,331	0,054	0,167	0,063
120	0,033	-0,028	0,024	0,344	0,054	0,156	0,057
150	0,029	-0,025	0,022	0,352	0,054	0,149	0,051
180	0,028	-0,025	0,022	0,354	0,054	0,146	0,050

In figuur C10 is de schematisering gegeven voor de vulling van de buis. Voor de momenten en normaalkrachten geldt:

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

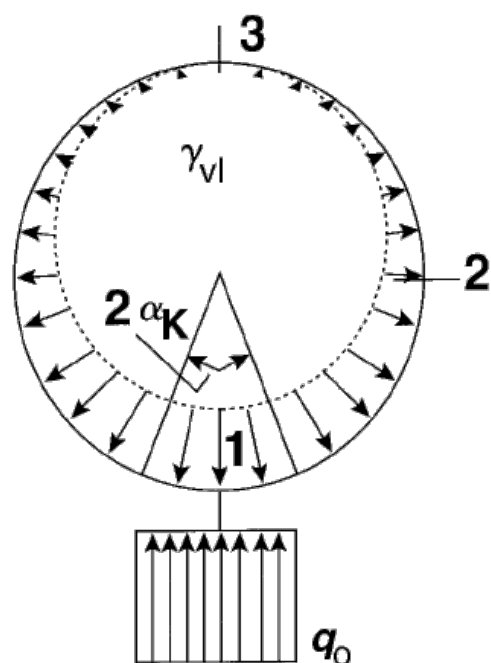
Bijlage B

Bijlage C

$$\begin{cases} M_i & c_{vl} \cdot \gamma_{vl} \cdot D^2 \cdot D_i \\ N_i & n_{vl} \cdot \gamma_{vl} \cdot D \cdot D_i \\ (M_1 + M_2) & = c_{vl} \cdot \gamma_{vl} \cdot D^2 \cdot D_i \end{cases}$$

waarin:

D_i is de inwendige buisdiameter



Figuur C10. Schematisering buisvulling

Voor krachten en spanningen ten gevolge van de vloeistofdruk geldt:

$$N_{vl} = P_i \cdot \frac{D_i}{2} - P_u \cdot \frac{D_u}{2} \quad (41)$$

waarin:

N_{vl} is de normaalkracht ten gevolge van de vloeistofdruk, in N;
 P_i is de inwendige druk, in N/mm²;
 P_u is de uitwendige druk, in N/mm².

Voor de krachten en spanningen ten gevolge van de temperatuur geldt:

$$M\Delta t = \frac{\alpha \cdot t \cdot E_b \cdot s^2}{12(1-\mu)} \Delta t \quad (42)$$

waarin;

$\alpha \cdot t$ is de lineaire uitzettingscoëfficiënt;
 μ is de dwarscontractiecoëfficiënt;
 Δt is het temperatuursverschil (binnen ten opzichte van buiten), in K.

2.12.2 Beoordeling spanningen

Voor het algemeen spanningscriterium voor de sterkteberekening van de buis geldt:

$$\sigma = \frac{N_d}{A} + frr \cdot \alpha \cdot \frac{M_d}{W} \leq \frac{R_e}{\gamma_m} \quad (43)$$

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

met

$$f_{rr} = \frac{1}{1 + \frac{2P_d \cdot r^3 \cdot |C_{v1}|}{E_L \cdot I}} \quad (\text{ovalisatie}) \quad (44)$$

waarin;

- σ is de trekspanning in het materiaal, in N/mm²;
- N_d is de rekenwaarde van de normaalkracht in de uiterste grenstoestand, in N;
- A is het oppervlak van de doorsnede, in mm²
- f_{rr} is de dimensieloze rerounding factor;
- E_L is de lange duur elasticiteitsmodulus van het buismateriaal, in N/mm²;
- α is de verhouding tussen de zuivere treksterkte en de buigtreksterkte;
- M_d is de rekenwaarde van het buigend moment in de uiterste grenstoestand, in Nmm;
- W is het weerstandsmoment met betrekking tot de meest getrokken vezel, in mm³;
- R_e is de gegarandeerde minimumwaarde van de rekgrens van het buismateriaal;
- P_d is de ontwerpdruk inclusief belastingfactor, in N/mm²;
- γ_m is de materiaalfactor (afhankelijk van de veiligheidsklasse);
- r is de gemiddelde buisstraal, in mm;
- C_{v1} is een deflectiecoëfficiënt, afhankelijk van belastinghoek en ondersteuningshoek;
- I is het traagheidsmoment van de buiswand in, mm⁴.

De van toepassing zijnde veiligheidsklasse moet worden ontleend aan tabel C8.

Tabel C8. Veiligheidsklassen

klasse	mogelijke gevolgen in relatie tot het draagvermogen	indicatie voor de acceptabele bezwijkkans (per jaar)
1	geen gevaar voor mensenlevens en geringe milieueffecten	$\sim 10^{-5}$
2	geen gevaar voor mensenlevens en/of aanzienlijke milieueffecten	$\sim 10^{-6}$
3	groot maatschappelijk belang	$\sim 10^{-7}$

De in tabel C9 en C10 gegeven belastingsfactoren (γ_j) en materiaalfactoren (γ_m) gelden voor het beoordelingscriterium bezwijken.

Tabel C9. Partiele belastingsfactoren γ_j

belasting	γ_j
permanente belasting, zoals eigen gewicht en grond	1,35
veranderlijke belasting, zoals temperatuur, inwendige druk	1,2
verkeer	1,05(=0,7*1,5)

label C10. Waarden van γ_m

Veiligheidsklasse	γ_m
1	1,10
2	1,30
3	1,60

2.12.3 Vervormingen

Voor de verticale vervorming geldt, uitgaande van een belastingfactor 1:

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

$$\Delta d_v = \frac{(q_v - q_H) \cdot 2r \cdot r^3}{EI} \cdot C_{v1} + \frac{q_H^* \cdot 2r \cdot r^3}{EI} \cdot C_{v2} \quad (23)$$

$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{D} \cdot 100 \text{ in \%} \quad (45)$$

Voor de beoordeling van de ontwerp lange duur vervorming van flexibele buizen geldt, conform publicatie A-127 van de ATV, een grens van 6 % van de verticale diameter. Voor gecementeerde stalen en modulair gietijzeren buizen geldt een toelaatbare vervorming van ten hoogste 3 % van de verticale diameter.

Voor de beoordeling van vervormingsmetingen voor polyvinylchloride wordt verwezen naar ISO-TR 7073.

2.13 Stabiliteitscontrole

Voor de kritische verticale belasting geldt:

$$q_v \text{ kritisch} = 2 \sqrt{S_R \cdot S_{BH}} \text{ (ovalisatie)} \quad (46)$$

Voor de stabiliteitsfactor geldt:

$$\gamma_v = \frac{q_v \text{ kritisch}}{q_v} \text{ (ovalisatie)} \quad (47)$$

Voor de kritische uitwendige vloeistofdruk en/of inwendige onderdruk geldt:

$$P_a \text{ kritisch} = \alpha_D \cdot S_R \quad (48)$$

Voor de stabiliteitsfactor geldt:

$$\gamma_P = \frac{P_a \text{ kritisch}}{P_a} \quad (49)$$

Voor α_D gelden de volgende waarden afhankelijk van V_{RB} en r/s , zoals aangegeven in figuur C11.

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

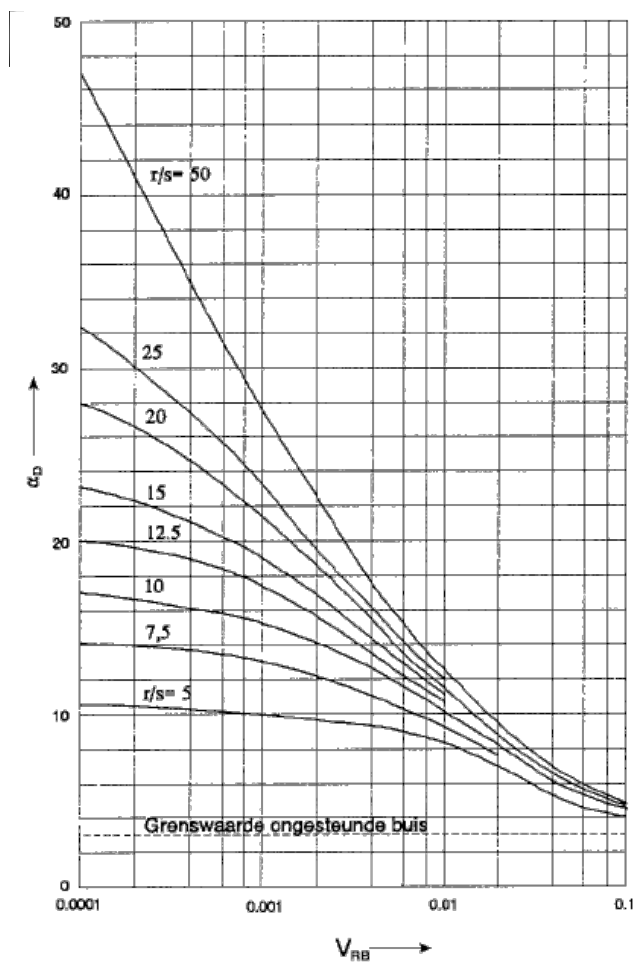
5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C



Figuur C11. Implosiecoëfficiënt α_D voor de kritische uitwendige waterdruk of inwendige onderdruk

Bijeen gelijktijdigwerkende verticale belasting en uitwendige vloeistofdruk geldt:

$$\gamma_P = \frac{1}{\frac{q_v}{q_{v, kritisch}} + \frac{P_a}{P_{a, kritisch}}} \quad (50)$$

Voor de beoordeling van de stabiliteit gelden, uitgaande van de gebruiksbelasting (belastingfactor 1) de stabiliteitsfactoren (γ_s) zoals opgenomen in tabel C11.

Tabel C11. Waarden van γ_s

veiligheidsklasse	γ_s
1	2
2	2,2
3	2,5

2.14 Voorbeeldberekening

In tabel C12 zijn de ontwerpgegevens zoals aangehouden bij de voorbeeldberekening voor leidingen op staal samengevat.

- 1 Onderwerp
- 2 Toepassingsgebied
- 3 Termen en definities
- 4 Ontwerpcriteria
- 5 Ontwerp
- 6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Inwendige diameter	mm	500
Gronddekking:		
H minimaal	m	2,0
H maximaal	m	2,0
Factor a (relatieve ontgraving)		1
Sleufhellingshoek β	°	45
Sleufbreedte B	m	2,0
Grondsoort nr		2
Volumegewicht grond		
γ	kN/m ³	20
Inwendige wrijvingshoek	°	25
Grondwaterstanden t.o.v. bovenkant buis:		
gemiddelde hoogste	m	-
gemiddelde laagste	m	bovenkant buis
Uitvoeringsmethode nr. 1 ($D_{pr} \geq 92\%$)		
K_2		0,2
delta	°	16,7
Elasticiteitsmoduli grond		
E_1	N/mm ²	3
E_{20} ($E_{20} \leq E_1$) *1)	N/mm ²	3
E_3	N/mm ²	3
E_4 (normaliter $5 \times E_1$)	N/mm ²	15
Onzekerheidsfactoren grond (zie CUR 122)		
A_1		1
A_2		1
A_3		1
A_4		1
Bovenbelasting P_o	kN/m ²	-
Verkeersbelasting volgens VOSB 1995 klasse		300
Stootcoëfficiënt 5		1,4
Buisvulling:		
volumegewicht γ_{vl}	kN/m ³	10
Inwendige druk		
maximaal (overdruk)	kN/m ²	50
maximaal (onderdruk)	kN/m ²	-80
temperatuurverschil over de wand °C		-
$\Delta t = t_{bu} - t_{bi}$		-
Veiligheidsklasse		2

*1) E_{20} is de initiële waarde van E_2 zonder reductiefactor f .

Bij de voorbeeld berekening zijn voor beton en polyvinylchloride (pvc) de volgende gegevens aangehouden:

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Beton
 \varnothing 500 mm (D_i)
 $s = 65$ mm

$$E_I = 20.000 \text{ N/mm}^2$$

$$R_c = 3,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 0,5$$

$$\gamma_{eg} = 23 \text{ kN/m}^3$$

temperatuur rioolwater

PVC-U
 \varnothing 500 mm (D_u)
 klasse SDR 34, $s = 14,6$ mm
 $D_i = 470,8$ mm

$$E_I = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$R_c = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 0,75$$

$$\gamma_{eg} = 14 \text{ kN/m}^3$$

$$\leq 25^\circ\text{C}$$

Tabel C13. Uitkomsten van de berekeningen voor de beton en pvc leiding

1 Onderwerp

**2 Toepassings-
gebied**

**3 Termen en
definities**

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

**6 Keuring en
controle**

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Formule nr.	Symbolen en eenheden		Resultaten	
			beton	pvc
(6)	C_{90}	[-]	0,864	0,864
(4)	C	[-]	0,932	0,932
(29)	f	[-]	0,85	0,85
	E_2	[N/mm ²]	2,55	2,55
(19)	S_R	[N/mm ²]	20,3	0,027
(28)	A_f	[-]	1,207	1,207
(27)	ζ	[-]	1,025	1,025
(26)	S_{BH}	[N/mm ²]	1,57	1,57
(25)	V_{RB}	[-]	12,95	0,017
(grafiek)	$2\alpha_k$	[°]	30	120
(16)	a^1	[-]	1,176	1,176
(17)	λ_{max}	[-]	1,510	1,576
(20)	S_{BV}	[N/mm ²]	2,55	2,55
(tabel)	C_{H1}	[-]	0,109	0,089
	C_{H2}	[-]	-0,0658	-0,0658
(22)	K^*	[-]	0,0084	1,075
(tabel)	C_{V1}	[-]	-0,113	-0,089
	C_{V2}	[-]	0,064	0,064
(21)	C_{V^*}	[-]	-0,1125	-0,020
(18)	V_s	[-]	70,76	0,529
(14)	λ_0	[-]	0,25	0,25
(15)	V_0	[-]	1,016	1,016
(13)	λ_1	[-]	1,498	0,7858
(11)	λ_R	[-]	1,361	0,7858
(31)	λ_B	[-]	0,880	1,071
Grondbelasting				
(1)	q_v	[kN/m ²]	50,74	29,29
(30)	q_H	[kN/m ²]	6,56	7,99
(32)	q^*_{H}	[kN/m ²]	0,37	22,90
Verkeersbelasting				
(34)	λ_{vmax}	[-]	1,978	2,049
(35)	λ_{VV}	[-]	1,946	0,738
(39)	λ_{BV}	[-]	0,685	1,087
(37)	\bar{P}_V	[kN/m ²]	11,60	11,90
(37)	q_{VV}	[kN/m ²]	31,60	12,30
(38)	q_{HV}	[kN/m ²]	2,22	3,62
(40)	q^*_{HV}	[kN/m ²]	0,25	9,33
Spanningsbeoordeling				
(44)	f_{rr}	[-]	1,00	0,72
(43)	σ	[N/mm ²]	2,78	4,03
(43)	R_s/γ_m	[N/mm ²]	2,31	19,23
Stabiliteit, verticale belasting				
(46)	q_v kritisch	[N/mm ²]	11,291	0,412
	q_v optredend	[N/mm ²]	0,082	0,042
	γ_v	[-]	137,70	9,81
Gecombineerde veiligheid				
(50)	γ_s	[-]	116,01	2,32

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Snedekrachten	Doorsnede 1	(onderkant buis)	
$M(q_v-q_H) \times 1,35$	[kNm/m ¹]	2,23	0,47
$M(q_{vv}-q_{HV}) \times 1,05$	[kNm/m ¹]	1,15	0,15
$Mq^*_{H} \times 1,35$	[kNm/m ¹]	-0,01	-0,33
$Mq^*_{HV} \times 1,05$	[kNm/m ¹]	-0,01	-0,11
$M_{eg} \times 1,35$	[kNm/m ¹]	0,18	0,01
$M_{vl} \times 1,35$	[kNm/m ¹]	0,15	0,05
$\sum M (M_d)$	[kNm/m ¹]	3,69	0,24
$N(q_v-q_H) \times 1,35$	[kN/m ¹]	-1,65	-0,20
$Nq_H \times 1,35$	[kN/m ¹]	-2,50	-2,62
$Nq^*_{H} \times 1,35$	[kN/m ¹]	-0,08	-4,34
$N(q_{vv}-q_{HV}) \times 1,35$	[kN/m ¹]	-0,85	-0,06
$Nq_{HV} \times 1,05$	[kN/m ¹]	-0,66	-0,92
$Nq^*_{HV} \times 1,05$	[kN/m ¹]	-0,04	-1,38
$N_{eg} \times 1,35$	[kN/m ¹]	-0,27	-0,02
$N_{vl} \times 1,35$	[kN/m ¹]	1,20	1,06
(41) $N_{p\ inw} \times 1,2 (+50\ \text{KN/m}^2)$	[kN/m ¹]	15	14,1
$\sum N (N_d)$	[kN/m ¹]	10,15	5,62

Vervormingen				
(23)	Δd_v	[mm]	-0,23	-10,77
(45)	δ_v	[%]	-	2,22
Uitwendige waterdruk/inwendige onderdruk (-80 kN/m ²)				
(48)	$P_{a\ \text{kritisch}}$	[N/mm ²]	60,6	0,243
	$P_{a\ \text{optredend}}$	[N/mm ²]	0,08	0,08
	γ_p	[-]	757,50	3,04

3 Berekening buizen in lengterichting (fundatie op staal)

3.1 Monoliete leidingen

Het draagvermogen van een monoliete (doorgelaste) leiding moet worden getoetst door het maken van een berekening als ligger op elastische bedding, waarbij zettingen en uitvoeringszakkingsverschillen in rekening worden gebracht. Voor de verticale beddingsconstante kunnen de minimum waarden worden aangehouden zoals opgenomen in tabel C14 (herleid conform NEN 3650), indien de grondmechanische parameter niet nader is bepaald.

Tabel C14. Grondparameters afhankelijk van grondsoort

	Grondsoort			
	veen/slappe klei	stijve klei	normaal zand	hard zand
$D_u \cdot K_{vmin}$	0,4	0,8	2,4	5,5

waarin:

D_u is de uitwendige buisdiameter leiding, in mm;

K_{vmin} is de minimum verticale beddingsconstante, in N/mm³.

Voor de horizontale beddingsconstante (K_h) mag 70 % van de verticale beddingsconstante worden aangehouden ($K_h = 0,7 K_v$).

In NEN 3650, zijn tabellen opgenomen met uitvoeringszakkingsverschillen. De lengte L waarover deze zakkingsverschillen optreden ligt tussen de 20 en 50 meter.

Voor de lengte L geldt:

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

$$L = 10,434 \sqrt{\frac{4 \cdot E \cdot I}{D_v \cdot K_v}}$$

waarin:

E is de elasticiteitsmodulus van het buismateriaal in axiale richting, in N/mm^2 ;

I is het traagheidsmoment, in mm^4 ;

K_v is de verticale beddingsconstante, in N/mm^3 .

Is de berekende waarde kleiner dan 20 m dan moet 20 m in rekening worden gebracht.

Is de berekende waarde groter dan 50 m dan moet 50 m in rekening worden gebracht.

Voor de verdere uitwerking wordt verwezen naar NEN 3650.

Voor buizen van kunststof is deze toetsing veelal niet maatgevend.

3.2 Gelede leidingen

Het vermogen van een gelede leiding met flexibele verbindingen om zettingen en uitvoeringszakkingsverschillen te kunnen weerstaan, moet worden getoetst door de optredende hoekverdraaiing in de verbinding te bepalen en de daarbij optredende krachten in de buis en de verbinding.

3.2.1 Hoekverdraaiing in de verbindingen

Het minimale zettingsverschil inclusief uitvoeringszakkingsverschil bedraagt volgens figuur C.9.1 in NEN 3650 100 mm voor veldstrekkingen. De lengte waarover dit zakkingsverschil optreedt bedraagt ten minste 20 m.

Een optredende hoekverdraaiing van $2x$ 100 mm op 20 m ($0,6^\circ$) voor een enkele verbinding is als resultaat daarvan een reëel uitgangspunt voor het ontwerp. De gangbare buismaterialen voor rioleringen zullen in de praktijk voor veldstrekkingen altijd aan deze randvoorwaarde voldoen, hetzij vanwege de toelaatbare hoekverdraaiing per verbinding, hetzij vanwege de toepassing van kleinere buislengtes. Bij een discontinu zakkingsprofiel volgens figuur C.9.5 (NEN 3650) treedt een zakkingsverschil op van ten hoogste 160 mm in kleijveen bij een niet goed verdichte funderingsgrondslag.

Dit zakkingsverschil manifesteert zich bijvoorbeeld bij de overgang van een onderheide constructie of gebouw naar een fundatie op staal van een rioolleiding. De totale zakking resulteert in het hoekverdraaien van de twee flexibele verbindingen van de eerste aansluitende buis aan het gebouw (bij globaal horizontaal blijven van de gebouwaansluiting en de rest van de leiding).

De optredende hoekverdraaiing is afhankelijk van de lengte van deze "pendel" buis. Bij een buislengte van 2,0 m bedraagt de hoekverdraaiing $4,6^\circ$, bij een buislengte van 4,0 m bedraagt deze $2,3^\circ$ uitgaande van 160 mm zakkingsverschil. Sommige buismaterialen zullen deze hoekverdraaiing niet kunnen volgen zonder verlies aan functionaliteit. Een praktische mogelijkheid om de optredende hoekverdraaiing in de verbinding te reduceren in het zogenaamde "voorleggen", daarbij wordt de pendelbuis met de toelaatbare hoekverdraaiing omhoog gelegd, zodat bij zakking de buis eerst horizontaal komt te liggen en daarna een hoekverdraaiing naar beneden krijgt. De toelaatbare hoekverdraaiing wordt zo voor 200 % benut.

Mocht deze oplossing ook geen uitkomst bieden dan resteren de volgende mogelijkheden:

- het vergroten van de lengte van de pendelbuis;
- het inbouwen van flexibele verbindingen met grotere toelaatbare hoekverdraaiing;
- het toepassen van rubber compensatoren in enkele of dubbele uitvoering met tussenstuk;
- de leiding "zettingsvrij" funderen (bijvoorbeeld op palen).

De toelaatbare hoekverdraaiingen in de verbinding moeten worden ontleend aan de diverse produktnormen en Beoordelingsrichtlijnen.

3.2.2 Optredende krachten in buis en verbinding

De optredende momenten, normaalkrachten en dwarskrachten zullen bij buizen in de veldstrekking veelal beperkt blijven. Gerekend moet worden op een "toevallig" langsmoment ter grootte van:

$$M_d = \frac{1}{32} \cdot Q_v \cdot l^2$$

waarin:



1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

- M_d is het toevallig inklemmingsmoment, in kNm;
 Q_v is de totale verticale belasting inclusief belastingfactoren, in kN/m;
 I is de buislengte, in m.

De waarde $1/32$ is een kwart van de waarde bij een vrije overspanning van verbinding tot verbinding.

De dwarskracht in de verbinding bedraagt dan:

$$T_d = 0,25 \cdot 0,5 \cdot Q_v \cdot I = 0,125 \cdot Q_v \cdot I$$

waarin:

T_d is de optredende dwarskracht, in kN

Voor de normaalkracht in langsrichting ten gevolge overdruk in de buis en verbinding door mogelijke bochtcrachten geldt bij trekvraste uitvoering:

$$N_t = \frac{\pi}{4} \cdot D_{spie}^2 \cdot P_{irw} \cdot \gamma_j$$

waarin:

N_t is de normaalkracht, in kN;

D_{spie} is de uitwendige diameter aan spie-eind van de buis, in m;

P_{irw} is de inwendige overdruk, in kN/m²;

γ_j is een belastingfactor.

Bij buizen aansluitend aan gebouwen of onderheide constructies doet zich een principiële andere belastingssituatie voor dan in de veldstrekking als sprake is van zakking. Bij een conservatieve benadering geldt voor het optredend moment

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot Q_v \cdot I^2$$

waarin:

M_d is het langsmoment, in kNm;

Q_v is de totale verticale belasting inclusief belastingfactoren, in kN/m;

I is de buislengte gelijk aan de overspanning van gebouw naar de eerste flexibele verbinding, in m.

Voor de dwarskracht geldt:

$$T_d = 1/2 \cdot Q_v \cdot I$$

De resulterende verticale belasting Q_v heeft specifieke aandacht, omdat het buisgedeelte aansluitend aan de constructie praktisch niet zakt. Een goede benadering is de grondbelasting te bepalen op basis van λ_{max} en uit te gaan van een relatieve ontgraving ($a \geq 3$).

De dwarskrachtcapaciteit van flexibele buisverbindingen blijkt veelal beperkt en is soms niet in de betreffende productnormen vastgelegd. Een oplossing is dan het toepassen van betonnen pendelplaten die aan een zijde wordt opgelegd op de constructie en aan de andere zijde tot 0,5 m voorbij de eerste flexibele verbinding reikt. Deze betonnen pendelplaat moet in staat zijn de optredende dwarskracht met zeer geringe vervorming naar de constructie en fundatiegrondslag over te brengen.

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Materiaal	E_L N/mm ²	E_K N/mm ²	α (-) (buiging)		R_e N/mm ²	R_m N/mm ²	α_t mm/mm.K ⁻¹	opmerkingen
			tangentieel	axiaal				
Beton B55	20.000	36.000	0,5	-	n.v.t. bros	3,0	10×10^{-6}	NEN 6720 (VBC 1995) CUR 122, NEN 7126
Gres	50.000	-	-	-	-	-	5×10^{-6}	DIN 1230, ATV-A127
PVC-U	1500	3000	0,75	0,75	-	25	8×10^{-5}	Voor deze kunststoffen is aangehouden: R_m gelijk aan de langeduur treksterkte (DIN 53371, DIN 53457)
PVC-A of CPE (slagvast)	1250	2500	0,75	0,75	-	15	6×10^{-5}	
PE 80	300	850	0,65	0,65	-	8	20×10^{-5}	DIN 8078
PE 100	300	1200						
PP	200	800	0,65	0,65	-	10	16×10^{-5}	DIN 8078
GVK epoxy (laminaat)	$0,9 E_k$	20.000-40.000	-	n.v.t.	-	150-600	2×10^{-5}	Korteduurtreksterkte epoxyhars 50 a 90 N/mm ²
GVK polyester (gecentrifugeerd)	0,4 of $0,5 E_k$	12.500	-	n.v.t.	-	50	3×10^{-5}	DIN 16.869
Staal Fe 360	$2,1 \times 10^5$	-	0,67	0,8	240	360	12×10^{-6}	NEN 3650
Fe 600								
Nodulair gietijzer	$1,7 \cdot 10^5$	-	0,55	0,75	270	420	$11,5 \times 10^{-6}$	NEN-EN 545, 598
Grijsgietijzer20	$1,0 \times 10^5$	-	0,65	0,65	n.v.t. bros	200	10×10^{-6}	NEN 3045, ATV-A127
Roestvaststaal AISI316L	$2,0 \times 10^5$	-	0,67	0,8	195	450-700	10×10^{-6}	EN 88-71

Toelichting bij tabel C15

Symbolen

E_L is de lange duur elasticiteitsmodulus van het buismateriaal, in N/mm²;

E_K is de korte duur elasticiteitsmodulus van het buismateriaal, in N/mm²;

α is de verhouding zuivere treksterkte/buigtreksterkte

R_e is de gegarandeerde minimumwaarde van de rekgrens van het buismateriaal

R_m is de gegarandeerde minimumwaarde van de breukgrens van het buismateriaal;

α_t is de lineaire uitzettingscoëfficiënt 1/K.

1 Onderwerp

2 Toepassingsgebied

3 Termen en definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

Auteursrechten en aansprakelijkheid

Met nadruk wordt erop gewezen dat deze CUR/PBV-Aanbeveling de stand van techniek en kennis weergeeft op het moment van uitgifte. De CUR houdt zich dan ook aanbevolen te worden geïnformeerd over ervaringen die met het gebruik van deze Aanbeveling worden opgedaan.

CUR/PBV-Aanbevelingen worden drie jaar na publicatie geëvalueerd en, indien daar aanleiding toe bestaat, geactualiseerd. Hiervan wordt melding gemaakt in de vakpers.

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CUR. Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken, mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduidingen van de maker, indien deze in de bron voorkomt. "CUR/PBV-Aanbeveling 51 Milieutechnische ontwerpcriteria voor bedrijfsrioleringen", augustus 1997, Stichting CUR, Gouda"

Aansprakelijkheid

De CUR en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en de CUR sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grave schuld zijdens CUR en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Gouda, augustus 1997
Het bestuur van de CUR

Stichting CUR, Büchnerweg 1, Postbus 420. 2800 AK GOUDA, tel 0182-540600

1 Onderwerp

2 Toepassings-
gebied

3 Termen en
definities

4 Ontwerpcriteria

5 Ontwerp

6 Keuring en
controle

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C