



Inventarisatie ondergrondse infrastructuur

Duurzame Onderhoudsstrategie voor voorzieningen op ‘slappe bodem’

Delft Cluster Publicatiecode:

DC2-3.13-03

Delft Cluster Projectcode en projecttitel:

Delft Cluster CT03.10

‘Duurzame Onderhoudsstrategie voor voorzieningen op slappe bodem’

Datum:

4 februari 2008

Versie:

Definitief

Auteurs:

Ing. C.E.G. Egyed (ARCADIS)

Ing. H. Visser (ARCADIS)

Ing. E. Tromp (ARCADIS)

Colofon

Het voorliggende rapport is een deelrapport van het Delft Cluster project CT03.01, “Duurzame Onderhoudsstrategie voor voorzieningen op slappe bodem”. Dit onderzoek is ondersteund door de Nederlandse regering via het BSIK programma.

De volledige tekst van dit rapport mag worden hergebruikt onder voorwaarde van het duidelijk vermelden van de herkomst van de tekst inclusief een correcte bronverwijzing naar dit rapport.

De volgende partijen hebben dit onderzoek ondersteund:

- Deltares
- Ingenieursbureau van Gemeentewerken Rotterdam
- ARCADIS
- Intergemeentelijk Samenwerkingsverband Midden-Holland (ISMH)
- CROW
- Stichting RIONED
- Stichting Energiened
- Het Ministerie van Financiën
- Stichting Schuimbeton Nederland
- TNO-Bouw
- De gemeenten: Alphen a/d Rijn, Bergambacht, Bodegraven, Boskoop, Capelle a/d IJssel, De Ronde Venen, Delft, Gouda, Jacobswoude, Krimpen a/d IJssel, Liemeer, Moordrecht, Nederlek, Nieuwerkerk a/d IJssel, Nieuwkoop, Ouderkerk, Oudewater, Reeuwijk, Rijnwoude, Schoonhoven, Ter Aar, Vlist, Waddinxveen, Woerden, Zevenhuizen-Moerkapelle

Contactinformatie project CT03.10

Vragen over en reacties op dit rapport kunt u richten aan:

Projectleider: ir. C. Lehnert – c.lehnert@deltares.nl unit Geo-Engineering tel: 015-2693558

Inwendig: www.delftcluster.nl/slappebodem

Community of Practice: www.slappebodem.nl

Contactinformatie algemeen

Delft Cluster

Postbus 69

2600 AB DELFT

info@delftcluster.nl | www.delftcluster.nl

Inhoudsopgave

1	INLEIDING EN ACHTERGROND	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Relatie met andere onderdelen van het Delft Clusteronderzoek	5
2	LEESWIJZER	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Systemen	6
3	ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR	9
3.1	Riolering	9
3.2	Gas	23
3.3	Water	32
3.4	Warmte	38
3.5	Telecommunicatie	45
4	BRONNEN	51

1 Inleiding en achtergrond

1.1 Inleiding

Eén van de belangrijke onderdelen van het Delft Clusteronderzoek 'Duurzame onderhoudsstrategie voor voorzieningen op slappe bodem' is het maken van een afweegmodel, de onderdelen E en F van het onderzoek. Met het model kan een optimale maatregel bepaald worden voor het ophogen van de openbare ruimte.

Voor de input van het model en voor het vastleggen van de aanwezige kennis en ervaring op het gebied van ophogmaatregelen en bouwstoffen is het rapport 'Ophogmaatregelen en ophogmaterialen' opgesteld, onderdeel B1 van het Delft Clusteronderzoek.

In onderdeel B2 'Inventarisatie ondergrondse infrastructuur' wordt de kennis en ervaring op het gebied van riolering, kabels en leidingen toegevoegd. Het doel van deze inventarisatie is tweeledig:

1. Informatie verzamelen voor het afweegmodel om consequenties van het ophogen voor kabels en leidingen (zo mogelijk kwantitatief) te kunnen bepalen.
2. Een overzicht opstellen van de state-of-the-art met betrekking tot de kennis over (het omgaan met) kabels, leidingen en riolen onder verzakkende wegen.

Het betreft ophogingen met relatief zware materialen (=referentie) en ophogingen met beperkte zettingen waarbij lichtgewicht materiaal is toegepast. Bij toepassing van lichtgewicht materiaal, waarbij nauwelijks zetting meer optreedt, is de invloed op het functioneren van de kabels en leidingen in de meeste gevallen nihil. Wel kan de bereikbaarheid en de kwaliteit van het systeem in het geding zijn. Deze informatie is deels al in het rapport 'Ophogmaatregelen en ophogmaterialen' opgenomen.

Het resultaat van de inventarisatie van ondergrondse infrastructuur in slappe bodem is een overzicht van de volgende informatie:

- Beschrijving van veel gebruikte soorten aan materialen;
- Bijzondere voorzieningen of constructies in zettingsgevoelige gebieden;
- Wanneer wordt riolering gefundeerd;
- Mogelijkheden van rioolssystemen in relatie tot grootte zettingen en eisen kwantitatief en kwalitatief;
- Mogelijkheden van rioolssystemen en kabels en leidingen met betrekking tot verschillende typen wegconstructies (zand, EPS, paalfundering, etc.)
- Criteria voor ophogen / vervangen;
- Programma van eisen t.a.v. ligging, drooglegging, bereikbaarheid, gasdoorlatendheid, maximaal toelaatbare zetting, etc.;
- Kostenindicaties voor vervangen en ophogen hoofdstructuur en huisaansluitingen.

1.2

Relatie met andere onderdelen van het Delft Clusteronderzoek

De inventarisatie van de ophoogmaatregelen en een beschrijving van de bouwstoffen die voor wegen op slappe bodems worden toegepast, is inmiddels afgerond en op de website van Delft Cluster geplaatst, het rapport 'Ophoogmaatregelen en ophoogmaterialen'.

Waar riolering, kabels of leidingen invloed hebben op de keuze van de ophoogmaatregel, bouwstof of ligging is het betreffend rapport een beschrijving gegeven. Na het gereedkomen van de inventarisatie van ondergrondse infrastructuur in slappe bodem zal het rapport 'Ophoogmaatregelen en ophoogmaterialen' waar nodig worden aangevuld.

In de onderdelen E en F wordt het afweegmodel gemaakt. Bij de afweging voor een optimale maatregel wordt naast de ophoogmaatregel ook de ondergrondse infrastructuur in beschouwing genomen. In de eerste plaats bepaalt het model het optimale moment voor ophogen met betrekking tot de verhardingsconstructie op basis van de grootte van de zetting. In de tweede plaats wordt het moment van ophogen afgestemd op de interventiemomenten van de ondergrondse infrastructuur. De verzamelde informatie in 'Inventarisatie ondergrondse infrastructuur' levert input voor het afwegingsmodel.

In onderdeel K van het Delft Clusteronderzoek wordt de systematiek voor beheerkosten van de openbare ruimte, een uitgave van CROW in publicatie 145, uitgebreid met onderhoudsstrategieën en kosten voor (zeer) slappe bodem. Het resultaat van dit onderdeel is een aanvullende module 'Slappe bodem' in de publicatie en een voor slappe bodem uitgebreid beheerkostenmodel. In de toekomst zullen ook de kosten voor riolering, kabels en leidingen daarin worden meegenomen.

2 Leeswijzer

2.1 Algemeen

Voor het afweegmodel is het van belang om de consequenties van het ophogen voor kabels en leidingen te kunnen bepalen. Het gaat dan niet alleen om de hoofdleidingen, maar ook om de aansluitingen en andere voorzieningen die voor het functioneren noodzakelijk zijn. Tezamen vormen de onderdelen het kabel- of leidingsysteem.

De werking van de gebruikte systemen van de ondergrondse infrastructuur wordt mede beïnvloed door de soort van de ophoog- en verhardingsmaterialen. Voor zover het van belang is, worden bij de systemen de keuzebepalende interacties tussen enerzijds de systemen en anderzijds de materiaalsoorten beschreven. Hierbij wordt inzichtelijk gemaakt onder welke omstandigheden de systemen het beste worden ontworpen en aangelegd.

Voorzieningen zoals stations, verdeelkasten, overstortputten, etc. zijn in deze rapportage buiten beschouwing gelaten.

2.2 Systemen

Algemeen

De systemen die in dit rapport beschreven worden, zijn:

- Riolering ten behoeve van transport van afval- en hemelwater;
- Gas;
- Water;
- Warmte;
- Telecommunicatie;
- Elektriciteit (informatie ontbreekt nog).

Van deze systemen worden de volgende onderwerpen beschreven.

- Beschrijving van het systeem en verschillende types in systemen;
- Levensduur;
- Criteria ten behoeve van het afweegmodel;
- Ontwerpaspecten;
- Uitvoeringsaspecten;
- Kosten;
- Risico's;
- Bronnen.

In de onderstaande paragrafen wordt een toelichting gegeven wat in de bovenstaande onderwerpen wordt beschreven.

Beschrijving van het systeem

Een systeem is meer dan alleen de kabels of buizen op zich. Voor een riolering maken naast de

rioolbuizen ook de leidingen tussen de rioolbuis en het huis, de huisaansluiting, de straatkolken en de inspectieputten deel uit van het rioleringsysteem. Bij gas- en waterleidingen wordt gebruik gemaakt van hoofdleidingen en huisaansluitingen.

De verschillende types in systemen geven mogelijkheden in toepassing weer in relatie tot de grootte van de zettingen. Bij riolering worden de mogelijkheden van verschillende rioolsystemen in beeld gebracht.

Levensduur

Hierin wordt aangegeven wat de levensduur is van de onderdelen van het leidingsysteem. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt in de technische en economische levensduur. De technische levensduur heeft betrekking tot het optreden van schade als gevolg van de bovenbelasting, vervormingen als gevolg van zettingen, maar ook bijvoorbeeld gipsvorming in rioolbuizen. De economische levensduur heeft betrekking tot de financiële afschrijfperiode die een beheerder aan de leidingen of de kabels geeft.

Criteria ten behoeve van het afweegmodel

Het afweegmodel maakt gebruik van een beperkte hoeveelheid invoerparameters en is bedoeld voor gebruik op netwerkniveau. Per situatie, handhaven, ophalen of vervangen zijn criteria bepaald die in de meeste gevallen zullen gelden, rekening houdend met de reeds opgetreden zetting en de nog op te treden zetting na ophogen. De criteria zijn bepaald aan de hand van beschikbaar gestelde informatie.

Ontwerpaspecten

Beschrijving van aspecten waar met het ontwerp van een kabel of leiding rekening moet worden gehouden zoals ligging, materiaalkeuze, draagkracht, maximaal toelaatbare zetting, etc. Tevens zijn mogelijke interacties tussen de systemen en de ophoogmaatregelen en bouwstoffen (zand, EPS, etc.) beschreven ten aanzien van onder andere de bereikbaarheid van een kabel of leiding, beperking toetreding van grondwater, gasdoorlatendheid en herstelbaarheid van de wegconstructie na reparatie aan een kabel of leiding.

Daarnaast bevat dit onderdeel een beschrijving van de mogelijkheden van fundatie van een riolering en van bijzondere voorzieningen of constructies in zettingsgevoelige gebieden, bijvoorbeeld bij overgangen van gefundeerde naar niet-gefundeerde ligging.

Kosten

Voor het ophogen of vervangen van een systeem worden kostenindicaties bepaald. Ook worden indicaties gegeven van ophogen of vervangen van huisaansluitingen, tijdelijke voorzieningen tijdens de uitvoering en uitvoeren van reparaties aan hoofdleiding en huisaansluitingen.

De prijzen zijn globaal van opzet, exclusief omzetbelasting en inclusief uitvoeringskosten. Het prijspeil is van het jaar 2007.

Uitvoeringsaspecten

Bij het ophogen of vervangen van een systeem is er een aantal aspecten waarmee in de uitvoering rekening gehouden moet worden, zoals lokaliseren van bestaande kabels en leidingen, opslag en vervoer van materialen, aandachtspunten bij het vullen van de sleuven en tijdelijke voorzieningen, bijvoorbeeld een noodnet voor de waterleiding.

Onderhoudsaspecten

Dit onderdeel gaat in op aspecten die van belang zijn in de gebruiksfase, zoals inspecties, te beoordelen toestandsaspecten en aandachtspunten ten behoeve van reparaties.

Risico's

Bij de beschrijving van de ophoogmaatregelen zijn risico's opgenomen die ook invloed hebben op de kabels en leidingen. Mogelijk zijn er nog risico's die direct gerelateerd zijn aan de toepassing van het systeem.

Bronnen

Hierin is aangegeven van waar de informatie is verkregen. Dat kan zijn op basis van literatuuronderzoek en/of op basis van informatie van bedrijven die het betreffende concept toepassen of materialen leveren.

3 Ondergrondse infrastructuur

3.1 Riolering

Beschrijving van het systeem

Een rioolsysteem heeft als doel het afvoeren van hemelwater en van huishoudelijke en bedrijfsmatig afvalwater. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in een aantal systemen:

- Vrijvervalsysteem:
 - o Gescheiden stelsel;
 - o Gemengd stelsel;
 - o Verbeterd gemengd;
 - o Verbeterd gescheiden.
- Mechanische systemen (bedoeld uitsluitend voor afvoer van huishoudelijk en bedrijfsmatig afvalwater):
 - o Drukriolering;
 - o Vacuümriolering;
 - o Luchtpersriool.

Het afvoeren van het hemelwater (HWA) bestaat uit de verschillende onderdelen:

- Straatkolk;
- Aansluitstuk riool;
- Kolkaansluitleiding;
- Rioolbuis;
- Verbinding tussen de verschillende rioolbuizen;
- Inspectieputten.

Voor het afvoeren van het afvalwater uit woningen/bedrijven, de zogenaamde droogweer afvoer (DWA), wordt onderscheid gemaakt in de volgende onderdelen:

- Binnenriolering;
- Huisaansluiting;
- Huisaansluitleiding;
- Rioolbuis;
- Verbinding tussen de verschillende rioolbuizen;
- Inspectieputten.

In het geval de afvoer door middel van mechanische riolering geschiedt zijn naast of in plaats van inspectieputten tevens speciale putten benodigd (bijv. pompputten, vacuümputten).

Levensduur

Voor de levensduur van riolering wordt er onderscheid gemaakt in verschillende vormen van de levensduur (economische, technische en functionele). De technische levensduur van de riolering bedraagt gemiddeld ca. 40 à 100 jaar. Ten gevolge van onder meer zettingen, kan de levensduur van een riolering korter zijn. Deze kortere levensduur is vaak het gevolg van falende huis- en kolkaansluitingen of verbindingen tussen de buizen. De economische levensduur moet dan worden aangepast, omdat deze levensduur niet langer kan zijn dan de technische levensduur.

Indien het plan wordt opgevat om de weg, waarin de riolering zich bevindt, op te hogen, zal een afweging plaatsvinden voor het wel of niet handhaven van de riolering.

Het gelijktijdig met de uitvoering van de ophoogmaatregel vervangen van de riolering heeft als voordeel dat de rioolvervanging relatief goedkoop kan worden uitgevoerd. Immers de wegverharding en -fundering worden vanwege de uit te voeren ophoogmaatregel tijdelijk verwijderd. Tevens is materieel aanwezig. Indien de riolering echter nog in redelijke staat verkeerd, kan er voor worden gekozen het in zijn geheel te handhaven of onderdelen te vervangen, zoals de huis- en kolkaansluitingen. Handhaven van de bestaande riolering kan indien het systeem als geheel minimaal een restlevensduurverwachting heeft (of na vervanging van onderdelen krijgt) die minimaal gelijk is aan de levensduurverwachting van de wegconstructie na uitvoering van de ophoogmaatregelen.

Het is dus van belang de restlevensduur van de riolering en de onderdelen waaruit zij is opgebouwd in te schatten rekening houdend met de verwachte restzetting over de periode waarover de wegconstructie geacht wordt mee te gaan. Een andere invalshoek kan zijn om de ophoogmaatregel aan te passen aan de verwachte restlevensduur van riolering en meer algemeen aan de verwachte restlevensduur van de aanwezige kabels en leidingen.

Beoordeling handhaving bestaande riolering

Om de restlevensduur van de bestaande riolering redelijkerwijs te kunnen inschatten is informatie nodig uit het verleden (historie), het heden en de toekomst.

Historische gegevens die van belang zijn bij de beoordeling zijn:

- Type riolering met materiaalsoorten buis en put;
- De wijze waarop elementen zijn verbonden, onder andere type verbinding, toepassen van zettingsmoffen, etc;
- De wijze van fundatie van het gehele riool of van afzonderlijke onderdelen, zoals overstortputten en gemalen op palen en de overige onderdelen op staal;
- Welke invloed heeft de omgeving uitgeoefend op de riolering in de periode tussen aanleg en heden:
 - o Hoeveelheid zetting en tijdstip en grootte tussentijdse ophogingen;
 - o Peilwijzigingen in het oppervlaktewater;
 - o Grootschalige grondwateronttrekkingen in de omgeving;
 - o Gemiddelde verkeersbelasting.

Van de huidige toestand zijn de volgende aspecten van belang:

- Wat is de huidige kwalitatieve staat van de riolering (gedetailleerde inspectiegegevens met betrekking tot afstroming, stabiliteit en waterdichtheid)? Extra aandacht hierbij verdienen de overgangen tussen verschillende wijze van fundatie en overgangen tussen verschillende onderdelen. Bijvoorbeeld tussen huisaansluiting en riool, buizen onderling of buis en put.
- Zijn er klachten met betrekking tot stank, afbrekende huis- kolkaansluitingen, etc.
- Wat is het huidige afschot in de vrijvervalriool? Bij het merendeel van de typen vrijvervalriolen is het handhaven van een minimum afschot van wezenlijk belang (gemengde riolen, DWA-riolen, bemalen HWA-riolen). Het aanwezige afschot dient hierbij kritisch in beschouwing te worden genomen. Hierbij dient niet zonder meer te worden afgegaan op het aanwezige (theoretisch) afschot op basis van ingemeten binnen onderkant buizen (b.o.b's) ter plaatse van de putaansluitingen. Een beter beeld kan worden verkregen door het interpreteren van

de videobeelden van de gedetailleerde inspecties of het in combinatie met een gedetailleerde video-inspectie uitvoeren van een hoogtemeting in het riool. Bij deze laatste techniek dient rekening te worden gehouden met het feit dat de hoogtemeting wordt gedaan vanaf de rijdende videocamerawagen. Deze camerawagen zal gedurende het af te leggen traject nooit in rechte lijn het laagste punt van het riool volgen, maar zich rond deze lijn bewegen en af en toe tegen de buiswand op rijden. Dit levert een enigszins vertekend beeld op bij de hoogtemeting.

- Wat is de huidige kwantitatieve staat van het riool? Is het riool voldoende ruim gedimensioneerd om het huidig aanbod van afvalwater zonder problemen te kunnen transporteren?
- Wat is het huidige afschot van de huisaansluitingen, met name ter plaatse van de overgang van particulier terrein naar wegconstructie?
- Indien zettingsmoffen zijn toegepast bij de standpijpen, verdient het aanbeveling steekproefsgewijs enige zettingsmoffen op te graven om te beoordelen in hoeverre deze nog beschikken over enige reserve om toekomstige zettingen op te vangen.
- Is de riolering al geheel financieel afgeschreven?
- Voldoet de aanwezige riolering aan de eisen conform de huidige wet- en regelgeving?
- Maken nutsbedrijven van de gelegenheid gebruik om bij het ophogen van de weginfrastructuur kabels en leidingen op te halen of te vervangen? In dat geval is het mogelijk interessanter de riolering gelijktijdig te vervangen.

Voor het wel of niet handhaven van de riolering is de toekomstige situatie ook van belang:

- Blijft de functie en belasting van de riolering ongewijzigd?
- Blijft de functie en belasting van de weg ongewijzigd?
- Wat is de levensduurverwachting van de wegconstructie na het uitvoeren van de ophoogmaatregel en wat is de geprognoseerde zetting over deze periode?
- Wat is de levensduurverwachting en zetting van opeenvolgende uit te voeren ophoogmaatregelen?
- Wat is de levensduurverwachting van de stedelijke omgeving als geheel? Is er bijvoorbeeld over 15 jaar een grootschalige revitalisering gepland?
- Is het doel van de werkzaamheden het verkrijgen van een uit maatschappelijk oogpunt op lange termijn zo goedkoop mogelijke infrastructuur of bestaat het doel uit het zoveel mogelijk beperken van overlast aan omwonenden en gebruikers door de benodigde werkzaamheden op de lange termijn te minimaliseren?

Criteria ten behoeve van het afweegmodel

Het afweegmodel maakt gebruik van een beperkte hoeveelheid invoerparameters en is bedoeld voor gebruik op netwerkniveau. Voor het afweegmodel zullen daarom criteria worden gehanteerd die in de meeste gevallen gelden. Het betreft per situatie 'handhaven', 'ophalen' of 'vervangen' de volgende criteria:

- Handhaven:
 - o Technische staat, capaciteit en ligging van transportleiding vuilwater zijn van voldoende kwaliteit;
 - o Waterdichtheid en capaciteit van regenwaterriool zijn voldoende;
 - o Gelijkmatische zetting;

- o Leeftijd leiding is maximaal 30 jaar;
- Ophalen:
 - o Materiaal buizen: PVC of PE;
 - o Technische staat en capaciteit van transportleiding vuilwater zijn van voldoende kwaliteit;
 - o Waterdichtheid en capaciteit van regenwaterriool zijn voldoende;
 - o Gelijkmatische zetting;
 - o Leeftijd leiding is maximaal 30 jaar;
- Vervangen:
 - o Technische staat, capaciteit of ligging van transportleiding vuilwater zijn van onvoldoende kwaliteit;
 - o Waterdichtheid of capaciteit van regenwaterriool zijn onvoldoende;
 - o Zetting van ophoogmaatregel bij ongelijkmatische zettingen is kleiner dan toelaatbare zetting materiaal minus reeds opgetreden zetting;

In onderstaande tabel zijn voor verschillende soorten leidingen de toelaatbare zettingsverschillen weergegeven:

Toelaatbare zettingsverschillen leidingen in mm

	Betonnen leidingen L = 2,40 m	PVC-leidingen L = 10 m	PE-leidingen L = 12 m
Diameter in mm	Verschilzetting [mm]	Verschilzetting [mm]	Verschilzetting [mm]
125		600	720
160		600	720
200		600	720
250		600	720
300		400	480
300	100		
400	75		
500	55		
600	50		
700	40		
800	35		
900	30		
1000	25		
1250	25		
1500	20		
1800	20		
2000	20		

Bij de in de tabel genoemde waarden is er van uitgegaan dat bij aanleg de buizen goed op elkaar zijn aangesloten en in een strakke lijn liggen. Bij grotere hoekverdraaiingen dan de hierboven beschreven waarden is de kans groot dat lekkage optreedt. In bijlage 2 is tekst en uitleg gegeven over de totstandkoming van de waarden;

- o Leeftijd leiding is minimaal 30 jaar;
- o Vervanging huisaansluitingen: indien opgetreden zettingen groter zijn dan 0,60 m.

Keuze mechanisch systeem of vrijval riool

Indien uit het voorgaande volgt dat er voldoende aanleiding bestaat om de bestaande riolering te vervangen, dient vervolgens te worden bepaald welk type riolering, welke materialen, welke funderingswijze en aanvullende voorzieningen zullen worden toegepast in het nieuwe ontwerp. Hierbij vormt de uitgevoerde analyse van de historie, het heden en de toekomst een belangrijke input voor het nieuwe ontwerp. Hierbij dient in beschouwing te worden genomen dat het nieuwe riool qua levensduurverwachting bij voorkeur 'in de pas' dient te gaan lopen met die van de weg in combinatie met de zettingsprognose en de daarop volgende cycli. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij keuze van materialen, funderingswijze, etc. Uiteraard kan de keuze van toe te passen ophoogmaatregelen ook worden afgestemd op de levensduurverwachting van de nieuw aan te brengen riolering. In feite is sprake van een wisselwerking tussen type ophoogmaatregel, geprognosticeerde zetting en levensduurverwachting van (onderdelen van) de riolering.

Voor het vervangen van riolering moet een keuze gemaakt worden tussen mechanisch en vrijval riool. Bij toepassing van drukriolering of luchtpersriool kan gebruik worden gemaakt van flexibele transportleidingen. Bij gebruik van vacuumriolering is het van belang dat de transportleiding zaagtandsgewijs wordt aangebracht. Bij toepassing van drukriolering of luchtpersriool wordt de zwaartekracht buiten spel gezet voor wat betreft de transport(pers)leiding. Deze typen riolering zijn echter alleen geschikt voor het transport van huis- en/of bedrijfsafvalwater. Hun capaciteit is ontoereikend om afstromende neerslag van aangesloten verhard oppervlak in te zamelen en/of te transporteren. Voor mechanische riolering zijn mechanische voorzieningen nodig (pompen, compressors) die energie nodig hebben en aan slijtage onderhevig zijn. De beheer- en vervangingskosten van dit soort systemen liggen dan ook vaak hoger dan dat van een traditioneel vrijval riool. Onder de juiste omstandigheden kunnen het echter interessante alternatieven zijn.

Bij toepassing van vrijval riolen waarbij afschot noodzakelijk is voor het afvalwatertransport verdienen de volgende onderdelen de nodige aandacht:

- Bij het optreden van lokale zettingen het toepassen van voldoende afschot zodat zettingen niet direct leiden tot het ontstaan van tegenschot;
- Bij optreden van gelijkmatige zettingen zullen met name ter plaatse van de overgang tussen opgehoogd en niet opgehoogd terrein (veelal overgang weg – particulier terrein) de grootste zettingen optreden.

Ontwerpaspecten

- Bij het dimensioneren van de doorstroming van een rioolstelsel liggen hydraulische berekening ten grondslag.
- De materiaal- en funderingskeuze en de hoogteligging van de leidingen worden bepaald op basis van:
 - o Gronddekking;
 - o Opleghoek;
 - o Verkeersbelasting;
 - o Wijze van uitvoering;

- o Grondsoort van vrijkomende en aanvullingsgrond;
- o Grondwaterpeil;
- o Hoeveelheid zetting in relatie tot de situering van de leiding onder ophoging;
- o Samenstelling van het af te voeren afvalwater;
- o Stoffen die verstopping of beschadiging aan de leiding of installaties kunnen veroorzaken;
- o Het toe te passen materiaal moet bestand zijn tegen:
 - Waterige oplossingen met een pH lager dan 6,5 of hoger dan 10, alsmede zuren en basen die niet in water zijn opgelost;
 - Stoffen met een sulfaatgehalte van meer dan 300 g/m³.

De buizen, inclusief verbindingen, zijn in het algemeen bestand tegen alle voorkomende grondsoorten in Nederland. Echter is aantasting van buitenaf mogelijk op plaatsen met agressieve gronden en op plaatsen met door chemicaliën verontreinigde grond. Afhankelijk van de mate van agressiviteit kunnen bepaalde materiaalsoorten niet zonder meer toegepast worden. Deze moeten derhalve van een doelmatige bescherm laag worden voorzien. In verband met de keuze van de materiaal soort dienen ook de grond en het grondwater te worden onderzocht op agressiviteit, pH-waarde, gehalte aan vrij koolzuur en aan zouten zoals bijvoorbeeld chloriden, sulfaten en combinaties van zouten. In eerste instantie kan worden getracht de zuurtegraad te bepalen met indicatorpapier. In dit verband kan worden gewezen op de eventuele aanwezigheid van potkleigronden, onder andere in Groningen (gebufferde sulfaatconcentraties), bruinkoolgronden, onder andere in Limburg, zandgronden met humeuze bovenlaag (humuszuren) en zandgronden met een hoog gehalte aan vrij koolzuur. De aantasting van de leidingen kan worden versterkt door grondwaterstromingen of wisselende grondwaterstanden. De agressiviteit van het omringend milieu kan worden verminderd door het mengen van schelpen of kalk met de aan vul grond of het beperken van de grondwaterstroming langs de buis door bijvoorbeeld het aanbrengen van kleidammen in de sleuf.

- De sterkte van de leiding wordt bepaald door de materiaalkeuze, wanddikte, eventuele wapening, de verhouding van de stijfheid van de buis ten opzichte van die van de omringende grond, de zijdelingse steundruk en de wijze van funderen. Het verdient aanbeveling vooraf met de leverancier van de buizen hierover te overleggen. Aan de hand van het grondonderzoek moet worden bepaald, of de aan te leggen riolering wordt gefundeerd:
 - o Op staal;
 - o Op staal met toepassing van een grondverbetering;
 - o Op staal met gebruikmaking van druk verspreidende constructies, zoals matten, sloven of roosters;
 - o Op palen.

Bij een fundering op staal moeten de leidingen zodanig worden gefundeerd, dat in de langsrichting van de leiding een gelijkmatige verdeling van de oplegspanning is gewaarborgd. De berekening die hiervoor moet uitgevoerd worden staat in publicatie B3000 van de Leidraad Riolering. Indien ronde buizen een lijn- of puntoplegging krijgen, worden de momenten in de buiswand sterk verhoogd. Er dient dan ook te worden nagegaan, of de buisconstructie daartegen bestand is. De opleghoek die in het werk wordt bereikt, beïnvloedt

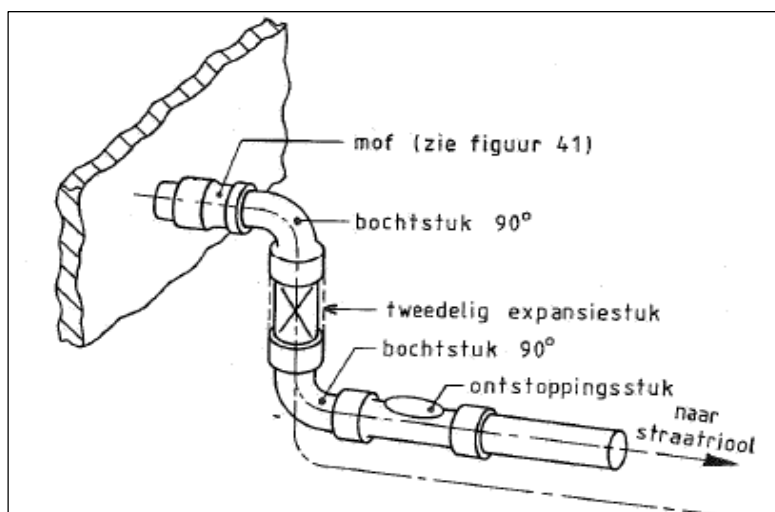
sterk de draagkracht van de leiding. Het is van belang, dat bij het ontwerp rekening wordt gehouden met de opleghoek die bij de aanleg haalbaar is.

Bij fundering op palen treden er verticale belastingen op de leidingen. Het funderen op staal al dan niet met grondverbetering of druk spreidende constructies verdient daarom de voorkeur boven funderen op palen. Dit vooral bij leidingen met kleine middellijn. Bij leidingen die op palen gefundeerd zijn en de wegconstructie op staal, kan er bij zetting een kattenrug ontstaan. Om deze kattenrug te beperken zal onderhoud nodig zijn aan de verharding.

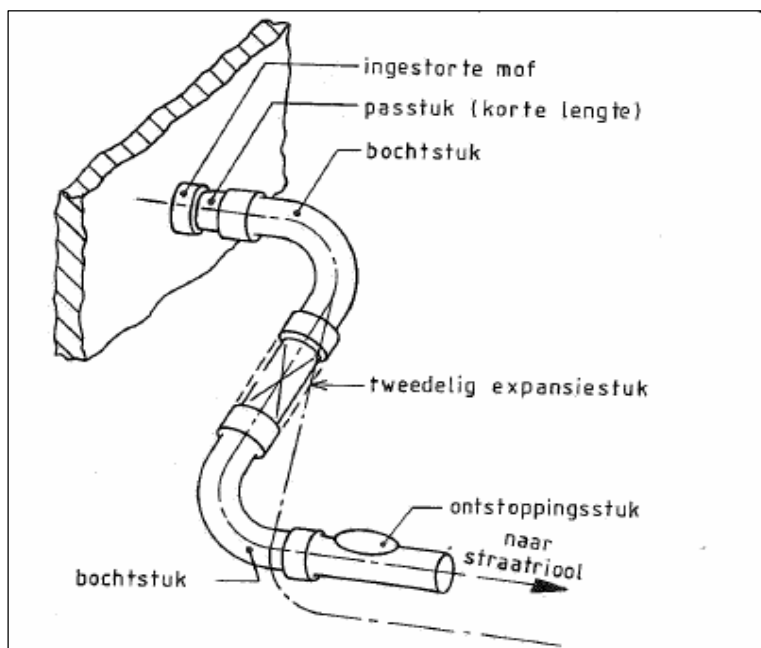
Verkeersbelastingen kunnen zich dan weer beter spreiden dan bij de kattenrug.

Een alternatief voor een stijve fundering op palen is de toepassing van een evenwichtsconstructie. Dit betekent dat het extra gewicht als gevolg van de ophoging ongeveer gelijk is aan het gewicht dat bespaard wordt als gevolg van het vervangen van zware materialen door lichtgewicht ophoogmateriaal. Hierdoor is de ondergrond niet aan extra zetting onderhevig.

- Maatregelen om de invloed van zettingen op de riolering te voorkomen, te beperken dan wel op te vangen zijn:
 - o Gebruik van zettingsmoffen bij standpijpen;
 - o Bij kolken toepassen van een aansluiting aan de zijkant of achterkant. Door de scharnierwerking met twee 90°-bochtstukken, analoog aan figuur 3.2, kunnen zettingen beter opgevangen worden dan met een aansluiting aan de voorzijde;
 - o Toepassing pendelplaat of pendelbuis bij aansluiting onderheid / niet onderheid;
 - o Gebruik van enkele achter elkaar gelegen passtukken zodat over een korte lengte een grote hoekverdraaiing mogelijk is;
 - o Bij ongelijkmatige zetting, toepassen van een relatief groot afschot zodat plaatselijke zettingen niet direct leiden tot tegenschot;
 - o Wijze van fundering (zie voorgaande).
- In de onderstaande figuren zijn een aantal mogelijke oplossingen bij zettingsgevoelige ondergronden weergegeven. De belasting op de mof kan beperkt worden door boven de mof een plaat aan de muur te bevestigen die de belasting op de mof kan wegnemen.



Figuur: 3.1. Huisaansluiting met riolering op slappe bodems



Figuur: 3.2. Huisaansluiting met riolering op slappe bodems

Kosten

In deze paragraaf is een onderscheid gemaakt tussen de verschillende onderdelen van het riolsysteem. De onderdelen zijn:

1. Vervanging vrijval riool;
2. Vervanging rioolput;
3. Vervanging kolk en kolkaansluitingen;
4. Vervanging perceelaansluitingen;
5. Beheerkosten.

Voor de bepaling van de kosten is gebruik gemaakt van module D1100 van de Leidraad Riolering van RIONED. Het zijn kosten gebaseerd op het prijspeil van 2007, exclusief omzetbelasting. De getallen in de module zijn niet normatief.

1. Vervanging vrijval riool
 - Voor de vervanging van riolen wordt een onderscheid gemaakt tussen gewapende of ongewapende betonnen riolen. De prijzen voor het vervangen van een vrijval riool van PVC wijken niet veel af van de prijzen voor ongewapende betonnen riolen. Er daarom geen extra onderscheid gemaakt voor PVC-riolen.
 - Voor het kostenkengetal is uitgegaan van ongewapend beton bij een riool met een diameter tot 700 mm en van gewapend beton bij een diameter van 700 tot 1.500 mm.
 - De basisprijzen voor vervanging zijn inclusief bemaling en opleveringscontrole:
 - o Ongewapende betonnen rioolbuis met een diameter van 300 mm:
 - o € 140 per meter, exclusief verwijderen verharding;
 - o € 320 per meter, inclusief verwijderen en aanbrengen verharding;

- o Gewapend betonnen rioolbuis met een diameter van 700 mm:
 - o € 460 per meter, exclusief verwijderen verharding;
 - o € 730 per meter, inclusief verwijderen en aanbrengen verharding.
- De opbouw van de basisprijzen zijn te vinden in de tabellen B1.1 en B1.2 in bijlage 1 van publicatie D1100 van de Leidraad Riolering.
- De kosten kunnen worden bepaald aan de hand van de volgende formules:

diameter 250-700 mm, ongewapend:

$$KKG = \text{basisprijs (300 mm)} \times 1,3^{((\text{diameter} - 300)/120)} \text{ [Euro/m]}$$

diameter 700-1.500 mm, gewapend/versterkt:

$$KKG = \text{basisprijs (700 mm)} \times 1,17^{((\text{diameter} - 700)/120)} \text{ [Euro/m]}$$

- Invloedsfactoren:
 - o De grondsoort heeft invloed op het ontgravingstalud. Hoe 'losser' de grondsoort, hoe minder steil het talud mag zijn. De sleufbreedte wordt daardoor groter en daarmee ook de hoeveelheid wegverharding die moet vervangen worden. Bij het gebruik van stempeling zijn de ontgravings- en wegverhardingskosten lager, omdat de sleufbreedte op maaiveldniveau kleiner is. Er zijn dan wel kosten voor stempeling en bemaling (zie opbouw basisprijs in publicatie D1100 van de Leidraad Riolering):
 - o Vervanging ongewapende betonnen rioolbuis met een diameter van 300 mm:
 - stempeling: € 60 per meter;
 - bemaling: € 30 per meter;
 - o Vervanging gewapend betonnen rioolbuis met een diameter van 700 mm:
 - stempeling: € 100 per meter;
 - bemaling: € 40 per meter;
 - o Als bij gescheiden riolering twee riolen in één sleuf liggen, is de totale sleufbreedte smaller dan bij twee aparte sleuven;
 - o De wegverhardingskosten vormen vaak een groot deel van de totale vervangingskosten (circa dertig tot vijftig procent). Bij asfalt zijn de kosten fors hoger dan bij bestrating. De basisprijs is gebaseerd op een verdeling van 50% asfaltverharding en 50% bestrating. De breedte van de te verwijderen verharding is afgestemd op de benodigde sleufbreedte van het riool;
 - o Een noodzakelijke fundering op palen verhoogt de kosten. Als de bestaande paalfundering gebruikt kan worden, zijn de kosten lager;
 - o De kosten van de buizen is voor riolen met een diameter tot 400 mm relatief klein, omdat de materiaalkosten dan maar een klein deel van de totale kosten zijn. Voor buizen met grote diameters of om andere redenen moeten (veel) duurdere materialen gebruikt worden. Dan is de invloed groter van de materiaalkosten;
 - o Bij monumentale bomen boven of dichtbij het riool is reguliere vervanging vaak onmogelijk. Ook kruisingen met AC-leidingen (asbestcement mag niet meer toegepast worden) kunnen de kosten fors verhogen.

2. Vervanging rioolput

- De diameter van het riool is bepalend voor de afmeting (lengte/breedte/hoogte) van de rioolput. In bijlage 1 van publicatie D1100 van de Leidraad Riolering staat meer informatie over de relatie tussen de diameter van het riool en de putafmeting.
- De basisprijs voor de vervanging van een rioolput (800x800x1400) voor een riool van 300 mm is € 1.920 per stuk of € 48 per meter (putafstand van h.o.h. 40 m). De opbouw van de basisprijs is te vinden in tabel B1.7 in bijlage 1 van publicatie D1100.
- De kosten voor de vervanging van een put kunnen worden berekend met de volgende formules. In de formule moet de buisdiameter van het grootst inkomende riool worden genomen.

voor diameters tot 1.250 mm

$$KKG = 0,5 \times \text{Basisprijs}_{800 \times 800 \times 1400} \times 2,718^{\text{diameter(mm)} \times 0,00231} \text{ [€]}$$

voor diameters vanaf 1.250 mm

$$KKG = 2 \times 10^{-4} \times \text{Basisprijs}_{800 \times 800 \times 1400} \times \text{diameter(mm)}^{1,5} \text{ [€]}$$

- Uitgangspunten:
 - o De put en het riool worden tegelijk vervangen;
 - o Geen wegverhardingskosten. De lengte van het riool is vaak als 'hart put tot hart put' gegeven. Daarom zijn de kosten voor wegverharding en het grootste deel van het grondverzet ondergebracht bij de vervanging van het riool.
 - Invloedsfactoren:
 - o Voor inkomende riolen met kleine diameters (kunststof tot circa 300 mm) zijn ook polyester putten mogelijk. Die zijn circa twintig tot dertig procent goedkoper dan betonnen putten.
 - o Stempeling/ontgraving: als een bouwkuip met damwanden noodzakelijk is, stijgen de kosten(aanzienlijk).
- ## 3. Vervanging kolk en kolkaansluitleiding
- Kostenkengetal: de vervanging van een kolk en kolkaansluitleiding kost € 340 per stuk of € 34 per meter, uitgaande van 2 kolken met kolkaansluitingen per 20 meter.
 - De opbouw van dit kostenkengetal staat in tabel B1.6 in bijlage 1 van publicatie D1100 van de Leidraad Riolering.
 - Uitgangspunten:
 - o Lengte kolkaansluitleiding: 5,5 meter;
 - o Vervanging tegelijk met het riool;
 - o Geen wegverhardingskosten;
 - o Gemiddelde van een straat- en trottoirkolk.
 - Inloedsfactoren:
 - o Straat- of trottoirkolk: een straatkolk is goedkoper dan een trottoirkolk.
 - o De opbouw van de kolk is één- of tweedelig. Een tweedelige kolk is duurder.

- o Bomen, kabels en leidingen: monumentale bomen, extra kabels en leidingen verhogen de kosten.
4. Vervanging perceelaansluitleiding
- Kostenkengetal: de vervanging van een perceelaansluitleiding kost gemiddeld:
 - o € 220 per stuk of € 22 per meter, uitgaande van 1 perceelsaansluiting per 10 meter, exclusief verwijderen verharding.
 - o € 350 per stuk of € 35 per meter, uitgaande van 1 perceelsaansluiting per 10 meter, inclusief verwijderen en aanbrengen verharding.
 - De opbouw van het kostenkengetal staat in tabel B1.5 in bijlage 1 van publicatie D1100 van de Leidraad Riolerig.
 - Uitgangspunten:
 - o Perceelaansluitleiding: totaal 10 meter PVC 125 mm.
 - o Vervanging tegelijk met het riool, omdat ook in het 'riooltracé' moet worden gegraven. Bij het alleen vervangen van de huisaansluitingen zijn de kosten hoger.
 - o Voor de kosten van de wegverharding buiten het 'riooltracé' is uitgegaan dat 75 procent bestrating is en 25 procent asfalt is.
 - Invloedsfactoren:
 - o De wegverhardingskosten vormen een groot deel van de totale kosten. Hoe duurder de wegverharding, hoe hoger de vervangingskosten;
 - o Bomen, kabels en leidingen: monumentale bomen, extra kabels en leidingen verhogen de kosten;
 - o Sleufbreedte: een gemengde of gescheiden perceelaansluitleiding kan de sleufbreedte en daarmee de kosten beïnvloeden.

5. Beheerkosten

- De basisprijzen zijn gebaseerd op de kostenkengetallen in publicatie D1100 van de Leidraad Riolerig.
- Een inspectie van het riool met behulp van video vindt plaats vóór het moment van ophogen van de weg of vervangen van de verharding. Om kosten te besparen wordt de inspectie gecombineerd met een reiniging van het riool. Inspecties vanuit de putten zijn niet in de kosten opgenomen, omdat de resultaten onvoldoende informatie leveren ten aanzien van de technische staat en de ligging.

De basisprijzen voor video-inspecties zijn als volgt onderverdeeld:

Diameter	Productie per dag	Basisprijs per keer
< 300 mm	900 m	€ 1,40 per m
300 – 500 mm	600 m	€ 2,10 per m
600 – 900 mm	500 m	€ 2,50 per m
1000 – 1500 mm	400 m	€ 3,10 per m

- De basisprijzen voor reinigen zijn afgestemd op de soorten ophoogmaatregelen en op de mate van zetting. Er is geen onderscheid gemaakt tussen vuilwaterriool en regenwaterriool. Uitgangspunten voor de frequenties van reinigen zijn:
 - o Grote zettingen bij traditioneel ophogen met zware materialen: 1 keer per 5 jaar;

- o Beperkte zettingen bij ophogen met lichtgewicht granulair materiaal: 1 keer per 7 jaar;
 - o Zettingsarm bij evenwichtconstructies: 1 keer per 10 jaar.
- De basisprijzen voor reiniging zijn als volgt onderverdeeld:

	Basisprijs	Gemiddelde kosten in € per meter en jaar		
Diameter	per keer in € per m	Grote zettingen freq. 1x per 5 jr	Beperkte zettingen freq. 1x per 7 jr	Zettingsarm freq. 1x per 10 jr
200 mm	1,20	0,24	0,17	0,12
300 mm	1,40	0,28	0,20	0,14
400 mm	1,70	0,34	0,24	0,17
500 mm	2,00	0,40	0,29	0,20
600 mm	2,40	0,48	0,34	0,24
700 mm	2,80	0,56	0,40	0,28
800 mm	3,40	0,68	0,49	0,34
900 mm	4,00	0,80	0,57	0,40
1000 mm	4,70	0,94	0,67	0,47
1250 mm	7,20	1,44	1,03	0,72
1500 mm	11,00	2,20	1,57	1,10

- De basisprijs voor het reinigen van kolken is € 3,00 per stuk of € 0,30 per meter, uitgaande van 2 kolken met kolkaansluitingen per 20 meter. Uitgaande van een frequentie van twee maal per jaar bedragen de kosten voor het reinigen van kolken per jaar € 0,60 per meter.

Uitvoeringsaspecten

- Op basis van de resultaten van het grond-, grondwateronderzoek en plaatselijke omstandigheden, zoals de aanwezigheid van kabels, leidingen, gebouwen, watergangen, bomen, verhardingen, verkeer etc. moet worden beoordeeld of de sleuven kunnen worden ontgraven met vrije taluds. Indien dit niet mogelijk is moeten de sleufwanden worden afgestempeld, afgekist of afgeheid. De vorm en de constructie van de sleuf zijn mede afhankelijk van de te volgen werkwijze, de aard van de grondslag, de belasting naast de sleuf, de grondopslag, de beschikbare werkbreedte en de weersomstandigheden.
- Voor diverse uitvoeringsaspecten zoals graven in de nabijheid van kabels en leidingen wordt er momenteel een protocol tot zorgvuldig graven opgesteld. Deze wordt met begeleiding vanuit CROW met vertegenwoordiging vanuit de gehele graafketen uitgewerkt. Deze is geheel in lijn met de Wet op de informatie uitwisseling ondergrondse netten, ook wel Grondroedersregeling genoemd. Naar verwachting zal deze richtlijn medio 2007 gereed zijn.
- Toepassing van bronbemalingen is noodzakelijk om de grondwaterstand voldoende te verlagen en in droge omstandigheden te kunnen werken. Bij toepassing van bronbemalingen, alsmede voor de wijze en de plaats van lozing moeten veelal vergunningen van verschillende instanties tijdig aangevraagd worden. Eveneens moet bij het onttrekken van grondwater erop gelet worden dat er geen zout kwelwater wordt opgezogen.
- Om opbarsten van de bouwputbodem en het activeren van wellen te voorkomen kan aan de volgende maatregelen worden gedacht:
 - o ontgraven in korte secties;

- o onmiddellijk aanbrengen van (tijdelijke) belasting;
- o eventueel verlagen van stijghoogte in het freatisch vlak.

Deze maatregelen dragen ook bij aan het voorkomen van en beperken van beïnvloeding van de omgeving.

- Bij het lossen van de materialen moet worden gewaakt tegen beschadigingen, ten gevolge van bijvoorbeeld:
 - o Het met elkaar in aanraking komen of op elkaar vallen van leidingen;
 - o Het verplaatsen met een koevoet of een schiftijzer;
 - o Het gebruik van onbeschermd stropen van staaldraad en onbeklede stalen hijshaken;
 - o Het gebruik van stropen door de buis of door de mof- en spie-einden in geprefabriceerde putten;
 - o Het ophijsen van geprefabriceerde putten een een enkel hijsgat;
 - o Het op één punt neerkomen op harde voorwerpen of verhardingen;
 - o Het doorzwiepen van lange buizen.

Bij het lossen van buizen met beschermlagen mogen geen touwen noch te smalle banden worden gebruikt.

- De sleuf moet nauwkeurig op diepte afgraven worden om onnodige verzakkingen van putten en leidingen te voorkomen. De sleufbodem tot een bepaalde diepte los te woelen en een goede opleghoek aanbrengen (uitgangspunt $> 20^\circ$ en $< 60^\circ$). Bij minder draagkrachtige ondergrond sloven of roosters en in het uiterste geval een paalfundering toepassen.
- De aanvulling van de sleuf moet zorgvuldig gebeuren. De belastingen op de buis zijn voor een groot deel afhankelijk van de conditie van het grondpakket direct naast de buis. Goed verdichten is daarom van groot belang. De ruimte moet naast de buis laagsgewijs (0,30 m) gevuld en mechanisch goed verdicht worden. Om verdraaiingen en zijwaartse verplaatsingen te voorkomen moet dit zo gelijkmatig gebeuren.

Voor flexibele buizen (van kunststof of staal) is een goede zijdelingse steundruk nodig om de krachten van boven op te kunnen vangen.

Voor starre buizen (gemaakt van beton, gres of gietijzer) is een goede aanvulling belangrijk om ongewenste extra krachten door zetting van het zijdelingse grondpakket te voorkomen.

Na aanvulling van de ruimte naast de buis mag de sleuf niet volgestort worden met vrachtwagenladingen zand. De aanvulgrond moet laagsgewijs (0,50 m) verspreid en verdicht worden met een graafmachine. Het gebied boven de buis is tot 0,90 m boven de kruin verboden gebied voor zware stamp- of trilapparaten.

- De berekening voor de aanvulling met eventuele standpijpen en uitleggers is vermeld in publicatie B3000 van de Leidraad Riolerig. De sleuf voor de aansluitleiding tot op de juiste diepte ontgraven. Zo blijft de verdichte ondergrond zoveel mogelijk intact. Bij het aanvullen van deze sleuf moet de grond naast de (kunststof) leiding voldoende verdicht worden om de noodzakelijke horizontale steundruk te ontwikkelen zonder te grote vervormingen. De aanvulgrond mag geen scherpe voorwerpen en bonken bevatten om nadelige puntbelastingen te vermijden.

Onderhoudsaspecten

- Belangrijke toestandsaspecten met betrekking tot zetting in slappe bodems betreffen:
 - o Deformatie (platgedrukt, alleen bij flexibele buizen);

- o Lekke en/of gescheurde leidingen en aansluitleidingen;
- o Verplaatste verbinding (axiaal, radiaal en hoekverdraaiing);
- o Bezonken afzettingen (als gevolg van onvoldoende of afwezigheid van afschot).
- Grondwaterstandverlagingen in het gebruiksstadium kunnen noodzakelijk zijn wanneer de bovenbelasting wordt verwijderd voor reparaties aan (aansluit)leidingen. Een aangelegd drainagesysteem kan worden gebruikt voor het geforceerd op niveau houden van de grondwaterstand. Ten tijde van een extreem lage waterstand fungeert het systeem als infiltratiesysteem. In geval van een extreem hoge grondwaterstand doet het systeem dienst voor de afvoer van water. Tevens voorkomt het drainagesysteem het ontstaan van een grondwater-vervaldruk over de constructie. Om een goede werking van de drainage te garanderen en zo lokale verweking van de ondergrond/zandlaag te voorkomen, dient planmatige controle en zonodig onderhoud nauwgezet te worden uitgevoerd.

Risico's

- Werkelijke zettingen wijken af van geprognostiseerde zettingen;
- Opbarsten van de bouwputbodem, inclusief het activeren van wellen of het opdrijven van veenlagen;
- Beïnvloeding omgeving door bouwputbemaling;
- Onvoldoende beheersing grondwaterstand door disfunctioneren drainage op lange termijn.

Bronnen

1. Delft Cluster, Integraal ontwerp leidingen en riolen – Grondmechanische randvoorwaarden
2. NEN-EN 13508-2, Toestand van de buitenriolering-deel 2
3. NEN-EN 752-1, Buitenriolering-Deel 1: Algemene termen en definities
4. NPR 3218, Buitenriolering onder vrij verval, Aanleg en onderhoud
5. RIONED, Regie in de ondergrond, handreiking afstemming werkzaamheden kabels en leidingen
6. RIONED, Leidraad Riolering:
 - kostenkentallen rioleringszorg D1100
 - ontwerpberekeningen D3000
7. Studiecentrum verkeerstechniek, Kabels leidingen en boomwortels
8. www.riool.net

Beschrijving van het systeem

Het totale gasnet in Nederland heeft een lengte van ongeveer 120.000 km. Het systeem is opgebouwd uit verschillende leidingen. Het verschil in leiding is gebaseerd op de druk die in de buizen aanwezig is:

- Lage druk (LD), 30 tot 100 mbar, lengte 98.000 km. Tegenwoordig is de druk bij nieuwe lage drukleidingen 100 mbar;
- Middel druk (MD), 1 tot 4 bar, lengte 8.000 km;
- Hoge druk (HD), 8 bar, lengte 15.000 km.

Voor hoofdleidingen worden hoofdzakelijk de volgende materialen gebruikt:

- Staal met gelaste verbindingen vooral bij hoge druk.
- Gietijzer (vooral in het verleden), grijs gietijzer en nodulair gietijzer;
- In het verleden werd asbestcement ook toegepast.
- PVC wordt enkel in Nederland nog gebruikt voor het transporteren van gas, waarbij onderscheid gemaakt kan worden in hard PVC en slagvast PVC.
 - o Hard PVC, al dan niet met gelijmde verbindingen. Kans op haarscheurtjes door spanningscorrosie.
 - o Slagvast PVC (gemodificeerd) met verlengde (niet trekvlaste) mofverbindingen wordt vanaf ca. 1973 toegepast bij lage drukleidingen (tot 100 mbar);
- PE vooral bij middel druk leidingen en buitengebieden vanwege grote lengten die op de rol verkrijgbaar zijn. Wordt ook toegepast in zettingsgevoelige gebieden. Betreft PE 80 met lasverbindingen. PE 100 met lasverbindingen wordt toegepast bij hoge druk leidingen. Oudere PE-leidingen ('1^e generatie'-PE) zijn minder bestand tegen puntbelastingen als gevolg van bijvoorbeeld hoekig en grof funderingsmateriaal.

Voor huisaansluitingen worden tegenwoordig hoofdzakelijk slagvast PVC, PE en koper gebruikt. Vroeger werd ook staal toegepast.

Levensduur

Voor de levensduur van een gasleiding wordt er onderscheid gemaakt in verschillende vormen van de levensduur (economische, technische en functionele). De technische levensduur van een gasleiding bedraagt gemiddeld ongeveer 50 tot 100 jaar. Ten gevolge van onder meer zettingen, kan de levensduur van een leidingsysteem korter zijn. Deze kortere levensduur is vaak het gevolg van falende huisaansluitingen of verbindingen tussen de buizen. Het vervangen van een gasleiding gebeurt zelden of nooit op basis van functionele eisen of financiële afschrijving.

Indien het plan wordt opgevat om de weg, waarin de gasleiding zich bevindt, op te hogen zal een afweging plaatsvinden tussen het laten liggen van de leiding en voor het ophalen of vervangen van de leiding, afhankelijk van de restwaarde en/of restlevensduur van de leiding. Het is ook mogelijk een gasleiding te 'upgraden' door bijvoorbeeld alleen de huisaansluitingen te vervangen. Het gelijktijdig ophalen of vervangen van de leiding met de uitvoering van de ophoogmaatregel heeft als voordeel dat dit relatief goedkoop kan worden uitgevoerd. Immers de wegverharding en

-fundering worden vanwege de uit te voeren ophoogmaatregel tijdelijk verwijderd. Tevens is materieel aanwezig.

Indien de leiding echter nog in redelijke staat verkeerd en nog niet is afgeschreven kan er voor worden gekozen de leiding in zijn geheel te handhaven, eventueel in combinatie met enkele onderdelen te vervangen, zoals de huisaansluitingen of het leidingensysteem in z'n geheel op te halen.

Gietijzeren of asbestcementleidingen worden niet opgehaald in verband met te verwachten lekkages en de hoge kosten als gevolg van het fasegewijs per 20 cm ophalen. Meestal worden dan gietijzeren of asbestcementleidingen vervangen door slagvast PVC of PE ,afhankelijk van de situatie.

In sommige gevallen is het handhaven van de bestaande gasleiding alleen zinvol indien het systeem als geheel minimaal een restlevensduurverwachting heeft (of na vervanging van onderdelen krijgt) die minimaal gelijk is aan de levensduurverwachting van de wegconstructie na uitvoering van de ophoogmaatregel.

Als een gasleiding onafhankelijk kan worden vervangen, dan is het geen bezwaar deze te laten liggen tot vervanging nodig is. Over het algemeen zal een diepteligging van de leiding groter dan 1,30 m, ten opzichte van een normale diepte van 0,80 m, niet wenselijk zijn. Bij een grotere diepte zijn aanpassingen aan aansluitleidingen noodzakelijk en kost het opgraven van de leiding meer moeite en daardoor meer geld.

Vanwege de hoge arbeidskosten en de relatief lage materiaalkosten is het ophalen van een leiding bijna even duur als het vervangen van een leiding. Door de ophoogmaatregel aan te passen aan de verwachte afschrijvingstermijn en de maximale diepte ten aanzien van de bereikbaarheid door het toepassen van lichtgewicht ophoogmateriaal en afstemming met de restlevensduur van de overige kabels en leidingen kan een optimum in kosten worden bereikt. Vervanging van de gasleiding vindt plaats als de veiligheid in het geding is.

Per situatie moet altijd een afweging worden gemaakt tussen de te maken kosten voor het ophalen en vervangen, afhankelijk van de restwaarde en/of restlevensduur van de leiding.

Criteria ten behoeve van het afweegmodel

Het afweegmodel maakt gebruik van een beperkte hoeveelheid invoerparameters en is bedoeld voor gebruik op netwerkniveau. Voor het afweegmodel zullen daarom criteria worden gehanteerd die in de meeste gevallen gelden. Het betreft per situatie 'handhaven', 'ophalen' of 'vervangen' de volgende criteria:

- Handhaven:
 - o Gronddekking van de leiding kleiner is dan de lokale normdekking plus 0,40 m. De normdekking is over het algemeen 0,80 m;
 - o Gelijkmatische zetting;
 - o Leeftijd leiding is maximaal 40 jaar;
- Ophalen:
 - o Gronddekking van de leiding, met uitzondering van gietijzeren en asbestcement-leidingen, groter is dan de lokale normdekking plus 0,40 m;
 - o Gelijkmatische zetting;
 - o Leeftijd leiding is maximaal 40 jaar;

- Vervangen:
 - o Gronddekking van gietijzeren, asbestcement- of wit PVC-leidingen groter is dan de lokale normdekking plus 0,40 m. Deze leidingen worden vervangen door slagvast PVC of PE (afhankelijk van de situatie);
 - o Indien binnen een afstand van 0,50 m van een gasleiding met (mechanische) mofverbindingen wordt ontgraven en de lengte van de ontgraving groter is dan de buislengte;
 - o Indien als gevolg van een tracéwijziging de gasleiding moet worden omgelegd;
 - o Als een leiding, behalve een gelaste leiding, onder een steenachtige of lichte fundering en/of een gesloten verharding komt te liggen. Een leiding van wit of slagvast PVC mag, afhankelijk van de lokale situatie, blijven liggen als de afstand van hart leiding tot zijkant fundering maximaal 1 meter bedraagt;
 - o Als een leiding, behalve een gelaste leiding, een onderheide constructie bovenlangs kruist met een tussenafstand kleiner dan 0,15 m;
 - o Als in het betreffend leidingdeel en over de voorgaande 3 aaneengesloten jaren, het aantal storingen per jaar meer is geweest dan 6 stuks per kilometer en de kosten voor reparatie hoger is dan de rente van de vervangingsinvestering;
 - o Als vervanging in verband met netombouw noodzakelijk is;
 - o De zetting van de ophoogmaatregel bij ongelijkmatige zettingen is groter dan toelaatbare zetting materiaal minus reeds opgetreden zetting;
Nader onderzoek moet uitwijzen op welke wijze bestaande berekeningsmethodieken aangepast kunnen worden om de toelaatbare waarden bij ongelijkmatige zettingen te bepalen. Zie voor bestaande berekeningsmethodieken bijlage 3.
 - o Leeftijd leiding is minimaal 40 jaar;
 - o Vervanging huisaansluitingen indien opgetreden zettingen groter zijn dan 0,40 m.

Ontwerpaspecten

- Bij het dimensioneren van een gasleiding is de NEN 7244-serie van toepassing. NEN 1738 en 1739 geven richtlijnen voor onderlinge ligging van kabels en leidingen. De laatste twee worden binnenkort herzien.
- De materiaalkeuze van de leiding wordt bepaald op basis van:
 - o Kosten;
 - o Grondbelasting;
 - o Verkeersbelasting;
 - o Grondsoort van aanvullingsgrond;
 - o Hoeveelheid zetting in relatie tot de situering van de leiding ten opzichte van de ophoging;
 - o De leidingen, inclusief verbindingen, zijn in het algemeen bestand tegen alle voorkomende grondsoorten in Nederland. Echter is aantasting van buitenaf mogelijk op plaatsen met agressieve gronden en op plaatsen met door chemicaliën verontreinigde grond. Afhankelijk van de mate van agressiviteit kunnen bepaalde materialen niet zonder meer toegepast worden. In verband met de keuze van de materialen dienen ook de grond en het grondwater te worden onderzocht op agressiviteit (pH-waarde, gehalte aan zouten zoals bijvoorbeeld chloriden, sulfaten en

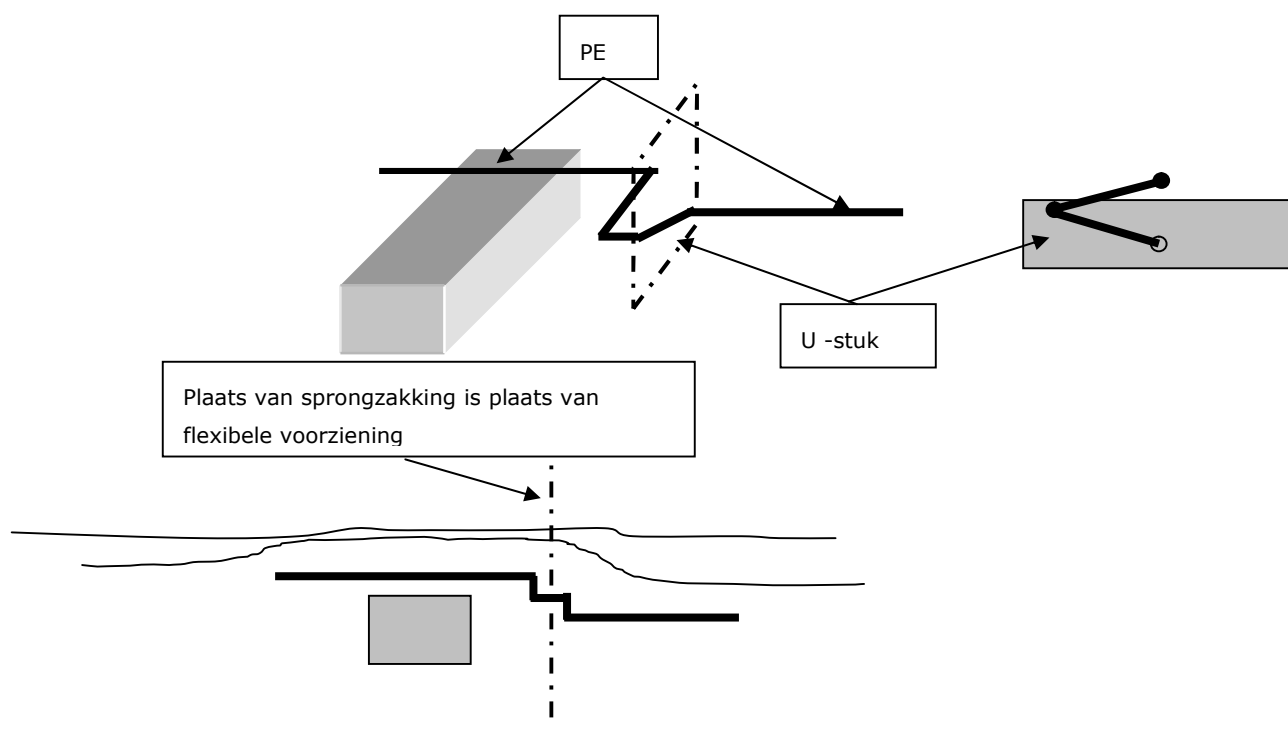
combinaties van zouten). In eerste instantie kan worden getracht de zuurgraad te bepalen met indicatorpapier. In dit verband kan worden gewezen op de eventuele aanwezigheid van potkleigronden, onder andere in Groningen (gebufferde sulfaatconcentraties), bruinkoolgronden, onder andere in Limburg, zandgronden met humeuze bovenlaag (humuszuren) en zandgronden met een hoog gehalte aan vrij koolzuur. De aantasting van de leidingen kan worden versterkt door grondwaterstromingen of wisselende grondwaterstanden.

- De draagkracht van de leiding wordt bepaald door de wanddikte, de verhouding van de stijfheid van de buis ten opzichte van die van de omringende grond en de zijdelingse steundruk. Met deze factoren wordt rekening gehouden in de vigerende normering.
- In slappe bodem is de rek van belang in relatie met de treksterkte en spanningsrelaxatie van het materiaal. De rek bepaalt in relatie met de treksterkte de toelaatbare elastische vervorming van het materiaal terwijl de relaxatie bepaalt in hoeverre het materiaal bij een overschrijding van de toelaatbare spanning in staat is plastisch te vervormen zonder te breken.
- Een flexibele voorziening moet worden aangebracht daar waar verschil in groundbeweging optreedt, ofwel in situaties waar sprake is van een sprongzakking (in zakkend gebied) zoals:
 - o Overgang van persing naar aanleg in open sleuf;
 - o Overgang lichte fundering naar normale grondslag;
 - o Overgang bestaande leiding naar 'nieuwe' situatie;
 - o Overgang van (tijdelijke) voorbelasting naar normale grondslag;
 - o In situaties waar sprake is van grondzakking en een niet zakkend object bovenlangs gekruist wordt zoals:
 - Riolering;
 - Duiker;
 - o In situaties waar wordt aangesloten op een object dat niet of minder zakt dan de aangesloten leiding zoals:
 - (District) stations;
 - Overgang naar kokers of tunnelbak.

Toepassen van een aansluitconstructie bij de funderingsbalk bestaande uit een U-stuk van PE, samengesteld met lasverbindingen (zie figuur op de volgende bladzijde). De voorziening moet op de plaats van de sprongzakking worden aangebracht. Aan beide zijden van het U - stuk moet een deel PE leiding worden aangesloten. De lengte van deze leiding moet per situatie worden bepaald maar minimaal 5 meter bedragen. De lengte van de benen is afhankelijk van het zakkingverschil dat opgevangen moet worden. Er moet voldoende ruimte dwars op de tracérichting zijn.

Er zijn ook andere voorzieningen denkbaar zoals:

- o Beweging op laten vangen door flexibiliteit leiding (alleen bij kleine verschillen);
- o Een S stuk uit PE gelast, "slappend leggen" (minder gunstig dan een U stuk en verloop van tracé);
- o Een draaischuif constructie (Voor distributieleidingen onevenredig groot en duur);
- o Een hogedruk slang (Voor distributieleidingen onevenredig groot en duur)



Figuur: 3.3. Flexibele voorziening gasleiding

- Onder zware componenten kan om gewicht op de ondergrond te beperken een polystyreenplaat worden toegepast.
- Vanuit de norm is de eis gesteld dat een gaslekkage detecteerbaar en lokaliseerbaar moet zijn. Dit houdt in dat de omliggende grond gasdoorlatend moet zijn. Als referentie wordt gesteld dat de gasdoorlatendheid minimaal gelijk moet zijn aan die van een zandfundering. Als de omliggende grond niet gasdoorlatend is, moeten maatregelen worden getroffen om gaslekkage te kunnen detecteren en lokaliseren. Dit speelt vooral een belangrijke rol als de fundering van gevel tot gevel loopt en/of er een vrijerval riool in de nabijheid van de gasleiding ligt.

In de onderstaande tabel is de gasdoorlatendheid van menggranulaat en zandcement uitgedrukt ten opzicht van zand. Menggranulaat en zand vormen geen belemmering bij het bovengronds lek zoeken. Bij menggranulaat is de exacte locatie van het lek moeilijk te bepalen. Een gasleiding onder menggranulaat is minder goed en niet zonder inzet van hulpmiddelen bereikbaar. Daarbij kunnen vonken ontstaan.

Zand	Menggranulaat	Gestabiliseerd zand
100 %	370 %	30 %

De gasdoorlatendheid van zand en/of klei met een open verharding is voldoende om kleine gaslekages op te zoeken.

Ondoorlatende lagen boven gasleidingen zijn niet toegestaan, dus geen asfalt, dichte fundering of EPS toepassen. Dichten van de voegen met cement bij een open verharding van elementen is eveneens niet toegestaan.

- Een gasleiding moet altijd bereikbaar zijn voor onderhoud en/of reparatie door het gebruik

van ongebonden traditionele ophoogmaterialen boven de leidingen. Als de bereikbaarheid in het geding is, moeten aanvullende maatregelen worden getroffen die een extra zekerheid geven voor het voorkomen van breuk of lekkage en afsluiten bij calamiteit mogelijk maken, zoals bijvoorbeeld:

- o materiaalkeuze en/of wanddikte aanpassen;
 - o toepassen van een mantelbuis, koker of tunnel;
 - o afsluitbaarheid van het niet bereikbare leidingdeel aanbrengen lekdetectie aanbrengen.
- Boomwortels kunnen de toegankelijkheid verminderen en de leidingen beschadigen. Een gasleiding bij voorkeur niet in de nabijheid van een bomenrij leggen.
 - Watertoevloed bij onderhoud moet zoveel mogelijk beperkt worden door toepassing van compartimentering.
 - Verspreiding van gas bij lekkages moet zoveel mogelijk worden beperkt door holle ruimten in de bodem te voorkomen.
 - Ophoogmateriaal en wegfunderingen mogen geen nadelige invloed hebben op de staat van het buismateriaal en/of de buisvorm. Te denken valt aan aantasting van het buismateriaal en/of bekleding, het beschadigen van de buiswand door bijvoorbeeld puntbelasting of kerfwerking (scherpe voorwerpen of hoekig en grof funderingsmateriaal) en het massief bedekken of omhullen van de buis waardoor schadevrij ontgraven onmogelijk wordt.

Eisen ten aanzien van de ligging zijn:

- o De gasleiding moet altijd, tenzij de grondslag bestaat uit fijnkorrelige aarde, rondom in een 0,20 m dik zandbed worden gelegd. Hierbij moet het zand goed (en handmatig) worden verdicht;
- o Aanleg van een kunststof leiding door een fundering van metselwerk-, meng- of betongranulaat is niet toegestaan;
- o Ligging onder een van deze funderingen is, als er technisch geen andere mogelijkheid is om de infrastructuur aan te leggen ofwel de kosten voor aanleg door het alternatief onacceptabel hoog wordt, toegestaan als de veiligheid ten aanzien van de gasleiding wordt gewaarborgd door:
 - De gasleiding uit te voeren in PE of staal met gelaste verbindingen;
 - Bij een niet of slecht gas doorlatende fundering een gas doorlatende voorziening boven de gasleiding wordt aangebracht;
 - Indien een niet of slecht gas doorlatende fundering tot aan een gevel loopt, een gas doorlatende voorziening van minimaal 0,50 m breed aan de gevel wordt aangebracht;
- o Kruisende leidingen moeten in een mantelbuis worden aangebracht;
- o Aanleg van een gasleiding in de lengterichting onder een lichte fundering is niet toegestaan;
- o Kruising onder lichte funderingen is toegestaan indien:
 - in het kruisende deel van de leiding geen verbindingen anders dan lasverbindingen zijn aangebracht en
 - aan beide zijden voorzien is van een flexibele constructie welke de zakking verschillen kan opvangen en
 - de kruisende leiding door een mantelbuis wordt gevoerd of is uitgevoerd als gestuurde boring;

- o Aanleg van gasleidingen door een lichte fundering is niet toegestaan tenzij:
 - Aan de bovenzijde in de fundering een sparing ten behoeve van de leiding wordt aangebracht. Rondom de leiding moet een ruimte van minimaal 0,30 m zijn welke wordt opgevuld met zand. Om vermenging van het zand en het funderingsmateriaal te voorkomen dient zonodig tussen het zand en de fundering worteldoek te worden aangebracht;
 - Bij overgangen van de lichte fundering naar normale grondslag een flexibele constructie wordt aangebracht welke de zakking verschillen kan opvangen;
- o Een gasleiding mag boven een lichte fundering worden aangebracht als de ruimte tussen fundering en leiding minimaal 0,30 m bedraagt en de leiding op de voorgeschreven dekking ligt.
- Grootschalige ingrepen moeten ongeveer 2 jaar van te voren vanwege de benodigde voorbereidingstijd aangemeld worden. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met tijd voor afstemmen met andere partijen en externe communicatie.
- Telecomwet: Hoofdstuk 5: Ligging telecomkabels. Belemmerende ligging kan grote gevolgen in kosten hebben. Problemen kunnen zich voordoen bij kabels op een gasleiding.

Kosten

Afspraken tussen gemeenten en kabels en leidingenbeheerders over de verdeling van de kosten bij ophalen (meestal nutssector) en verleggen (meestal gemeente) verschillen per gemeente en per netbeheerder. In deze paragraaf zijn de kosten van alle mogelijkheden opgenomen en is een onderscheid gemaakt tussen de onderdelen van het systeem. De onderdelen zijn:

1. Ophalen hoofdleidingen, inclusief aansluitingen op bestaande netdelen:
 - a. Lage drukleiding: € 180,- per meter;
 - b. Hoge drukleiding: € 270,- per meter;
2. Vervanging hoofdleidingen, inclusief aansluitingen op bestaande netdelen;
 - a. Lage drukleiding: € 200,- per meter;
 - b. Hoge drukleiding: € 300,- per meter;
3. Vervanging perceelaansluitingen.
 - a. Lage druk gasaansluiting G4/G6: € 850,- per stuk;
 - b. Hoge druk gasaansluiting G4/G6: € 4.800,- per stuk.

Om de gasleverantie tijdens het ophalen en vervangen van hoofdleidingen te waarborgen is een noodnet noodzakelijk. De kosten van de aanleg en het verwijderen van een noodnet bedragen € 100,- per meter.

Uitvoeringsaspecten

- Voor diverse uitvoeringsaspecten zoals graven in de nabijheid van kabels en leidingen en het lokaliseren is een protocol tot zorgvuldig graven opgesteld in de CROW-publicatie 250 Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces. Deze is met begeleiding vanuit CROW met vertegenwoordiging vanuit de gehele graafketen uitgewerkt. Deze is geheel in lijn met de Wet op de informatie uitwisseling ondergrondse netten, ook wel Grondroedersregeling genoemd.
- Bij het lossen van de materialen moet worden gewaakt tegen beschadigingen, ten gevolge van bijvoorbeeld:

- o Het met elkaar in aanraking komen of op elkaar vallen van leidingen;
- o Het verplaatsen met een koevoet of een schiftijzer;
- o Het gebruik van onbeschermd stropen van staaldraad en onbeklede stalen
hijshaken;
- o Het op één punt neerkomen op harde voorwerpen of verhardingen;
- o Het doorzwiepen van lange buizen.

Bij het lossen van buizen met beschermlagen mogen geen touwen noch te smalle banden worden gebruikt.

- De uiteinden van de buizen, fittingen en appendages moeten ten opzichte van de as van de leiding een hoek van 90° vormen met een zodanige tolerantie dat de kwaliteit van de leidingverbinding niet wordt beïnvloed. Voor bochten gelden de voorkeurshoeken: 11°25', 22°30', 30°, 45° en 90°
- De aanvulling van de sleuf moet zorgvuldig gebeuren. Goed verdichten is van groot belang om nazakking van nieuw werk te voorkomen. Het kan zijn dat de grondeigenaar aanvullende eisen ten aanzien van de verdichting hanteert.

Onderhoudsaspecten

- Iedere vijf jaar wordt een gasleiding door GIWA gecontroleerd op lekkage. Belangrijke toestandsaspecten met betrekking tot zetting in slappe bodems betreffen:
 - Lekke en/of gescheurde leidingen en aansluitleidingen;
 - Verplaatste verbinding (axiaal, radiaal en hoekverdraaiing), voor zover leidend tot lekkage (dit wordt geconstateerd bij reparatie van een lekkage).
- Kruisingen met onderheide objecten moeten worden opgehaald als de tussenruimte 15 cm of kleiner is. Na ophalen moet de minimale tussenruimte 30 cm bedragen en een bescherming onder de gasbuis worden aangebracht.
- Oude gasleidingen die niet meer worden beheerd, worden bij voorkeur verwijderd.

Risico's

- Werkelijke zettingen wijken af van geprognoseerde zettingen;
- Indien de gebruikte materialen voor de wegconstructie onvoldoende gasdoorlatendheid zijn, kan eventueel lekgas zich onder de bestrating of elders ophopen;
- Onvoldoende inzicht van de netbeheerder in de mate van zetting die de toegepaste constructie kan opnemen in relatie tot de daadwerkelijk optredende zetting.

Bronnen

1. Informatie beschikbaar gesteld door ENECO Netbeheer BV, afdeling Asset Management
2. CoP Slappe Bodem kennisdocument, kabels en leidingen in zakkende bodem
3. CROW-publicatie 250, Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces
4. Delft Cluster, Integraal ontwerp leidingen en riolen – Grondmechanische randvoorwaarden
5. Gastec Technology BV, Rapport Invloed verkeersbelasting op PE-leidingen in Bims
6. GASTEC, Gasdoorlatendheid
7. NEN 7244-1, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen tot en met 16 bar - Deel 1: Algemene functionele eisen
8. NEN 7244-2, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen tot en met 16 bar - Deel 2: Specifieke

- functionele eisen voor polyetheen
9. NEN 7244-3, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen tot en met 16 bar - Deel 3: Specifieke functionele eisen voor staal
 10. NEN 7244-4, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen tot en met 16 bar - Deel 4: Specifieke functionele eisen voor nodulair gietijzer
 11. NEN 7244-5, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen tot en met 16 bar - Deel 5: Specifieke functionele eisen voor slagvast pvc
 12. NEN 7244-6, Gasvoorzieningsystemen - Leidingen tot en met 16 bar - Deel 6: Specifieke functionele eisen voor aansluitleidingen
 13. NEN 1738, Plaats van leidingen en kabels in wegen buiten de bebouwde kom
 14. NEN 1739, Plaats van leidingen en kabels in wegen binnen de bebouwde kom
 15. NPR 3659, Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening
 16. RIONED, Regie in de ondergrond, handreiking afstemming werkzaamheden kabels en leidingen
 17. Studiecentrum verkeerstechniek, Kabels leidingen en boomwortels
 18. www.energiened.nl

Beschrijving van het systeem

Drinkwater is een levensbehoefte waaraan de hoogste eisen gesteld worden aan alle onderdelen van het leidingsysteem. Voor elke situatie moet voldoende water beschikbaar zijn met 200 kPa druk op maaiveldniveau of met 100 kPa druk 10 m boven maaiveld. Het Nederlandse drinkwaterleidingnet heeft een totale lengte van 115.600 km.

In Nederland komen geen drukloze, vrijerval leidingsystemen voor, waarbij de leiding niet geheel gevuld hoeft te zijn met drinkwater.

Voor het transport van drinkwater worden verschillende materialen toegepast. In het huidige Nederlandse waterleidingennet zijn de volgende materialen toegepast:

- PVC, lengte 53.000 km;
- Asbestcement, lengte 33.700 km (wordt nauwelijks meer toegepast);
- Gietijzer, lengte 13.200 km;
- Overige materialen, lengte 15.700 km.

Asbestcement en gietijzer komen in zettingsgevoelige gebieden bijna niet voor. Alleen als er (licht) verontreinigde grond aanwezig is. Voor distributieleidingen, diameter < 300 mm en voor huisaansluitingen worden meestal slagvast PVC of HPE gebruikt.

Levensduur

In de NEN is de eis gesteld dat de ontwerplevensduur tenminste 50 jaar bedraagt. Als de conditie van leidingen en/of appendages beneden een aanvaardbaar niveau is gedaald, moeten deze worden vervangen of hersteld worden om weer optimaal te kunnen functioneren. Ten gevolge van onder meer zettingen, kan de levensduur van een leidingsysteem korter zijn. Deze kortere levensduur is vaak het gevolg van falende huisaansluitingen of verbindingen tussen de buizen. Het vervangen van een leiding kan ook op basis van leeftijd, functionele eisen of financiële afschrijving.

Indien het plan wordt opgevat om de weg, waarin de waterleiding zich bevindt, op te hogen, zal een afweging plaatsvinden tussen het laten liggen van de leiding en voor het ophalen of vervangen van de leiding. Het gelijktijdig met de uitvoering van de ophoogmaatregel ophalen of vervangen van de leiding heeft als voordeel dat dit relatief goedkoop kan worden uitgevoerd. Immers de wegverharding en -fundering worden vanwege de uit te voeren ophoogmaatregel tijdelijk verwijderd. Tevens is materieel aanwezig. Indien de leiding echter nog in redelijke staat verkeerd en nog niet is afgeschreven kan er voor worden gekozen de leiding in zijn geheel te handhaven, eventueel in combinatie met enkele onderdelen te vervangen, zoals de huisaansluitingen.

Het ophalen van een leiding komt niet veel meer voor omdat het te kostbaar is geworden vanwege de flink gestegen arbeidskosten ten opzichte van de materiaalkosten en vanwege de beperkte bereikbaarheid door de veelheid aan aanwezige kabels en leidingen.

Handhaven van de bestaande waterleiding is tegenwoordig interessanter geworden vooral door de betere kwaliteit van het materiaal. Handhaven is alleen een optie indien het systeem als geheel minimaal een restlevensduurverwachting heeft (of na vervanging van onderdelen krijgt) die minimaal gelijk is aan de levensduurverwachting van de wegconstructie na uitvoering van de ophoogmaatregel. De diepteligging van de leiding speelt een minder belangrijke rol in de

overwegingen.

Vervanging van de waterleiding vindt plaats als de leiding technisch en economisch is afgeschreven en/of het aantal lekkages te groot is.

De technische staat van de leidingen wordt beïnvloed door zettingen en zettingsverschillen. Bij PVC-leidingen zijn de hoekverdraaiing ter plaatse van de moffen of de treksterkte van lijmverbindingen en de buigtreksterkte van de buizen kritisch ten aanzien van het functioneren van de leiding. Een te grote doorbuiging kan langsscheuren tot maximaal 10 meter veroorzaken. Bij PE-leidingen zijn de treksterkte van de lassen, de doorbuiging van de buizen en de weerstand tegen knikken kritisch. Knikken kunnen ook ontstaan als een leiding een minder zakkend object kruist, zoals een duiker of een riool.

Criteria ten behoeve van het afweegmodel

Het afweegmodel maakt gebruik van een beperkte hoeveelheid invoerparameters en is bedoeld voor gebruik op netwerkniveau. Voor het afweegmodel zullen daarom criteria worden gehanteerd die in de meeste gevallen gelden. Het betreft per situatie 'handhaven', 'ophalen' of 'vervangen' de volgende criteria:

- Handhaven:
 - o Diepteligging van de leiding na ophoging weg is niet groter dan 2,00 m;
 - o Gelijmatige zetting;
 - o Leefijd leiding is maximaal 40 jaar;
- Vervangen:
 - o De zetting van de ophoogmaatregel bij ongelijmatige zettingen is groter dan toelaatbare zetting materiaal minus reeds opgetreden zetting;
Nader onderzoek moet uitwijzen op welke wijze bestaande berekeningsmethodieken aangepast kunnen worden om de toelaatbare waarden bij ongelijmatige zettingen te bepalen. Zie voor bestaande berekeningsmethodieken bijlage 3.
 - o Leefijd leiding is minimaal 40 jaar;
 - o Vervanging huisaansluitingen indien opgetreden zettingen groter zijn dan 0,40 m.

Ontwerpaspecten

- De waterkwaliteit in leidingnetten moet voldoen aan de Waterleidingwet en het Waterleidingbesluit. De drinkwaterleidingen worden naast het gebruik van drinkwater ook gebruikt voor brandbestrijding. Het ontwerp voor de drinkwatervoorziening is in de meeste gevallen maatgevend. Bij bedrijventerreinen is meestal de capaciteit voor brandbestrijding maatgevend.
- Voor een optimale waterkwaliteit te bevorderen moet een waterleidingsysteem de volgende eigenschappen hebben:
 - o Goede doorstroming, minimale diameter, zodat de verblijftijd in de leidingen verminderd wordt;
 - o Voorzien van minimaal twee goed gesitueerde instroompunten per wijk;
 - o Toepassing van zo weinig mogelijk leidingen. Vermazingen zijn ongewenst;
 - o Alle delen van waterleidingnetten die in contact komen met drinkwater moeten zijn ontworpen en gefabriceerd uit onderdelen van materialen die geen onacceptabele vermindering van de waterkwaliteit kunnen veroorzaken.
- Bij ontwerp reeds rekening houden met toekomstige uitbreidingen, en inbouwen van

appendages ten behoeve van een efficiënt onderhoud (water- en luchtspoelen, proppen) en van de controle van de waterkwaliteit.

- De leidingen moeten een onderdruk van 80 kPa (ongeveer 20 kPa absolute druk) kunnen weerstaan. Voor elementen die meer dan 8,0 m onder de grondwaterspiegel liggen moet deze waarde worden vervangen door de hydrostatische druk van het grondwater op buisasniveau.
- Toepassen van kleine diameters verdienen de voorkeur in verband met hogere snelheid en dus betere doorstroming.
- De maximale toelaatbare lange termijn deflectie (mate van platdrukken van de leiding) mag niet meer dan 8% van de nominale diameter bedragen.
- De waarde van de totale ringspanning σ_{toel} is materiaalafhankelijk.
- De materiaalkeuze van de leiding wordt tevens bepaald op basis van:
 - o Kosten;
 - o Grondbelasting;
 - o Verkeersbelasting;
 - o Grondsoort van aanvullingsgrond;
 - o Hoeveelheid zetting in relatie tot de situering van de leiding ten opzichte van de ophoging;
 - o De leidingen, inclusief verbindingen, zijn in het algemeen bestand tegen alle voorkomende grondsoorten in Nederland. Echter is aantasting van buitenaf mogelijk op plaatsen met agressieve gronden en op plaatsen met chemicaliën verontreinigde grond. Afhankelijk van de mate van agressiviteit kunnen bepaalde materialen niet zonder meer toegepast worden. In verband met de keuze van de materialen dienen ook de grond en het grondwater te worden onderzocht op agressiviteit, pH-waarde, gehalte aan vrij koolzuur en aan zouten zoals bijvoorbeeld chloriden, sulfaten en combinaties van zouten. In eerste instantie kan worden getracht de zuurtegraad te bepalen met indicatorpapier. In dit verband kan worden gewezen op de eventuele aanwezigheid van potkleigronden, onder andere in Groningen (gebufferde sulfaatconcentraties), bruinkoolgronden, onder andere in Limburg, zandgronden met humeuze bovenlaag (humuszuren) en zandgronden met een hoog gehalte aan vrij koolzuur. De aantasting van de leidingen kan worden versterkt door grondwaterstromingen of wisselende grondwaterstanden. De agressiviteit van het omringend milieu kan worden verminderd door het mengen van schelpen of kalk met de aanvulgrond of het beperken van de grondwaterstroming langs de leiding door bijvoorbeeld het aanbrengen van kleidammen in de sleuf.
- De draagkracht van de leiding wordt bepaald door de wanddikte, de verhouding van de stijfheid van de buis ten opzichte van die van de omringende grond en de zijdelingse steundruk. Het verdient aanbeveling vooraf met de leverancier van de buizen hierover te overleggen.
- Maatregelen om de invloed van zettingen op de leiding te voorkomen, te beperken dan wel op te vangen zijn:
 - o Huisaansluiting onder de funderingsbalk aanbrengen en in kruipruimte een lus in de leiding aanbrengen. Deze aansluiting heeft drie voordelen: voldoende gronddekking, de leiding kan de zettingen goed volgen en geen kans op knikken van de leiding. De kans op knikken is vrij groot bij een starre doorvoer in de funderingsbalk;

- o De belasting op het bochtstuk kan beperkt worden door daarboven een plaat aan de muur te bevestigen die de belasting op het bochtstuk kan wegnemen;
- o De diepteligging van de waterleiding is normaal 0,80 m. Indien grote zettingen worden verwacht kan besloten worden de leiding niet dieper te leggen dan 0,70 m.
- Lijmverbindingen bij PVC-leidingen zijn minder geschikt bij zettingen groter dan 0,15 m. Mofverbindingen kunnen zettingen enigszins opvangen (zie bijlage 2). Voor waterleidingen worden er eisen gesteld aan de hoekverdraaiing van verstelbare en flexibele verbindingen. De te gebruiken toelaatbare hoekverdraaiing wordt voorgeschreven door de leverancier. HPE-buizen worden aan elkaar vastgemaakt via lasverbindingen en kunnen ongelijkmatige zettingen beter volgen. Ook zijn de spatkrachten in bochten goed met deze verbindingen op te vangen.
- Om externe schade ten gevolge van lekken te voorkomen kunnen mantelbuizen voorzien worden van lekverklikkers.
- De leidingen moeten goed toegankelijk zijn door het gebruik van ongebonden traditionele ophoogmaterialen boven de leidingen.
- Bij een waterleiding in de nabijheid van EPS of schuimbeton mogen er geen doodlopende leidingen aangebracht worden. Dit levert vanwege de isolerende werking en de geringe afname tijdens de zomervakanties hygiëneproblemen op door de hoge temperaturen. Indien de waterleiding op EPS of schuimbeton komt te liggen, is het niet mogelijk om ter plaatse van bochten de leiding te fixeren met behulp van stempelpalen. PVC-leidingen met mofverbindingen zijn minder geschikt om de krachten op te vangen. In dat geval worden lijmverbindingen gebruikt.
- Boomwortels kunnen de toegankelijkheid verminderen en de leidingen beschadigen. Een waterleiding bij voorkeur niet in de nabijheid van een bomenrij leggen.
- Watertoevloed bij onderhoud moeten zoveel mogelijk beperkt worden door toepassing van compartimentering.
- Beschadigingen van kabels en leidingen door bijvoorbeeld scherpe voorwerpen of hoekig en grof funderingsmateriaal moet worden voorkomen.
- Grootschalige ingrepen moeten ongeveer 2 jaar van te voren vanwege de benodigde voorbereidingstijd aangemeld worden. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met tijd voor afstemmen met andere partijen en externe communicatie.

Kosten

Afspraken tussen gemeenten en kabels en leidingenbeheerders over de verdeling van de kosten bij ophalen (meestal nutssector) en verleggen (meestal gemeente). In deze paragraaf zijn de kosten van alle mogelijkheden opgenomen en is een onderscheid gemaakt tussen de onderdelen van het systeem. De onderdelen zijn:

1. Ophalen hoofdleidingen, inclusief perceelaansluitingen: € 270,- per meter;
2. Vervanging hoofdleidingen, inclusief perceelaansluitingen: € 300,- per meter;
3. Vervanging perceelaansluitingen: € 4.800,- per stuk.

Om de waterleverantie tijdens het ophalen en vervangen van hoofdleidingen te waarborgen is een noodnet noodzakelijk. De kosten van de aanleg en het verwijderen van een noodnet bedragen € 100,- per meter.

Uitvoeringsaspecten

- Voor diverse uitvoeringsaspecten zoals graven in de nabijheid van kabels en leidingen en het lokaliseren is een protocol tot zorgvuldig graven opgesteld in de CROW-publicatie 250 Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces. Deze is met begeleiding vanuit CROW met vertegenwoordiging vanuit de gehele graafketen uitgewerkt. Deze is geheel in lijn met de Wet op de informatie uitwisseling ondergrondse netten, ook wel Grondroerdersregeling genoemd.
- Bij het lossen van de materialen moet worden gewaakt tegen beschadigingen, ten gevolge van bijvoorbeeld:
 - o Het met elkaar in aanraking komen of op elkaar vallen van leidingen;
 - o Het verplaatsen met een koevoet of een schiftijzer;
 - o Het gebruik van onbeschermd stropen van staaldraad en onbeklede stalen hijskabels;
 - o Het op één punt neerkomen op harde voorwerpen of verhardingen;
 - o Het doorzwiepen van lange buizen.

Bij het lossen van buizen met beschermhoezen mogen geen touwen noch te smalle banden worden gebruikt.

- De uiteinden van de buizen, fittingen en appendages moeten ten opzichte van de as van de leiding een hoek van 90° vormen met een zodanige tolerantie dat de kwaliteit van de leidingverbinding niet wordt beïnvloed. Voor bochten gelden de voorkeursoeken: 11°25', 22°30', 30°, 45° en 90°
- Open ontgraving is echter niet altijd mogelijk vanwege de situatie op maaiveldniveau, zoals bij een winkelstraat of intensief verkeer. Indien een sleufbekisting niet kan worden toegepast, wordt gebruikt gemaakt van sleufloze technieken.
- De aanvulling van de sleuf moet zorgvuldig gebeuren. Goed verdichten is van groot belang om nazakking van nieuw werk te voorkomen. Het kan zijn dat de grondeigenaar aanvullende eisen ten aanzien van de verdichting hanteert.

Onderhoudsaspecten

- Iedere vijf jaar wordt een waterleiding gecontroleerd op lekkage. Belangrijke toestandsaspecten met betrekking tot zetting in slappe bodems betreffen:
 - Lekke en/of gescheurde leidingen en aansluitleidingen;
 - Verplaatste verbinding (axiaal, radiaal en hoekverdraaiing).
- Oude waterleidingen die niet meer beheerd worden bij voorkeur verwijderd.

Risico's

1. Werkelijke zettingen wijken af van geprognosticeerde zettingen;
2. Ontstaan van 'niet-opgemerkte' lekkages. Een niet-opgemerkte lekkage zal veelal kleiner van omvang zijn, maar door het langdurig weglekken van water kan forse schade worden aangericht, bijvoorbeeld door het onderspoelen van een geasfalteerde weg of door onderspoeling van een fundering. Bij een slechte aansluiting of lekken kunnen kelders vollopen en nabijgelegen kabels en leidingen breken.

Bronnen

1. Informatie beschikbaar gesteld door OASEN N.V.
2. CoP Slappe Bodem kennisdocument, kabels en leidingen in zakkende bodem
3. CROW-publicatie 250, Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces
4. Delft Cluster, Integraal ontwerp leidingen en riolen – Grondmechanische randvoorwaarden
5. NEN 1738, Plaats van leidingen en kabels in wegen buiten de bebouwde kom
6. NEN 1739, Plaats van leidingen en kabels in wegen binnen de bebouwde kom
7. NPR 3659, Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening
8. RIONED, Regie in de ondergrond, handreiking afstemming werkzaamheden kabels en leidingen
9. Studiecencentrum verkeerstechniek, Kabels leidingen en boomwortels
10. VEWIN, Evaluatie beheersysteem leidingnet op externe effecten door leidinglekage
11. VEWIN, Waterleidingstatistiek 2005
12. www.vewin.nl

Beschrijving van het systeem

Het verwarmen van gebouwen gebeurt in Nederland meestal met gas, dat is in veel gevallen de beste keuze. Bij nieuwbouwprojecten en herstructureringsprojecten in de bestaande bouw kunnen er lokale kansen zijn voor warmtelevering. Zeker met restwarmtebronnen in de buurt, biedt een collectief systeem als warmtelevering uitstekende mogelijkheden om energie te besparen. De bebouwingsdichtheid moet wel meer dan 30 woningequivalenten/ha zijn. In Nederland zijn al 350.000 woningequivalenten aangesloten op warmtelevering. Ten opzichte van andere energiebronnen levert warmtelevering een aanzienlijke reductie van de CO₂-uitstoot.

Het warmteleveringssysteem onderscheidt drie subsystemen:

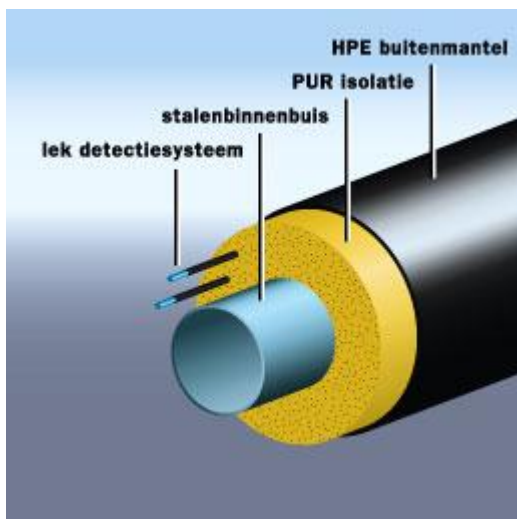
1. De warmteproductie-eenheden. Deze bestaan uit een hoofdproductie-eenheid die (rest)warmte levert en hulpwarmteketels die alleen tijdens korte piekperioden van de totale warmtevraag in bedrijf komen.
2. Het warmtetransport- en distributiesysteem. Bij grotere warmteleveringssystemen onderscheiden we het primair warmte(transport)systeem en secundair warmtedistributiesysteem, gescheiden door een warmtewisselaar in het onderstation. Vanuit de onderstations in de woonwijken gaat het warme water naar de eindverbruiker. Als de twee systemen niet zijn gescheiden, spreken we van een direct systeem. Een direct systeem is goedkoper dan een indirect systeem en niet hydraulisch ontkoppeld. Hetzelfde water dat door de centrale productie-eenheid stroomt, gaat dus ook naar de huisinstallatie bij de eindverbruiker.
3. De huisinstallatie bij de eindverbruiker. Deze zet het warme water om in de gewenste warmtevorm. De belangrijkste toepassingen zijn ruimteverwarming en warm tapwater. In de utiliteitsbouw wordt warmtelevering ook steeds meer gebruikt als energiebron voor koeling.

De aanvoer- en retourtemperaturen in het primaire en secundaire net van recentelijk ontworpen warmteleveringssysteem liggen over het algemeen lager dan in de systemen van de jaren tachtig. De huisinstallaties bij de eindverbruiker zijn tegenwoordig meestal 70°C/40°C-systemen (aanvoertemperatuur 70°C, retourtemperatuur 40°C). Twintig jaar geleden waren dat veelal 90°C/70°C-systemen. De primaire systemen kunnen dus ook voor een lagere aanvoer-, en retourtemperatuur worden ontworpen dan in het begin van de jaren tachtig (bijvoorbeeld 90°C /50°C in plaats van 120°C /80°C).

In een onderstation staan naast andere voorzieningen (expansie, watersuppletie) ook (geregelde) distributiepompen die de warmtedistributie naar de aangesloten woningen regelen. Eén onderstation voorziet 200 tot 500 woningen van warmte.

Vroeger gebruikte men staal-in-staal-systemen en Lebit-systemen voor ondergrondse leidingen. Het staal-in-staal-systeem, of glijdende systeem, is een stalen leiding met niet-hechtende isolatiemantel tussen betonnen putten. De leiding bevat compensatoren voor het opvangen van axiale spanningen. Het Lebit-systeem bevat twee stalen leidingen in een metalen bekisting die gevuld is met een kurk-bitumenmengsel.

Bij nieuwe warmteleveringssystemen zet men tegenwoordig geprefabriceerde staal-PUR-PE-leidingen in. Staal-PUR-PE-leidingen, ook wel Verbonden Pijp Systeem (VPS) genoemd, bestaan uit een stalen binnenleiding (mediumbuis) en een harde Polyethyleen (PE) buitenmantel met daartussen een zeer goed isolerend Polyurethaan (PUR) schuim. Expansiebochten vangen thermische uitzetting in het warmteleidingstysteem op. Doordat tegenwoordig de watertemperaturen in de warmtesystemen lager zijn dan in de jaren tachtig, is het opvangen van thermische uitzettingen minder problematisch geworden.



Bij de aanleg van het ondergrondse warmtesysteem verbinden lasverbindingen de prefab staal-PUR-PE-leidingen. De leidingen worden tegenwoordig vrijwel altijd voorzien van een lekdetectiesysteem.

Voor secundaire leidingen wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van kunststof: een mediumbuis van Polybutheen, isolatiemantel van Polyetheenschuim en een mantelbuis van Polyetheen.

Voor huisaansluitingen worden hoofdzakelijk leidingen van prefab-gecoat staal of kunststof gebruikt.

In ieder warmteleveringssysteem treden warmteverliezen op. Deze zijn afhankelijk van verschillende factoren:

- De technische toestand (isolatie, lekdichtheid) van het systeem.
- De watertemperaturen in het warmteleveringssysteem. Een verlaging van deze temperaturen leidt tot geringere warmtenetverliezen.

Een indicatie voor het warmteverlies is 5-10 GJ/jaar per aansluiting. Dit geldt voor ééngesinswoningen. Voor meergezinswoningen zijn de leidingverliezen per aansluiting lager.

Levensduur

Een goed ontworpen warmteleveringssysteem heeft een levensduur van circa vijftig jaar. De levensduur van warmteopwekkers is vaak korter, daarom is het mogelijk om tussentijds over te schakelen naar nieuwe (duurzame) warmteopwekkers.

Als de conditie van leidingen en/of appendages beneden een aanvaardbaar niveau is gedaald, moeten deze worden vervangen of hersteld worden om weer optimaal te kunnen functioneren.

Ten gevolge van onder meer zettingen, kan de levensduur van een warmteleidingsysteem korter zijn. Deze kortere levensduur is vaak het gevolg van falende huisaansluitingen of verbindingen tussen de buizen. Het vervangen van een leiding kan ook op basis van functionele eisen of financiële afschrijving.

Indien het plan wordt opgevat om de weg, waarin de warmteleiding zich bevindt, op te hogen, zal een afweging plaatsvinden tussen het laten liggen van de leiding en voor het ophalen of vervangen van de leiding. Het gelijktijdig met de uitvoering van de ophoogmaatregel ophalen of vervangen van de leiding heeft als voordeel dat dit relatief goedkoop kan worden uitgevoerd. Immers de wegverharding en -fundering worden vanwege de uit te voeren ophoogmaatregel tijdelijk verwijderd. Tevens is materieel aanwezig. Indien de leiding echter nog in redelijke staat verkeerd en nog niet is afgeschreven kan er voor worden gekozen de leiding in zijn geheel te handhaven, eventueel in combinatie met enkele onderdelen te vervangen, zoals de huisaansluitingen of het leidingensysteem in z'n geheel op te halen.

Handhaven van de bestaande leiding is alleen een optie indien het systeem als geheel minimaal een restlevensduurverwachting heeft (of na vervanging van onderdelen krijgt) die minimaal gelijk is aan de levensduurverwachting van de wegconstructie na uitvoering van de ophoogmaatregel. Tevens mag de diepteligging van de leiding niet groter zijn dan 1,50 m, ten opzichte van een normale diepte van 1,00 m.

Ophalen van een leiding is alleen een optie als de leiding voor minder dan 75% is afgeschreven. Met een afschrijvingstermijn van 40 jaar betekent dit dat de leiding niet ouder mag zijn dan 30 jaar. Door de ophoogmaatregel aan te passen aan de verwachte afschrijvingstermijn en de maximale diepte ten aanzien van de bereikbaarheid door het toepassen van lichtgewicht ophoogmateriaal en afstemming met de restlevensduur van de overige kabels en leidingen kan een optimum in kosten worden bereikt.

Op het moment dat opgehoogd wordt, moet worden besloten de leiding op te halen of om de componenten die bediend moeten worden aan te passen (ophogen afsluiterpotten of putschachten). Als de ophoging groot is kan het functioneren van de expansiekussens worden belemmerd.

Vervanging van de warmteleiding vindt plaats als uit metingen blijkt dat de kwaliteit zodanig is dat de kans op ernstige lekkages ontoelaatbaar groot is. Leidingen van het VPS-systeem worden bewaakt door middel van een lekdetectiesysteem. Dit systeem is in gebruik vanaf 1975 en heeft geleid tot plaatselijke en incidentele reparaties.

Criteria ten behoeve van het afweegmodel

Het afweegmodel maakt gebruik van een beperkte hoeveelheid invoerparameters en is bedoeld voor gebruik op netwerkniveau. Voor het afweegmodel zullen daarom criteria worden gehanteerd die in de meeste gevallen gelden. Het betreft per situatie 'handhaven', 'ophalen' of 'vervangen' de volgende criteria:

- Handhaven:
 - o Gronddekking van de leiding kleiner is dan de lokale normdekking plus 0,50 m. De normdekking is over het algemeen 1,00 m;
 - o Gelijkmatische zetting;
 - o Leeftijd leiding is maximaal 30 jaar;

- Ophalen:
 - o Vanwege kosten en praktische problemen wordt het ophalen van leidingen niet in overweging genomen;
- Vervangen:
 - o Gronddekking van de leidingen groter is dan de lokale normdekking plus 0,50 m en de leeftijd van de leiding hoger is dan 40 jaar;
 - o Als in het betreffend leidingdeel uit metingen blijkt dat de kwaliteit zodanig is verminderd dat de kans op lekkages ontoelaatbaar groot is;
 - o Als door ophogingen of vervanging van andere ondergrondse leidingen de warmteleiding niet gehandhaafd kan blijven;
 - o Als capaciteitsuitbreiding noodzakelijk is;
 - o De zetting van de ophoogmaatregel bij ongelijkmatige zettingen is groter dan toelaatbare zetting materiaal minus reeds opgetreden zetting;
Nader onderzoek moet uitwijzen op welke wijze bestaande berekeningsmethodieken aangepast kunnen worden om de toelaatbare waarden bij ongelijkmatige zettingen te bepalen. Zie voor bestaande berekeningsmethodieken bijlage 3.
 - o Leeftijd leiding is minimaal 30 jaar;
 - o Vervanging huisaansluitingen indien opgetreden zettingen groter zijn dan 0,40 m.

Ontwerpaspecten

- Voor de goede bedrijfsvoering van een warmteleiding gelden minimale eisen ten aanzien van het bouwrijp maken:
 - o Maximale zettingsverschillen na bouwrijp maken: 20 mm per 10 meter leidingtracé;
 - o Grondwaterhuishouding moet ingesteld zijn op gebruiksfase;
 - o Cunet van zand, 0,20 m rondom;
 - o Ligging in een fundering van granulaat of lichtgewicht materiaal is niet toegestaan, wel toegestaan is een ligging daaronder. De leiding moet wel altijd zonder al te veel extra inspanning bereikbaar zijn voor onderhoud en/of reparatie;
 - o Geen bomen in de directe nabijheid, afstand minimaal 3 m, mede afhankelijk van de boomsoort.
- Bij ontwerp reeds rekening houden met toekomstige uitbreidingen, en inbouwen van appendages ten behoeve van een efficiënt onderhouden kwaliteitcontrole.
- De materiaalkeuze van de leiding wordt tevens bepaald op basis van:
 - o Gronddekking;
 - o Verkeersbelasting;
 - o Grondsoort van aanvullingsgrond;
 - o Hoeveelheid zetting in relatie tot de situering van de leiding ten opzichte van de ophoging;
 - o De leidingen, inclusief verbindingen, zijn in het algemeen bestand tegen alle voorkomende grondsoorten in Nederland. Echter is aantasting van buitenaf mogelijk op plaatsen met agressieve gronden en op plaatsen met door chemicaliën verontreinigde grond. Afhankelijk van de mate van agressiviteit kunnen bepaalde materialen niet zonder meer toegepast worden. In verband met de keuze van de materialen dienen ook de grond en het grondwater te worden onderzocht op agressiviteit, pH-waarde, gehalte aan vrij koolzuur en aan zouten zoals bijvoorbeeld

chloriden, sulfaten en combinaties van zouten. In eerste instantie kan worden getracht de zuurtegraad te bepalen met indicatorpapier. In dit verband kan worden gewezen op de eventuele aanwezigheid van potkleigronden, onder andere in Groningen (gebufferde sulfaatconcentraties), bruinkoolgronden, onder andere in Limburg, zandgronden met humeuze bovenlaag (humuszuren) en zandgronden met een hoog gehalte aan vrij koolzuur. De aantasting van de leidingen kan worden versterkt door grondwaterstromingen of wisselende grondwaterstanden. De agressiviteit van het omringend milieu kan worden verminderd door het mengen van schelpen of kalk met de aanvulgrond of het beperken van de grondwaterstroming langs de leiding door bijvoorbeeld het aanbrengen van kleidammen in de sleuf.

- De draagkracht van de leiding wordt bepaald door de wanddikte, de verhouding van de stijfheid van de buis ten opzichte van die van de omringende grond en de zijdelingse steundruk. Het verdient aanbeveling vooraf met de leverancier van de buizen hierover te overleggen.
- Een flexibele voorziening moet worden aangebracht daar waar verschil in groundbeweging optreedt, ofwel in situaties waar sprake is van een sprongzakking (in zakkend gebied) zoals:
 - o Overgang van persing naar aanleg in open sleuf;
 - o Overgang lichte fundering naar normale grondslag;
 - o Overgang van (tijdelijke) voorbelasting naar normale grondslag;
 - o In situaties waar sprake is van grondzakking en een niet zakkend object bovenlangs gekruist wordt zoals:
 - Riolering;
 - Duiker;
 - o In situaties waar wordt aangesloten op een object dat niet of minder zakt dan de aangesloten leiding zoals:
 - Stations en aangesloten gebouwen;
 - Overgang naar kokers of tunnelbak.

Zettingsverschillen tot 30 mm per 10 meter tracélengte worden niet gezien als sprongzakking. Voor het ontwerp van een voorziening bij sprongzakking zijn berekeningen noodzakelijk. Mogelijke maatregelen zijn:

- o Toepassen van Z- of U-bochten;
- o Toepassen van overgangsplaten: betonnen platen onder de leiding die aan één zijde steunen op de onderheide constructie;
- o Het vergroten van de wanddikte van de leiding;
- o Onder zware componenten kan om gewicht op de ondergrond te beperken een polystyreenplaat worden toegepast. Hierbij moet de tussenruimte tussen plaat en leiding zodanig zijn dat de grondwrijving intact blijft en de temperatuur van de mantelbuis niet te hoog wordt.
- Om externe schade ten gevolge van lekken te voorkomen worden de buizen voorzien van een lekdetectiesysteem.
- De leidingen moeten goed toegankelijk zijn door het gebruik van ongebonden traditionele ophoogmaterialen boven de leidingen.
- Boomwortels kunnen de toegankelijkheid verminderen en de leidingen beschadigen. Een warmteleiding bij voorkeur niet in de nabijheid van een bomenrij leggen.
- Watertoevloed bij onderhoud moeten zoveel mogelijk beperkt worden door toepassing van

compartimentering.

- Beschadigingen van kabels en leidingen door bijvoorbeeld scherpe voorwerpen of hoekig en grof funderingsmateriaal moet worden voorkomen.
- Grootschalige ingrepen moeten ongeveer 2 jaar van te voren vanwege de benodigde voorbereidingstijd aangemeld worden. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met tijd voor afstemmen met andere partijen en externe communicatie.

Kosten

Afspraken tussen gemeenten en kabels en leidingenbeheerders over de verdeling van de kosten bij ophalen (meestal nutssector) en verleggen (meestal gemeente). In deze paragraaf zijn de kosten van alle mogelijkheden opgenomen en is een onderscheid gemaakt tussen de onderdelen van het systeem. De onderdelen zijn:

1. Vervanging hoofdleidingen, inclusief perceelaansluitingen:
 - a. Enkele leiding: € 1.200 per meter;
 - b. Twee leidingen: € 3.000 per meter sleuf;
2. Vervanging perceelaansluitingen: € 18.000 per stuk.

Uitvoeringsaspecten

- Voor diverse uitvoeringsaspecten zoals graven in de nabijheid van kabels en leidingen en het lokaliseren is een protocol tot zorgvuldig graven opgesteld in de CROW-publicatie 250 Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces. Deze is met begeleiding vanuit CROW met vertegenwoordiging vanuit de gehele graafketen uitgewerkt. Deze is geheel in lijn met de Wet op de informatie uitwisseling ondergrondse netten, ook wel Grondroedersregeling genoemd.
- Bij het ophalen van Staal-PUR-PE-leiding of Verbonden Pijp Systeem (VPS) zal rekening moeten worden gehouden met de axiale spanning in de leidingen als gevolg van de aanwezige warmte. Indien leidingen in bedrijf blijven zal in korte sectie gewerkt moeten worden om het risico op knikken van de leiding te beperken.
- Bij het lossen van de materialen moet worden gewaakt tegen beschadigingen, ten gevolge van bijvoorbeeld:
 - o Het met elkaar in aanraking komen of op elkaar vallen van leidingen;
 - o Het verplaatsen met een koevoet of een schiftijzer;
 - o Het gebruik van onbeschermd stropen van staaldraad en onbeklede stalen hijshaken;
 - o Het op één punt neerkomen op harde voorwerpen of verhardingen;
 - o Het doorzwiepen van lange buizen.

Bij het lossen van buizen met beschermlagen mogen geen touwen noch te smalle banden worden gebruikt.

- De uiteinden van de buizen, fittingen en appendages moeten ten opzichte van de as van de leiding een hoek van 90° vormen met een zodanige tolerantie dat de kwaliteit van de leidingverbinding niet wordt beïnvloed. Voor bochten gelden de voorkeurshoeken: 11°25', 22°30', 30°, 45° en 90°
- Open ontgraving is echter niet altijd mogelijk vanwege de situatie op maaiveldniveau, zoals bij een winkelstraat of intensief verkeer. Sleufloze technieken worden dan het meest toegepast.

- De aanvulling van de sleuf moet zorgvuldig gebeuren. Hierbij moet het zand goed (en handmatig) worden verdicht, bij voorkeur 'ingewaterd'. De constructie van warmteleidingen vereist voldoende grondwrijving tussen bodem en buis om de thermische uitzetting zoveel mogelijk te beperken.

Onderhoudsaspecten

- Iedere vijf jaar wordt een warmteleiding gecontroleerd op lekkage. Belangrijke toestandsaspecten met betrekking tot zetting in slappe bodems betreffen:
 - Lekke en/of gescheurde leidingen en aansluitleidingen;
 - Verplaatste verbinding (axiaal, radiaal en hoekverdraaiing).
- Oude warmteleidingen die niet meer beheerd worden bij voorkeur verwijderd.

Risico's

1. Werkelijke zettingen wijken af van geprognoseerde zettingen.

Bronnen

1. Informatie beschikbaar gesteld door ENECO Netbeheer BV, afdeling Asset Management
2. CoP Slappe Bodem kennisdocument, kabels en leidingen in zakkende bodem
3. CROW-publicatie 250, Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces
4. Delft Cluster, Integraal ontwerp leidingen en riolen – Grondmechanische randvoorwaarden
5. Gemeente Amsterdam, Handboek ondergrondse infrastructuur en voorzieningen – Richtlijnen tracébeoordeling
6. NEN 1738, Plaats van leidingen en kabels in wegen buiten de bebouwde kom
7. NEN 1739, Plaats van leidingen en kabels in wegen binnen de bebouwde kom
8. Novem, Handboek Warmtelevering in de praktijk – een bron van informatie
9. NPR 3659, Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening
10. RIONED, Regie in de ondergrond, handreiking afstemming werkzaamheden kabels en leidingen
11. Studiecentrum verkeerstechniek, Kabels leidingen en boomwortels
12. www.senternovem.nl/warmtelevering/

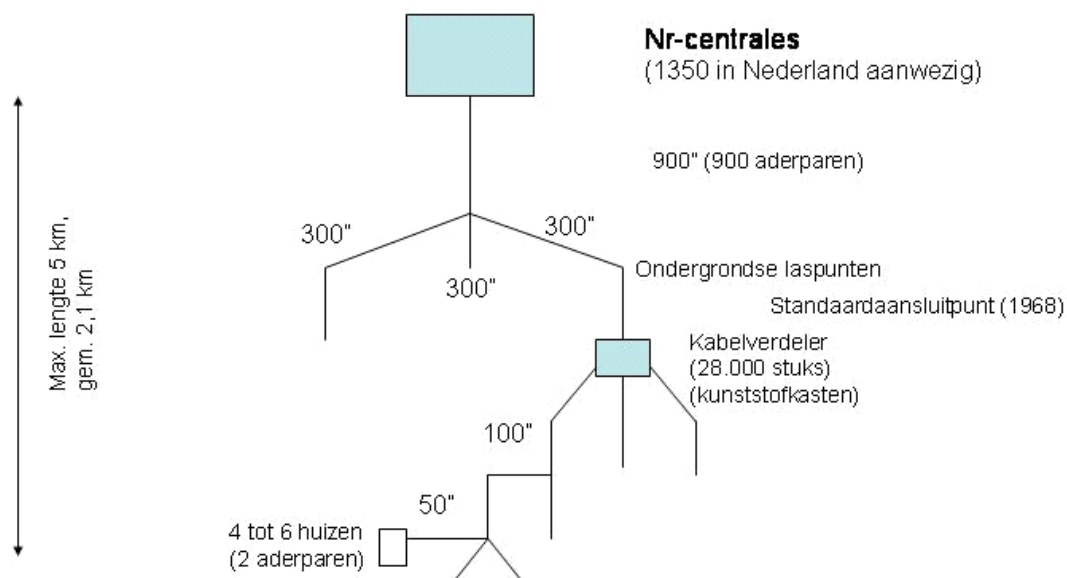
3.5 Telecommunicatie

Beschrijving van het systeem

Het totale ondergrondse telecommunicatienet in Nederland heeft een kabellengte van meer dan 900.000 kilometer. Hiervan is ongeveer 25% glasvezelkabel met hdpe-buis en de rest is koperkabel, zowel 'twisted-pair' (geïsoleerde kopergeleiders, paarsgewijs gedraaid) als coaxiaal (één geïsoleerde koperen draad). Door de verglazing van het netwerk neemt het aandeel glasvezelkabel snel toe.

De fysieke opbouw van het telecommunicatienet kent drie structuren, te weten: maas-, ster- en ringvormig. Het kopernetwerk is met name stervormig opgebouwd. Het glasvezelnet heeft de combinatie van deze drie vormen. Het transport van telecommunicatiesignalen gaat via een transportnetwerk en een toegangsnetwerk. Dit laatste netwerk biedt toegang aan gebruikers. Voor de beeldvorming is hieronder een korte beschrijving gegeven van een mogelijke opbouw van het toegangsnetwerk.

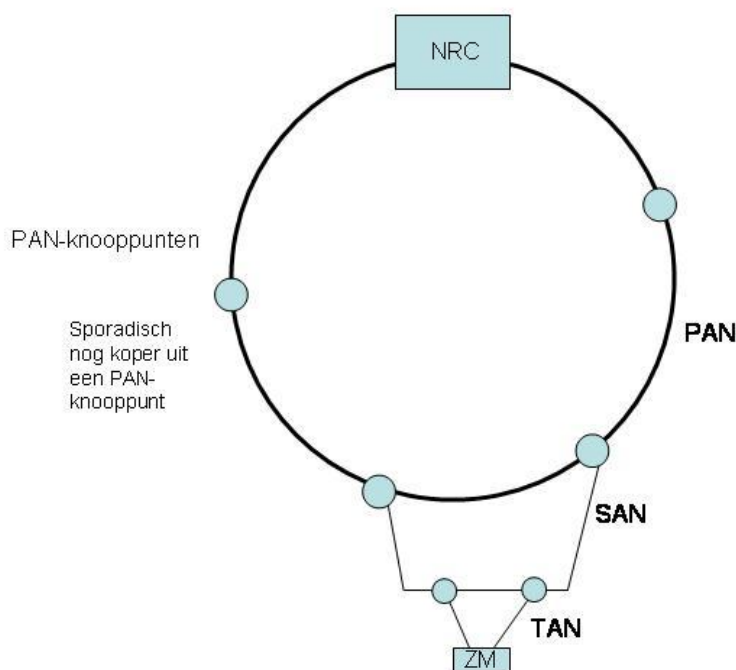
Het opgaande signaal van de klant wordt via koperkabels gerouteerd naar de dichtstbijzijnde nummercentrale (NR-centrale). Daar wordt het signaal digitaal omgezet en via het internode (verbinding) getransporteerd. In onderstaande figuur is dit toegangsnetwerk voor een koperkabelnet weergegeven. Omgekeerd, vanuit de nummercentrale gaan koperkabels richting de gebruiker. Via straatkasten en ondergrondse lassen, vindt er reductie van het aantal koperaders plaats. De koperkabels welke uit de NR-centrale komen bestaan vaak uit 900 aderparen (dubbeldraden), verkort weergegeven met 450x4. Deze 450x4 vertakt zich, zie ook onderstaand schema, ergens in het gebied in drie koperkabels van 150x4. De 150x4 gaat naar een straatkast zijnde een kabelverdeler. Deze is van steen en/of beton dan wel van kunststof.



Veel zakelijke gebruikers zijn aangesloten op een toegangsnet van glasvezelkabel. In het

volgende schema is, enigszins vereenvoudigd en beeldvormend, weergegeven hoe zij gerouteerd worden naar een de dichtstbijzijnde nummercentrale. In verband met leveringszekerheid is het Primaire aansluitnet (PAN) een ring en zijn het Secundaire Aansluitnet (SAN) en het Tertiaire Aansluitnet (TAN) hoefijzervormig. De klant is op het TAN aangesloten.

De PAN-knooppunten zijn bovengronds en gemaakt van steen op een betonnen ondergrond. De SAN- en TAN-knooppunten liggen meestal ondergronds.



Het kopernetwerk bevat diverse kabeltypen. Er zijn gepantserde en ongepantserde kabels.

Bekende typen zijn;

- de GPLK, zijnde de gepantserde papierlood kabel.
- de GPE, zijnde de gepantserde polyetheenkabel;
- de GPEW, zijnde de gepantserde polyetheenkabel met waterstop
- de PE, zijnde de polyetheenkabel.

De GPLK heeft papier als isolatie om de koperadren. Via een slimme opbouw van de kabel heeft deze gunstige transmissie eigenschappen gekregen. Het lood dient tegen de vochtinwerking en het pantser voor bescherming. Dit pantser kan een laag van bandstaal zijn, dan wel lagen van metalen ronde of trapeziumvormige draden. De buitenlaag is een pek/bitumenlaag ter bescherming van het ijzer en lood. De (G)PE-kabel heeft geen lood omdat PE normaalwaterbestendig is.

Koperkabels kunnen 900 dubbeldraden bevatten (aangegeven met 450x4), of 150x4, 50x4, 30x4, 20x4, 12x4, etc. Bij aansluitingen van de gebruiker wordt gewoonlijk een kabel(tje) met 4 draden naar binnengebracht.

Het glasvezelnetwerk kent ook diverse typen. In principe zijn glasvezelkabels ongepantserd. Het komt soms bij waterovergangen voor dat de glasvezelkabel gepantserd is.

De eerste soorten glasvezelkabels hadden 6 vezels. Deze vezels waren samen met twee koperdraadjes om een metalen kern geslagen. Hieromheen zat een aluminium scherm en de buitenkant was van hdpe (high density polyetheen). Vrij snel is daarna overgegaan op 12, 24, 48 en 96-vezelige kabels. Sinds een paar jaar worden alleen maar metaalvrije glasvezelkabels gelegd. In (nieuwbouw-)wijken is een begin gemaakt met de aanleg van hybride kabels. Deze bevatten zowel koperdraadjes als glasvezelparen. Glasvezelkabels worden gelegd (ingeblazen) in hdpe-buizen. Deze buizen hebben een diameter van 16, 25, 32, 40, 50 en 63 millimeter. In het TAN en zakelijke markt worden de eerste twee gebruikt. In het overige netwerk de andere diameters.

Levensduur

De technische levensduur van bovengenoemde bedrijfsmiddelen ligt tussen de 15 en 50 jaar. De conditie van de kabel wordt periodiek gemonitord. Voor de koperkabels wordt gebruik gemaakt van een automatisch meetsysteem met bepaalde parameterinstellingen. De referentie van de parameterinstelling is internationaal bepaald. Vanuit de ITU (International Telecommunication Union) en de CCITT (The international telegraph and telephone consultative committee) zijn er over het hele technische werkveld richtlijnen opgesteld voor telecommunicatie operators waar ze aan moeten voldoen.

Voor koperkabel is een belangrijke parameter de overspraak ook wel vreemde spanning genoemd. Komt deze boven een bepaalde waarde dan wordt actie ondernomen om het transportniveau te herstellen. Overspraak kan ontstaan omdat er bijvoorbeeld vocht in de kabel komt dan wel vervorming van de kabelstructuur. De vochtinbreng kan diverse oorzaken hebben zoals beschadiging door grondroeringen, deformaties door zettingen en corrosie van de kabel omdat deze bijvoorbeeld in zure (veen)grond ligt. In zure grond komt het voor dat een koperkabel en ook lassen soms na 5 tot 10 jaar al zijn aangetast. Dit leidt dan tot lekken van de las c.q. volzuigen van de kabel met water. Afhankelijk van de mate van aantasting worden dan delen van de kabel vervangen.

Het zuur kan bij loodkabel zowel de stalen mantel als de loodmantel aantasten. Als de stalen mantel is aangetast heeft de kabel zijn mechanische bescherming verloren. Storingen kunnen dan ontstaan door een geringe mechanische belasting van de kabel. Het zuur kan ook de loodmantel aantasten. Deze wordt korrelig, krijgt haarscheuren en verliest de waterdichtheid. In dat geval ontstaat storing door vochtinvloed.

De GPEW-kabel kan ook door zuur worden aangetast als de kunststof mantel is beschadigd. Er ontstaan verhoudingsgewijs meer storingen als gevolg van zuurinwerking dan als gevolg van zettingen.

Er vinden echter ook storingen plaats als vrachtauto's of landbouwvoertuigen met de wielen naast de weg komen en door diepe sporen de kabels beschadigen.

Naast storingen in de kabels in het netwerk zelf, kunnen er bij de huisaansluitingen ook storingen door zettingen ontstaan. De storing ontstaat omdat de aansluiting uit de las wordt getrokken, de invoerkabel in de meterkast vast is bevestigd en er relatief weinig speelruimte is.

Van een koperkabel wordt de storingshistorie en daarmee de trendontwikkeling bijgehouden. Als er teveel storingen op een kabeltraject plaatsvinden, wordt er op basis van een financiële kosten-

batenanalyse, dan wel vanuit een functionele analyse inzake toekomstvisie op het betreffende netwerkgedeelte al of niet tot vervanging worden overgegaan.

Bij de monitoring van glasvezelkabels zijn er twee belangrijke parameters: de demping van het glas en de bitfoutenkans ook wel de bit error rate (BER) genoemd. De demping is een maat voor de veroudering van de kabel, dan wel andere invloeden, zoals vochtindringing. Beide parameters worden continu gemeten en bewaakt. Een signalering op één van deze parameters is aanleiding om tot actie over te gaan.

Een afweging tussen ophalen dan wel vervangen wordt alleen gemaakt als het aantal storingen per jaar naar een bepaald aantal keren gaat. Vervanging van kabels als gevolg van ligging in zure grond geschiedt alleen als de kabel is aangetast en vervanging echt noodzakelijk is.

Criteria ten behoeve van het afweegmodel

Omdat het aantal storingen maatgevend is voor de afweging tussen ophalen en (gedeeltelijk) vervangen zijn geen criteria gedefinieerd ten behoeve van het afweegmodel.

Ontwerpaspecten

- Bij het netontwerp reeds rekening houden toekomstige uitbreidingen en wijzigingen in het gebruik. Afhankelijk daarvan, inzicht, ervaring en de te verwachte trends in transportbehoefte in signalen wordt daar een net op ontworpen met gebruikmaking van steeds meer glasvezelkabel.
Door de toenemende breedbandbehoefte wordt de technische levensduur van een koperkabel ingehaald door de glasvezelkabel. Dit komt omdat koper een veel beperktere bandbreedte heeft dan een glasvezelkabel, oftewel het glas kan meer informatie transporteren dan koper.
- Kenmerkend voor de glasvezelkabel, welke in een hdpe-buis wordt gelegd, is dat het gewicht zeer laag is ten opzichte van koperkabels. Verder kunnen glasvezelkabels over zeer grote lengte gelegd worden zonder dat daar lassen tussen zitten. Als er geen aftakkingen zijn kan dit zelfs tot over 3 tot 4 kilometer plaatsvinden. De grootte van de haspel is dan de beperkende factor. Verder kunnen de signalen grote afstanden overbruggen zonder dat er ondergrondse versterking nodig is. Een afstandoverbrugging van 70 tot 80 kilometer is in de praktijk gebruikelijk.
- Bij glasvezelkabel spelen twee factoren een rol ten aanzien van het opvangen van zettingen. Ten eerste wordt bij aanleg een glasvezelkabel niet strak in een hdpe-buis gelegd. Ook de buis zelf ligt niet geheel strak in de grond. Dit houdt in dat bij zetting van de grond er enige speelruimte is. Bij trekbelasting als gevolg van zettingen kan het voorkomen dat dit niet voldoende is en dat hdpe-buizen uit de koppelingen schieten. Afhankelijk van de hoeveelheid speelruimte in de glasvezelkabel zal deze wel of niet intact blijven. Voor glasvezelkabels worden gezien het voorgaande geen speciale voorzieningen getroffen.
- Bij de koperkabel is de las de zwakste schakel. Met name in slappe bodem komt er op de las de nodige trekkracht te staan. Bij de GPEW- en de GPE-kabel werden in het verleden spuitlassen gebruikt. Via een tweecomponent-mengsel vond de verharding plaats. Echter, het kwam te vaak voor dat de verharde component niet homogeen was. Er zaten bijvoorbeeld luchtbelletjes in. De las was niet sterk genoeg en breuk kwam te veel voor.

Bij de GPLK werden in het verleden loodlassen gebruikt. Met een ijzeren omsluiting werd de loden las omsloten. Echter door de trekkracht trad er in de loop van de tijd vloeijing van het lood op en kwam er alsnog vocht in. De ervaring was dat de relatief zware 450x4 minder vaak op de lassen storing gaf, dan de kabels met kleinere diameter van de 30x4 en 20x4 waarvan de las vaker defect ging.

Tegenwoordig worden alleen nog maar krimplassen gebruikt. Bij de krimplas wordt ook het pantser degelijk omsloten. De ervaring, tot nu toe, is dat deze lasmethode heel betrouwbaar is. De tijd moet nog uitwijzen of deze lastechniek echt betrouwbaarder is.

- De kabelkasten in het toegangsnet kunnen van kunststof dan wel steen en/of beton zijn. Bij grote zettingen worden de stenen en/of betonnen kasten op palen gefundeerd.
- De ligging van de kabels geschiedt volgens de gangbare normen, NEN 1738 en NEN 1739, dan wel volgens eigen richtlijnen of van de gemeente zelf. De diepteligging kan belemmerd worden door diverse factoren. Hierbij valt te denken aan de aanwezigheid van boomwortels en aan beperkte ruimte vanwege de grote hoeveelheid aanwezige kabels en leidingen.

Kosten

Het vervangen van een las voor een glasvezelkabel met 96 vezels of een koperkabel met 900 dubbeladers duurt voor een tweemansploeg gemiddeld een dag. Dit is inclusief het zoeken van de gestoorde las, het graven en het dichtmaken van het lasgat. Inclusief lasmateriaal kost dit gemiddeld € 2000 per reparatie (2 lassen). Bij een storing worden altijd twee lassen gemaakt. Het vervangen van een invoerkabel van 4 draadjes (met las) bij een huisaansluiting kost € 333 per stuk (gemiddelde lengte 10 m, inclusief grondwerk).

Het vervangen van een koperkabel (450x4), niet zijnde invoerkabels dus op hoofdroutes, kost gemiddeld € 50 per meter.

Het vervangen van een glasvezelkabel (96 vezels), niet zijnde invoerkabels dus op hoofdroutes, kost gemiddeld € 50 per meter.

Uitvoeringsaspecten

- Voor diverse uitvoeringsaspecten zoals graven in de nabijheid van kabels en leidingen en het lokaliseren is een protocol tot zorgvuldig graven opgesteld in de CROW-publicatie 250 Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces. Deze is met begeleiding vanuit CROW met vertegenwoordiging vanuit de gehele graafketen uitgewerkt. Deze is geheel in lijn met de Wet op de informatie uitwisseling ondergrondse netten, ook wel Grondroerdersregeling genoemd.
- De aanvulling van de sleuf moet zorgvuldig gebeuren. Goed verdichten is van groot belang om nazakking van nieuw werk te voorkomen. Het kan zijn dat de grondeigenaar aanvullende eisen ten aanzien van de verdichting hanteert.
- Open ontgraving is echter niet altijd mogelijk vanwege de situatie op maaiveldniveau, zoals bij een winkelstraat of intensief verkeer. Sleufloze technieken kunnen dan toegepast worden.
- In slappe bodems worden kabels met enige overlengte (enigszins slingerend) in de sleuf gelegd. Hiermee wordt de optredende zetting grotendeels opgevangen.

Onderhoudsaspecten

- Zie ook de beschrijving bij het onderwerp Levensduur.
- Oude telecommunicatie en CAI-kabels die technisch niet meer worden gebruikt bij voorkeur

verwijderen. Dit vindt plaats in combinatie met andere werkzaamheden.

Risico's

1. Werkelijke zettingen wijken af van geprognoseerde zettingen.
2. Door onvoldoende ordening in kabels is ophalen van kabels niet mogelijk.
3. Koperkabels hebben een hoger storingsrisico in zure gronden als gevolg van aantasting van de kabels en lassen.
4. Grondroeringen veroorzaken een (veel) groter risico op kabelschade dan zettingen in de ondergrond.

Bronnen

1. Informatie beschikbaar gesteld door KPN
2. CoP Slappe Bodem kennisdocument, kabels en leidingen in zakkende bodem
3. CROW-publicatie 250, Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces
4. Gemeente Amsterdam, Handboek ondergrondse infrastructuur en voorzieningen – Richtlijnen tracébeoordeling
5. NEN 1738, Plaats van leidingen en kabels in wegen buiten de bebouwde kom
6. NEN 1739, Plaats van leidingen en kabels in wegen binnen de bebouwde kom
7. RIONED, Regie in de ondergrond, handreiking afstemming werkzaamheden kabels en leidingen
8. Studietoer verkeerstechniek, Kabels leidingen en boomwortels
9. www.vecai.nl

4 Bronnen

CoP Slappe Bodem kennisdocument, kabels en leidingen in zakkende bodem d.d. 8 november 2005 te Gouda.

CROW (2005), Betrouwbaarheid van zettingprognoses, CROW-publicatie 204, Ede, Februari 2005.

CROW (2008), Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen - Richtlijn zorgvuldig graafproces, CROW-publicatie 250, ISBN 978-90-6628-510-1, Ede, januari 2008.

CROW (2000), Standaard RAW Bepalingen 2000, ISBN 90-6628-316-5, Ede, 2000.

Delft Cluster (2002), Integraal ontwerp leidingen en riolen – Grondmechanische randvoorwaarden, publicatienummer DC1-421-1, Delft, december 2002.

Energiebedrijf Midden Holland (2000), structurele kostenverhogende factoren in infrastructuur EMH, 5 april 2000.

EnergieNed (2006), Energie in Nederland 2005 – feiten & cijfers, mei 2006

Gastec Technology BV, Rapport Invloed verkeersbelasting op PE-leidingen in Bims, theoretische beschouwing, augustus 2004

GASTEC (1994), Gasdoorlatendheid, Apeldoorn, februari 1994.

Gemeente Amsterdam (2003), Handboek ondergrondse infrastructuur en voorzieningen – Richtlijnen tracébeplanning, versie 3, Amsterdam, 28 maart 2003.

Ir. A.C. Van der Linden e.a. (2000), Bouwfysica, ISBN 90-212-9114-2, Delft, mei 2000.

NEN-EN 752-1 (1999), Buitenriolering-Deel 1: Algemene termen en definities, Delft, januari 1999.

NEN 1738 (1964), Plaats van leidingen en kabels in wegen buiten de bebouwde kom, Delft, mei 1964.

NEN 1739 (1964), Plaats van leidingen en kabels in wegen binnen de bebouwde kom, Delft, mei 1964.

NEN 3650-1 (2003), Eisen voor buisleidingsystemen-deel 1: Algemeen, Delft, juli 2003.

NEN 3650-2 (2003), Eisen voor buisleidingsystemen-deel 2: Staal, Delft, juli 2003.

NEN 3650-3 (2004), Eisen voor buisleidingsystemen-deel 3: Kunststoffen, Delft, december 2004.

NEN 3650-4 (2004), Eisen voor buisleidingsystemen-deel 4: Beton, Delft, december 2004.

NEN 3650-5 (2004), Eisen voor buisleidingsystemen-deel 5: Gietijzer, Delft, december 2004.

NEN 7244 (2003), Nederlandse editie op basis van NEN-EN 12007-1 - Gasvoorzieningsystemen - Leidingen voor maximale bedrijfsdruk tot en met 16 bar - Deel 1: Algemene functionele eisen, Delft, december 2003.

NEN-EN 13508-2 (2003), Toestand van de buitenriolering-deel 2, Delft, augustus 2003.

Novem (2005), Handboek Warmtelevering in de praktijk – een bron van informatie, 2WL-01.02, Utrecht 13 juni 2005.

NPR 3218 (1984), Buitenriolering onder vrij verval: Aanleg en onderhoud, Delft, juli 1984.

NPR 3659 (1996), Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening, Delft, oktober 1996

RIONED (2004), Regie in de ondergrond, handreiking afstemming werkzaamheden kabels en leidingen, Ede, februari 2004.

Prof. ir. F.M. Sanders e.a. (2000), Lexicon voor de weg- en waterbouw, ARCADIS – TUDelft, Delft, augustus 2000.

Studiecentrum verkeerstechniek (1985), Kabels leidingen en boomwortels, mededeling 25, 's-Gravenhage, 1985.

VEWIN (2004), Evaluatie beheersysteem leidingnet op externe effecten door leidinglekage, Rijswijk, november 2004.

VEWIN (2006), Waterleidingstatistiek 2005, Rijswijk, juli 2006

Bijlage 1. Begrippenlijst

Alkalische reactie	Een alkalische reactie is een chemische reactie die tot stand komt in een basisch milieu. ($\text{pH} > 7$).
Appendage	Leidingelement, zoals afsluiter, expansiestuk, pendelstuk, etc.
Beddingconstante	Evenredigheidcoëfficiënt tussen de door de grondslag geleverde tegendruk en de zakking van een oppervlak onder een verticale belasting.
Belasting	Elke oorzaak van krachten op, of vervorming van de ondergrond.
Belastingspreiding	De mate waarin de belasting op een laag materiaal verdeeld wordt op de daaronder gelegen laag (ander) materiaal. De spreiding is hoofdzakelijk afhankelijk van de stijfheidsmodulus en de dikte van de laag.
Bitrate	De bitrate is de hoeveelheid gegevens die per tijdseenheid wordt verstuurd (transmissiesnelheid).
Cunet	Ontgraving beneden het bestaande maaiveld waarin een aanvulling of ophoging van een ander materiaal wordt aangebracht.
Deflectie	De mate waarin een buis wordt ingedrukt ten opzichte van de diameter. De direct aan de ondergrond overgedragen bovenbelasting veroorzaakt een vervorming (deflectie) van de buis, die groter is naarmate de buis slapper is. De buis wordt ovaal (ovaliseert).
Distributieleiding	Leidingen die zorgen voor de verdeling van het medium binnen het verzorgingsgebied.
Doorlatendheid	Het vermogen van grond om een vloeistof of gas door te laten.
Drooglegging	De afstand tussen het maaiveld / de verharding en de freatische grondwaterstand, inclusief opbolling.

Drukriolering	Drukriolering is een systeem voor transport van vervuild huishoudelijk afvalwater met een enkele drukleiding of een netwerk van drukleidingen. Het punt van lozen is het punt waar het totale debiet van het drukriolerings-systeem terugkeert naar atmosferische druk.
Expansie	Uitzetting van leidingen ten gevolge van de temperatuur van het water dat erdoor stroomt (thermische uitzetting).
Expansiebocht	Een voorziening in een leidingennet om schade door expansie te voorkomen.
Flexibele verbinding	Verbinding waarbij tijdens en/of na installatie een hoekverdraaiing kan worden toegelaten zonder optreden van lekkages of andere nadelige gevolgen.
Freatische grondwaterstand	De grondwaterstand die vanaf maaiveld gezien, het ondiepste wordt aangetroffen. De freatische grondwaterstand wordt sterk beïnvloed door het drainagestelsel (sloten en singels), neerslag, doorlatendheid van de bovenste grondlagen en door de plaatselijke kwel en/of inzijgingssituatie.
Gasaansluiting G4/G6	Aansluiting van gas tot een gebruik van maximaal 10 m ³ per uur en een werkdruk van 30 tot 100 mbar.
Gietijzer	Gietijzer is een in vormen gegoten legering van ijzer, koolstof (2,5%-6%), mangaan en silicium. Het wordt vervaardigd door omsmelting van ruw ijzer, samen met cokes (kooks) en kalk in een koepeloven, inductieoven of een trommeloven.
Gietijzer, nodulair	Nodulair gietijzer is een gietijzersoort waarbij de vrije, ongebonden koolstof in de vorm van nodulen (bolvormen) aanwezig is in het gestolde gietijzer. De mechanische eigenschappen van dit materiaal benaderen de eigenschappen van gietstaal.
Gietijzer, grijs	Grijs gietijzer is een gietijzersoort waarbij de vrije, ongebonden koolstof in de vorm van lamellen aanwezig is in het gestolde gietijzer.

Glasvezel	Glasvezel of fiber zijn kabels welke gebruikt worden voor datatransport, waarbij de gegevens worden getransporteerd in de vorm van lichtpulsen. Glasvezel is minder gevoelig voor invloeden van buitenaf. Blikseminslag of elektromagnetische velden verstoren de transmissies niet, waardoor de kansen op transmissiefouten aanzienlijk minder is.
Hydrostatische druk	De hydrostatische druk is de druk die ontstaat door het gewicht van de hoeveelheid vloeistof boven het meetpunt. Deze druk werkt in alle richtingen en is constant in een horizontaal vlak.
Internode	De internode is de verbinding tussen de verschillende nodes van een net, waaronder telefooncentrales.
Lichtgewicht ophoogmateriaal	zie Ophoogmateriaal, lichtgewicht
Luchtpersriolering	Luchtpersriolering is een systeem voor transport van vervuild huishoudelijk afvalwater en bedrijfsafvalwater waarbij het afvalwater met behulp van lucht onder overdruk in een enkele drukleiding of een netwerk van drukleidingen wordt gebracht. Het punt van lozen is het punt waar het totale debiet van het drukriolerings-systeem terugkeert naar atmosferische druk.
Mantelbuis	Een mantelbuis dient voor de geleiding en bescherming van kabels en leidingen.
Noodnet	Tijdelijk net voor water- en/of gasleiding om leverantie tijdens ophogen te waarborgen.
Ophogen	Het op voldoende drooglegging brengen van een bestaande wegconstructie door delen van de constructie te verwijderen om zodoende ophoogmateriaal en benodigde constructie op de nieuwe hoogte aan te brengen.
Ophoogmaatregel	Maatregel met gebruik van ophoogmaterialen, die nodig is om een bestaande wegconstructie op te hogen voor voldoende drooglegging.
Ophoogmateriaal, lichtgewicht	Materiaal dat voor ophogingen wordt gebruikt, waarbij de proctordichtheid lager is dan 1600 kg/m ³ .

Opleghoek

Gedeelte van buis dat ingebed is in sleufbodem.



PE

Polyetheen, ook onder de oude benaming bekend als polyethyleen, wordt gemaakt door polymerisatie van etheen. Etheen wordt verkregen door het afbreken (kraken) van nafta. Dit is een licht derivaat van aardolie. Polyetheen is bestendig tegen een groot aantal chemicaliën.

PVC, hard

Polyvinylchloride is een thermoplast die ontstaat na polymerisatie van het monomeer vinylchloride. Hard PVC is een sterk en vormvast materiaal dat over uitstekende chemische- en elektrische eigenschappen beschikt. PVC kan ingezet worden bij temperaturen van 0 tot 60°C.

PVC, slagvast

Polyvinylchloride is een thermoplast die ontstaat na polymerisatie van het monomeer vinylchloride. Slagvast PVC is door een toevoeging van nagechloreerd PE extra slagvast gemaakt en is hierdoor bovendien UV-bestendiger geworden. Daarnaast kan dit soort PVC tegen lagere temperaturen (-30° tot + 70° C).

Proctordichtheid

Droge dichtheid van korrelig materiaal dat verdicht is volgens de proctorproef. De proctorproef bepaalt de relatie tussen de droge dichtheid en het vochtgehalte bij een standaard verdichtingswijze.

Proefsleuven

Ontgraving met handgereedschap, dwars op richting van kabels- en leidingenstrook, daar waar deze volgens tekening zou moeten liggen, om juiste locatie te bepalen.

Restlevensduur

Verwachte levensduur vanaf moment van beoordeling tot het moment waarop het onderwerp haar functie volgens de beheerder niet meer zal kunnen vervullen.

Ringspanning

De optredende tangentiële spanning ten gevolge van de inwendige druk. Ook omtrekspanning genoemd.

Rioolstelsel, gemengd

Bij het gemengd rioolstelsel wordt regenwater gezamenlijk met afvalwater via één buizenstelsel naar de regenwaterzuiveringsinstallatie afgevoerd.

Rioolstelsel, gescheiden	Bij het gescheiden rioolstelsel wordt het (huishoudelijk en industrieel) afvalwater (DWA) enerzijds en het regenwater (RWA) en in veel gevallen ook drainagewater anderzijds ingezameld door afzonderlijke, niet gekoppelde buizenstelsels. Het regenwaterstelsel lost direct op het oppervlaktewater.
Rioolstelsel, verbeterd gemengd	Een verbeterd gemengd rioolstelsel bestaat uit een gemengd systeem in combinatie met één of meerdere interne dan wel externe vuiluitworpreducerende voorzieningen/technieken.
Rioolstelsel, verbeterd gescheiden	Bij het verbeterd gescheiden stelsel wordt in het regenwaterstelsel berging benut en wordt dit stelsel via koppelpotten of een pomp gekoppeld aan het DWA-stelsel. Op deze wijze wordt een gedeelte van het (vervulde) regenwater afgevangen en kan de schade van foutieve aansluitingen en calamiteiten (bijvoorbeeld olielozingen en dergelijke) worden beperkt.
Spanningscorrosie	Spanningscorrosie is een scheurvormende corrosievorm onder invloed van de gelijktijdige inwerking van een corrosief medium en trekspanningen. Spanningscorrosie kan in praktisch alle metalen optreden. Zonder de trekspanningen zou het metaal veelal niet of nauwelijks worden aangetast door hetzelfde medium. Anderzijds zijn zonder het corrosieve medium veel hogere trekspanningen nodig om het materiaal te doen bezwijken.
Spatkrachten	Axiaal gerichte krachten in bochten die ontstaan door drukveranderingen. Krachten kunnen worden opgevangen door trekvast verbindingen en/of grote boogstralen toe te passen. In slappe bodem wordt ook wel een opvangconstructie ter plaatse van de bocht toegepast.
Sprongzakking	Abrupt verschil in zakking over korte lengte.
Standpijp	Verticale pijp op rioleringsbuis voor aansluiting van vuil- en regenwater op het hoofdriool.
Starre verbinding	Verbinding waarbij geen hoekverdraaiing mogelijk is.

Vacuümiolering	Vacuümiolering is een systeem voor transport van vervuild huishoudelijk afvalwater en bedrijfsafvalwater met een enkele onderdrukleiding of een netwerk van onderdrukleidingen. Het punt van lozen is het punt waar het totale debiet van het vacuümioleringssysteem terugkeert naar atmosferische druk.
Veen	Materiaal dat grotendeels bestaat uit resten van afgestorven planten.
Verschilzetting	Zettingsverschil tussen twee observatiepunten. Verschilzetting wordt gerelateerd aan de onderlinge afstand tussen de observatiepunten.
Woningequivalent	Een getal dat aangeeft hoeveel gestandaardiseerde (fictieve) woningaansluitingen in een warmtevoorzieningsgebied voorkomen.
Worteldoek	Wortelwerend doek van kunststof dat voldoende sterk, zanddicht en waterdoorlatend is en gemakkelijk te verwerken.
Zetting	Afname van de hoogteligging van maaiveld of de cunetbodem.
Zettingsmof	Hulpstuk in standpijp riolering, die in staat is om enkele decimeters zetting te volgen, waardoor een zettingsverschil tussen aansluitleiding en hoofdriool zonder schade of storingen in de afvoer kan worden opgevangen.
Zijdelingse steundruk	Druk die door zijdelings aanwezige grond wordt uitgeoefend op een leiding.

Bijlage 2. Toelaatbare zettingsverschil leiding met flexibele verbinding

Het toelaatbare zettingsverschil wordt bij leidingen met flexibele verbindingen bepaald door de toelaatbare hoekverdraaiing van de buis bij de verbinding. Bij grotere hoekverdraaiingen dan toelaatbaar is de kans op lekkage groot.

Bij gelijkmatig zakkende terreinen wordt het toelaatbare zettingsverschil bepaald door de diepteligging van de leiding. De bereikbaarheid van de leiding voor het uitvoeren van reparaties is daarbij richtinggevend. Bij een gelijkmatige zakking zijn de hoekverdraaiingen ter plaatse van de verbindingen beperkt.

Alleen op de overgang met het omringende en niet of minder zakkende maaiveld zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk om overschrijding van de toelaatbare hoekverdraaiing te voorkomen. Bij kunststofbuizen kan dit eenvoudig door over enige afstand kortere buislengtes toe te passen.

Het toelaatbare zettingsverschil bij ongelijkmatige zettingen wordt bepaald op de overgang in zettingsgedrag van de ondergrond. Dat kan in de volgende gevallen voorkomen:

- kruising leiding met andere infrastructuur zoals weg, duiker of dijk;
- overgang van zettingsarme constructie naar een zakkende constructie;
- variatie in bodemopbouw;
- ongelijkmatige opbouw terreinophoging, zoals bij gedempte sloten.

Flexibele verbindingen, een verbinding met rubberring, zijn er in twee soorten:

- niet-trekvast: deze verbindingen moeten voldoende axiale speling hebben om axiale buisverkorting of –verlenging door inwendige druk, temperatuurschommelingen en zettingsverschillen op te vangen;
- trekvast: deze verbindingen moeten in staat zijn axiale krachten ten gevolge van inwendige druk, temperatuurschommelingen en zettingsverschillen op te vangen.

Flexibele niet-trekvast verbindingen

In onderstaande tabel staan de maximaal toelaatbare zettingsverschillen weergegeven van flexibele niet-trekvast verbindingen.

De waarden zijn weergegeven bij een bepaalde lengte, gebaseerd op standaard lengten van leveranciers. Voor ongewapend en gewapend betonnen leidingen zijn de toelaatbare zettingsverschillen bij een buislengte van 2,40 m in onderstaande tabel weergegeven. Voor PVC-leidingen is de buislengte 10 m en voor PE-leidingen 12 m.

Bij de in de tabel genoemde waarden is er van uitgegaan dat bij aanleg de buizen goed op elkaar zijn aangesloten en in een strakke lijn liggen. Met een eventuele buiging van de PVC- en PE-leidingen is geen rekening gehouden.

Toelaatbare zettingsverschillen flexibele verbindingen (niet-trekvast) leidingen in mm

	Betonnen leidingen L = 2,40 m		PVC-leidingen L = 10 m		PE-leidingen L = 12 m	
Diameter in mm	Toelaatbare hoekverdraaiing [graad]	Verschil- zetting [mm]	Toelaatbare hoekverdraaiing [graad]	Verschil- zetting [mm]	Toelaatbare hoekverdraaiing [graad]	Verschil- zetting [mm]
125			3,26°	600	3,26°	720
160			3,26°	600	3,26°	720
200			3,26°	600	3,26°	720
250			3,26°	600	3,26°	720
300			2,18°	400	2,18°	480
300	2,4°	100				
400	1,8°	75				
500	1,4°	58				
600	1,2°	50				
700	1,0°	41				
800	0,9°	37				
900	0,8°	33				
1000	0,7°	29				
1250	0,6°	25				
1500	0,5°	20				
1800	0,5°	20				
2000	0,5°	20				

Flexibele trekvaste verbindingen

In onderstaande tabel staan de maximaal toelaatbare zettingsverschillen weergegeven van flexibele trekvaste verbindingen.

De waarden zijn weergegeven bij een bepaalde lengte, gebaseerd op standaard lengten van leveranciers. Voor PVC-leidingen zijn de toelaatbare zettingsverschillen bij een buislengte van 10 m in onderstaande tabel weergegeven. Voor PE-leidingen is de buislengte 12 m.

Toelaatbare zettingsverschillen flexibele verbindingen (trekvast) leidingen in mm

	PVC-leidingen L = 10 m		PE-leidingen L = 12 m	
Diameter in mm	Toelaatbare hoekverdraaiing [graad]	Verschil- zetting [mm]	Toelaatbare hoekverdraaiing [graad]	Verschil- zetting [mm]
125	1,43°	300	1,43°	360
160	1,43°	300	1,43°	360
200	1,43°	300	1,43°	360
250	1,43°	300	1,43°	360
300	1,09°	200	1,09°	240

Bij de in de tabel genoemde waarden is er van uitgegaan dat bij aanleg de buizen goed op elkaar zijn aangesloten en in een strakke lijn liggen. Met een eventuele buiging van de PVC- en PE-leidingen is geen rekening gehouden.

Bijlage 3. Toelaatbare zettingsverschil leiding met starre verbinding

Het toelaatbare zettingsverschil wordt bij leidingen met starre verbindingen bepaald door de optredende spanningen en vervormingen in een leiding. Overschrijding van een grenstoestand dient te worden voorkomen.

De toelaatbare zetting bij gelijkmatig zakkende terreinen wordt bepaald door de diepteligging van de leiding. De bereikbaarheid van de leiding voor het uitvoeren van reparaties is daarbij richtinggevend. Bij een gelijkmatige zakking zijn de spanningen en vervormingen in een leiding beperkt.

Alleen op de overgang met het omringende en niet of minder zakkende maaiveld zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk om overschrijding van een grenstoestand te voorkomen.

Het toelaatbare zettingsverschil bij ongelijkmatige zettingen wordt bepaald op de overgang in zettingsgedrag van de ondergrond. Dat kan in de volgende gevallen voorkomen:

- kruising leiding met andere infrastructuur zoals weg, duiker of dijk;
- overgang van zettingsarme constructie naar een zakkende constructie;
- variatie in bodemopbouw;
- ongelijkmatige opbouw terreinophoging, zoals bij gedempte sloten.

Voor het maken van sterkteberekeningen van transportleidingen in waterstaatswerken, dijken, kaden, kanalen, rijks- en provinciale wegen, wordt in Nederland gebruik gemaakt van onder andere de normserie NEN 3650. Het doel van de normserie is het verkrijgen van veilige ondergrondse leidingsystemen door middel van eisen aan het ontwerp en de aanleg. Buisleidingen moeten zo worden ontworpen en geconstrueerd dat de kans om een grenstoestand te overschrijden aanvaardbaar klein is. Voor zover redelijk en mogelijk moeten maatregelen worden getroffen om potentiële schade aan buisleidingen te beperken.

De voor de berekeningen belangrijkste normen uit de normserie NEN 3650 zijn:

NEN 3650-1: Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen

NEN 3650-2: Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 2: Staal

NEN 3650-3: Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Kunststoffen

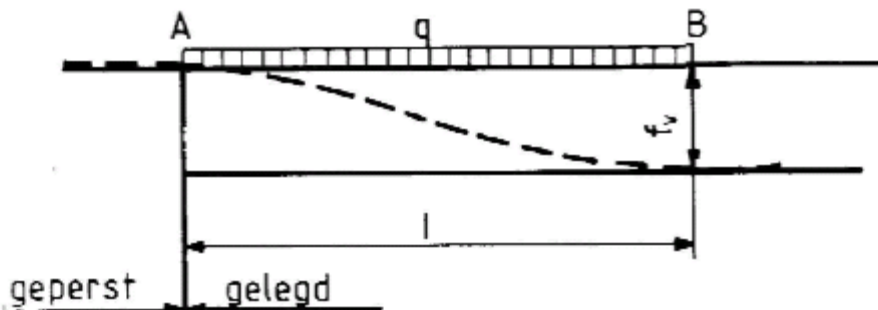
Achtergronden van de sterkteberekeningen zijn te vinden in de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 3659 Ondergrondse pijpleidingen – Grondslagen voor de sterkteberekening van oktober 1996

Voor de bepaling van het toelaatbare zettingsverschil is gebruik gemaakt van de berekenmethoden uit deze normserie met behulp van het programma Sigma 2007. Met het programma Sigma 2007 kan het effect van verschillende belastingscombinaties (doorsnedenkrachten, vervormingen, spanningen en rekken) op een leiding worden bepaald. De gebruikte rekenmethoden zijn:

1. Leiding in open sleuf:
Betreft leiding in gegraven sleuf waar plaatselijk zettingsverschillen ontstaan door slootkruisingen of variatie in bodemopbouw. Betreft ook leiding in gegraven sleuf die andere infrastructuur kruist.

2. Gelegd/geperst:

Deel van de leiding wordt geperst onder weglichaam en ligt ingeklemd; ander deel ligt in maagdelijk terrein, de berm en is aan zettingen onderhevig.



Een leiding met starre verbindingen wordt voor de bepaling van het toelaatbare zettingsverschil als een oneindig lange leiding beschouwd. De starre verbindingen hebben minimaal dezelfde sterkte-eigenschappen als de leiding en zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Grond: veen/klei, $\gamma_d, \gamma_n = 12 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 17,5^\circ$ en $c = 2,0 \text{ N/mm}^2$;
- Zakkingsverschil leiding bij uitvoering is 0 ($f_v = 0 \text{ mm}$);
- Waterleiding: inwendige druk $0,35 \text{ N/mm}^2$, dekking $0,70 \text{ m}$, materiaalsoorten PE100 (SDR11; PN16) en PVC-U (SDR21; PN12,5);
- Gasleiding: inwendige druk $0,01 \text{ N/mm}^2$, dekking $0,80 \text{ m}$, materiaalsoort PE100 (SDR11; PN16);
- Warmteleiding: inwendige druk $2,0 \text{ N/mm}^2$, dekking $1,00 \text{ m}$, temperatuur aanvoer 70° en afvoer 40° , temperatuursverschil berekening 20° ; staalsoort 37,4.

Leiding in open sleuf

Uit berekeningen blijkt dat leidingen weinig zettingsverschillen kunnen opvangen. In de praktijk daarentegen blijken grotere zettingsverschillen op te treden zonder storingen.

Mogelijk zijn in de gehanteerde berekeningsmethodieken meerdere veiligheden ingebouwd, omdat immers de berekeningen worden gebruikt voor kritische situaties nabij waterkeringen.

Nader onderzoek moet uitwijzen op welke wijze de methodiek 'Leiding in open sleuf' aangepast kan worden om de toelaatbare waarden bij ongelijkmatige zettingen te bepalen.

Gelegd/geperst

De berekeningen geven het volgende resultaat:

Soort leiding	Materiaalsoort	Diameter	Wanddikte	Toelaatbare zettingsverschil	Bijbehorende lengte*
Waterleiding	PE100, SDR11	63 mm	5,8 mm	50 mm	0,55 m
		90 mm	8,2 mm	70 mm	0,95 m
		125 mm	11,4 mm	100 mm	1,50 m
	PVC-U, SDR 21	63 mm	3,0 mm	0 mm	
		90 mm	4,3 mm	0 mm	
		125 mm	6,0 mm	0 mm	
Gasleiding	PE100, SDR11	63 mm	5,8 mm	30 mm	0,35 m
		90 mm	8,2 mm	40 mm	0,65 m
		125 mm	11,4 mm	55 mm	1,10 m
Warmteleiding	Staal	114,3 mm	3,2 mm	45 mm	1,85 m
		219,1 mm	6,3 mm	80 mm	5,45 m
		323,9 mm	6,3 mm	90 mm	7,75 m

* De lengte L is de lengte 'l' in de figuur op de vorige bladzijde.

Let wel: dit zijn de toelaatbare zettingsverschillen bij abrupte overgangen en een ingeklemd deel. Meestal wordt ter plaatse een voorziening getroffen om grotere zettingsverschillen mogelijk te maken.

Deze berekeningsmethodiek is nog niet geschikt om kruisingen met starre elementen, zoals onderheide duikers en bruggen te berekenen. In de berekeningen is uitgegaan van inklemming van het geperste deel. In de praktijk zal inklemming meestal niet optreden.

Nader onderzoek moet uitwijzen welke berekeningsmethodiek 'Leiding in open sleuf' of 'Gelegd/geperst' het beste past om kruisingen met starre elementen te berekenen.