BTO 2015.028 | Mei 2015

BTO rapport

Overzicht van aanleg-, reparatie- en renovatietechnieken voor sanering van leidingen

KWR Watercycle Research Institute

BTO

Overzicht van aanleg-, reparatie- en renovatietechnieken voor sanering van leidingen

BTO 2015.028 | Mei 2015

Opdrachtnummer
400554-039

Projectmanager
Nellie Slaats

Opdrachtgever
BTO- Thematisch onderzoek - Assetmanagement

Kwaliteitsborger(s)
Mirjam Blokker

Auteur(s)
Jojanneke van Vossen, Ronald van Eijk en Ralph Beuken

Verzonden aan
Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

T +31306069598
E jojanneke.vanvossen@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle Research Institute

BTO 2015.028 |Mei 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO *Managementsamenvatting*

Overzicht (sleufloze) saneringstechnieken en een afwegingsmethodiek voor onderbouwde keuzes bij leidingrenovatie

Auteur(s) Dr. Jojanneke van Vossen, ir. Ronald van Eijk en ir. Ralph Beuken

Beslissingen om leidingen te vervangen dan wel te renoveren leiden tot grote investeringen voor waterbedrijven. Naast de kosten spelen andere afwegingen een rol bij deze beslissingen, zoals het oplossen van technische problemen, de omgang met omgevingsrisico's en de mogelijkheden binnen wet- en regelgeving. De traditionele aanpak van open ontgravingen is niet overal mogelijk of wenselijk. Er komensteeds meer sleufloze technieken op de markt die een alternatief bieden, maar welke techniek wanneer het beste kan worden ingezet is door gebrek aan kennis en ervaring nog niet goed kwantitatief te onderbouwen. Daarom is een overzicht opgesteld van de beschikbare (sleufloze) technieken voor sanering van leidingen. Daarnaast is een overzicht gemaakt van afwegingsaspecten en beschikbare methodieken voor het maken van goed onderbouwde keuzes in saneringstechnieken. Hieruit blijkt dat het belangrijk is om binnen de sector de ervaringen met dergelijke technieken op een gestructureerde manier te delen. Zo kunnen onderbouwde kostenkentallen worden opgesteld en sanerings beslissingen beter worden onderbouwd.

Belang: goed onderbouwde afwegingen noodzakelijk voor goed asset management

In de Nederlandse bodem ligt bijna 120.000 km aan ondergrondse waterleidingen met een gezamenlijke vervangingswaarde van zo'n 20 miljard euro. Daarbij zijn de huisaansluitingen nog niet meegeteld . Dit leidingnet heeft nu een gemiddelde leeftijd van circa 42 jaar. Naar verwachting zijn de komende decennia grote investeringen nodig om het leidingnet goed te laten blijven presteren. De traditionele methode om leidingen te vervangen is via open ontgravingen, maar dat is niet overal mogelijk, wenselijk of kosteneffectief. Diverse sleufloze technieken hebben de potentie om in deze situaties uitkomst te bieden, maar het is niet altijd duidelijk welke technieken in welke situaties beschikbaar en toepasbaar zijn. Dit onderzoek heeft zich daarom gericht op een overzicht van beschikbare en toepasbare technieken en een overzicht van beschikbare afwegingsmethodieken bij de keuze voor een techniek.

Aanpak: overzicht beschikbare technieken en afwegingsmethodiek uit literatuur en interviews

Ervaringen binnen en buiten Nederland zijn verzameld op basis van literatuur en interviews. Daarnaast is een overzicht opgesteld van mogelijke afwegingsmethodieken, met daarbinnen ook een overzicht van alle kosten die binnen een dergelijke afweging een rol spelen.

Resultaten: diverse technieken beschikbaar, kwantitatieve onderbouwing afweging lastig

Er zijn verschillende (sleufloze) renovatie-en reparatietechnieken die op de Nederlandse markt (kunnen) worden aangeboden en toepasbaar zijn in het Nederlandse waterleidingnet. Dit zijn technieken waarbij nieuwe leidingen door bestaande leidingen worden getrokken, coatings worden aangebracht of liners close-fit in bestaande leidingen worden aangebracht, dan wel ter plekke uitgehard.

Er valt nog wel wat te verbeteren aan de conditiebepaling van leidingen en aan de toepassing van sleufloze technieken, zoals de snelheid van installatie, de hoeveelheid en lengte van leveringsonderbrekingen, de omgang met huisaansluitingen en obstakels en de diversiteit van materialen in het Nederlandse leidingnet.

Voor de selectie van een geschikte techniek zijn verschillende afwegingsmethodieken bruikbaar. De

meeste waterbedrijven gebruiken een vorm die een aantal, maar niet alle relevante aspecten meeweegt. De kosten vormen bij de meeste waterbedrijven een belangrijke component. Door het ontbreken van voldoende voorbeeldprojecten voor representatieve leidingen is het op dit moment niet mogelijk om betrouwbare kostenkentallen en kwantitatieve onderbouwing voor alle afwegingsaspecten te genereren voor alle beschikbare technieken. Daarnaast wordt het inzicht in kosten beperkt door het ontbreken van een transparante en uniforme kostenopbouw tussen de verschillende bedrijven en technieken onderling.

Implementatie: kwantificering afwegingsmethodiek verder onderbouwen met business cases

Om goed de keuze voor de beste techniek voor een locatie te kunnen maken, is meer ervaring nodig met de verschillende technieken en een grotere kennisbasis voor de beschikbare afwegingsmethodieken. Er zijn business-cases nodig waarin met een goede kostenstructuur de totale kosten in beeld worden gebracht. Het is niet altijd mogelijk om dit achteraf te bepalen bij reeds uitgevoerde projecten, maar interessante voorbeeldprojecten kunnen hier zeker voor worden gebruikt.

Daarnaast is het belangrijk om nieuwe projecten op zo'n manier uit te voeren dat ze op een structurele manier kunnen worden geëvalueerd. Niet alleen op kosten, maar op alle relevante afwegingsaspecten. Daarbij valt te denken aan ondersteuning met databases voor inspectietechnieken en renovatietechnieken. Hieraan wordt al in meerdere projecten gewerkt, waaronder het TKI-project *Slim renoveren van waterleidingen*. Ook lopen er verschillende trajecten voor het verbeteren van kennis en voorspellingen over leidingconditie.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Overzicht van aanleg-, reparatie- en renovatietechnieken voor sanering van leidingen* (BTO 2015.028)

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie
Dr. Jojanneke van Vossen
T +31 30 60 69 598
E jojanneke.vanvossen@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

BTO 2015.028 |Mei 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Inhoud **1**

1 Introductie **3**
1.1 Motivatie 3
1.2 Doel 3
1.3 Scope 3
1.4 Leeswijzer 5

2 Overzicht van saneringstechnieken **6**
2.1 Inleiding 6
2.2 Reparatietechnieken 6
2.3 Vervangingstechnieken 8
2.4 Renovatietechnieken 10

3 Afwegingsaspecten **20**
3.1 Inleiding 20
3.2 Technische aspecten 21
3.3 Wet en regelgeving 24
3.4 Omgeving 25
3.5 Monetaire aspecten 28

4 Afwegingsmethodiek **32**
4.1 Inleiding 32
4.2 Effecten-overzicht (EO) 32
4.3 Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) 32
4.4 Kosten-effeciviteitsanalyse (KEA) 34
4.5 Multi-criteria analyse (MCA) 34

5 Discussie **35**
5.1 Technologische uitdagingen 35
5.2 Afwegingsuitdagingen 36

6 Conclusies en aanbevelingen **39**
6.1 Conclusies 39
6.2 Aanbevelingen 40

7 Literatuur **41**

Bijlage I Overzicht afkortingen **44**

Bijlage II Overzicht kenmerkentabellen renovatietechnieken **45**

Bijlage III Beschrijving model Avans **47**

Bijlage IV Beschrijving model Van der Hoop **49**

1 Introductie

1.1 Motivatie

In Nederland ligt bijna 120,000 km aan drinkwaterleidingen (exclusief aansluitleidingen) in de grond die een vervangingswaarde representeren van zo'n 20 miljard euro. De gemiddelde leeftijd van deze leidingen is zo'n 42 jaar. Traditioneel wordt uitgegaan van een gemiddelde levensduur van 70 jaar, wat betekent dat de komende decennia een grote saneringsinvestering van drinkwaterbedrijven wordt gevraagd om het netwerk in een goede conditie te houden.

Drinkwaterleidingen aan het einde van de levensduur worden traditioneel vervangen in een open sleuf. Leidingen liggen vaak in bewoond gebied en de ondergrond wordt steeds drukker met infrastructuur. Toenemende saneringen de komende decennia leiden naar verwachting dan ook tot meer hinder voor de omgeving.

Binnen de sectoren met drukleidingen komen steeds meer technieken beschikbaar die mogelijke alternatieven bieden voor open sleuven waar deze ongewenst zijn om bv. technische, financiële of omgevingsfactoren. Er ligt een wens om in beeld te brengen welke techniek beschikbaar zijn en in welke situaties deze een alternatief vormen.

1.2 Doel

De doelen van dit rapport zijn:

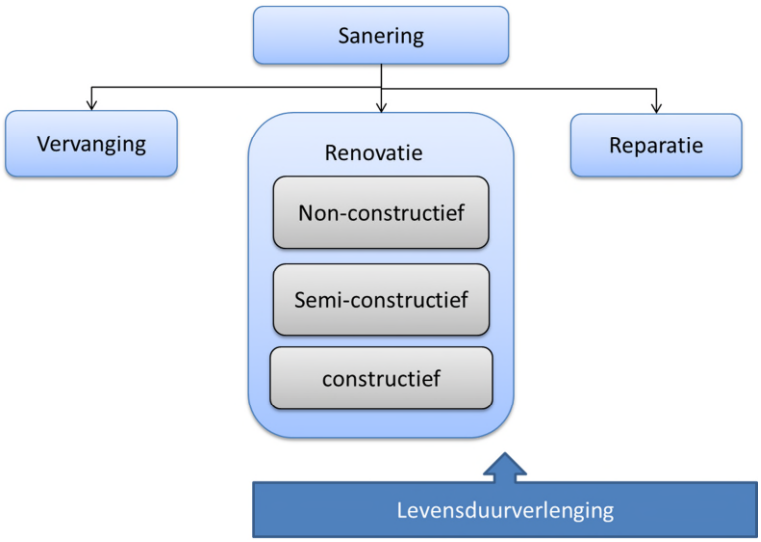
1. Aan te geven welke technieken beschikbaar zijn voor het verlengen van de levensduur van drinkwaterleidingen. Hierbij zijn ook de technische randvoorwaarden, kosten en overige implicaties van belang.
2. Onderzoeken of het mogelijk is om een afwegingsmethodiek op te stellen om te beoordelen in welke gevallen dergelijke technieken ingezet kunnen worden.

1.3 Scope

Saneren betekent het verbeteren van een bestaande situatie. Binnen het BTO wordt de term saneren gebruikt voor het verbeteren van de functionaliteit van een leiding. Saneren kan worden ingedeeld in: vervangen, renoveren en repareren, zie Figuur 1:

- Vervanging: de bestaande leiding wordt vernietigd of verwijderd, er wordt een nieuwe leiding aangebracht al dan niet langs hetzelfde tracé.
- Renovatie: De nieuwe leiding dan wel liner wordt in de bestaande leiding aangebracht.
- Reparatie: Technieken die lokaal in de leiding gebreken, al of niet structureel, kunnen repareren.

Leidingen vervangen middels een open sleuf is kostbaar, levert hinder voor de omgeving en relatief lange leveringsonderbrekingen (afhankelijk van aanpak, zoals het wel of niet gebruiken van noodleidingen). Zowel in de drinkwatersector als in de afvalwater- en de olie- en gassector zijn ontwikkelingen, waardoor mogelijk goedkoper en met minder hinder met het netwerkonderhoud kan worden omgegaan. Een voorbeeld hiervan is de inzet van sleufloze vervangings- en renovatietechnieken of technieken die de leveringsonderbrekingen verkorten.



Figuur 1 Overzicht van saneringstechnieken. Figuur aangepast van Morrison et al. (2013).

Er zijn verschillende manieren om kosten te reduceren, hinder voor de omgeving te reduceren of de leveringsonderbrekingen te beperken, waarvan levensduurverlengende maatregelen een categorie vormen. Levensduurverlengende maatregelen zijn een vorm van netwerkbeheer waarbij assets niet worden vervangen door nieuwe assets, maar waar zij door het toepassen van specifieke maatregelen een verlengde levensduur krijgen.

Vervangingsmaatregelen zijn volgens de hier gebruikte definitie geen levensduurverlengende maatregelen. Omdat deze maatregelen relevant zijn voor het maken van een afweging worden ze in deze rapportage wel kort toegelicht. Renovaties waarbij de bestaande leiding alleen nog als mantelbuis functioneert, kunnen ook als vervangingsmaatregelen worden aangemerkt. In deze rapportage wordt deze vorm van renoveren onder levensduurverlengend geschaard, omdat de bestaande leiding aanwezig blijft en de techniek technisch op levensduurverlengende technieken lijkt.

De levensduur van een leiding kan worden gedefinieerd vanuit verschillende invalshoeken:
- Economische levensduur: de periode waarbinnen een asset nut heeft, of de periode waarin reparatie goedkoper is dan vervangen (*Bron: Cambridge Business English Dictionary*).
- Technische levensduur: de periode waarbinnen de leiding fysiek functioneert binnen gegeven randvoorwaarden.

In deze rapportage wordt onder levensduurverlengende maatregelen gezien die maatregelen die ervoor zorgen dat de bestaande leiding langer technisch blijft functioneren. Binnen asset management zouden technische en economische levensduur meestal wel aan elkaar gekoppeld moeten zijn, waardoor levensduurverlenging kan worden toegepast als dit over de totale levensduur goedkoper is dan vervangen. Er kunnen echter altijd andere redenen zijn om voor levensduurverlenging te kiezen, zie ook hoofdstukken 3 en 4.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen (semi-)constructieve en niet-constructieve technieken:
- Constructief: de liner of nieuwe leiding is in staat zelfstandig te voldoen aan gestelde sterkte-eisen, d.w.z. het op kunnen vangen van inwendige drukbelastingen en uitwendige belastingen.

- Niet-constructief: de liner is niet instaat zelfstandig te voldoen aan gestelde sterkte-eisen en maakt hiervoor gebruik van de oude leiding. De sterkte-eigenschappen van de oude leiding worden ook niet tot nauwelijks verbeterd.
- Semi-constructief: een mengvorm waarbij de liner niet zelfstandig aan de sterkte-eisen kan voldoen, maar waarbij de sterkte-eigenschappen van de oude leiding wel worden verbeterd.

Een leidingsysteem bestaat uit een leiding inclusief aansluitingen en appendages. We laten appendages en aansluitleidingen in deze rapportage buiten beschouwing. In deze rapportage ligt de focus op transport- en distributieleidingen.

Het is binnen deze rapportage niet mogelijk om een overzicht te geven van alle technieken bij alle leveranciers. Iedere leverancier biedt eigen variaties en er komen regelmatig nieuwe technieken bij. Ook worden technieken doorontwikkeld, waardoor de eigenschappen veranderen en de toepassingsmogelijkheden worden uitgebreid. Technieken die in het buitenland worden toegepast kunnen vanwege de regelgeving niet altijd rechtstreeks in Nederland worden toegepast. Om een Kiwa-ATA certificering te verkrijgen worden technieken en materialen verder ontwikkeld, waardoor als ze op de Nederlandse markt beschikbaar zijn niet meer helemaal hetzelfde zijn als de beschrijving in deze rapportage. Daarom is er voor gekozen om een breed totaaloverzicht van de verschillende marktsegmenten te geven en niet te focussen op individuele aanbieders.

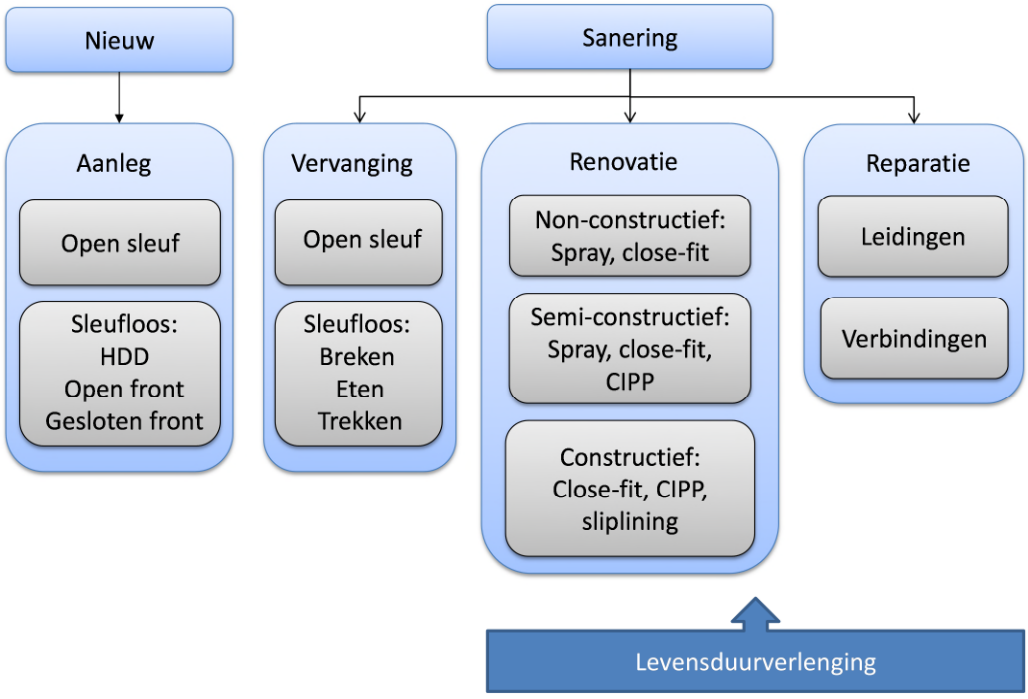
1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van vervangings-, reparatie- en renovatietechnieken. In hoofdstuk 3 wordt het kader neergezet van de verschillende aspecten om mee te wegen in een beslissing voor een aanpak van een leiding die aan het einde van de levensduur is. In hoofdstuk 4 wordt een overzicht gegeven van de verschillende methodieken die kunnen worden gevolgd met een beschrijving van voorbeelden. In hoofdstuk 5 staan conclusies en aanbevelingen.

2 Overzicht van saneringstechnieken

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gepresenteerd van de verschillende saneringstechnieken. Figuur 2 geeft een totaaloverzicht van de beschikbare saneringstechnieken. Het overzicht is aangevuld met technieken voor het nieuw aanleggen van leidingen voor een compleet beeld. In onderstaande paragrafen worden deze technieken toegelicht.



Figuur 2 Totaaloverzicht van saneringstechnieken, aangevuld met nieuw aanleg.

2.2 Reparatietechnieken

2.2.1 Overzicht

Reparatietechnieken zijn bedoeld om lokale gebreken te verhelpen. Er zijn verschillende overwegingen:

- Leidingdelen tussen koppelingen kunnen zo kort zijn dat in plaats van een lokale reparatie het efficiënter is om het leidingdeel te vervangen. In deze rapportage wordt het vervangen van een geïsoleerd buisdeel ook onder reparatie benoemd.
- Als er gebreken in een leiding ontstaan, kan dit een teken van veroudering zijn. Het optreden van storingen is dan een indicatie dat de leiding aan vervanging of renovatie toe is. Een reparatie zal dan een tijdelijk middel zijn om de leiding te laten functioneren tot de leiding wordt vervangen dan wel gerenoveerd.

Reparaties kunnen worden onderverdeeld in reparaties van:

- Leidingen
- Koppelingen

2.2.2 Leidingreparaties

Preventief buisdelen vervangen
Hierbij worden gericht beschadigde buisdelen vervangen. Het nieuwe leidingdeel kan van een ander materiaal zijn dan de bestaande leiding.

Reparatieringen/manchetten aanbrengen
Dit betreft het aanbrengen van rubber slabben, voorzien van speciale RVS profielen (zie voor een overzicht van afkortingen Bijlage I), voor de afdichting op de binnenkant van de buis. Hiermee wordt het volledige leidingdeel door het rubber afgedekt, waarna de druk van het water zorgt voor een waterdichte afsluiting. Dit is alleen mogelijk bij grote diameters.

Aanbrengen van een manchet aan de buitenkant is ook mogelijk. Hierbij zijn manchetten op maat nodig. Aangezien de waterdruk in dit geval de slab niet waterdicht afsluit, maar juist wegduwt, is bij deze aanpak een reparatiering rond de slab nodig die voor de benodigde tegendruk zorgt (reparatieklem). Deze methode is geschikt voor reparatie buitenaf van bijvoorbeeld kleine lekken.

Wraps/sleeves
Internationaal zijn diverse wraps/sleeves beschikbaar, die lokaal worden aangebracht aan de binnen- of aan de buitenkant van de leiding. Deze wraps bestaan uit banden of platen voorzien van epoxy- of PU hars, glas- of koolstofvezel (Carbon Fiber Reinforced Polymer, CFRP). Ze kunnen handmatig of met een robot worden aangebracht (Morrison et al., 2013).

Corrosieproducten verwijderen
Met harde proppen, eventueel voorzien van een staalborstel, of met een straallans kunnen corrosieproducten worden verwijderd uit een gietijzeren leiding.

Lassen
In stalen leidingen kunnen reparaties ook met lassen worden uitgevoerd.

Deelrenovatie
Hierbij wordt op de plaats van de beschadiging een partiële lining of coating aangebracht.

Er zijn ook ontwikkelingen op het gebied van het van binnenuit repareren van lekkende buisdelen, waarbij gaatjes onder druk worden opgevuld met uithardend materiaal.

2.2.3 Koppelingreparaties

Koppelingen vervangen
Mof-spie en flens koppelingen bevatten rubber ringen. Deze kunnen (gedeeltelijk) losraken of worden aangetast (met name natuurrubber bij AC-leidingen). Ook leveren bepaalde types klemkoppelingen in PVC-leidingen soms problemen op. Als de leiding zelf verder in goede conditie is, is het een mogelijkheid om alleen de slechte koppelingen te vervangen. Of dit praktisch en kostentechnisch een realistische oplossing is, hangt af van de afstanden tussen de te vervangen koppelingen.

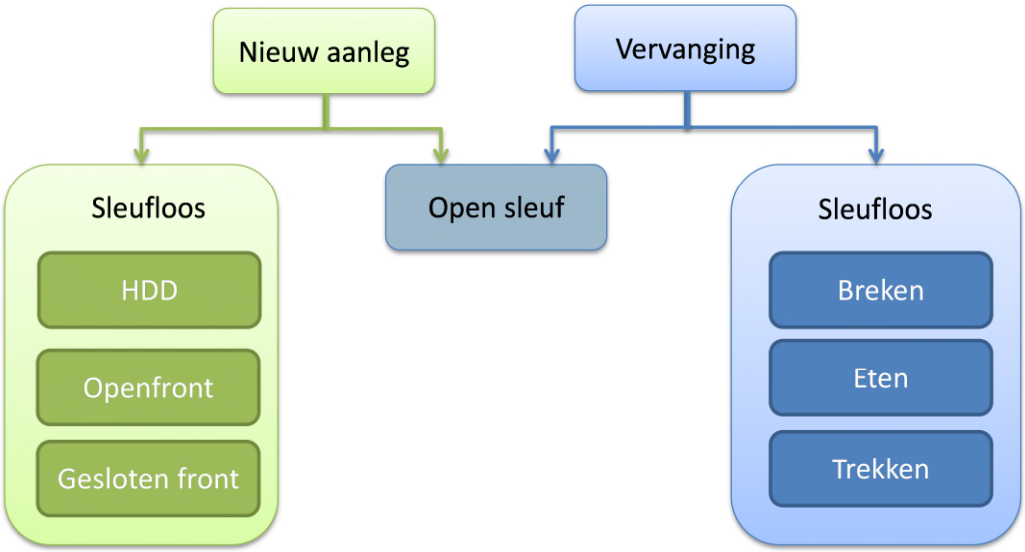
Manchetten aanbrengen
Vergelijkbaar met leidingreparaties is het mogelijk om aan de binnenzijde van de koppelingen een rubber slab aan te brengen. Hoewel deze techniek vooral wordt toegepast

ter reparatie van storingen, kan een bedrijf ook er voor kiezen om gericht en preventief koppelingen te versterken op een bepaald traject.

Chemische specie
Het aanbrengen van chemische specie in lekkende koppelingen wordt internationaal toegepast in bijvoorbeeld afvalwaterleidingen. Van binnenuit worden de materialen aangebracht in de lekkende koppelingen. In de Verenigde Staten zijn materialen gebaseerd op PU goedgekeurd voor drinkwater en zouden mogelijk geschikt zijn voor lage druk situaties, maar ervaringen zijn er niet (Morrison et al., 2013).

2.3 Vervangingstechnieken

2.3.1 Overzicht
Onder het kopje vervangingstechnieken worden naast vervangingstechnieken ook technieken meegenomen waarbij alleen een nieuwe leiding wordt aangelegd zonder dat een oude leiding hoeft te worden verwijderd (nieuw aanleg). Figuur 3 geeft een overzicht van de technieken.



Figuur 3 Overzicht vervangingstechnieken.

2.3.2 Sleufloos nieuw aanleggen
Sleufloze boortechnieken zijn onder te verdelen in (Achterhuis et al., 2013; Ariaratnam et al., 2014):

- Horizontal Directional Drilling (HDD)
- Openfront technieken
- Gesloten front technieken

Horizontal Directional Drilling (HDD)
Bij HDD wordt een boor door de grond geleid langs het pad voor de nieuwe leiding (door het aanbrengen van magnetische velden), waarna het pad wordt uitgefreesd tot de vereiste diameter Hierna wordt de nieuwe leiding door het gat getrokken. HDD is binnen de drinkwatersector een bekende techniek die vooral wordt toegepast bij korte trajecten onder bijvoorbeeld waterwegen of snelwegen.

Openfront technieken
Voorbeelden hiervan zijn (gestuurde) avegaarboringen en raketten. Een avegaarboor werkt met een snijkop en een schroefvorm in een holle buis waarmee de grond wordt afgevoerd. Door het open front is deze techniek alleen bruikbaar boven de grondwaterspiegel (Achterhuis et al., 2013). Bij raketten (raketboring) wordt een leiding de grond in geslagen door een percussiehamer. Bij mollen is de raket aan de voorzijde van de leiding geplaatst. Bij rammen is de raket aan de achterzijde van de leiding geplaatst. De leiding wordt de grond in gedrukt, terwijl het materiaal aan de voorkant wordt afgevoerd. Rammen wordt in de drinkwatersector het meest toegepast bij aansluitleidingen.

Gesloten front technieken
Gesloten fronttechnieken worden gekenmerkt door een waterdicht schot, waardoor ze ook onder de grondwaterspiegel kunnen worden uitgevoerd. Een voorbeeld van een gesloten front techniek is micro-tunneling.

2.3.3 Open sleuf
Het vervangen in een open sleuf is de traditionele methode voor vervanging (zie Figuur 4). Er wordt een sleuf gegraven, de oude buis wordt uitgenomen en de nieuwe leiding wordt teruggeplaatst. Deze terugplaatsing kan op dezelfde plek als de oude leiding of in een andere sleuf. De sleuf wordt afgedicht en de bestrating hersteld. Het oude leidingmateriaal wordt verwijderd.

Er zijn verschillende aanpakken voor traditionele vervanging, afhankelijk of er ruimte is om de nieuwe leiding naast de bestaande aan te leggen, het wel of niet gebruiken van een noodleiding en samenwerking met derden. In Zanden en Oorschot (2013) wordt een afwegingsmodel gepresenteerd voor de meest gebruikte technieken bij Brabant Water. Verschillende van de beschreven technieken zijn varianten van traditioneel vervangen:

- Traditioneel vervangen in een nieuw tracé, waarbij de oude leiding blijft liggen. Dit betekent dat de oude leiding blijft functioneren, totdat de huisaansluitingen worden overgezet. Dit zorgt voor een reductie in leveringsonderbreking en daarmee een afname in hinder voor de consument. Ook zorgt het voor een afname in transportkosten, omdat de oude leiding niet hoeft te worden verwijderd.
- De watermeeneemmethode, waarbij iedere dag een deel van de oude leiding wordt uitgenomen en vervangen. Hierbij hebben alle gebruikers langs het vervangingstracé tweemaal per dag een korte leveringsonderbreking en eenmalig gedurende een werkdag.
- Vervangen met noodleiding, waarbij tijdens de vervangingsperiode de gebruikers worden voorzien van water door middel van een noodleiding.
- Tweemaaldrie-methode, waarbij de leiding wordt vervangen in combinatie met de gasleiding. Eén van de twee leidingen komt in een nieuwe tracé, waarna de eerste leiding wordt gerooid. Dit biedt ruimte voor de tweede nieuwe leiding in het tracé van de gerooide leiding.

Afhankelijk van de omstandigheden zal in de afwegingsmethodiek een variant de voorkeur krijgen en verschillen opleveren in termen van hinder voor de omgeving, kosten en leveringsonderbrekingen.



Figuur 4 Open sleuf in woonstraat.

2.3.4 Sleufloos vervangen

De sleufloze vervangingstechnieken bestaan uit 2 onderdelen, namelijk:

- Verwijderen van de oude leiding
- Aanbrengen van de nieuwe leiding

De naamgeving van de technieken correspondeert met de verwijderingstechniek. Het is ook mogelijk om op deze wijze alleen de leiding te verwijderen en geen nieuwe leiding of op een andere locatie een nieuwe leiding aan te brengen. Het gat van de verwijderde leiding wordt opgevuld, bijvoorbeeld met dämmer, een veelgebruikt materiaal voor het afdichten van leidingen.

Breken (pipe cracking/pipe bursting/pipe splitting)
Bij kraken wordt de bestaande leiding gebroken of gesneden. De kraakkop heeft een grotere diameter dan de bestaande leiding. De kop breekt de leiding open en verdringt de scherven in de omliggende grond. Ook snijgereedschap kan worden gemonteerd. De nieuwe leiding wordt meegetrokken en direct gelegd. De nieuwe leiding heeft een diameter die kan variëren van kleiner tot iets groter dan de diameter van de oude leiding.

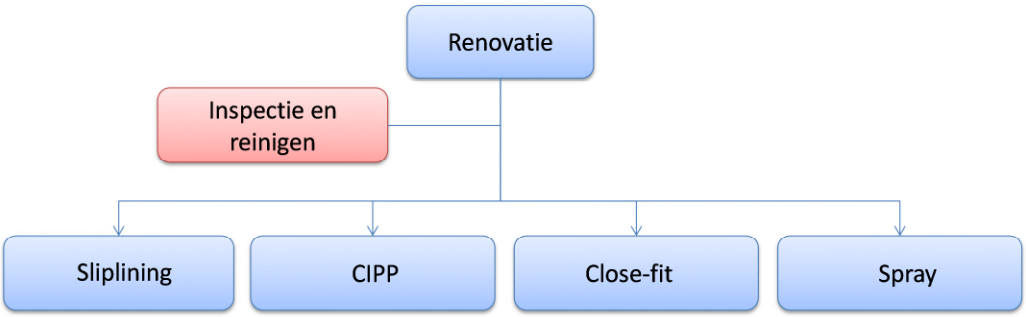
Eten (mollen, pipe eating)
Bij deze methode wordt met een boorschild de oude leiding weg gefreesd. De nieuwe leiding wordt direct mee gelegd. De nieuwe pijp heeft dezelfde of een grotere diameter.

Trekken (pipe pulling)
Deze methode bestaat uit het uitrekken van de oude leiding en het intrekken van een nieuwe leiding. Bij deze techniek is het van belang dat de oude leiding voldoende sterkte bezit, aangezien bij het uittrekken grote wandspanningen kunnen optreden.

2.4 Renovatietechnieken

2.4.1 Overzicht

Figuur 5 geeft een overzicht van de verschillende renovatietechnieken. Deze technieken hebben specifieke kenmerken en toepassingsgebieden. In veel gevallen zijn er ook meerdere uitvoeringsvarianten op basis van specifieke materiaaltoepassingen of uitvoeringstechnieken. De verschillende technieken worden in onderstaande paragrafen toegelicht.



Figuur 5 Overzicht van de verschillende renovatietechnieken.

Bij het selecteren van renovatietechnieken is de toestand van de oude leiding van belang. Sommige technieken zijn niet of semi-constructief en hebben de sterkte van de oude leiding (deels) nodig. Ook moet het materiaal van de oude leiding voldoende sterkte hebben om de spanningen bij het intrekken te kunnen weerstaan.

Voor close-fit technieken is het belangrijk dat de leidingwand goed gereinigd is. Dit is met name van belang bij metalen leidingen waar geen (of beperkt) corrosie aanwezig dient te zijn. Bij het aanbrengen van liners of spray is het bij de meeste technieken ook van belang dat er geen al te grote of scherpe oneffenheden aan de buiswand zitten. Een ander belangrijk punt is de staat van de koppelingen. Als de voegen te groot zijn kunnen bepaalde technieken (bv. sprays) niet worden toegepast. Dat betekent dat er goed inzicht moet zijn in de toestand van de oude leiding, zowel op het gebied van reststerkte als ruwheid van de wand. Inspectie en reinigingstechnieken zijn hier dus van groot belang, maar een beschrijving van deze technieken valt buiten de scope van deze rapportage.

De kenmerken van de technieken worden samengevat in Tabel 1tot en met Tabel 4. Voor meer informatie en technische details van verschillende toepassingen, zie onder andere Matthews et al. (2013) en Morrison et al. (2013).

In de samenvattende tabellen wordt een inschatting gegeven van de status van de verschillende technieken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Beproefd: de techniek is op verschillende locaties en door verschillende waterbedrijven meerdere keren toegepast.
- Opkomend: de techniek wordt toegepast binnen projecten, maar er is nog geen breed gedragen ervaring.
- Nieuw: de techniek is nog in ontwikkeling en toegepast in demonstraties.

De termen beproefd, opkomend en nieuw kunnen verschillen voor Nederland en internationaal. Dit is aangegeven in de kenmerkentabellen. De status is aangegeven per categorie, binnen deze categorie kan de status verschillen per type en aanbieder. In principe is aangehouden dat de verst gevorderde status telt voor de categorie. Dat wil zeggen, als voor een categorie zowel conventionele als opkomende aanbieders internationaal actief zijn, dan is de status van de categorie als geheel beproefd.

2.4.2 Sliplining (buis in buis)

Continu of gesegmenteerd

Sliplining is een methode waarbij een nieuwe, volledig constructieve leiding direct door een bestaande leiding wordt ingebracht, waarna de nieuwe leiding aan de uiteinden wordt vastgezet en de ruimte tussen bestaande en nieuwe leiding wordt meestal (niet altijd) opgevuld o.a. om de stabiliteit van de liner te garanderen en de belasting uniform te verdelen (Morrison et al., 2013). Sliplining is de techniek die het langst beschikbaar is binnen de drinkwatersector en waar dus ook de meeste ervaring mee is opgebouwd.

De nieuwe leiding heeft een kleinere diameter dan de bestaande leiding, waardoor deze techniek alleen kan worden toegepast als diameterverkleining een optie is. De diameterverkleining wordt niet alleen veroorzaakt door de wanddikte van de nieuwe leiding, maar ook doordat het intrekken van de nieuwe leiding ruimte nodig heeft. De nieuwe leiding heeft daarmee een 'losse fit'. De hoeveelheid diameterverlies is sterk verschillend per project, voorbeeldprojecten in Nederland geven getallen tussen 10% en 70% met een gemiddelde van 38% (inclusief verlies door wanddikte liner). De kleinere diameter heeft als gevolg dat de hydraulische capaciteit van de leiding afneemt. De nieuwe leiding zal weliswaar in de regel een geringere wandruwheid hebben, maar dit effect is te verwaarlozen ten opzichte van de diameterreductie. In Nederland zijn leidingen vaak over gedimensioneerd, waardoor enige diameterverkleining meestal geen probleem is. Gecorrodeerde GGIJ-leidingen hebben in de praktijk ook meestal een kleiner doorstroomprofiel dan de originele leidingdiameter suggereert.

Sliplining kan continu of gesegmenteerd worden toegepast:

- Gesegmenteerd: hierbij worden ter plaatse korte pijpsegmenten geassembleerd, waarna de nieuwe leiding in de bestaande leiding geduwd of getrokken wordt over de lengte van het toegevoegde segment.
- Continu: hierbij wordt de nieuwe leiding volledig geassembleerd, waarna de nieuwe leiding in zijn geheel door de bestaande leiding wordt getrokken.

Sliplining stelt eisen aan de bovengronds benodigde ruimte. Er moet voldoende ruimte zijn om te assembleren en in het geval van continu sliplining moet er voldoende ruimte bovengronds zijn zodat de gehele leiding kan worden ingebracht zonder de maximum toelaatbare buiging van de geassembleerde leiding te overschrijden. De lengte van de geassembleerde leiding is beperkt door de maximum trekkracht die op het materiaal kan worden gezet (Morrison et al., 2013). Dit is om te zorgen dat de maximum toegestane belasting op het materiaal niet wordt overschreden. Bijvoorbeeld, hoe groter de diameter van een PE leiding, hoe groter de minimale buigradius moet zijn.

Sliplining kan voor diameters van bestaande leidingen vanaf zo'n 100 mm (Morrison et al., 2013). De meeste toepassingen van sliplining in Nederland zijn met (HD)PE, maar er zijn ook voorbeelden in het buitenland met PVC, staal, GVK of NGIJ (alleen gesegmenteerd).

Hose-lining (Flexibele slangmethode)

Deze techniek is feitelijk een tussenvorm van sliplining, CIPP (zie paragraaf 2.4.3) en close-fit (zie paragraaf 2.4.4). De liner is een flexibele slang van PE of polyester of Kevlar met een PE-coating. De liner wordt in gevouwen vorm ingebracht en daarna met lucht, stoom of water terug in vorm gebracht. Toepassingen zijn bekend vanaf 75 mm tot 450 mm (Morrison et al., 2013).



Figuur 6 Inbrengen PE-liner. Foto gebruikt met goedkeuring van BAM Energie, Infra en Water.

Tabel 1 Kenmerken sliplining op basis van internationale toepassingen.

Categorie	**Toelichting**
Omschrijving	Inbrengen nieuwe leiding
Status	Beproefd
KIWA-ATA	Ja
Constructief	Volledig
Levensduur	70-100 jaar
Materiaal liner	HDPE, PVC, staal, GVK, NGIJ (gesegmenteerd)
Diameter	100-2800 mm
Dikte	Afhankelijk van diameter, vanaf 2 mm tot meer dan 10 cm
Lengte	Tot 300 m (afhankelijk van haspel en diameter)
Voordelen	Volledig structureel, geen complexe techniek, kosteneffectief, ervaring in NL, weinig graafwerk en grondverplaatsing (behalve bij veel huisaansluitingen)
Nadelen	Diameterreductie, noodleiding nodig, ruimte bovengronds, huisaansluitingen van buitenaf opnieuw aansluiten

2.4.3 Cured in place pipe: CIPP

Bij deze techniek wordt in de bestaande leiding een flexibele liner (kous) ingebracht die van te voren is geïmpregneerd met een hars. Deze hars wordt vervolgens in de buis uitgehard. De techniek wordt wereldwijd breed toegepast en is in Nederland bekend vanuit de riolering.

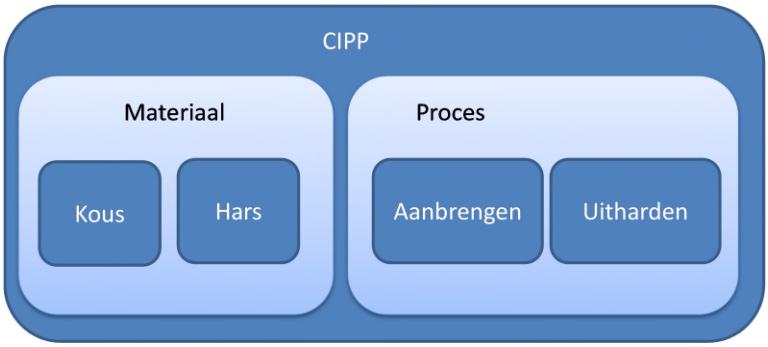
Er zijn verschillende variaties op de markt, Figuur 7 geeft een overzicht van de onderscheidende factoren. De belangrijkste zijn:

- Materiaal:
    - De kous kan vervaardigd zijn van naaldvilt of (versterkt) glasvezel en kan bestaan uit verschillende lagen;
    - De hars kan op basis van polyester, vinyl of epoxy zijn.
- Proces:

- Het aanbrengen kan zowel door inversie (de kous wordt binnenste buiten aangeleverd, waarna de kous zichzelf onder druk terugvouwt in de leiding) dan wel door intrekken plaatsvinden;
- Het uitharden kan middels hoge temperatuur, heet water, UV of LED. Momenteel wordt uitharden met UV alleen toegepast in riolering.

Toepassingen zijn beschikbaar voor diameters tussen 100 mm en 1500 mm en variëren van semi-constructief tot volledig constructief, afhankelijk van de dikte van de liner. In Nederland is momenteel één CIPP-techniek beschikbaar met KIWA-ATA, namelijk de Hydrofit (ontwikkeld door een consortium van Heijmans Civiel B. V, DSM, Insituform en Waverail). In het kader hiervan zijn ook BRL's ontwikkeld. Dit betreft BRL 17201, deel 1 (ontwerp en installatie) en BRL17201, deel 2 (producten) (KIWA, 2013a, b).

Sommige technieken worden geacht aan de buiswand te hechten, maar dit geldt niet voor alle CIPP-technieken. De Hydrofit techniek bijvoorbeeld wordt aangebracht met een dunne preliner, waardoor de kous niet aan de leidingwand hecht (*Bron: http://www.heijmans.nl*).



Figuur 7 Onderscheidende factoren bij CIPP-toepassingen.



Figuur 8 Inbrengen van een kous. Foto gebruikt met goedkeuring van BAM Energie, Infra en Water (getoonde toepassing is niet op een drinkwaterleiding).

Smeltkoustechniek (melt in place pipe: MIPP)
Deze nieuwe techniek lijkt op de koustechniek, maar verschilt in het feit dat geen hars of andere chemicaliën worden gebruikt tijdens het aanbrengen. Het materiaal is opgebouwd uit glasvezel dragermateriaal (voor stijfheid en sterkte) en thermoplastische vezels. Door verhitting smelten de thermoplastische vezels en dringen door in het dragermateriaal. Tijdens afkoelen ontstaat uiteindelijk een glasvezelversterkt eindproduct dat volledig constructief is. Deze techniek is ontwikkeld in Groot-Brittannië en mag beschouwd worden als een nieuwe techniek. Er zijn toepassingen beschikbaar voor diameters tussen 150 en 300 mm.

Tabel 2 Kenmerken CIPP technieken.

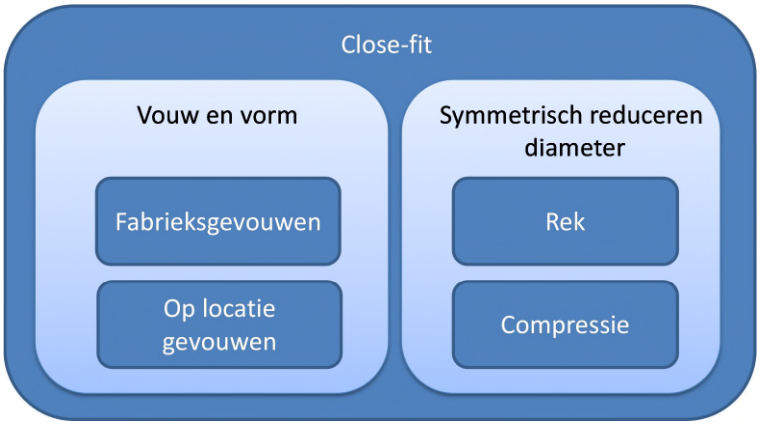
Categorie	**Toelichting**
Omschrijving	Aanbrengen en uitharden van geïmpregneerde kous
Status	Beproefd (MIPP nieuw), nieuw in Nederland
KIWA-ATA	Ja
Constructief	Semi tot volledig
Levensduur	50 jaar
Materiaal liner	GVK of naaldvilt in combinatie met hars
Diameter	100-1500 mm
Dikte	1-24 mm, afhankelijk van toepassing en diameter
Lengte	Typisch tot 250 m
Voordelen	Kan beperkte bochten aan, volledig structurele oplossing, beperkte diameterreductie, beperkt graafwerk en grondverplaatsing, behalve bij veel huisaansluitingen
Nadelen	Momenteel één aanbieder in NL, noodleiding nodig, huisaansluitingen kunnen robotisch van binnenuit worden aangesloten vanaf 300mm, maar binnen de Nederlandse drinkwatersector wordt dit nog niet toegepast, wel binnen de gassector (Leij, 2015).

2.4.4 Close-fit
Bij close-fit technieken wordt een leiding nauwsluitend aan de buitenwand in de bestaande leiding aangebracht. De techniek lijkt daarmee op sliplining, maar bij close-fit technieken treedt door de aansluiting met de oude leiding alleen diameterverlies op door de dikte van de liner. Dat betekent wel dat de diameter van de liner dusdanig is dat deze niet zondermeer door de bestaande leiding kan worden getrokken, zoals bij sliplining. Dat betekent dat bij alle close-fit technieken de diameter tijdelijk wordt gereduceerd. Het belangrijkste onderscheid tussen de close-fit technieken is de techniek waarmee deze diameterreductie wordt gerealiseerd, zie Figuur 9:

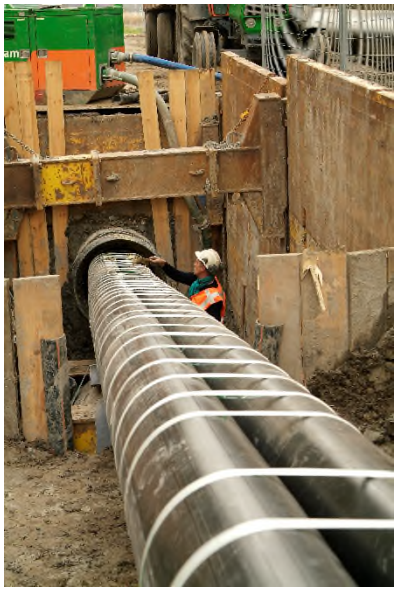
- Vouw- en vorm-technieken: bij deze technieken worden de PE liners gevouwen, in de fabriek dan wel op locatie. Er zijn toepassingen beschikbaar tussen 75 en 1500 mm, maar de toepassingsmogelijkheden van deze technieken hangen af van de techniek, de gewenste diameter en de gewenste wanddikte. Semi-constructieve, dunwandige oplossingen kunnen voor veel grotere diameters op locatie gevouwen worden dan volledig constructieve oplossingen. Fabrieksgevouwen technieken kunnen tot grotere diameters worden aangeboden dan op locatie gevouwen liners. De toepassingen worden beperkt door de kracht die ervoor nodig is om de liners te vouwen, bij grote of dikke leidingen wordt de benodigde apparatuur steeds krachtiger, groter en daarmee moeilijker op locatie te gebruiken.

- Symmetrisch reduceren van diameters: bij deze technieken wordt de liner (merendeel PE, internationaal is er ook een toepassing met verstrekt PVC) tijdelijk gecomprimeerd dan wel opgerekt. Bij technieken op basis van rek wordt de liner door rollers heengetrokken waardoor de diameter tijdelijk wordt gereduceerd. Wanneer de trekkracht wordt verwijderd, keert de liner terug in de oorspronkelijke vorm. Bij compressie wordt de liner door rollers heen geduwd, waarna de liner onder druk wordt gezet om in de oorspronkelijke vorm terug te komen. Er zijn toepassingen beschikbaar voor diameters tussen 75 en 1500 mm, maar ook hier is niet iedere techniek geschikt voor die gehele range. Dit hangt onder meer af van diameter, wanddikte en lengte. Bijvoorbeeld, bij technieken die gebaseerd zijn op rek moet gedurende de gehele installatie de rekkracht op de liner worden uitgeoefend, wat voor grote diameters, wanddiktes en lengtes voor steeds krachtigere, grotere apparatuur zorgt.

In Nederland is ervaring bij verschillende drinkwaterbedrijven met dunwandige, op locatie gevouwen close-fit technieken.



Figuur 9 Overzicht close-fit technieken.



Figuur 10 Inbrengen van gevouwen PE-liner. Foto gebruikt met goedkeuring van BAM Energie, Infra en Water.



Figuur 11 Vouwen van een PE-liner. Foto gebruikt met goedkeuring van BAM Energie, Infra en Water.

Tabel 3 Kenmerken van close-fit technieken.

Categorie	**Toelichting**
Omschrijving	Aanbrengen en terug in vorm brengen van gedeformeerde liner
Status	Beproefd, opkomend in Nederland
KIWA-ATA	Ja
Constructief	Semi tot volledig
Levensduur	50-100 jaar
Materiaal liner	HDPE
Diameter	75-1500 mm
Dikte	Van 1 mm tot meer dan 10 cm, afhankelijk van toepassing en diameter
Lengte	Tot 700 m (vouw en vorm)/ tot 1200 (symmetrisch reduceren)
Voordelen	Beperkte diameterreductie door close-fit, beperkt graafwerk en grondverplaatsing, behalve bij veel huisaansluitingen
Nadelen	Huisaansluitingen moeten van buitenaf worden aangesloten, ruimte nodig bovengronds voor assembleren leiding

2.4.5 Spray

Bij deze techniek wordt de binnenwand van de leiding voorzien van een coating. Deze coating zorgt ervoor dat de binnenwand niet meer in rechtstreeks contact is met het drinkwater. Dat betekent dat er geen stoffen uit de binnenwand in het drinkwater terecht kunnen komen (bijvoorbeeld corrosieproducten) en zorgt er voor dat agressieve stoffen in het drinkwater de binnenwand niet kunnen aantasten. Sprays werken dus niet alleen tegen waterkwaliteitsproblemen, ze zorgen ook voor levensverlenging. Daarnaast kunnen sprays potentieel beperkte schade herstellen door gaten en scheuren te overbruggen. Dit geldt met name voor cement en PU. Epoxy wordt vaak dun aangebracht vanwege de lange droogtijd, PU droogt veel sneller waardoor in principe dikkere liner die gaten overspant kan worden aangebracht (Ellison et al., 2010). In Nederland zijn echter momenteel geen PU toepassingen die een dergelijke constructieve sterkte hebben beschikbaar (*persoonlijke communicatie A.*

Jutte, NSTT). Ook een demonstratieproject in de Verenigde Staten heeft laten zien dat deze toepassing nog niet voldoende is uitgewerkt (Matthews et al., 2012b; Matthews et al., 2014).

Bij alle spray technieken is het van belang dat vooraf de leidingen goed gereinigd zijn. Dat wil zeggen het verwijderen van oneffenheden en het zorgen voor een glad en schoon oppervlak, zodat de spray goed kan hechten en de spray gelijkmatig kan worden aangebracht.

Het belangrijkste onderscheid tussen de verschillende sprays is het materiaal waaruit de spray bestaat. Er zijn 3 groepen:

- Cement
- Epoxy
- Polymeren (PU)

Cementeren is de meest bekende toepassing. Deze wordt al enige decennia toegepast onder meer bij GGIJ om corrosie tegen te gaan. De dikte van de liner is tussen 6 en 13 mm (Morrison et al., 2013). Het nadeel van cementeren is dat uitloging van cement kan optreden. Voor leidingen groter dan 750 mm kan versteviging worden aangebracht in de vorm van staaldraad of betonstaalstaven.

Ook epoxy coatings zijn al enige tijd beschikbaar op de markt (de eerste toepassingen dateren van de jaren 70 met drinkwatertoepassingen vooral in Groot-Brittannië in de jaren 90). Kunsthars op epoxy-basis wordt meestal aangebracht met een dikte van 0,5-2 mm. Het nadeel van epoxy is de lange droogtijd. Dit leidt er toe dat als de liner dikker wordt aangebracht (om eventuele scheuren en gaten te overspannen) de liner niet met een uniforme dikte droogt en daardoor de defecten niet structureel gedicht worden (Ellison et al., 2010). Voor de hechting van epoxy is het belangrijk om de leiding goed te reinigen voorafgaand aan de spray. Ook is het belangrijk om de liner zonder defecten aan te brengen, omdat deze de sterkte sterk verslechteren.

Polyurethaan spraying is een opkomende techniek (eerste beschikbaarheid vanaf 2007) met vooral toepassingen de laatste jaren in Groot-Brittannië. Het voordeel t.o.v. conventionele epoxy is de veel snellere droogtijd (Ellison et al., 2010). PU-liners hebben door de snelle droogtijd ook de potentie om naast een niet-constructieve oplossing ook een semi-constructieve oplossing te bieden (de spray droogt zo snel dat deze ondanks de dikte kan drogen met een uniforme dikte), maar de techniek moet hiervoor binnen Nederland nog verder worden ontwikkeld omdat momenteel overspanningen (zoals scheuren, gaten, voegen e.d.) van meer dan 1 cm nog een probleem zijn (*persoonlijke communicatie A. Jutte, NSTT).* Diktes variëren van 1-7 mm, maar dit is erg afhankelijk van de toepassing, de diameter en het product.

Een voorbeeld van het verschil in droogtijden is 16 uur voor epoxy tot orde 1 uur voor PU (Morrison et al., 2013).



Figuur 12 Voorbeeld van polyurethaan coating. Foto gebruikt met goedkeuring van BAM Energie, Infra en Water

Tabel 4 Kenmerken spray technieken.

Categorie	**Toelichting**
Omschrijving	Aanbrengen van een coating in een bestaande leiding
Status	Beproefd, PU nieuw
KIWA-ATA	Ja (cement, epoxy, PU)
Constructief	Niet
Levensduur	30-50 jaar
Materiaal liner	Cement, epoxy, PU
Diameter	>50 mm
Dikte	1-13 mm
Lengte	Tot 200 m
Voordelen	Cement: is er ervaring in NL, relatief goedkoop. Epoxy heeft geen pH probleem, sneller dan cement, relatief goedkoop voor kleine diameters, PU: snel, potentieel zonder noodleiding
Nadelen	Niet constructief, cement: uitloging mogelijk, noodleiding, epoxy: lange uithardingstijd, gevoelig voor fouten, noodleiding, PU: nieuw, dus weinig ervaring (in NL vrijwel alleen op pilotbasis), nog veel ontwikkeling De sprays moeten hechten aan de leidingwand en kunnen daarom niet op elk materiaal worden toegepast (bv. staal, NGIJ, GGIJ en AC voor PU spray, staal NGIJ en GGIJ voor epoxy sprays (Morrison et al., 2013))

3 Afwegingsaspecten

3.1 Inleiding

Er zijn verschillende aspecten relevant bij de afweging wat er moet gebeuren als een leiding aan het einde van zijn levensduur is gekomen. In dit hoofdstuk worden de verschillende relevante aspecten beschreven die onderscheidend zijn voor de verschillende technieken en daarmee bepalend voor een afweging kunnen zijn.

Deze afwegingsaspecten kunnen worden ingedeeld in:

- Technische aspecten: aspecten die rechtstreeks samenhangen met de kenmerken van de leiding, zoals de ligging, configuratie en het op te lossen probleem.
- Wet- en regelgeving: dit zijn aspecten vanuit het wettelijk kader.
- Omgeving: deze aspecten beschrijven relevante zaken rond milieu, veiligheid en hinder.
- Monetaire aspecten: dit zijn de uitgaven die bij een techniek horen.

Technische aspecten hangen samen met de leiding en de problematiek die moet worden opgelost. De verschillende technieken zijn geschikt voor andere problematiek en ook andere aspecten als configuratie van de leiding en de aanwezigheid van bijzondere constructies.

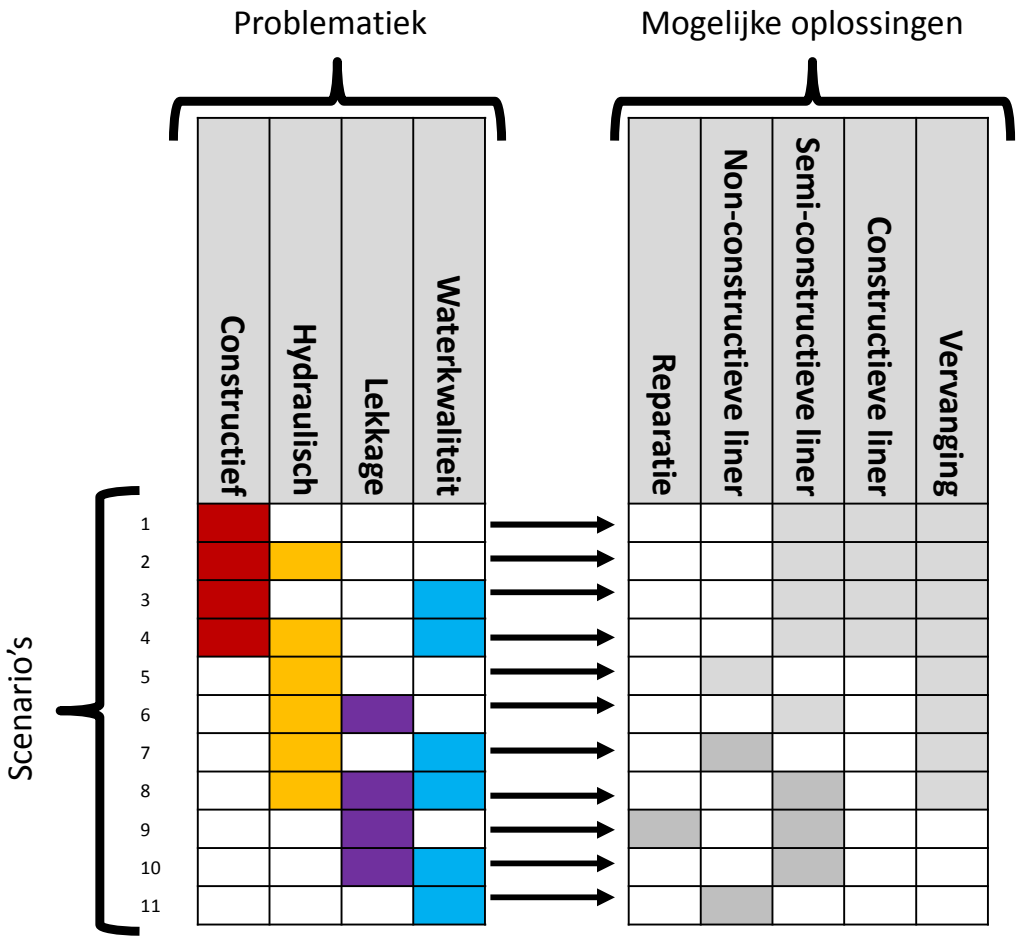
De wet- en regelgeving bepaalt welke technieken mogen worden toegepast in Nederland. Daarnaast kunnen lokale omstandigheden er voor zorgen dat bijvoorbeeld vergunningen en procedures meer of minder complex zijn op het gebied van veiligheid, hinder of rechten. Technieken met minder graafwerkzaamheden kunnen deze complexiteit verminderen.

Omgevingsfactoren worden vaak genoemd als reden om geen traditionele open sleuf te willen. Het gaat dan om zaken als

- Ruimte om werkzaamheden uit te kunnen voeren;
- Risico’s op het gebied van schade en veiligheid;
- Verkeershinder;
- Hinder voor omwonenden en bedrijven;
- Leveringsonderbrekingen;
- Toekomstige ontwikkelingen.

De verschillende technieken zijn onderscheidend op deze omgevingsaspecten. Bijvoorbeeld, verkeershinder kan worden beperkt als een techniek een beperkt aantal graaflocaties heeft. Door niet te hoeven graven is ook minder risico op graafschade. Sommige technieken kosten meer tijd dan andere. De verschillende aspecten zijn echter niet makkelijk te wegen, want waar de ene techniek een snellere doorlooptijd heeft, kost diezelfde techniek weer meer leveringsonderbreking dan een andere techniek. Zie voor methodieken om deze afweging te maken Hoofdstuk 4.

Kosten vormen meestal een belangrijke overweging bij het afwegen van saneringsbeslissingen. Niet alleen het moment van sanering, maar ook de gebruikte techniek voor een specifiek project heeft invloed op de kosten.



Figuur 13 Mogelijke oplossingen voor verschillende problematiek. Iedere regel vormt een scenario. De kolommen met problematiek geven met kleuren aan welke problematiek in een scenario speelt. In de kolommen met mogelijke oplossingen geven de grijze blokjes aan wat de mogelijke oplossingen zijn voor dit scenario. Bijvoorbeeld, in scenario 1 is alleen sprake van een constructief probleem. De mogelijke oplossingen zijn dan een (semi-)constructieve liner of vervangen. In scenario 9 is sprake van lekkage, hier is reparatie een mogelijke oplossing of het plaatsen van een semi-constructieve liner.

De 4 aspecten worden hieronder nader toegelicht.

3.2 Technische aspecten

Oplossing probleem

De eerste randvoorwaarde is dat het probleem van de leiding in kwestie wordt opgelost. Dat betekent dat niet iedere techniek voor elke situatie een optie is. Figuur 13 geeft een overzicht van de verschillende opties per bepalende problematiek. Voorwaarde hierbij is dat de toestand van een leiding voldoende bekend is om een keuze te kunnen maken op grond van toepasbaarheid van de verschillende technieken:

- Constructief: constructief falen kan optreden bij overbelasting of door een afname van de sterkte. De inschatting van de reststerkte van de leiding bepaalt welke techniek de beste oplossing is. Als de leiding voldoende reststerkte heeft, is een semi-constructieve techniek mogelijk. Als dit niet het geval is, moet er een constructieve oplossing worden gekozen (vervangen dan wel een volledig constructieve liner).

- Hydraulisch: bij hydraulische problemen bepaalt de aard van de problematiek de mogelijke oplossing. Hydraulische problemen kunnen gerelateerd zijn aan de buisdelen, de koppelingen, de doorstroming (bv. dichtgroei van GGIJ leidingen) of externe vraagontwikkelingen. In de meeste gevallen is vervanging de oplossing, bij dichtgroei van GGIJ leidingen is er een mogelijkheid voor een (non-constructieve) liner.
- Lekkage: bij lekkage kunnen de problemen gerelateerd zijn aan buisdelen of koppelingen. Als de lekkage beperkt is tot een lokaal probleem in een leiding kan reparatie een optie zijn. Als dit niet zo is, zal sprake zijn van een constructief probleem (alleen bij GGIJ hoeft dit niet het geval te zijn). Bij lekke koppelingen kan een semi-constructieve oplossing een optie zijn.
- Waterkwaliteit: bij problemen met waterkwaliteit kan vaak al worden volstaan met een niet-constructieve liner.

Om de juiste techniek te bepalen is het dus van belang om inzicht te hebben in de conditie van de leiding. Daarvoor zijn in ieder geval de volgende zaken van belang:

- Conditiebepaling van de bestaande leiding**:** kennis over de conditie van de bestaande leiding is van belang om een goede afweging te kunnen maken of een ingreep nodig is en zo ja, welke techniek het meest geschikt is. Bij niet of semi-constructieve toepassingen is het van belang dat de reststerkte van de bestaande leiding voldoende is om inwendige drukbelastingen en uitwendige belastingen te kunnen weerstaan gedurende de levensduur van de liner.
- Zetting**:** in West-Nederland liggen leidingen vaak in niet stabiele bodem, waarin zettingen en zettingsverschillen optreden. Hoe groter de zettingsverschillen, hoe groter de hoekverdraaiingen in een tracé. Dit leidt o.a. tot
    - grote spanningen op zowel de bestaande leiding als de nieuwe leiding dan wel liner,
    - risico op vastzitten bij aanbrengen van een nieuwe leiding dan wel liner door de bestaande leiding,
    - diameterveranderingen e.d. waardoor de liner niet goed met de bestaande leiding aansluit, bv. als de leiding vervormt,
    - te weinig reststerkte in de bestaande leiding,
    - voortgaande zetting, waardoor nieuwe constructieve problemen optreden.

Configuratie
Het aspect configuratie gaat om hindernissen in het leidingnet. De verschillende technieken gaan hier anders mee om en zijn hierin dus onderscheidend. Het gaat om zaken als:

- Huisaansluitingen: het heeft invloed op kosten en arbo-omstandigheden (bv. bij AC) als voor huisaansluitingen aparte gaten moeten worden gegraven of niet.
- Bijzondere constructies, zoals bochten of diameterovergangen hebben invloed op liners, omdat deze hiermee om moeten kunnen gaan. Zinkers kunnen met traditionele open sleuftechnieken moeilijk te bereiken zijn (als ze bv. onder water doorgaan vergt het minimaal damwanden).

Deze aspecten worden hieronder toegelicht.

Huisaansluitingen
Huisaansluitingen vormen één van de grootste uitdagingen voor sleufloze renovatietechnieken. Bij het gebruik van spraytechnieken is het mogelijk dat de huisaansluiting niet wordt afgesloten en blijft functioneren. Bij CIPP technieken met

toepassingen voor diameters vanaf 300 mm is het mogelijk om huisaansluitingen van binnenuit robotisch aan te sluiten. Echter, dit vraagt nauwkeurige kennis van de locatie van huisaansluitingen en in praktijk worden in Nederland de huisaansluitingen standaard van buitenaf aangeboord. Dat betekent dat bij iedere huisaansluiting een gat wordt gegraven en door de bestaande leiding heen wordt geboord, waarna de aansluiting rechtstreeks op de liner wordt aangesloten. Een alternatief is het aanbrengen van een PE-"hoedje" die door de waterdruk tegen de wand wordt aangedrukt.

Bijzondere constructies
Leidingen bevatten bijzondere constructies waar rekening mee worden moet worden bij renovatie- en reparatietechnieken. Het gaat om:

- afsluiters;
- materiaal-/diameterovergangen;
- T-stukken;
- bochten en zinkers.

Deze objecten kunnen hindernissen vormen en het verschilt per techniek in welke mate. Het verschilt per toepassing tot welke bochtradius technieken nog kunnen worden toegepast (vaak tot maximaal 0, 11 of 22 graden (Morrison et al., 2013)). Bij diameterovergangen bepaalt de kleinste diameter de maximale diameter van liners. Vooral voor close-fit en koustechnieken is dit belangrijk, omdat de aansluiting met de bestaande leiding dan niet overal kan worden gehaald. Dit heeft tot gevolg dat een liner zich bijvoorbeeld niet helemaal rond kan uitvouwen, wat invloed kan hebben op de spanningen. T-stukken bij aftakkingen zijn een hindernis voor liners in de zin dat ze op die locatie meestal moeten worden geopend van buitenaf. Dit geldt ook voor afsluiters en kunstwerken.

De afstand tussen hindernissen en daarmee de lengte van een aaneengesloten vrij leidingdeel hangt vaak af van de functie van het net. Bij primaire leidingen kan dit (in extreme gevallen) meerdere kilometers zijn, bij secundaire leidingen zal dit vaak tientallen meters zijn en bij tertiaire leidingen zal dit vaak slechts enkele meters zijn.

Beheer
Voor het beheer van leidingen zijn de volgende aspecten van belang en onderscheidend tussen traditionele open sleuven en sleufloze technieken:

- Onderhoud
- Reparatie
- Registratie

Deze aspecten worden hieronder toegelicht:

Onderhoud
Het onderhoud van gerenoveerde leidingen is niet wezenlijk verschillend van traditionele leidingen. Afhankelijk van de gebruikte techniek en leverancier kunnen er eisen bestaan voor concentraties desinfectanten, reinigen onder hoge druk, materiaalgebruik (bv. alleen gebruik maken van zachte proppen), of het beschermen van coatings tijdens inspecties of werkzaamheden (Morrison et al., 2013).

Reparatie
Het lokaliseren van lekkages kan lastiger zijn met liners dan met traditionele leidingen. Voor de meeste technieken geldt dat er water tussen de liner en de bestaande leiding kan komen,

waardoor water op een andere locatie tevoorschijn komt dan de locatie van het oorspronkelijke lek. Bij situaties waarin zowel de liner als de bestaande leiding falen (bv. bij externe belasting) vormt dit geen probleem.

Er zijn ervaringen beschikbaar van defecten die tijdens of vlak na de installatie worden geconstateerd. Ook overgangen van een liner naar een traditionele leiding zijn mogelijk gevoeliger voor lekkages (deze overgangen worden in principe trekvast uitgevoerd).

Afhankelijk van de gebruikte techniek en leverancier kunnen reparatiekits beschikbaar zijn. Als een dergelijke reparatiekit niet afdoende is, wordt het beschadigde deel in het algemeen uitgenomen en een nieuw stuk leiding geplaatst.

Er zijn weinig ervaringen met liners die aan het einde van hun levensduur zijn. In een pilot met inspectie van 4 CIPP liners van 5 tot 25 jaar oud in een riolering werd geconcludeerd dat op basis van deze beperkte pilot geen reden was om te veronderstellen dat de liners het einde van hun geplande levensduur van minimaal 50 jaar niet zouden halen (Allouche et al., 2014).

Registratie
Bijzondere leidingconstructies (waaronder liners) moeten duidelijk worden geregistreerd in de relevante informatiesystemen.

3.3 Wet en regelgeving

Wettelijk kader
Op basis van de Drinkwaterwet (2011), het Drinkwaterbesluit (2011) en de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening (2011) is het in Nederland verplicht om een erkende kwaliteitsverklaring te hebben met betrekking tot toxicologie van materialen die in aanraking komen met drinkwater. In Nederland geldt momenteel één erkende kwaliteitsverklaring, namelijk het toxicologisch attest van Kiwa (Kiwa-ATA). Hulpmiddelen en proefprojecten worden beoordeeld door een Commissie van Deskundigen.

Het Kiwa-ATA is onderdeel van de BRL's (Basisrichtlijnen voor Leidingsystemen). Relevante BRL's voor de verschillende technieken zijn:

- K558, productcertificaat voor fabrieksmatig gevouwen PE;
- K746, applicatie van coatingsystemen;
- K759, overzicht poeder/epoxy coatings;
- K770, inwendige cementmortelbekleding;
- K17201, ontwerp en installatie (1) en producten (2) voor CIPP.

Deze BRL's volgen uit de geldende nationale en internationale normen. Voor elke techniek gelden dat gewerkt wordt onder de voorwaarden van de Code Hygiënisch Werken (Meerkerk and Kroesbergen, 2010; Oesterholt and Meerkerk, 2011).

Het moeten voldoen aan de geldende ATA-richtlijn betekent dat niet alle hier beschreven technieken en materialen momenteel toegepast mogen worden in Nederland. Aanbieders van sliplining, close-fit technieken en vervangingstechnieken in Nederland werken met PE en PVC, waarvoor Kiwa-ATA certificaten bestaan. CIPP en spray technieken zijn gebaseerd op het aanbrengen en uitharden van harsen en plastics. Momenteel is er één aanbieder met een Kiwa-ATA certificaat voor CIPP en zijn er verschillende voor coatings (waaronder cement, epoxy en PU coatings).

Vergunningen, meldingen en procedures

Toestemming van de eigenaar

Grondeigenaren kunnen eisen stellen aan de graafwerkzaamheden. In bepaalde gevallen wordt verboden om te graven, zoals in natuurgebieden, bollenvelden, (historische) binnensteden of parken. Veel gemeenten willen niet dat er wordt geboord in de binnenstad. Rondom binnensteden en drukke winkelcentra zijn open sleuven niet gewenst. Bij leidingen die om en nabij waterkeringen liggen worden aanvullende eisen gesteld aan de sterkte en levensduur en het gevolg van het verwijderen van de leiding.

Gemeente

Bij werkzaamheden moeten over het algemeen vergunningen worden aangevraagd, zoals:

- Een vergunning op grond van de Algemene Plaatselijke Verordening ter voorkoming van verkeershinder en/of gevaarlijke situaties
- Een omgevingsvergunning, waarin zaken als archeologie, kappen van bomen e.d. worden geregeld.

Kadaster

Graafwerkzaamheden moeten vooraf worden gemeld bij het Kadaster (Klic-melding).

Bodemverontreiniging

Wanneer leidingen door vervuilde grond lopen of in vervuild grondwater liggen kan dit een reden zijn om graafwerkzaamheden en openen van de leiding te vermijden. Wanneer er sprake is van bodemverontreiniging worden extra eisen gesteld, zoals het doorlopen van een BUS-procedure (Besluit uniforme saneringen) en beschermende maatregelen tijdens de werkzaamheden.

(Grond)water

Als leidingen onder of rond de grondwaterstand liggen, moet de grondwaterstand tijdelijk worden verlaagd. Ook kan het zijn dat er damwanden moeten worden geslagen, afhankelijk van de locatie en omvang van de werkzaamheden. De kosten hiervan zijn substantieel. In bepaalde natuurgebieden of bij bijzondere objecten (bv. monumentale panden of gebouwen met houten fundering) kunnen beperkingen worden gesteld aan het verlagen van de grondwaterstand.

Naast de grondwaterstand kan ook de aan- en afvoer van oppervlaktewater relevant zijn. Als de werkzaamheden deze aan- of afvoer doorbreekt kan het zijn dat er een pomp moet worden ingezet of omleiding moet worden gelegd.

In een watervergunning wordt de omgang met grondwater en af- en aanvoer van oppervlaktewater geregeld.

3.4 Omgeving

Toegankelijkheid

Het aspect toegankelijkheid gaat om de fysieke ruimte om de leiding te bereiken en de werkzaamheden te kunnen uitvoeren. De verschillende technieken hebben onderscheidende eisen op dit gebied. Het gaat dan om zaken als:

- Oppervlak en diepte van de te ontgraven grond: een sleufloze techniek zal minder graafwerkzaamheden hebben dan een traditionele open sleuf.
- Hoeveelheid graaflocaties; een techniek die een beperkt aantal graaflocaties heeft, is flexibeler in ruimtegebruik dan bijvoorbeeld een traditionele vervanging met open sleuf.

- Ruimtebeslag materieel en materiaal; een leiding die kan worden uitgerold vanaf een haspel zal bovengronds minder ruimte nodig hebben dan een leiding die bovengronds moet worden geassembleerd.
- Type werkzaamheden: een techniek met een liner zal minder last hebben van bijvoorbeeld boomwortels dan een vervanging met een open sleuf.

In de afweging welke techniek het meest gunstig is, zijn specifiek van belang:

Aanwezigheid van boven- of ondergrondse obstakels
Obstakels zoals een spoorweg, trambaan, een rij bomen of lantaarnpalen kunnen een belemmering vormen voor het graafwerk benodigd voor de werkzaamheden voor de verschillende technieken. Boomwortels en andere kabels en leidingen kunnen ervoor zorgen dat de leiding moeilijk of niet bereikbaar is voor de benodigde werkzaamheden.

Diepte
De diepte van een leiding bepaalt de hoeveelheid graafwerkzaamheden en grondtransport en heeft daarmee impact op de kosten, ruimtebeslag en risico's.

Toegang verkrijgen tot de leiding
Wanneer personeel de leiding moet betreden zijn extra veiligheidsmaatregelen nodig die afhankelijk zijn van het type gebied. Privéterrein, verkeerswegen, ecologische zones, drukke publieke locaties of vervuilde gebieden hebben invloed op de toegankelijkheid en de benodigde veiligheidsmaatregelen, zie ook het kopje wet- en regelgeving en omgeving.

Ruimtebeslag
Voor alle werkzaamheden is ruimte nodig. Dit is ruimte voor de te graven toegang (gat of sleuf), maar ook werkruimte en de ruimte voor apparatuur, nieuwe buisdelen en het assembleren van leidingen.

Hinder en veiligheid
Risico op schade
Bij werkzaamheden kan schade optreden, zoals:

- Schade door graafwerkzaamheden aan andere ondergrondse infrastructuur;
- Schade aan gebouwen t.g.v. trillingen in de grond;
- Schade aan objecten bovengronds.

Dit is o.a. afhankelijk van het gebruikte materieel, de omvang van de werkzaamheden, de hoeveelheid graaflocaties, de hoeveelheid grondverplaatsing, de grondsoort en de nabijheid van funderingen.

Verkeer
Het vervangen in een open sleuf heeft in de regel meer impact op het verkeer dan relinen. Een opbreking leidt tot omleidingen, drukte op andere wegen en een grotere kans op filevorming en ongelukken. Het aantal graaflocaties alsmede de hoeveelheid te vergraven grond is hiervoor een belangrijke factor.

De complexiteit van een project rond verkeershinder komt o.a. tot uiting in de vereiste vorm van verkeersmanagement in vergunningen, zie ook paragraaf 3.3. Onderscheidend hierbij is de functie van de weg: is de hinder lokaal, regionaal of landelijk van aard. In het algemeen stellen gemeentelijke wegen minder zware eisen aan verkeersmanagement dan provinciale wegen (uitzonderingen zijn bijvoorbeeld uitvalswegen of drukke winkelgebieden).

Omwonenden en bedrijven
Hoe meer omwonenden en zakelijke belangen in een omgeving, hoe groter de overlast van de werkzaamheden. Dit varieert van geluidshinder tot het (tijdelijk) niet of moeilijker kunnen bereiken van percelen en visuele hinder. Dit kan invloed hebben op klantperceptie, maar ook op de verlening van vergunningen.

Leveringsonderbreking (OLM)
Waterbedrijven streven er naar dat de levering van drinkwater zo veel mogelijk intact blijft en dat in geval van een onderbreking deze zo kort mogelijk is. Aspecten die hierbij relevant zijn:

- Duur van de werkzaamheden;
- Lengte van de te saneren leidingen;
- Geometrie van het leidingnet (zoals locatie afsluiters, sectiegrootte, vermaasd dan wel vertakt e.d.)
- Gebruik van een noodleiding.

Milieu
Milieueffecten materialen
De productie van materialen kost energie, geeft emissies (CO_2) en gebruikt primaire dan wel secundaire grondstoffen. Ook transport van de verschillende materialen van bronlocatie naar productiefaciliteit en van productiefaciliteit naar projectlocatie geven een milieubelasting in de vorm van emissies. Milieueffecten van materialen spelen een steeds grotere rol in Nederland en kunnen worden meegewogen middels duurzaamheidsanalyses, zie ook Hoofdstuk 4.

Hergebruik
Kiezen voor levensduurverlenging heeft als voordeel dat huidig materiaal wordt hergebruikt en (nog) niet hoeft te worden afgevoerd. Dit levert minder afvoer van materiaal en minder inzet van materieel voor die afvoer. Dit kan een overweging zijn bij grote betonnen buizen (zoals de WRK-leiding).

Bij AC moet altijd de overweging worden gemaakt of het vanuit milieu, veiligheid of maatschappelijke verantwoordelijkheid gewenst is om de leiding in de grond te laten liggen of te verwijderen.

Toekomstige ontwikkelingen
Toekomstige ontwikkelingen kunnen effect hebben op de planning van saneringen en de uitvoering (groter, kleiner, andere ligging). Relevante aspecten zijn o.a.

- Ruimtelijke ontwikkelingen (bv. aanleg nieuwe woonwijken of sanering van oude woonwijken);
- Ontwikkelingen in ontwerp van netwerken (kleinere of grotere diameter, ligging);
- Demografische ontwikkelingen (bevolkingstoe- of afname, veranderende samenstelling bevolking);
- Veranderingen in wet- en regelgeving (bv. materiaalgebruik, inschatting risico's);
- Ontwikkelingen in watervraag.

3.5 Monetaire aspecten

Kostenopbouw

Om de kosten van een leiding goed in beeld te hebben en technieken onderling te kunnen vergelijken is het belangrijk om uit te gaan van alle kosten gedurende de gehele levensduur van de nieuwe leiding dan wel liner.

In Nederland werken de meeste waterbedrijven en aannemers met de CROW standaard systematiek (CROW, 2010) die aansluit bij onderstaande indeling in kosten. Kosten van aannemers staan meestal uitgesplitst in de vorm van standaard besteksposten.

We maken onderscheid in de volgende kostentypen (Clark et al., 2002; Morrison et al., 2013; Selvakumar et al., 2002):

- Investeringskosten: dit zijn de kosten van voorbereiding, uitvoering van de techniek en afsluitende kosten aan het einde van de levensduur van de leiding dan wel liner en worden in Nederland onderverdeeld in bouwkosten, vastgoedkosten, engineeringskosten en overige kosten (CROW, 2010);
- Exploitatiekosten: dit zijn de gebruikelijke jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud gedurende de levensduur van de leiding dan wel liner.

De bovenstaande kostentypen zijn onderverdeeld in:

- Directe kosten: kosten die rechtstreeks verbonden zijn aan het projecten en betaald worden door de eigenaar, zoals materiaal, uitbesteding aan externe partijen en personeelskosten.
- Indirecte kosten: Kosten die worden betaald door de eigenaar en gerelateerd zijn aan de beheerorganisatie. Deze kosten zijn moeilijker in beeld te brengen en worden vaak met een vast percentage omschreven.
- Externe kosten: Kosten die niet betaald worden door de eigenaar, maar worden opgelegd aan derden.
- In ramingen worden bovendien nog risicoreserveringen gedefinieerd (CROW, 2010). Let op dit zijn niet de verzekeringskosten die worden gemaakt om bepaalde risico's af te kopen, maar risico's die ervoor kunnen zorgen dat een project duurder wordt of langer duurt of schade veroorzaakt e.d..

Directe kosten

Tabel 5 geeft een overzicht van de meest gebruikelijke directe initiële kosten. In deze kosten zijn zowel personeelskosten, materiaal- en materieelkosten, uitvoeringskosten (ook zaken als verzekeringen) en verwijderingskosten meegenomen. Dat betekent dat ook de ureninzet vanuit de waterbedrijven als directe kosten worden gezien. Afhankelijk van de gebruikte techniek en de leiding en locatie in kwestie kunnen er onderdelen van bovenstaande lijst wegvallen of juist additionele posten zijn (bv. compensatie).

Ook de omvang van de verschillende posten is afhankelijk van de techniek, leiding en locatie. Bijvoorbeeld, een sleufloze techniek zal minder herbestratingskosten hebben dan een traditionele techniek met open sleuf. Advieskosten, onderzoek en aannemerskosten hangen o.a. af van omvang van het project, locatie van de leiding, omstandigheden als aanwezigheid van bodemverontreinigingen en toegankelijkheid.

Directe exploitatiekosten zijn bijvoorbeeld onderhoud en reparatiekosten, waaronder materiaal, materieel, transport en personele inzet.

Tabel 5 Overzicht van directe kosten (Deb et al., 2002).

Fase project	Kosten	Toelichting
Voorbereiding	Onderzoek	o.a. bodemconditie en kwaliteit, grondwateronderzoek, lokaliseren ondergrondse infrastructuur,
	Advies	Externe inhuur
	Vergunningen	
Uitvoering	Site voorbereiding	Leegruimen, toegankelijk maken
	Reinigen leiding	
	Transport	Materiaal, materieel, personeel
	Omleiden watervoorziening	
	Verkeersmanagement	Plaatsen van borden, pylonen, hekken e.d.
	Excavatie site	Graven sleuven, verwijderen bestrating e.d.
	Restoratie site	Herbestraten, herstellen objecten ruimtelijke omgeving
	Installatie	Installatie leiding/liner inclusief aansluiten koppelingen, afsluiters e.d.
	Aansluiten huishoudens	
	Druktest	
	Desinfectie	Inclusief bemonstering

Indirecte kosten
Indirecte kosten zijn niet direct te relateren aan het eindproduct, maar aan de organisatie. Het gaat bijvoorbeeld om huur van een kantoor, management, administratie. Deb et al. (2002) geeft een overzicht van indirecte kosten en de onzekerheden, waarbij opvalt dat deze variëren tussen 2 en >100% van een project, afhankelijk van omvang, plaats, complexiteit, planning, onzekerheden in projectdefinities, marktwerking en rentestand.

Externe kosten
Externe kosten zijn kosten voor negatieve effecten van de productie, die niet worden betaald door de eigenaar van de leiding, maar door andere partijen die daar niet voor worden gecompenseerd. Externe kosten zijn monetair, bijvoorbeeld inkomstenderving door moeilijk bereikbaar zijn van winkels, schade aan gebouwen door trillingen (indien niet gecompenseerd!).

Kostenkentallen
De kostenkentallen voor sleufloze technieken in Tabel 6 komen uit Selvakumar et al. (2002) en zijn afkomstig uit verschillende bronnen uit de jaren 90. Dat wil zeggen dat deze bronnen (i) niet afkomstig zijn uit de Nederlandse situatie en (ii) tussen de 15 en 25 jaar oud zijn, wat betekent dat:

- De prijsniveaus behoorlijk kunnen verschillen (denk aan personeelskosten, transportkosten, bestrating).
- De kosten niet meer actueel zijn.
- We geen uitspraken kunnen doen over de prijsontwikkeling sinds deze publicaties.
- De technieken die in Nederland worden aangeboden zeer waarschijnlijk niet dezelfde zijn als in deze publicaties, aangezien vanwege wet- en regelgeving specifiek technieken voor de Nederlandse markt zijn ontwikkeld.
- De aanbieders die in Nederland actief zijn niet dezelfde zullen zijn als in deze publicaties.

- De kostenkentallen bestaan uit de ordegrootte directe kosten inclusief arbeid, materieel, materiaal, verwijderingskosten van de basis installatie (Selvakumar et al., 2002). Dit zijn dus zeker niet de totale directe kosten van een project.

Tabel 6 Globale directe kosten per sleufloze techniek gebaseerd op literatuur uit 90'er jaren, te lezen als kosten per diameter buis (mm) per lengte leiding (m). Voor de vertaling naar Euro's geldt 1 $/inch/ft = 0,1 €/mm/m. (Morrison et al., 2013; Selvakumar et al., 2002)

	Kosten [$/inch/ft]	**Kosten [€/mm/m]**
Cement mortar lining	1-3	0,1-0,3
Epoxy lining	9-15	0,9-1,5
Sliplining	4-6	0,4-0,6
Close fit lining	4-6	0,4-0,6
CIPP	6-14	0,6-1,4
Pipe bursting	7-9	0,7-0,9
HDD	10-25	1,0-2,4
Microtunneling	17-24	1,7-2,3

In Tabel 7 staan prijsvoorbeelden van voorbeeldprojecten van sleufloze technieken in Nederland.

- De uitvoering van deze projecten was tussen 2000 en 2014.
- Het is niet duidelijk welke directe kosten mee zijn genomen in deze prijsvoorbeelden en welke niet. Dit is ook per bedrijf verschillend.

Tabel 7 Voorbeelden van prijzen per techniek gebaseerd op pilots en referentieprojecten in Nederland(bron interviews van diverse bedrijven).

Techniek	**Kenmerken voorbeeldprojecten**	**Kosten [€/m]**	**Kosten [[€/mm/m]**
Sliplining	HDPE door 100 mm AC	50-100	0,5-1
Close-fit	Subline 500 mm beton	450	0,9
Close-fit	Subline 900 mm beton	600	0,7
Spray (epoxy)	200 mm GGIJ	180	0,9
Spray (PU)	200 mm GGIJ	100-150	0,5-0,8

Stichting Rioned geeft kentallen voor het vervangen in open sleuf van een drukriolering (Esch and Leusink, 2014):

Voor leidingen tussen 63-110 mm: Kostenkengetal=0,6 €/mm/m
Voor leidingen tussen 90-315 mm: Kostenkengetal=0,7 €/mm/m

Hiervoor geldt dat het gaat om directe kosten van aanleg inclusief materiaal, grondwerk, verwijdering, verkeersmaatregelen, toegankelijkheid en kabels/bomen/leidingen:

- Deze prijzen zijn bedoeld voor afvalwaterdruk- en persleidingen;
- Er wordt uitgegaan van:
    - Ligging in de wegberm (dus geen bestrating!)

- Geen doorpersingen of zinkers
- Materiaal PVC 0,75 MPa

In Tabel 8 staan de prijsindicaties van bovenstaande bronnen samengevat. De volgende zaken zijn duidelijk:

- Van de sleufloze vervangingen is sliplining de techniek met de meeste toepassingen in Nederland. De bandbreedte in de prijsindicatie geeft aan dat er een grote variatie in de projectkosten zit die wordt bepaald door project specifieke zaken. De Nederlandse indicatie en de indicatie uit de internationale literatuur komen qua orde van grootte redelijk overeen, maar het is niet duidelijk of in beide indicaties dezelfde posten zijn verwerkt.
- Voor close-fit toepassingen geven de Nederlandse en internationale prijsindicatie een grote bandbreedte die afhangt van welke close-fit techniek wordt toegepast en van project specifieke zaken.
- De prijsindicatie voor epoxy spray voor Nederlandse voorbeeldprojecten ligt aan de onderkant van de bandbreedte van de internationale prijsindicatie. De bandbreedte in de prijsindicatie is groot.
- De prijsindicatie voor traditioneel vervangen ligt in dezelfde orde van grootte als de indicaties voor de verschillende sleufloze technieken. De prijsindicatie voor traditioneel vervangen ligt voor de meeste sleufloze technieken binnen de bandbreedte. Er zijn dus op basis van deze studie geen kostenkentallen beschikbaar die op basis van enkele leidingkenmerken onderscheid tussen de verschillende technieken kunnen maken.

De directe kosten van een project lijken op basis van de beschikbare getallen meer te worden bepaald door de aard, omvang en complexiteit van het project dan door de techniek die wordt toegepast.

Als waterbedrijven op basis van kosten een afweging willen maken is het aan te bevelen om twee wegen te bewandelen:

- Het bijhouden van kosten op een uniforme, gestructureerde manier om in de toekomst betere kentallen voor meer situaties te genereren.
- Project specifiek van verschillende alternatieve technieken prijsopgaven te vergelijken.

Tabel 8 Vergelijking van technieken met de verschillende prijsindicaties.

Techniek	**Kosten [€/mm/meter] (Voorbeelden NL, Tabel 7)**	**Kosten [€/mm/meter] (Internationale literatuur, Tabel 6)**	**Kosten [€/mm/meter] (kentallen Rioned)**
Sliplining	0,5-1	0,4-0,6	-
Close-fit	0,7-0,9 (subline)	0,4-0,6	-
Spray (epoxy)	0,9	0,9-1,5	
Traditioneel vervangen	-	-	0,6-0,7

4 Afwegingsmethodiek

4.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn verschillende aspecten aan bod gekomen die relevant zijn voor de afweging welke levensduurverlengende techniek wanneer en waar toe te passen. In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan hoe deze aspecten kunnen worden gewogen om tot een keuze te komen.

4.2 Effecten-overzicht (EO)

In een effecten-overzicht worden alle relevante aspecten in beeld gebracht zonder direct te wegen. Een voorbeeld hiervan is de Omgevingswijzer van Rijkswaterstaat (2013b; 2014). Figuur 14 geeft een voorbeeld van de toepassing van de Omgevingswijzer. De omgevingswijzer is een instrument om de duurzaamheid van project inzichtelijk te maken met een vragenlijst verdeeld in 12 categorieën. Deze categorisering is gebaseerd op sociale, ecologische en economische duurzaamheid. De omgevingswijzer zet de positieve en negatieve effecten voor elk van de categorieën visueel op een rij, maar weegt de verschillende aspecten niet. Het instrument kan dienen als checklist om na te gaan of alle relevante aspecten betreffende duurzaamheid worden meegenomen in een afweging en als vergelijkend instrument voor het visueel vergelijken van alternatieven. Hoe groter een groene taartpunt, hoe duurzamer deze categorie uitpakt. Andersom, hoe roder een taartpunt, hoe minder duurzaam deze categorie uitpakt. Een opdrachtgever kan op basis hiervan zelf bepalen hoe “groen” een taartpunt moet zijn en welke taartpunten het belangrijkst zijn (dit is in feite de afweging).

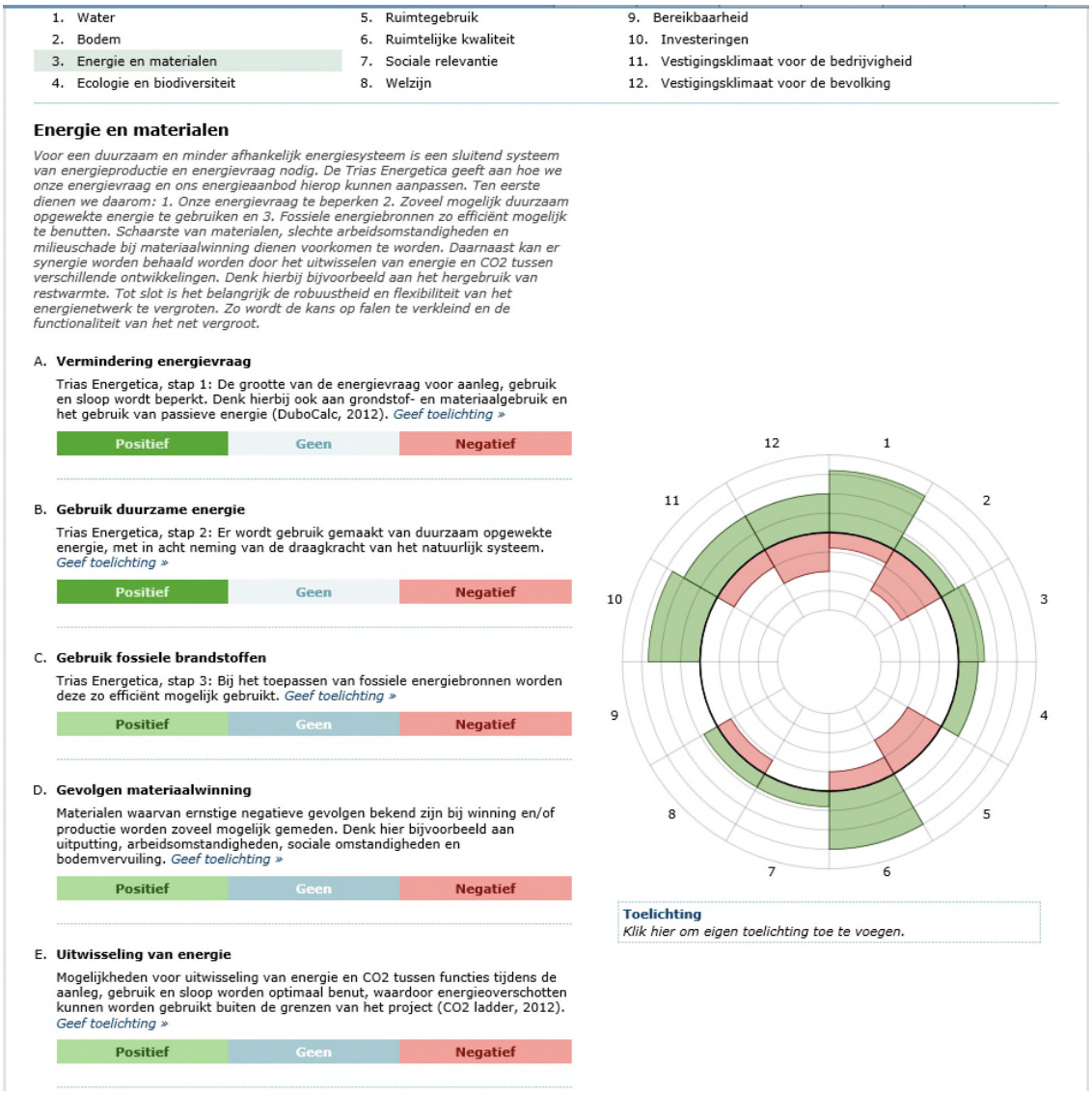
4.3 Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)

Een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) brengt alle relevante maatschappelijke effecten van beleidsalternatieven in kaart. Vervolgens worden deze effecten gekwantificeerd en gemonetariseerd, zodat een integrale afweging kan worden gemaakt (Eijgenraam et al., 2000; Faber and Mulders, 2012). Een MKBA geeft informatie over

- Effecten van verschillende beleidsalternatieven
- Relaties tussen maatregelen en effecten
- Risico’s en onzekerheden
- Verdeling van kosten en baten

Belangrijke stappen in een MKBA zijn :

1. Probleemanalyse
2. Vaststellen van een referentie of nul alternatief
3. Vaststellen van projectalternatieven
4. Bepalen kosten
5. Identificeren en kwantificeren van effecten
6. Monetariseren van effecten
7. Overzicht van kosten en baten
8. Varianten en risicoanalyse
9. Presentatie resultaten



Figuur 14 Voorbeeld van de omgevingswijzer (Bron: figuur overgenomen van https://www.omgevingswijzer.org).

Het nadeel van een MKBA is dat het veel informatie vereist en het mogelijk moet zijn om zinvol (representatief) te monetariseren. Hierdoor kost het meestal relatief veel tijd en geld om een MKBA op te stellen. Als alleen kentallen bekend zijn, dan kunnen die gebruikt worden om een Kentallen KBA op te stellen. Mocht dit niet mogelijk zijn, dan kan altijd nog een QuickScan KBA worden uitgevoerd. Hoe meer informatie bekend is, hoe betrouwbaarder de uitkomst van een MKBA.

Er zijn veel methoden om effecten te monetariseren, bij alle methodieken geldt dat het belangrijk is om de uitgangspunten goed in beeld te hebben (CUR/COB, 1998, 1999; Eijgenraam et al., 2000; Finnveden, 1999). Er is geen methodiek bekend die alle effecten meeneemt en het is belangrijk om hier op een goede manier mee om te gaan of te besluiten dat een andere afwegingsmethodiek voor het meenemen van specifieke effecten meer geschikt is. Het voordeel van monetariseren is dat alle relevante aspecten op een eenduidige manier worden gewogen, het nadeel is dat effecten die niet gemonetariseerd (kunnen) worden onderbelicht blijven.

Een voorbeeld van een variant van een KBA is het afwegingsmodel opgesteld in het kader van een studie van studenten van Hogeschool Avans, zie voor een beschrijving Bijlage III. In dit afwegingsmodel worden standaard projectalternatieven getoetst op technische toepasbaarheid (stap 3). De kosten worden bepaald door middel van kentallen gebaseerd op standaardsituaties (stap 4). Het kwantificeren en monetariseren van effecten wordt gedaan op basis van de risicomatrix zoals gebruikt door Brabant Water gecombineerd met een multi-criteria-analyse (stap 5 en 6).

Ook het model Van der Hoop (Hoop, 2010) is gebaseerd op de aanpak van een kosten-baten analyse over de levenscyclus, zie voor een toelichting Bijlage IV. Van der Hoop heeft aandacht besteedt aan het monetariseren van effecten op omgeving, maar concludeerde dat de kennis over kostenkentallen te gering was voor een casus. De casus beperkte zich daarom tot het geven van de mogelijke projectalternatieven zonder de kosten door te rekenen. Ook wordt geconcludeerd dat het in een tool die algemeen toepasbaar moet zijn moeilijk is om alle relevante aspecten van een project goed in beeld te brengen.

4.4 Kosten-effeciviteitsanalyse (KEA)

Een kosten-effectiviteitsanalyse onderzoekt de doelmatigheid van een investering gegeven een beleidsdoel. Het is vergelijkbaar met een MKBA, maar verschilt in die zin dat in plaats van alle effecten te monetariseren alleen naar de verhouding tussen kosten en effecten wordt gekeken. Oftewel, er wordt voor verschillende alternatieven bekeken welke meerwaarde extra investeringen hebben in de vorm van de effecten die hiermee worden gegenereerd. Dit maakt het met name een geschikt afwegingsmodel als er keuzes voor een investeringsvariant moeten worden gemaakt met een duidelijk doel en niet al te complexe effecten (Poort et al., 2010).

Een toepassing in de context van dit project zou kunnen zijn dat per alternatief voor levensduurverlenging de investeringen worden vergeleken met de specifieke (positieve en negatieve) effecten. Bijvoorbeeld, techniek x kost meer dan techniek y, maar heeft als bijkomend voordeel dat de werkzaamheden minder doorlooptijd hebben. Een waterbedrijf kan dan afwegen of deze extra investering de vermindering in doorlooptijd waard is.

4.5 Multi-criteria analyse (MCA)

Een multi-criteria analyse is vergelijkbaar met een MKBA, maar kent in plaats van een monetarisering een (subjectief) gewicht toe aan alle effecten. Het is daarmee een eenvoudiger instrument dat meer vrijheid biedt aan de opstellers. Het nadeel is dat de onderbouwing van de weging niet makkelijke eenduidig is vast te stellen, maar wel grote invloed heeft op het resultaat.

Een voorbeeld van een multi-criteria analyse is een levenscyclus-analyse (LCA), waarbij de duurzaamheid van projecten inzichtelijk wordt gemaakt. Een voorbeeld hiervan is Dubocalc (Rijkswaterstaat). Dubocalc is een rekeninstrument ontwikkeld door Rijkswaterstaat waarbij alle milieu-effecten van een materiaal van winning tot sloop en het energieverbruik van grond-, weg- en waterbouwprojecten kan worden berekend. Alle effecten worden omgerekend naar zogenaamde Milieu-Kosten-Indicatorwaarde, waardoor projecten en materialen onderling op duurzaamheid kunnen worden vergeleken.

5 Discussie

5.1 Technologische uitdagingen

Voor het toepassen van renovatietechnieken op waterleidingen zijn een aantal technologische uitdagingen te formuleren (Matthews et al., 2012a). Voor de Nederlandse drinkwatersector zijn de volgende relevant:

- Diversiteit aan leidingmaterialen: het Nederlandse leidingnet bestaat uit verschillende materialen, waaronder AC, PVC, GGIJ en NGIJ, staal en beton. De meeste technieken die gepresenteerd zijn in deze rapportage zijn geschikt voor de meeste gangbare materialen. Alleen technieken die werken op basis van hechting aan de leidingwand zijn soms beperkter in toepassing (bv. epoxy-sprays werken alleen voor staal en gietijzer). Leidingen die aan het einde van de levensduur zijn bevatten vaak materiaalovergangen, bijvoorbeeld door eerdere reparaties waarbij leidingdelen zijn vervangen. Dit betekent in de praktijk ook dat er overgangen in diameter kunnen zijn. Renovatietechnieken moeten daarmee overweg kunnen, vooral voor close-fit technieken vormt dit een uitdaging. AC heeft specifieke uitdagingen in de zin dat er een keuze moet worden gemaakt om AC al dan niet te verwijderen en de veiligheid van het werk te garanderen conform wet- en regelgeving.
- Kennis van de conditie en restlevensduur van leidingen (inclusief liners): de informatie uit inspectietechnieken is beperkt en het uitvoeren van inspecties is duur en tijdrovend. Conditiebepaling is daarom moeilijk en deels gebaseerd op voorspellingen op basis van modelberekeningen, storingsfrequenties en algemene eigenschappen en kenmerken van leidingen. Binnen het BTO wordt veel onderzoek gedaan naar gebruik van inspectietechnieken, veroudering en restlevensduur van leidingen, zie o.a. recente rapporten van Vonk (2014; 2015). De betrouwbaarheid van voorspellingen is nog niet heel groot. Dit heeft ook invloed op de bepaling welke sterkte een liner moet hebben voor een gewenste levensduur in combinatie met de reststerkte van de bestaande leiding.
- Snelheid: dit bevat 2 elementen:
    - De snelheid waarmee innovaties in Nederland kunnen worden aangeboden door meer aanbieders. Nederland is een relatief klein land met daardoor ook een kleine markt voor aannemers, waardoor er in praktijk weinig verschillende aanbieders zijn. Om gebruik te kunnen maken van de meest recente ontwikkelingen in renovatietechnieken is het belangrijk om procedures rond wet- en regelgeving (het opstellen van BRL's en het behalen van KIWA-ATA certificaten) efficiënt te kunnen doorlopen. Dit wordt door aannemers momenteel nog vaak benoemd als een beperking.
    - Om hinder voor de omgeving en kosten te beperken is het belangrijk dat projecten snel kunnen worden uitgevoerd.
- Technische innovaties:
    - Dikte van de liner: hoe dunner, hoe minder diameterverlies optreedt en op hoe meer locaties een liner kan worden toegepast.
    - Huisaansluitingen, kunstwerken, uitbreidingen en dergelijke: deze moeten over het algemeen van buitenaf worden hersteld, waardoor er vooral in stedelijke omgeving alsnog veel moet worden gegraven. Ook betekent van buitenaf de

liner aanboren dat eerst de mantelbuis moet worden weggehaald of aangeboord. Innovaties zijn op dit gebied dan ook zeer gewenst.

- Beheer en onderhoud: er is nog niet veel ervaring met verouderende liners en het beheer en onderhoud daarvan. In praktijk zorgt dit voor een zekere terughoudendheid binnen de waterbedrijven om de technieken toe te passen.

5.2 Afwegingsuitdagingen

Naast de technologische uitdagingen zijn er uitdagingen op het gebied van het afwegen van de verschillende technieken voor specifieke leidingen. De ervaringen met de beschikbare sleufloze technieken bij de waterbedrijven zijn beperkt; er is ervaring met het toepassen van cementcoatings (voornamelijk in de jaren 70 en 80) en recenter met sliplining en een beperkt aantal projecten met close-fit en pilots met sprays. Naast cementcoatings zijn de meeste ervaringen met sliplining, maar zelfs bij die techniek gaat het bij de meeste bedrijven om een beperkte hoeveelheid gerenoveerde kilometers. Dat betekent dat voor de meeste waterbedrijven de huidige wegingsmethodiek niet is ingericht om met de verschillende renovatietechnieken om te gaan. De belangrijkste beperkingen zijn:

- De probleemanalyse: voor de toepassing van sleufloze technieken is meer informatie over de bestaande leidingen nodig dan voor traditionele vervangingen. Kennis over de leidingkenmerken, conditie en de werking van het netwerk (nu en in de toekomst) is belangrijk om o.a. te bepalen of diameterreductie mogelijk is, welke sterkte een eventuele liner moet hebben en of er hindernissen voor sleufloze technieken aanwezig zijn op een tracé. Hierdoor is het moeilijk om vooraf een goede inschatting te maken van de meest kosten-efficiënte oplossing.
- Kennis van kosten en kostenposten: hoeveel kosten de sleufloze technieken en hoe zijn die kosten verdeeld binnen projecten?
    - Er zijn te weinig voorbeeldprojecten beschikbaar voor goede en recente kostenkentallen.
    - Kosten zijn in hoge mate project specifiek. Daarnaast zijn de beschikbare voorbeeldprojecten vaak niet heel representatief voor het leidingnet, omdat de technieken alleen zijn toegepast bij projecten waar andere opties niet voorhanden waren. Hierdoor zijn de beschikbare getallen niet eenvoudig te vertalen naar kostenkentallen.
    - Een complicerende factor is dat er verschillen bestaan tussen de wijze van kostenregistratie tussen de bedrijven, waardoor het moeilijk is om ervaringen te delen.
- Het totaaloverzicht van relevante effecten en met name het kwantificeren daarvan vraagt om een investering:
    - De meeste waterbedrijven gebruiken een vorm van risico-analyse met risicomatrix in de afweging van investeringen. Deze aanpakken houden nog maar zeer beperkt rekening met sleufloze renovatietechnieken en daarmee met de effecten die specifiek daarvoor van belang zijn. Zaken als omgevingshinder en duurzaamheid zijn nog onvoldoende gekwantificeerd.
    - Alle waterbedrijven volgen een eigen aanpak bij de afweging van investeringsbeslissingen. Dit is wenselijk waar het gaat om zaken als beleidskeuzes, maar minder wenselijk waar het gaat om onderbouwing van het wel/niet en hoe meenemen van afwegingsaspecten en kwantificering. Dit bemoeilijkt een totaaloverzicht en maakt het lastig om ervaringen te delen.
    - Zeker als een afweging wordt gemaakt op basis van een beperkt aantal aspecten en beschikbare informatie is het opletten dat effecten niet dubbel worden geteld. Bijvoorbeeld omgevingshinder en veiligheidsaspecten hebben

een plaats in de vergunning, werken door in kosten en kunnen ook nog apart worden gewogen. Het is belangrijk om hier bewust mee om te gaan.

- Door het ontbreken van voldoende voorbeeldprojecten ontbreekt er in de Nederlandse drinkwatersector:
    - Technische uitvoeringskennis, waardoor kwaliteitscontrole bemoeilijkt wordt.
    - Kennis over beheer en onderhoud : de liners die er zijn, zijn nog niet zo oud. Er is weinig kennis wat er gebeurt bij verouderende liners.

Bovenstaande aspecten gelden niet alleen voor sleufloze technieken, maar voor iedere vernieuwing. Wereldwijd en in sectoren als olie, gas en riolering is meer ervaring, de uitdaging is om de relevante ervaringen hieruit te filteren en gebruiken. Ook hier blijft de ervaring beperkt tot maximaal een paar decennia, de omstandigheden van gebruik verschillen sterk met de Nederlandse drinkwatersector en technieken hebben zich de laatste decennia telkens verbeterd, waardoor het niet makkelijk is om ervaringen te vertalen naar de situatie van nu.

Het is daarom belangrijk om als drinkwatersector op een gestructureerde manier ervaringen te delen, zodat de benodigde kennis wordt opgedaan en gedeeld op het gebied van kwaliteitscontrole, probleemanalyse, een goede kostenschatting en inzicht in alle relevante effecten. Op deze manier kan een afgewogen keuze worden gemaakt. In 2015 is een TKI project gestart met Vitens, Brabant Water, WML, BAM Infra, Energie en Water en Heijmans waarin deze zaken worden opgepakt. Resultaten van dit project worden eind 2016 opgeleverd.

Zonder kostenkentallen en een totaaloverzicht van effecten zijn afwegingsmethodieken moeilijk toe te passen en worden de uitkomsten sterk bepaald door expertoordelen en de afwegingsaspecten die wel zijn meegenomen. Middels onderstaande checklist kan worden gecontroleerd of de volgende aspecten in de afweging worden getoetst:

Checklist afwegingsmodellen:

1. Probleemanalyse:
    a. Kennis leidingkenmerken: wat ligt er? Materiaal, diameter, diepte, aanwezigheid van huisaansluitingen en appendages (afsluiters, kunstwerken, T-stukken), geometrie (bochten).
    b. Kennis conditie leiding: hoeveel reststerkte is beschikbaar?
    c. Begrip voor werking van het netwerk, nu en in de toekomst (welke diameter heb je nodig?)
2. Omgeving:
    a. Wat zijn ruimtelijke elementen die technisch bepalen wat mogelijk is?
    b. Wat is mogelijk gezien de kaders van wet en regelgeving?
    c. Wat zijn ruimtelijke elementen die invloed hebben op hinder, milieu en toekomstige ontwikkelingen?
3. Beleid:
    a. Omgang met AC: verwijderen of laten liggen?
    b. Risico-analyse: wat zijn belangrijke factoren en hoe wordt de waarde daarvan gekwantificeerd? Gaat het om kostenreductie of is hinder voor de omgeving belangrijk? Hoe worden zaken als geluidshinder of OLM gekwantificeerd?
4. Kosten aanleg en beheer:
    a. Wat zijn de kosten voor traditioneel vervangen?
    b. Wat zijn de kosten van alternatieven?

Daarnaast kunnen de komende decennia de gerenoveerde leidingen regelmatig (bv. eens in de 5 jaar) worden gemonitord om te onderzoeken hoe het beheer en onderhoud van gerenoveerde leidingen verloopt en hoe deze liners verouderen.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

In deze rapportage is een overzicht gegeven van de momenteel beschikbare levensduurverlengende technieken als alternatief voor traditioneel vervangen in een open sleuf. Bijlage I geeft een samenvattend overzicht van de belangrijkste kenmerken per techniek. Concluderend kan worden gesteld:

- op basis van wet- en regelgeving zijn verschillende vormen van sleufloze renovatietechnieken direct toepasbaar in het Nederlandse drinkwaterleidingnet, namelijk sliplining, close-fit, CIPP en spray. Van al deze technieken zijn er één of meer aanbieders met KIWA-ATA certificering en relevante BRL's.
- Sliplining is een sleufloze renovatietechniek waar de meeste ervaring mee is in Nederland. Dit is een techniek die een structurele oplossing biedt die technisch niet complex is. De techniek is met name toe te passen in leidingen waar diameterreductie geen probleem is en waar weinig huisaansluitingen zijn.
- Met close-fit en CIPP technieken is in het buitenland veel ervaring (CIPP is met name bekend vanuit de riolering, maar kent ondertussen ook veel toepassingen in drinkwaternetten), in Nederland beperkt. Wat betreft close-fit technieken is de subline techniek in Nederland de bekendste, voor CIPP-technieken is maar één aanbieder in Nederland en de eerste ervaringen worden daar nu mee opgedaan. De toepassingen zijn met name geschikt voor leidingen met een beperkt aantal huisaansluitingen en leidingen die minder diameterreductie mogen hebben dan leidingen geschikt voor sliplining (alleen de reductie door dikte van de liner). Deze technieken kunnen volledig constructief worden ingezet, maar kunnen ook semi-constructief worden uitgevoerd. Dit laatste vraagt wel additionele kennis over de reststerkte van de bestaande leiding om de benodigde wanddikte van de liner te kunnen bepalen.
- Met spray-technieken zijn de ervaringen in Nederland sterk wisselend: met cement is al tientallen jaren ervaring, met epoxy en PU beduidend minder. De meeste ervaring met spray-coating komt uit Groot-Brittannië. Echter, door andere wet- en regelgeving verschillen de samenstellingen van de sprays die in het buitenland en in Nederland worden toegepast. De ervaring met bv. PU sprays beperkt zich in Nederland tot pilot-projecten en de techniek is nog in ontwikkeling. In Nederland kunnen de sprays alleen als non-constructieve techniek worden toegepast en zijn daarom (nog) niet geschikt om constructieve problemen of lekkage op te lossen.

Of en welke levensduurverlengende techniek een reëel alternatief vormt voor traditioneel vervangen moet per project worden afgewogen. Er zijn verschillende methodieken beschikbaar om af te wegen voor een leiding met welke techniek deze het beste kan worden gesaneerd , in volgorde van complexiteit:

- Effectenoverzicht
- Multi-criteria analyse (MCA)
- Kosteneffectiviteitsoverzicht (KEA)
- (Volledige) Maatschappelijke kosten-batenanalyse

In plaats van een volledige MKBA zijn varianten mogelijk, zoals een QuickScan of kentallen KBA. Deze hebben veel overeenkomsten met een MCA of KEA.

De toepassing van de verschillende renovatietechnieken wordt beperkt door:

- Het ontbreken van voldoende voorbeeldprojecten:
    - Hierdoor ontbreken goede kostenkentallen. Ook ontbreekt een eenduidige kostenstructuur, waardoor het moeilijk is om kostenschattingen van waterbedrijven onderling te vergelijken.
    - Het totaaloverzicht van relevante effecten en met name hoe die worden gekwantificeerd ontbreekt. Ook hier verschillen de aanpakken van de verschillende waterbedrijven. De meeste waterbedrijven gebruiken een methodiek op basis van een risico-analyse met een risicomatrix, maar deze aanpak verschilt per bedrijf. Niet alleen wat betreft keuzes, maar ook wat betreft onderbouwing. Dit maakt het moeilijk om projecten te vergelijken.
- Kennis van conditie van leidingen: de probleemanalyse is belangrijk om te bepalen welke techniek de meest geschikte is voor een specifieke locatie. Vooral bij semi-constructieve technieken is de bepaling van de benodigde sterkte van de liner belangrijk. Daarnaast is kennis nodig van o.a. leidingkenmerken en hindernissen op een tracé. De eisen aan dit soort informatie zijn hoger dan bij traditionele vervangingen. Als deze informatie niet of onvoldoende aanwezig is, vormt het een risico bij uitvoering van projecten en maakt het een goede afweging van technieken moeilijk.
- Daarnaast is er weinig ervaring met verouderende liners.

6.2 Aanbevelingen

Om een goede afweging te kunnen maken welke techniek op welk moment het meest geschikt is, is het aan te bevelen om de geformuleerde beperkingen in de toepassing te verbeteren:

- Voer gericht projecten uit met verschillende technieken die voldoen aan de wet- en regelgeving in Nederland en wissel ervaringen uit met andere drinkwaterbedrijven. Het is belangrijk om daarbij gebruik te maken van:
    - Een eenduidige evaluatiemethodiek
    - Een eenduidige kostenstructuur
- Stel hieruit representatieve projecten met bijbehorende kostenkentallen op.
- Werk een goede methodiek uit voor de probleemanalyse van leidingen. Dit vraagt om kennis en goed gebruik van:
    - Inspectietechnieken;
    - Modellen voor conditiebepaling en restlevensduur;
- Ontwikkel een goede afwegingsmethodiek:
    - Vergelijk de methodieken die momenteel worden gebruikt bij de verschillende bedrijven.
    - Ontwikkel een eenduidige onderbouwing, waarbinnen bedrijven individuele keuzes hebben.
    - Zorg dat de onderbouwing van de keuzes transparant is en bekend.
- Wissel ervaringen uit met betrekking tot onderhoud en beheer.
- Houd het overzicht met beschikbare technieken actueel.

Binnen het BTO lopen er verschillende trajecten om hier invulling aan te geven. Daarnaast loopt er een TKI project waarin dit wordt opgepakt, zie ook hoofdstuk 5.2.

7 Literatuur

2013a, Allround in relining, Brochure BAM Nelis de Ruiter Infra.

2013b, Handleiding omgevingswijzer, Rijkswaterstaat.

2014, https://www.omgevingswijzer.org/, Rijkswaterstaat.

Achterhuis, E.-J., Snikkenburg, G. H., Ballintijn, O., and Meinen, K., 2013, Nauwkeurigheid van boortechnieken voor de aanleg van kabels en leidingen; heden en verleden, NSTT.

Allouche, E., Alam, S., Simicevic, J., Sterling, R., Condit, W., Matthews, J., and Selvakumar, A., 2014, A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers, *Tunneling and Underground Space Technology* 39:82-93.

Ariaratnam, S. T., Piratla, K., and Cohen, A., 2014, Field assessment of a vacuum microtunneling (VMT) system for on-grade pipeline installations, *Tunneling and Underground Space Technology* 39:58-65.

Clark, R. M., Sivaganesan, M., Selvakumar, A., and Sethi, V., 2002, Cost models for Water Supply Distribution systems, *J. Water Resour. Plann. Manage.* 128:312-321.

CROW, 2010, Standaardsystematiek voor kostenramingen SSK-2010.

CUR/COB, 1998, Monetarisering van ruimtelijke effecten. Een leidraad voor het monetariseren van ruimtelijke effecten van infrastructuur in stedelijke gebieden, Stichting CUR/COB, Gouda.

CUR/COB, 1999, Monetariseringsmethoden milieu- en leefbaarheideffecten lijninfrastructuur: een leidraad, Stichting CUR/COB, Gouda.

Deb, A. K., Hasit, Y. J., and Schoser, H. M., 2002, Decision Support System for Distribution System Piping Renewal, AWWA Research Foundation and AWWA, Denver CO.

Eijgenraam, C. J. J., Koopmans, C. C., Tang, P. J. G., and Verster, A. C. P., 2000, Evaluatie van grote infrastructuurprojecten. Leidraad voor kosten-baten analyse. Deel 1: Hoofdrapport, Centraal Planbureau en Nederlands Economisch Instituut in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken.

Ellison, D., Sever, F., Oram, P., Lovins, W., Romer, A., Duranceau, S. J., and Bell, G., 2010, Global review of spray-on structural lining technologies, Water Research Foundation, Denver.

Esch, K. J. v., and Leusink, E., 2014, Kostenkengetallen rioleringszorg, Stichting Rioned.

Faber, T., and Mulders, E., 2012, Een kennismaking met de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA), handreiking voor beleidsmakers, Rijksoverheid.

Finnveden, G., 1999, A critical review of operational valuation/weighting methods for life cycle assessment, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm.

Hoop, G. W. v. d., 2010, A new approach to asset management for sewer networks, in: *Faculty of civil engineering*, TU Delft.

KIWA, 2013a, BRL-K17201, deel 1: Renovatie van drinkwaterleidigen- Deel 1 Ontwerpen en installeren van ter plaatse uithardende buis (CIPP)-fabrieksmatig geïmpregneerde linersystemen.

KIWA, 2013b, BRL-K17201, deel 2: Renovatie van drinkwaterleidingen-Deel 2 Producten voor ter plaatse uithardende buis (CIPP)- fabrieksmatig geïmpregneerde linersystemen.

Leij, S. b. d., 2015, Enexis kan kiezen: sleufloze techniek of graafwerk, *Land en Water* Nr. 1-2.

Matthews, J., Condit, W., Wensink, R., and Lewis, G., 2012a, Performance evaluation of innovative water main rehabilitation cured-in-place pipe lining product in Cleveland, Ohio, in: *EPA/600/R-12/012*, USEPA.

Matthews, J., Condit, W., Wensink, R., and Lewis, G., 2012b, Performance evaluation of innovative water main rehabilitation spray-on lining product in Somerville, New Jersey, in: *EPA/600/R-12/009*, USEPA.

Matthews, J. C., Selvakumar, A., and Condit, W., 2013, Current and emerging water main renewal technologies, *J. Infrastruct. Syst.* 19:231-241.

Matthews, J. C., Selvakumar, A., Sterling, R. L., and Condit, W., 2014, Innovative rehabilitation technology demonstration and evaluation program, *Tunneling and Underground Space Technology* 39:73-81.

Meerkerk, M. A., and Kroesbergen, J., 2010, Hygiënecode Drinkwater: opslag, transport en distributie in: *Rapport BTO 2001.175 2de editie*, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Morrison, R., Sangster, T., Downey, D., Matthews, J., Condit, W., Sunil, S., Sauminar, S., and Sterling, R., 2013, State of technology for rehabilitation of water distribution systems, in: *EPA/600/R-13/036*, USEPA.

Oesterholt, F. I. H. M., and Meerkerk, M. A., 2011, Hygiëne tijdens werk: Hoofdpunten uit de 'Hygiënecode Drinkwater: opslag, transport en dsitributie', in: *Rapport KWR 2010.105*, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Poort, J., Koopmans, C., Boer, L. d., Larsen, V., Lubbe, M., Marlet, G., and Woerkens, C. v., 2010, Kosten-batenanalyses voor BZK (M. v. B. Z. e. Koninkrijksrelaties, ed.), Amsterdam.

Rijkswaterstaat, DuboCalc from http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/duurzaam/duurzaam_inkopen/duurzaamheid_bij_contracten_en_aanbestedingen/dubocalc/.

Selvakumar, A., Clark, R. M., and Sivaganesan, M., 2002, Costs for Water Supply Distribution System Rehabilitation, *J. Water Resour. Plann. Manage.* 128:303-306.

Vonk, E., 2014, Het voorspellen van inwendige uitloging van asbestcementleidingen met een kunstmatig neuraal netwerk, in: *BTO 2014.211(s)*, KWR, Nieuwegein.

Vonk, E., and Mesman, G., 2015, Voorspellingsmodel conditiebepaling AC-leidingen: Datamining fase 2, in: *BTO 2015.008*, KWR Nieuwegein.

Zanden, J. v. d., and Oorschot, H., 2013, Afwegingsmodel saneringsmethodes, Avans Hogeschool

Bijlage I Overzicht afkortingen

Materialen	**Betekenis**
(HD)PE	High density Polyethyleen (of Polyetheen)
GGIJ	Grijs Gietijzer
NGIJ	Nodulair Gietijzer
PVC	Polyvinylchloride
PU	Polyurethaan
GVK	Glasvezel versterkte kunststof
AC	Asbest cement
RVS	Roestvrijstaal
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer
Technieken	
HDD	Horizontal Directional Drilling
CIPP	Cured in Place Pipe
MIPP	Melt in Place Pipe
Afwegingsaspecten	
Kiwa-ATA	Kiwa Attest Toxicologische Aspecten
BRL	Beoordelingsrichtlijn
Klic-melding	Melding graafwerkzaamheden aan Kabels en Leidingen Informatiecentrum
OLM	Ondermaatse Leveringsminuten
Afwegingsmethodieken	
EO	Effecten Overzicht
MKBA	Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse
KEA	Kosten-effectiviteitsanalyse
MCA	Multi-criteria analyse
LCA	Levenscyclus-analyse
Organisaties	
NSTT	Nederlandse Vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen

Bijlage II Overzicht kenmerkentabellen renovatietechnieken

In deze bijlage staan Tabel 1 tot en met 4 uit Hoofdstuk 2 als totaaloverzicht.

Tabel 9 Kenmerken sliplining op basis van internationale toepassingen.

Categorie	Toelichting
Omschrijving	Inbrengen nieuwe leiding
Status	Beproefd
KIWA-ATA	Ja
Constructief	Volledig
Levensduur	70-100 jaar
Materiaal liner	HDPE, PVC, staal, GVK, NGIJ (gesegmenteerd)
Diameter	100-2800 mm
Dikte	Afhankelijk van diameter, vanaf 2 mm tot meer dan 10 cm
Lengte	Tot 300 m (afhankelijk van haspel en diameter)
Voordelen	Volledig structureel, geen complexe techniek, kosteneffectief, ervaring in NL, weinig graafwerk en grondverplaatsing (behalve bij veel huisaansluitingen)
Nadelen	Diameterreductie, noodleiding nodig, ruimte bovengronds, huisaansluitingen van buitenaf opnieuw aansluiten

Tabel 10 Kenmerken CIPP technieken.

Categorie	Toelichting
Omschrijving	Aanbrengen en uitharden van geïmpregneerde kous
Status	Beproefd (MIPP nieuw), nieuw in Nederland
KIWA-ATA	Ja
Constructief	Semi tot volledig
Levensduur	50 jaar
Materiaal liner	GVK of naaldvilt in combinatie met hars
Diameter	100-1500 mm
Dikte	1-24 mm, afhankelijk van toepassing en diameter
Lengte	Typisch tot 250 m
Voordelen	Kan beperkte bochten aan, volledig structurele oplossing, beperkte diameterreductie, beperkt graafwerk en grondverplaatsing, behalve bij veel huisaansluitingen
Nadelen	Momenteel één aanbieder in NL, noodleiding nodig, huisaansluitingen kunnen robotisch van binnenuit worden aangesloten vanaf 300mm, maar binnen de Nederlandse drinkwatersector wordt dit nog niet toegepast, wel binnen de gassector (Leij, 2015).

Tabel 11 Kenmerken van close-fit technieken.

Categorie	**Toelichting**
Omschrijving	Aanbrengen en terug in vorm brengen van gedeformeerde liner
Status	Beproefd, opkomend in Nederland
KIWA-ATA	Ja
Constructief	Semi tot volledig
Levensduur	50-100 jaar
Materiaal liner	HDPE
Diameter	75-1500 mm
Dikte	Van 1 mm tot meer dan 10 cm, afhankelijk van toepassing en diameter
Lengte	Tot 700 m (vouw en vorm)/ tot 1200 (symmetrisch reduceren)
Voordelen	Beperkte diameterreductie door close-fit, beperkt graafwerk en grondverplaatsing, behalve bij veel huisaansluitingen
Nadelen	Huisaansluitingen moeten van buitenaf worden aangesloten, ruimte nodig bovengronds voor assembleren leiding

Tabel 12 Kenmerken spray technieken.

Categorie	**Toelichting**
Omschrijving	Aanbrengen van een coating in een bestaande leiding
Status	Beproefd, PU nieuw
KIWA-ATA	Ja (cement, epoxy, PU)
Constructief	Niet
Levensduur	30-50 jaar
Materiaal liner	Cement, epoxy, PU
Diameter	>50 mm
Dikte	1-13 mm
Lengte	Tot 200 m
Voordelen	Cement: is er ervaring in NL, relatief goedkoop. Epoxy heeft geen pH probleem, sneller dan cement, relatief goedkoop voor kleine diameters, PU: snel, potentieel zonder noodleiding
Nadelen	Niet constructief, cement: uitloging mogelijk, noodleiding, epoxy: lange uithardingstijd, gevoelig voor fouten, noodleiding, PU: nieuw, dus weinig ervaring (in NL vrijwel alleen op pilotbasis), nog veel ontwikkeling De sprays moeten hechten aan de leidingwand en kunnen daarom niet op elk materiaal worden toegepast (bv. staal, NGIJ, GGIJ en AC voor PU spray, staal NGIJ en GGIJ voor epoxy sprays (Morrison et al., 2013))

Bijlage III Beschrijving model Avans

In opdracht van Brabant Water is door twee studenten van Avans Hogeschool een afwegingsmodel voor saneringsmethoden voor drinkwaterleidingen opgesteld (Zanden and Oorschot, 2013).Hierin worden de volgende saneringsmethoden behandeld:

1. Traditionele methode (verwijderen en nieuw aanleggen, zonder noodleiding)
2. Traditionele methode en de oude leiding blijft liggen
3. Watermeeneemmethode (gefaseerd gedeelten oude leiding uitnemen en nieuwe leiding neerleggen, zonder noodleiding)
4. Relinen (buis-in-buis methode, aanbrengen van HDPE in een AC leiding)
5. Zelfde plaats vervangen, met een noodleiding
6. Combinatiewerk met gas (nieuwe gasleiding op plaats van oude drinkwaterleiding of andersom)

het model maakt gebruik van drie soorten kosten:

- Directe kosten (uitvoeringskosten)
- Risicokosten

In het model worden directe kosten (uitvoeringskosten) meegenomen zoals het leggen en verwijderen van een leiding, aanleg noodleiding, huisaansluitingen, straatwerk en kosten voor relinen. Aanvullend worden risicokosten bepaald op basis van de criteria uit strategische risicobenadering van Brabant Water met daarin de volgende criteria:

- Veiligheid
- Milieu
- Imago
- Waterkwaliteit
- OLM (Ondermaatse Leverings Minuten). Deze heeft Brabant Water gekwantificeerd op 0,25 €/minuut per aansluiting.

De risicokosten per jaar worden gedeeld door de gesaneerde kilometers per jaar en dit geeft per criterium een risicokostenpost per meter. Als uitgangspunt wordt de traditionele vervangingsmethode genomen. In een multicriteria-analyse zijn met paarsgewijze vergelijking de risicokosten van de andere technieken bepaald.

Voorafgaand aan kostenberekening worden technieken geselecteerd aan de hand van drie uitvoeringstechnische vragen. De antwoorden geven aan of bepaalde technieken toepasbaar zijn. Deze vragen zijn:

1. Mag de huidige leidingdiameter worden verkleind?
2. Is er een nieuw tracé beschikbaar?
3. Is combinatiewerk met gas mogelijk?

Het model geeft een inschatting van de directe kosten per techniek en komt volgens Brabant Water goed overeen met de praktijk (*mondelinge mededeling door Rien Timmermans*). Uit de resultaten blijkt dat de OLM kosten een substantiële bijdrage kunnen leveren aan de totale kosten, afhankelijk van o.a. het aantal aansluitingen.

Andere technieken, zoals sprayen en koustechniek worden wel genoemd, maar zijn niet uitgewerkt in het model, omdat de technieken nog in ontwikkeling zijn (waren) en de kosten onbekend zijn.

Uit de Multi-Criteria Analyse op basis van de risicobenadering van Brabant Water komen voor de genoemde criteria slechts kleine verschillen tussen de technieken naar boven. Op veiligheid scoort relining iets beter dan traditioneel vervangen. Op milieu scoort relining iets slechter, wat waarschijnlijk te maken heeft met het laten liggen van AC. Deze milieuscore is in tegenspraak met andere bronnen (2013a; Hoop, 2010)(NSTT, 2001), waar relining wordt beschreven als een techniek met aanzienlijke milieubesparingen. Dit illustreert de wenselijkheid om duurzaamheid op basis van duidelijke criteria te benaderen.

Bijlage IV Beschrijving model Van der Hoop

Aan de TU Delft is in opdracht van BAM Infra en Waternet een afstudeeronderzoek gedaan naar asset management van rioleringsinfrastructuur (van der Hoop, 2010). In het rapport wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van vervangingstechnieken en levensduur verlengende technieken in de riolering. Daarnaast worden kostenaspecten en aandachtspunten genoemd bij aanleg en beheer. Het onderzoek beschrijft uitgebreid de indirecte kosten van de toepassing van diverse technieken, bijvoorbeeld door het monetariseren van overlast voor omwonenden en verkeer en de milieubelasting. De conclusie luidt dat dergelijke indirecte kosten tot 40% van de directe kosten kunnen uitmaken. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat rioleringswerkzaamheden aanzienlijk meer effecten op de omgeving hebben dan drinkwaterleidingen. De sleuven bij rioleringswerkzaamheden zijn meestal dieper en breder dan bij waterleidingen en ook liggen zij vaker onder een weg.

In het onderzoek heeft Van der Hoop een afwegingstool ontwikkeld waarmee op basis van projectkenmerken, zoals de vorm en diameter van de rioolleiding, een technische voorselectie van toepasbare technieken kan worden gemaakt. De kosten worden vergeleken van de verschillende technieken. Ook wordt er een levenscyclus kosten-batenanalyse gemaakt.

De tool is ontwikkeld voor riolering en geeft veel aandachtspunten, die voor drinkwater niet altijd relevant zijn. In de beschrijving wordt aangegeven dat de kosten moeilijk te bepalen waren wegens gebrek aan kostenkentallen. Daarnaast bleek het lastig om de indirecte kosten te vertalen in geld, zodat een casusstudie niet mogelijk bleek.