KWR 2017.002 | Februari 2017

Evaluatie Hydrofit

Effectenanalyse en evaluatie van de uitvoering van een CIPP techniek in 550 meter ø400 mm AC te Sittard, Limburg

KWR Watercycle Research Institute

Evaluatie Hydrofit

Evaluatie en effectenanalyse van de uitvoering van een CIPP techniek in 550 meter ø 400 mm AC te Sittard, Limburg

KWR 2017.002| Februari 2017

Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het Ministerie van Economische Zaken

Opdrachtnummer
401006

Projectmanager
Nellie Slaats

Samenwerkingspartners
WML, Brabant Water, Vitens, Heijmans, BAM

Kwaliteitsborger(s)
Dr. Ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)
Dr. J. (Jojanneke) van Vossen en ing. G.A.M. (George) Mesman

Verzonden aan
WML, Brabant Water, Vitens, Heijmans, BAM

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie
dr. Jojanneke van Vossen
T 030 60 69 598
E Jojanneke.van.Vossen@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 2017.002| Februari 2017 © 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.

Samenvatting evaluatie

Binnen het 'TKI project Slim renoveren van waterleidingen' zijn voor een aantal sleufloze innovatieve saneringstechnieken pilots uitgevoerd en geëvalueerd. Eén van deze pilots met innovatieve technieken betrof Hydrofit, een Cured in Place Pipe (CIPP) techniek waarbij een met hars geïmpregneerde kous ter plaatse door middel van waterdruk wordt ingebracht en gaat uitharden onder invloed van toegevoerde warmte. Deze pilot is uitgevoerd in een ø 400 mm AC leiding van 550 meter in Sittard, Limburg (WML). Bijzonderheden aan de pilot waren:

- De uitvoering van Hydrofit was de eerste uitvoering van deze techniek met deze combinatie van kous en hars in een operationeel waterleidingleidingnet ter wereld;
- De nabijheid van een spoordijk (orde 10 meter);
- De nabijheid van kabels en leidingen.

De pilot is geëvalueerd volgens de binnen het TKI project ontwikkelde methodiek op technische, procesmatige, omgevings- en financiële aspecten. Deze methodiek is algemeen opgezet voor toepassing op individuele pilots van verschillende technieken en brede toepassing op een serie pilots voor het bepalen van kentallen. Kosten en hinder voor de omgeving zijn dusdanig locatie-specifiek gebleken dat een beoordeling op één locatie niet mogelijk is. Hinder en kosten zijn daarom wel inhoudelijk onderzocht voor de pilot locatie, maar niet beoordeeld. De aspecten technische uitvoering en proces zijn wel beoordeeld en wel t.o.v. het alternatief van een traditionele open ontgraving.

Aanbevelingen voor de inzet van Hydrofit zijn:

- Toezien op de diverse werkprocessen, goede uitwisseling van gegevens en volledigheid van informatie voorafgaand aan het project om vertragingen, fouten tijdens de uitvoering en eventuele overlast door aanpassingen gedurende het project te minimaliseren.
- In Nederland is een CIPP techniek nog niet eerder in het drinkwaternet toegepast en de gebruikte hars is specifiek voor deze toepassing ontwikkeld. Weliswaar zijn er ervaringen met oudere liners in de vrij verval riolering, maar dit zijn andere omstandigheden. Daarom is het aan te bevelen om op een aantal relevante momenten de kwaliteit van de liner te bepalen. Naast de standaard procedures zoals opgenomen in BRL-K17201 deel 1 en 2, kan dit door:
    - De rapportage met uitkomsten van standaard testen (controles stijfheid en resultaten camera-inspectie) bij aanleg opnemen bij de leidinggegevens in het Leidinginformatiesysteem (LIS) van het drinkwaterbedrijf (de startsituatie is dan bekend).
    - Specifieke stijfheid controleren bij uitnamen van leidingsegmenten die zich mogelijkerwijs voordoen.
    - De camera-inspectie na 10 jaar nog eens te herhalen (als de mogelijkheid zich voordoet).
- Het uitvoeren van klanttevredenheidsonderzoeken bij projecten om overlast te objectiveren. Een groot deel van de evaluatie op het aspect omgeving is op aannames gebaseerd en aangezien hier het grootste winstpunt van de techniek lijkt te liggen, is het de moeite waard om dit aspect beter te kunnen kwantificeren.

De belangrijkste resultaten per aspect worden hieronder kort toegelicht.

Technische aspecten
De techniek is uitgevoerd en de leiding is opgeleverd en in gebruik genomen volgens de standaarden van het drinkwaterbedrijf. Door het gebruik van Hydrofit is een traject van 550 meter gesaneerd met in totaal 6 werkgaten en minder verbindingen (aan het begin en eind van iedere sectie van gemiddeld 110 meter) dan gebruikelijk in een traditionele leidingvervanging met PVC of NGIJ. Dit maakt de techniek inpasbaar in complexe stedelijke infrastructuur, zoals bijvoorbeeld gebieden met veel inwoners, drukke winkelgebieden, gebieden met verkeersdruk of gebieden met veel kabels en leidingen rond de drinkwaterleiding en in de omgeving van waterkeringen. Door de rustige ligging van de pilotlocatie was het verminderde aantal graaflocaties minder relevant, hier was de pilotlocatie ook niet op uitgezocht. Door deze test pilot zijn onvolkomenheden naar voren gekomen. Op basis hiervan zijn de werkprocedures aangepast en heeft een doorontwikkeling plaats gevonden.

In vergelijking met een traditionele open ontgraving vraagt toepassing van Hydrofit meer kennis van de bestaande leiding. Bijvoorbeeld, veranderingen in diameter of aanwezigheid van bochten kunnen invloed hebben op de implementatie. Daar staat tegenover dat er minder kennis van de omgeving van de leiding nodig is, bijvoorbeeld de nabijheid van kabels en leidingen is alleen van belang in de werkgaten, waar deze voor een traditionele open ontgraving relevant zijn voor het gehele tracé.

Procesmatige aspecten
De planfase is eenvoudiger dan bij traditionele open ontgravingen, omdat er in het algemeen minder of minder complexe vergunningen hoeven te worden aangevraagd. Zo zijn er minder graafwerkzaamheden, waardoor minder grondonderzoek nodig is. De uitvoeringsfase is door de samenwerking met meerdere partijen complexer dan bij een traditionele open ontgraving met één aannemer. Om dit te ondervangen zijn door de betrokken partijen werkprocessen opgesteld. Door de samenwerking van meerdere bedrijven is het vastleggen van gegevens en gegevensoverdracht extra belangrijk. Het plaatsen en uitharden van de liner is specialistisch werk.

Omgevingsaspecten
De mate van duurzaamheid wordt voornamelijk bepaald door het gebruikte materiaal en omvang van eventuele verkeersomleidingen. Op de pilotlocatie waren voor zowel een open ontgraving als voor Hydrofit geen verkeersmaatregelen nodig. Bij gelijke levensduur en zonder het effect van verkeersomleidingen is PVC in open ontgraving een duurzamer product. Op het gebied van hinder voor de omgeving en externe veiligheid is Hydrofit techniek in potentie zeer effectief door het beperkte aantal werkgaten t.o.v. van een open sleuf bij de traditionele aanpak met open ontgraven. Wel is het zo dat het aanbrengen en de toepassing van een 10 meter hoge steiger wellicht niet op elke locatie gewenst of mogelijk is. Op de pilotlocatie was het aspect hinder van beperkt belang door het beperkt aantal huizen, wegen en risicovolle objecten in de omgeving.

Er was sprake van basisklasse bodemverontreiniging, zodat het werken met minder graafwerkzaamheden en vermindering van aan- en afvoer van ongeschikte grond een voordeel is.

Inhoud

1	**Introductie**	**6**
1.1	Motivatie	6
1.2	Doel	6
1.3	Leeswijzer	7
2	**Achtergrond CIPP techniek en Hydrofit**	**8**
2.1	CIPP algemeen	8
2.2	Hydrofit	8
3	**Evaluatie pilot**	**10**
3.1	Evaluatiemethodiek	10
3.2	Beschrijving pilotproject	10
3.3	Techniek	11
3.4	Proces	18
3.5	Omgeving	20
3.6	Kosten	26
Bijlage I	**Evaluatieprotocol**	**28**
	Randvoorwaarden pilots	28
	Wijze van beoordelen	28
	Evaluatiecriteria	30
Bijlage II	**Technische gegevens Hydrofit**	**33**
Bijlage III	**Analyse toestand leiding**	**36**
Bijlage IV	**Activiteiten planfase van de pilot**	**40**
Bijlage V	**Kostenstructuur**	**42**

1 Introductie

1.1 Motivatie

In Nederland ligt bijna 120.000 km waterleiding (exclusief aansluitleidingen) in de grond. Als die in zijn geheel zou worden vervangen middels traditionele open sleuven representeert dit een globale vervangingswaarde van zo'n 20 miljard euro (uitgaande van een gemiddeld bedrag per meter leiding van gemiddeld €175,-. Traditioneel worden leidingen bijna uitsluitend vervangen met behulp van ontgravingen. Dit is echter niet overal mogelijk of gewenst vanwege bijvoorbeeld hoge kosten, hinder voor de omgeving of relatief lange leveringsonderbrekingen. Het toepassen van sleufloze technieken zoals het aanbrengen van constructieve kousen (CIPP lining), spray-lining of close-fit lining vormt een alternatief voor traditionele ontgravingen. Slim toepassen van de verschillende technieken betekent dat klanten, omwonenden en verkeer minder hinder ondervinden en dat mogelijk kosten kunnen worden bespaard.

Bij Nederlandse drinkwaterbedrijven is nog weinig ervaring met de beschikbare technieken in verschillende omstandigheden in het leidingnet. De beschikbare kennis is versnipperd over de verschillende waterbedrijven en ervaringen zijn moeilijk te vergelijken door het tot nog toe ontbreken van een uniforme en transparante evaluatiemethodiek. De waterbedrijven hebben daarom niet altijd zicht op alle mogelijke technieken voor een specifieke situatie, effecten op de omgeving en kosten van de technieken. Het is daarom niet mogelijk om een volledig onderbouwde afweging te maken tussen de verschillende technieken (van Vossen et al., 2015). Er ligt een wens bij de drinkwaterbedrijven om de relevante aspecten voor toepassing van de verschillende technieken zoveel mogelijk te benoemen en te kwantificeren.

In het TKI project Slim renoveren van waterleidingen worden innovatieve technieken voor sleufloos verwijderen en vervangen van waterleidingen uitgevoerd en geëvalueerd. Er vindt onderzoek plaats naar onderscheidende factoren in een afwegingsbeslissing en er vindt een vertaling plaats van de uitgevoerde projecten naar toepassingsmogelijkheden in het Nederlandse drinkwaterleidingnet.

Dit TKI project is uniek, omdat

- voor het eerst meerdere innovatieve technieken naast elkaar worden uitgevoerd op locaties met uitdagingen specifiek voor die techniek
- en deze pilots volgens eenduidige criteria worden beoordeeld met behulp van een binnen dit project ontwikkelde evaluatiemethodiek.

Dit deelrapport beschrijft de evaluatie van de pilot met Hydrofit te Sittard in een ø 400 mm diameter AC leiding van 550 meter.

1.2 Doel

Het doel van dit TKI project is het benoemen en toepassen van kansrijke innovatieve sleufloze renovatie- en vervangingstechnieken. De toegepaste technieken worden objectief beoordeeld inclusief implicaties voor de praktijk.

Het project bestaat uit verschillende fases:

- Fase 1: tijdens een bureaustudie is een overzicht gemaakt van de beschikbare technieken en interessante innovaties (van Vossen et al., 2014).
- Fase 2: er is een keuze gemaakt voor technieken die worden uitgevoerd.
- Fase 3: de uitvoering van de technieken in pilotprojecten en opstellen van de evaluatiemethodiek. Deze uitvoeringsprojecten zijn op een eenduidige manier geëvalueerd.
- Fase 4: vertaling van de evaluaties naar toepassing in het Nederlandse leidingnet.

Voorliggende rapportage vormt een onderdeel van de oplevering van fase 3 en is een bijlage bij het hoofdrapport van het complete project. Het doel van voorliggende rapportage is:

- Het beschrijven van de resultaten van de evaluatie specifiek voor het pilotproject met een CIPP-techniek (Hydrofit).

De overige uitvoeringsprojecten worden in vergelijkbare rapportages geëvalueerd, waarna in het hoofdrapport een totaalanalyse wordt gepresenteerd inclusief de vertaling naar toepassingsmogelijkheden in het Nederlandse waterleidingnet.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt kort de achtergrond en methodiek van Hydrofit beschreven. In Hoofdstuk 3 volgt de evaluatie. In bijlage I staat het een samenvatting van het evaluatieprotocol, in bijlage II staan de technische gegevens van Hydrofit zoals aangeleverd door de aannemer, in Bijlage III staan de gegevens voor de analyse van de leiding, in Bijlage IV staan de activiteiten tijdens de planfase, in Bijlage V staan de kostenspreadsheets.

2 Achtergrond CIPP techniek en Hydrofit

2.1 CIPP algemeen

CIPP is de afkorting van Cured in Place Pipe. Bij deze techniek wordt een flexibele liner (kous) in de bestaande leiding ingebracht. Deze kous is van te voren geïmpregneerd met een hars. Na het inbrengen wordt de hars uitgehard. De belangrijkste variaties tussen de verschillende CIPP technieken zijn:

- Materiaal:
    - De kous kan vervaardigd zijn van naaldvilt of geweven materiaal van polyester, eventueel met glasvezel versterkt, en kan bestaan uit verschillende lagen en een coating van PE of PU;
    - De hars kan op basis van polyester, vinylester 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) als wel door intrekken plaatsvinden;
    - Het uitharden kan middels hoge temperatuur of UV.

Toepassingen zijn beschikbaar voor diameters tussen ongeveer 150 mm en 1500 mm en variëren van semi-constructief tot volledig constructief, afhankelijk van de dikte van de liner (van Vossen et al., 2015).

2.2 Hydrofit

In Nederland is momenteel één CIPP-techniek beschikbaar met de benodigde certificering (Kiwa ATA), namelijk de Hydrofit. Voor deze specifieke CIPP-techniek is een BRL ontwikkeld. Dit betreft BRL 17201, deel 1 (ontwerp en installatie) en BRL17201, deel 2 (producten) (KIWA, 2013a, b).

Hydrofit is een CIPP-techniek waarbij na inversie van de geïmpregneerde kous een chemische reactie in gang wordt gezet door middel van warmte. Het eindproduct is volledig constructief: na uitharding voldoet de liner zelfstandig aan de eisen voor sterkte, d.w.z. inwendige drukbelastingen en uitwendige belastingen.

Hydrofit is eind 2014 geïntroduceerd op de Nederlandse drinkwaterleidingmarkt en is het resultaat van een samenwerking tussen Heijmans, Insituform, DSM-Aliancys, Waverail en WML. Voor deze CIPP-toepassing is een volledig nieuwe vinylester hars vrij van styreen en Bisphenol-A ontwikkeld. De kous is opgebouwd uit PET-vilt met één of meerdere glasvezellagen en aan de zijde in contact met drinkwater een laag PP. Figuur 1 is een foto van de kous tijdens het proces van impregneren.

Figuur 1 Impregneren kous met hars in fabriek. De hars wordt aangebracht in de kous waarna de hars door middel van walsen in de juiste hoeveelheid wordt verdeeld. Hierbij staan de walsen zo afgesteld dat na uitharding overal in de kous de minimaal benodigde dikte wordt behaald.

Er kunnen op dit ogenblik (januari 2017) lengtes tot 150 meter in één keer worden gerelined en het product is geschikt tot een druk van maximaal 4 MPa.

De voordelen van de techniek zijn volgens de leverancier:

- 40% kortere uitvoeringstijd;
- minder overlast;
- beperking van de afvoer van leidingmateriaal (in dit geval AC);
- vermindering van transport en stortkosten van (mogelijk vervuilde) grond;
- een lange levensduur. Binnen de certificering wordt getoetst op een minimale levensduur van 50 jaar, de leverancier gaat op basis van ervaringen in de riolering en verouderingstesten in laboratoriumomstandigheden uit van een levensduur van 100 jaar.

De techniek is toepasbaar vanaf diameters van 150 mm. Een beperking vormen huisaansluitingen, deze moeten achteraf van buitenaf worden aangebracht. Hiervoor moet eerst een deel van de bestaande leiding (in feite fungeert deze dan als mantelbuis voor de liner) worden verwijderd, waarna de huisaansluitingen rechtstreeks op de liner kunnen worden aangebracht met bestaande appendages. Deze methode is op een testlocatie uitgetest. Het omgaan met huisaansluitingen is geen onderdeel van het pilotproject. De verwachting van de leverancier is dat in 2017 hiervoor een oplossing ontwikkeld is.

3 Evaluatie pilot

3.1 Evaluatiemethodiek

De pilot is geëvalueerd volgens de binnen het TKI project 'Slim renoveren van waterleidingen' ontwikkelde methodiek. Bij deze methodiek worden pilots beoordeeld op 4 aspecten:

- Technisch
- Procesmatig
- Omgeving
- Financiën

Voor een volledige beschrijving van de methodiek, zie de memo Evaluatiemethodiek. De evaluatie van een individuele pilot wordt inhoudelijk uitgewerkt voor alle aspecten, maar alleen beoordeeld op technische en procesmatige aspecten. Omgevingsaspecten en financiën zijn te project-specifiek gebleken om onderdeel uit te maken van een product-beoordeling.

De effectenanalyse is uitgevoerd met gegevens van een pilotproject in Sittard uitgevoerd voorafgaand aan dit TKI-project in november 2014. Omdat de pilot is uitgevoerd voorafgaand aan het opstellen van de evaluatiemethodiek, is het niet mogelijk gebleken om alle gegevens te achterhalen, waardoor financiën niet zijn meegenomen in de evaluatie.

3.2 Beschrijving pilotproject

Bij het pilotproject is de techniek toegepast op een leidingsegment van in totaal 550 meter lengte op 1-1,25 meter diepte, verdeeld over 5 segmenten met elk één kous, zie voor een overzicht van het tracé Figuur 2. Het betreft een AC leiding van ø 400 mm, 1 aansluiting, 2 afsluiters en 2 aftakkingen zonder bochten. De aansluiting is voorafgaand aan de werkzaamheden verplaatst naar een andere leiding en vormde dus geen onderdeel van de pilot. De leiding ligt naast een spoor (buiten de zone restricties van ProRail). De leiding ligt binnen 25 meter van huizen. De locatie was onderverdeeld in 5 secties van gemiddeld 110 meter lengte.

De afsluiting van de leiding heeft niet tot leveringsonderbrekingen geleid.

Een bijzonderheid van deze pilot was dat dit de eerste toepassing van Hydrofit was in een operationeel drinkwaterleidingnet. Pilots voorafgaand aan deze toepassing vonden plaats in een laboratorium en op een afgesloten testlocatie vrij liggend van het leidingnet.

Figuur 2 Overzicht tracé in Sittard. De letters staan voor de werkputten, de secties voor de lengtes met eenzelfde kous. Sectie 1 had dus als invoer- en werkput locatie B en als uittredeput locatie A (en zo verder voor de andere secties).

3.3 Techniek

3.3.1 Technische uitvoering

Tijdens de uitvoering van de techniek worden de volgende werkstappen uitgevoerd (dit zijn de algemene werkstappen voor Hydrofit), bijzonderheden voor de pilot in Sittard worden per kopje toegelicht):

Voorbereidende werkzaamheden op de locatie

Deze werkzaamheden bestaan uit:

- Het gereedmaken van de opstellocatie van het materieel.
- Graven en afkisten van de werkputten.
- Afsluiten water en verbreken bestaande leiding.
- Reiniging met een foampig.
- Camera inspectie op afwijkingen t.o.v. de revisiegegevens. Voornamelijk diameterverkleiningen, reparatiestukken en locaties van bijvoorbeeld aansluitingen zijn van belang. Op de locatie zijn geen opvallende verschillen tussen de revisiegegevens en de werkelijke leiding geconstateerd.
- Een steiger plaatsen bij de inversieput om een waterdruk van 100kPa (10 meter waterkolom) te genereren.

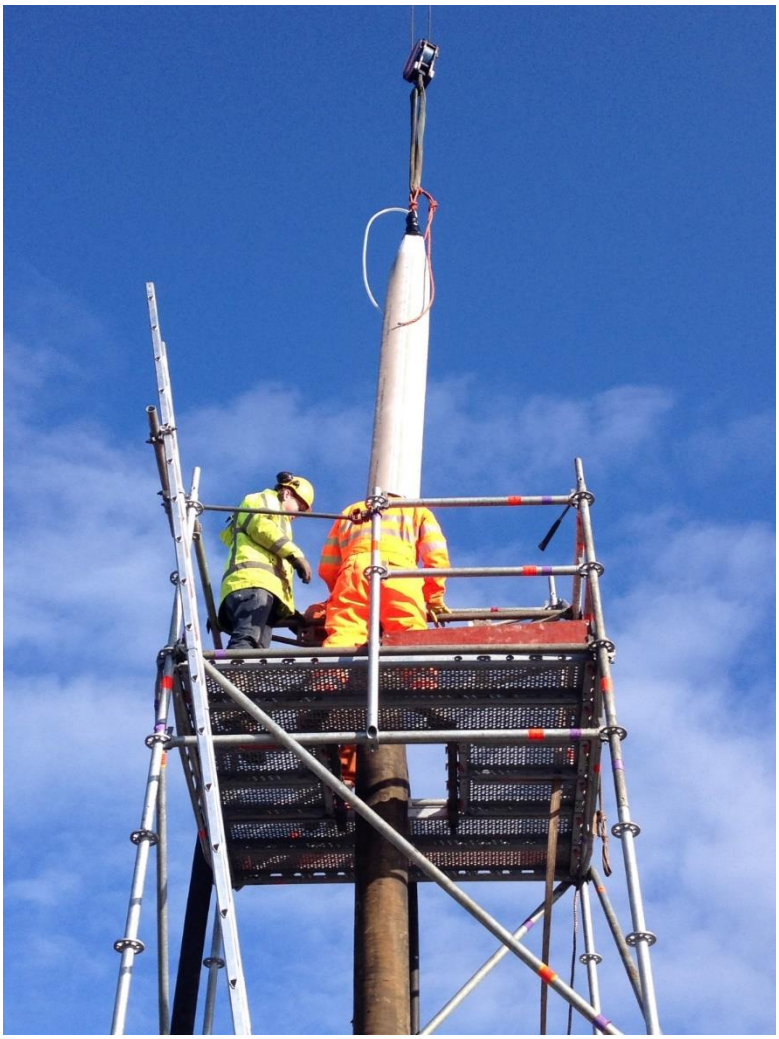
Uitvoering relining

De werkzaamheden bestaan uit:

- Aanbrengen preliner, een dunne flexibele PVC liner. De preliner zorgt ervoor dat de geïmpregneerde kous zich niet aan de bestaande leiding kan hechten en in contact komt met grondwater.

- Tijdens de pilot in Sittard is de kous middels luchtdruk de leiding ingeblazen met een druktrommel

Figuur 3 Montage kous aan bovenzijde steiger.



Figuur 4 Vullen en uitrollen kous in leiding.

- Nadat de kous op zijn plaats ligt wordt de temperatuur van het water stapsgewijs opgevoerd tot 85° C, waarbij het water in de kous wordt gecirculeerd. Door de waterdruk blijft de kous tegen de oude leiding aan gedrukt en blijft de hars op zijn plaats. Deze temperatuurverhoging tot 85° C zet de chemische reactie in gang waardoor de kous uithardt. Dit uithardingsproces duurt zo'n 4 uur. De stapsgewijze temperatuur verhoging is belangrijk om de chemische reactie op een gecontroleerde manier te laten verlopen en de vereiste sterkte van het eindproduct te halen.
- Het water wordt geleidelijk gekoeld door bijmenging met koud water.
- De kopeinden worden verwijderd van de kous en het uitkomende water verpompt naar de riolering. In dit water zitten volgens de leverancier geen resterende chemicaliën, hier wordt niet op gemonitord.

In Sittard zijn 5 kousen gebruikt voor een totale lengte van 550 meter.

Na uitvoering van de pilot is geconstateerd dat de kous middels luchtdruk de leiding inblazen onvoldoende betrouwbare resultaten gaf:

- Er was onvoldoende controle op het vasthouden van een constante waterdruk gedurende het uitrollen van de liner en uithardingsproces.

- Er ontstond een risico op lekkage via de wateraansluiting met als gevolg inloop van water in de oude leiding.

Dit zorgde voor een afgekeurde sectie, waardoor deze leidingsectie is vervangen door een gietijzeren leiding. Daarom is de inbrengprocedure aangepast. De kous wordt bovenaan de steiger gemonteerd, zie ook Figuur 3, en m.b.v. waterdruk uitgerold in de bestaande leiding. Het waterniveau wordt voortdurend gehandhaafd door bijvullen van de waterkolom, zodat de druk constant blijft, zie ook Figuur 4. Aan het begin van de kous is een koord bevestigd, door het koord te laten vieren is er controle over de uitrolsnelheid.

Controles en afsluiting
De afsluitende werkzaamheden bestaan uit:

- Visuele camera-inspectie van de liner.
- Plaatsing van steunbussen op de uiteinden, zie tekst onder opsomming.
- Aanbrengen koppeling naar het volgende leidingdeel.
- Afpersen van de leiding op 1MPa.
- Spuien en bacteriologische bemonstering tot goedkeuring van het monster.
- Na goedkeuring wordt de leiding in gebruik genomen.
- Van iedere kous die gemaakt wordt, wordt volgens de BRL de controle op het eindproduct uitgevoerd.
- Sluiting van de werkputten met herstel van het maaivelden eventuele wegbedekking.
- Oplevering van de revisiegegevens aan de opdrachtgever, waarna de opdracht formeel is afgerond.

Een bijzonderheid van de pilot in Sittard is dat een test is uitgevoerd op een aantal van de secties met het relinen zonder het plaatsen van rvs steunbussen. Op basis van de resultaten van de toegepaste koppelingen, heeft een doorontwikkeling plaatsgevonden op de koppelingen. Deze nieuwe koppelingen zijn geen onderdeel van de TKI evaluatie.

De bemonstering van bacteriologische betrouwbaarheid wordt uitgevoerd door het waterbedrijf, de overige controles worden uitgevoerd door de aannemer. De kwaliteitscontrole is daarmee hetzelfde als voor de traditionele aanpak met open sleuf. De monteurs die in aanraking komen met drinkwater zijn opgeleid om te werken conform alle procedures die nodig zijn voor het veilig werken met drinkwater (Hygiënecode drinkwater (Meerkerk, 2016a; Meerkerk, 2016b)).

De waterkwaliteit wordt jaarlijks gemonitord op biologische activiteit in het gebied dat water krijgt via deze leiding. Dit is standaard protocol van het drinkwaterbedrijf bij leidingen van PE en materialen waarvan de nagroei op de buiswand onbekend is. Er zijn de komende jaren geen controles voorzien om de sterkte als functie van tijd te monitoren. Er is ervaring met vergelijkbare kousen in de riolering (tot 30 jaar), deze kousen hebben tot nu toe geen problemen met kwaliteit laten zien.

Risicoanalyse:
Risico's bij de technische uitvoeringbestaan uit, zie ook (Das et al., 2016):

Omschrijving risico	Maatregelen
Werken met 10 meter hoge steiger (en equivalente waterdruk) en hoge temperatuur.	Wettelijke voorschriften (Arbo) en periodieke controles volgens certificeringsstandaarden
Vertraging, extra werkzaamheden of niet kunnen uitvoeren techniek door afwijkingen in diameter, tracé en omgeving (bv. aanwezigheid reparatiestukken, afwijkende bochten e.d.)	Inspectie d.m.v. camera, indien nodig graven van proefsleuven,
Onvolledig uitrollen van de liner. Bij vastzittende kous moet de leiding ter plekke worden opgegraven.	Camera-inspectie vooraf geeft een indicatie van mogelijke problemen, zoals dichtgroei (bij GGIJ) of kleinere diameters door reparatiesecties. Tijdens de uitvoering is het van belang om een constante waterdruk vast te houden, hierop is de procedure aangepast.
De liner bevat vouwen of zit niet strak tegen de bestaande buis aan.	De diameter wordt hierop berekend: de liner is iets kleiner dan de diameter van de bestaande leiding. De rek in het materiaal in combinatie met de waterdruk zorgt voor gelijkmatig uitvouwen (zolang de bochten niet te krap worden).
De liner hardt ter plekke uit, problemen ter plekke kunnen uitmonden in een liner van onvoldoende sterkte. In dit geval moet de leiding alsnog worden vervangen. Dit geldt voornamelijk voor: • Situaties met (tijdelijk) drukverlies, waardoor de hars kan uitzakken • Te snelle opwarming kan scheurtjes veroorzaken	Drukverlies wordt voorkomen door niet te werken met een druktrommel, maar altijd met een steiger. Hierdoor kan een continue waterdruk van een waterkolom van 10 meter worden aangehouden. Goede, stapsgewijze temperatuuropbouw wordt gegarandeerd door nauwgezet de procedure te volgen zoals opgenomen in de BRL.

Conclusie technische uitvoering:

De techniek is voorzien van de benodigde KIWA-ATA certificering. De techniek is uitgevoerd en voor een aantal secties is de leiding succesvol in gebruik genomen. Van 3 secties is geconstateerd dat er tekortkomingen waren en hierop zijn de werkprocedures aangepast en hebben doorontwikkelingen plaatsgevonden (deze doorontwikkelingen zijn geen onderdeel van deze evaluatie). Door het gebruik van Hydrofit is een traject gesaneerd met een lengte van 550 meter met graafwerkzaamheden op 6 locaties en heeft de nieuwe leiding minder verbindingen dan bij een traditionele open ontgraving (gemiddeld 110 meter i.p.v. 10 meter bij een nieuwe PVC leiding). Uitvoeringsrisico's zijn grotendeels ondervangen door de controles behorend bij de certificering, de visuele inspectie en reiniging voorafgaand aan de installatie en de procedures om een continue waterdruk te houden. Goede kennis vooraf van de leiding en de omgeving is belangrijk voor een goede risico-afweging, zie ook paragraaf 3.4.

De kwaliteitscontroles (waterdichtheid en microbiologische bemonstering) voor oplevering wijken niet af van de controles voor de aanpak met traditioneel ontgraven. Er is aanvullende jaarlijkse monitoring voorzien gedurende de operationele fase op het gebied van biologische

activiteit, dit is standaard voor het drinkwaterbedrijf bij PE leidingen en nieuwe materialen waar nog geen kennis is van microbiologische nagroei.

Veiligheid en correcte uitvoering vragen om goede procedures.

3.3.2 Complexiteit

Aanbrengen liner
De liner hardt ter plekke uit: de uitvoering is complexer dan een traditionele open ontgraving waar een vooraf gefabriceerde leiding wordt aangebracht.

Onderhoud
Er wordt verondersteld dat de liner geen andere onderhoudswerkzaamheden met zich meebrengt dan traditionele leidingen.

Reparatie
Bij eventuele lekkage is het terugvinden van de locatie van het lek uitdagender dan bij traditionele leidingen, omdat dan het water tussen de liner en de bestaande leiding door kan lopen. Dit geldt overigens alleen voor situaties waarin de liner lekt en de bestaande leiding niet (op diezelfde locatie). Redenen voor lekkage kunnen zijn:

- Lekkage door aanleg- of constructiefouten.
- Beschadiging van de liner door constructief bezwijken van de bestaande leiding door bijvoorbeeld uitwendige belasting
- Graafschade van werkzaamheden in de ondergrond. De aanwezigheid van de oude buis om de liner geeft een extra bescherming hiertegen.

Een deel van de lekkages in het Nederlandse drinkwaternet worden veroorzaakt door lekkende verbindingen. Een voordeel van deze techniek t.o.v. een traditionele vervanging is dat er veel minder verbindingen zijn. Typisch voor materialen in Nederland zijn leidinglengte van 5 tot 10 meter, terwijl met deze techniek gemiddeld eens in de 100 meter een verbinding nodig is.

Indien er een lek optreedt, kan met lekdetectie-apparatuur de locatie worden gevonden, maar er is weinig tot geen ervaring met het gebruik van dit soort apparatuur bij gerelinede leidingen.

Reparatie van de liner is ingewikkelder dan bij een traditionele leiding. Omdat de liner in een bestaande leiding ligt, kan er niet direct een reparatieklem worden aangebracht. Eerst moet de bestaande leiding worden weggehakt of gesneden, waarna de liner kan worden gerepareerd. Dit kost meer tijd en hinder dan de aanpak van traditionele leidingen. Voor de pilot was de bestaande leiding van AC. Het weghakken van AC vraagt om extra maatregelen om de werkzaamheden veilig te laten plaatsvinden volgens ARBO-normen.

Benodigde expertise
Drinkwaterbedrijf:
Voor het drinkwaterbedrijf wijken de aanleg- en opleveringswerkzaamheden niet of nauwelijks af van de standaard werkzaamheden. Het gebruik van deze techniek vergt daarom geen extra vaardigheden van het personeel van het drinkwaterbedrijf.

Leverancier:
De techniek is van oorsprong afkomstig uit de rioleringssector. De hars en de kous worden samengesteld en geïmpregneerd op een locatie waar ook kousen en harsen voor de

rioleringssector worden vervaardigd. Gezien de additionele hygiëne-eisen die aan het gebruik in drinkwater worden gesteld betekent dit dat er maatregelen zijn getroffen om ervoor te zorgen dat deze sectoren elkaar nooit kruisen. Daarnaast is er een Good Manufacturing Procedure opgesteld, waarin alle maatregelen die de hygiëne garanderen zijn vastgelegd.

Omdat de kous ter plekke uithardt, vraagt de techniek om een nauwgezette uitvoering en controle van procedures.

Aannemer:
De aanvullende hygiëne-eisen voor het werken met drinkwater betekenen dat monteurs aanvullende training nodig hebben om veilig in de drinkwatersector te kunnen werken (hygiënecode). Momenteel houdt dit in dat alle voorbereidende werkzaamheden en alle werkzaamheden waar contact met drinkwater plaatsvindt worden uitgevoerd door monteurs van Heijmans. De kous wordt geïnstalleerd door monteurs van Insituform. In de toekomst wordt voorzien dat ook de monteurs van Insituform een training voor werken in de drinkwatersector krijgen.

Risicoanalyse:
Risico's op het gebied van complexiteit bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
De combinatie van de hars met de kous is nieuw voor de drinkwatersector. Er is dus nog geen lange-termijn-ervaring met sterkte en chemische en bacteriologische betrouwbaarheid van de uitgeharde kous.	De aanwezige certificering garandeert dat de liner voldoet aan de wettelijke eisen. Per liner wordt een ring gecontroleerd op stijfheid en er is een visuele inspectie. Daarnaast is het voor het waterbedrijf aan te bevelen om kennis en ervaring van het lange termijn gedrag van de liner op te doen). Weliswaar zijn er ervaringen in andere sectoren met vergelijkbare producten, maar door monitoren van de eigenschappen kan meer kennis over materiaaleigenschappen en het einde van de levensduur worden gegenereerd. Dit kan door: • Aanvangssituatie goed vast te leggen (KIWA-rapportage van de uitgenomen ring bij iedere kous koppelen aan leidinggegevens plus resultaten camera-inspectie, vaststellen van biofilmvormingspotentie BVP) • Na 10 jaar herhalen van camera-inspectie • Bij uitnamen (nieuwe afsluiters, brandkranen, T-stukken e.d.) een ring op stijfheid controleren en vergelijken met aanvangssituatie • Na 50 jaar een ring uitnemen en op stijfheid controleren. • Regelmatig bacteriologisch te bemonsteren, een aantal keer onder operationele condities en na verstoringen (zoals reparaties).

Conclusie complexiteit:

Het op locatie ondergronds uitharden van leidingmateriaal is complexer dan de traditionele aanpak met een voorgefabriceerde leiding. Een afwijkende sterkte heeft namelijk een groter effect, omdat de liner dan al wel in de grond zit. Daarom luistert de uitvoering van de procedures nauw. De werkzaamheden kunnen niet door een willekeurige aannemer worden uitgevoerd, maar vragen getraind personeel. Er wordt tijdens de uitvoering samengewerkt met meerdere partners, wat betekent dat vastleggen en correct uitwisselen van gegevens extra belangrijk is.

Regulier onderhoud zal naar verwachting niet anders zijn dan voor een traditionele leiding. Indien er lekkage optreedt in alleen de liner zal deze mogelijk moeilijker zijn op te sporen en lastiger te repareren dan in traditionele leidingen.

3.4 Proces

3.4.1 Introductie

We maken onderscheid tussen een planfase en een uitvoeringsfase.

De planfase week af van de gebruikelijke doordat het hier specifiek om een pilot met een nieuwe techniek ging. Er is gezocht naar een locatie die binnen afzienbare tijd voor sanering in aanmerking zou komen gecombineerd met de mogelijkheid om de leiding enige weken buiten bedrijf te nemen. Op basis van storingen en exit-beoordelingen bij leidingen van hetzelfde materiaal, maar kleinere diameters was ingeschat dat de pilotleiding in Sittard een constructief probleem had door uitloging van het AC.

Er is voorafgaand aan de pilot een non-destructieve conditietest uitgevoerd door Echologics en tijdens de uitvoering is voor een proefstuk de effectieve wanddikte bepaald met thymolftaleïne. De geschatte resulterende maximum belasting is berekend en vergeleken met de optredende belastingen. Hieruit heeft het waterbedrijf de conclusie getrokken dat de betreffende leiding nog 25-30 jaar had meegekund, maar dit was gezien de doelstellingen voor de pilot geen reden om de sanering uit te stellen.

3.4.2 Planfase

De activiteiten in de planfase staan in Bijlage IV. Door de verminderde hoeveelheid procedures voor vergunningen is de doorlooptijd korter dan met een traditionele ontgraving. Het is te verwachten dat de doorlooptijd van de planfase hierdoor in het algemeen korter zal zijn bij Hydrofit dan bij traditionele ontgravingen.

De leiding in Sittard lag naast de BEEL-zonering van een spoordijk. Omdat de werkzaamheden buiten de zonering bleven, was geen vergunning nodig van de spoorbeheerder. Wel is overleg geweest met ProRail over het gebruik van een kraan voor de plaatsing van de steiger.

Het waterbedrijf WML hanteert als beleid voor leidingvervanging om de nieuwe leiding in een nieuw tracé naast de oude leiding te leggen (NNO - nieuw naast oud). Als de nieuwe leiding is goedgekeurd en operationeel is, vervalt de oude leiding. Deze blijft liggen tot de nieuwe leiding wordt gesaneerd en dan verwijderd. Bij de relining blijft het oude tracé behouden, dit kan een minder ingewikkelde planfase geven doordat minder onderzoeken moeten worden

uitgevoerd en zakelijk recht (om toegang tot de locatie te krijgen voor aanleg, onderhoud, reparatie en sanering) al aanwezig is.

Risicoanalyse:
Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Als onderdeel van de probleemanalyse: Onvoldoende sterkte-eigenschappen door te dunne liner door overschatting reststerkte bestaande leiding.	Hydrofit wordt standaard als een volledig structurele oplossing uitgevoerd, dunne liners worden niet geïnstalleerd. Reststerkte van de bestaande leiding is dan geen factor meer.
Vertragingen in vergunningsprocedures, fouten in het werkplan en herberekeningen door fouten in revisiegegevens. Dit geldt niet alleen voor sleufloze technieken, maar ook voor traditionele ontgravingen. Echter, bij traditionele open ontgravingen kunnen dit soort problemen vaak worden omzeild doordat alles wordt verwijderd en vervangen. Close-fit technieken zitten vast aan de geometrie van de bestaande leiding en hebben daarom in potentie meer last van fouten in gegevens.	Graven van proefsleuven als controle op de tekeningen, en visuele inspectie van de leiding.
Vertragingen door afstemmen werkprocessen binnen het drinkwaterbedrijf	De processen binnen een drinkwaterbedrijf zijn afgestemd op de doorlooptijden van projecten met traditionele open ontgravingen. Drinkwaterbedrijven moeten hier alert op zijn, zodat de tijdwinst ook echt wordt gerealiseerd (bv. nu de vergunningsprocedures korter zijn, moeten ook de gegevens sneller worden opgevraagd).

Conclusie planfase:

Doordat Hydrofit een volledig constructieve oplossing is, is de analyse van de toestand van de leiding nagenoeg hetzelfde als voor een traditionele aanpak met open sleuf. Wel hebben afwijkingen van de werkelijke leiding t.o.v. de gegevens vooraf potentieel meer invloed op de uitvoering.

Voor het drinkwaterbedrijf is de planfase eenvoudiger dan voor traditionele vervangingen, de planfase kost minder tijd, geld en inspanning op het gebied van berekeningen en vergunningen.

3.4.3 Uitvoeringsfase

De werkzaamheden worden door verschillende bedrijven uitgevoerd. Insituform is verantwoordelijk voor de installatie van de kous, Heijmans voor de voorbereidende en afsluitende werkzaamheden, en het drinkwaterbedrijf voor het controleren van kwaliteit van het drinkwater.

Voorafgaand aan de werkzaamheden wordt een kwaliteitsplan opgesteld. Tijdens de werkzaamheden wordt dagelijks een logboek bijgehouden door Heijmans met daarin alle verrichte werkzaamheden. Dit logboek wordt wekelijks met de opzichter besproken en

getekend voor akkoord door het drinkwaterbedrijf. Deze aanpak met een logboek is standaard en dus ook gebruikelijk voor een traditionele aanpak met open ontgraving.

Bij oplevering worden de revisiegegevens aan het drinkwaterbedrijf overgedragen. Een interessant aspect is welke gegevens het drinkwaterbedrijf in het Leiding Informatie Systeem(LIS) plaatst. Bij de traditionele aanpak waarbij de nieuwe leiding naast de oude wordt aangelegd, staan zowel de oude (buiten gebruik genomen) leiding als de nieuwe leiding in het LIS. Bij toepassing van Hydrofit staat er maar één leiding in het LIS, de operationele. Dit kost in principe minder administratie, maar voor toekomstig onderhoud en sanering is het wel van belang dat een aantal additionele gegevens van de leiding worden opgenomen (bv. het materiaal van de liner, dat er een AC mantelbuis aanwezig is, de locatie van de verbindingen, de resultaten van de kwaliteitscontroles).

Risicoanalyse:
Risico's in deze fase bestaan uit, zie ook (Das et al., 2016):

Omschrijving risico	Maatregelen
Fouten in uitvoering door onvolledige of onjuiste gegevensoverdracht tussen alle uitvoerende partijen en het drinkwaterbedrijf. Fouten in de revisiegegevens gaan het LIS van het drinkwaterbedrijf in. Overigens kunnen ook bij het in het LIS invoeren van gegevens fouten ontstaan.	Risico wordt gedeeltelijk ondervangen door het bijhouden en overdragen van kwaliteitsprotocollen en revisiegegevens. Zo wordt er een kwaliteitsplan opgesteld en wordt een logboek met activiteiten bijgehouden. Eventuele fouten in uitvoering komen aan het licht door het afpersen en bacteriologische bemonstering.

Conclusie uitvoeringsfase:

De uitvoeringsfase is procesmatig wat ingewikkelder dan voor een traditionele aanpak, vanwege de samenwerking met verschillende partijen. Dit vergt goede afspraken tussen de partijen die momenteel wordt ingevuld middels het vooraf opstellen van een kwaliteitsplan met overdrachtsmomenten, de wekelijkse accordering van een logboek en de opleveringscontroles.

3.5 Omgeving

3.5.1 Milieu

LCA: Zie voor een overzicht de memo Duurzaamheidsanalyse leidingsaneringen. De belangrijkste onderscheidende factoren bij het bepalen van de duurzaamheid van een techniek op een locatie zijn:

- Materiaal van de leiding of liner;
- Omvang van verkeersomleidingen in combinatie met type verkeer (bv. auto of vrachtwagen).

Het aantal graafwerkzaamheden en grond aan- en afvoer hebben ook invloed, maar die is beperkt van omvang in het totale duurzaamheidseffect.

Bij een traditionele open ontgraving wordt meestal PVC gebruikt als materiaal voor de nieuwe leiding. Een nieuwe PVC-leiding is duurzamer dan een volledig constructieve kous-

met-hars-liner bij vergelijkbare levensduur. Voor een ø 400 mm leiding is dit een verschil van ongeveer 28% in Ecopunten. Dat betekent dat zonder verkeersmaatregelen een traditionele open ontgraving met aanbrengen van een PVC leiding vaak duurzamer zal zijn dan Hydrofit.

Door de beperkte hoeveelheid werkputten t.o.v. een open sleuf kan het zo zijn dat bij toepassing van een sleufloze techniek minder verkeersbewegingen nodig zijn dan bij een open ontgraving. In dat geval kan bij voldoende verkeer dat voldoende ver om moet rijden de sleufloze techniek alsnog duurzamer zijn dan een open ontgraving.

Omdat het om een pilot ging, was de locatie specifiek uitgezocht om weinig hinder voor de omgeving te geven. Op de pilotlocatie was er daarom geen sprake van verkeersomleidingen en was een open ontgraving met een nieuwe PVC leiding waarschijnlijk duurzamer geweest. Overigens was in dit geval bij traditioneel ontgraven waarschijnlijk een nodulair gietijzeren (NGIJ) leiding gebruikt, voor dit materiaal is geen duurzaamheidsanalyse uitgevoerd.

Bomen: Er waren geen bomen aanwezig op het terrein.

Bodem- en waterkwaliteit: op de pilotlocatie was sprake van basisklasse bodemverontreiniging. Minder graafwerkzaamheden betekent minder roering en verplaatsen van verontreinigde grond. De bestaande leiding ligt net boven de grondwaterspiegel, dus extra bronbemaling was niet van toepassing.

Er waren op het terrein geen bijzondere ecologische habitats.

Risicoanalyse:

Op milieugebied zijn de volgende risico's relevant, zie ook (Das et al., 2016):

Omschrijving risico	Maatregelen
Vrijkomen van hars in het aquatische milieu bij een teveel aan hars, waardoor een deel van de hars niet uithardt, maar wordt uigespoeld.	Het risico wordt gereduceerd door een nauwkeurig impregneringsproces.

Conclusie milieu:
Er zijn minder graafwerkzaamheden bij Hydrofit dan bij een traditionele open sleuf. Dit kan zorgen voor minder verkeersomleidingen, waardoor Hydrofit een duurzaam alternatief voor open ontgravingen kan vormen. De pilotlocatie was echter uitgezocht om risico op hinder te beperken, er waren dan ook geen verkeersomleidingen nodig. Het kleinere aantal graafwerkzaamheden was gunstig door de aanwezigheid van basisklasse verontreinigde grond.

3.5.2 Hinder

Bereikbaarheid
Bij de pilotlocatie was er geen sprake van gehinderde bereikbaarheid van percelen. In het algemeen kun je stellen dat Hydrofit ten opzicht van traditionele open ontgravingen een voordeel heeft doordat niet langs het gehele tracé wordt gegraven, maar alleen bij werkputten. Door de werkputten op een handige manier te kiezen kunnen bereikbaarheidsproblemen, zoals bereikbaarheid van percelen, inritten en opritten en dergelijke worden voorkomen.

Geluid en trilling:
Het werkschema voor Hydrofit ziet er in het algemeen als volgt uit:

dag 1: aanvoer en inrichten werkterrein, ingraven bekisting werkputten en indien nodig bemaling grondwater
dag 2: verbreken leiding in beide werkgaten, reinigen en inspecteren leiding
dag 3: aanbrengen liner compleet
dag 4: openbreken en afwerken koppeling, gereed maken volgende traject
dag 5: proppen
dag 6: spuien en bacteriologisch testen
dag 7-8: na bacteriologische goedkeuring afpersen en in bedrijf nemen.

Op dag 5 tot 8 kan de volgende sectie al worden aangebracht (dag 1 en 2).

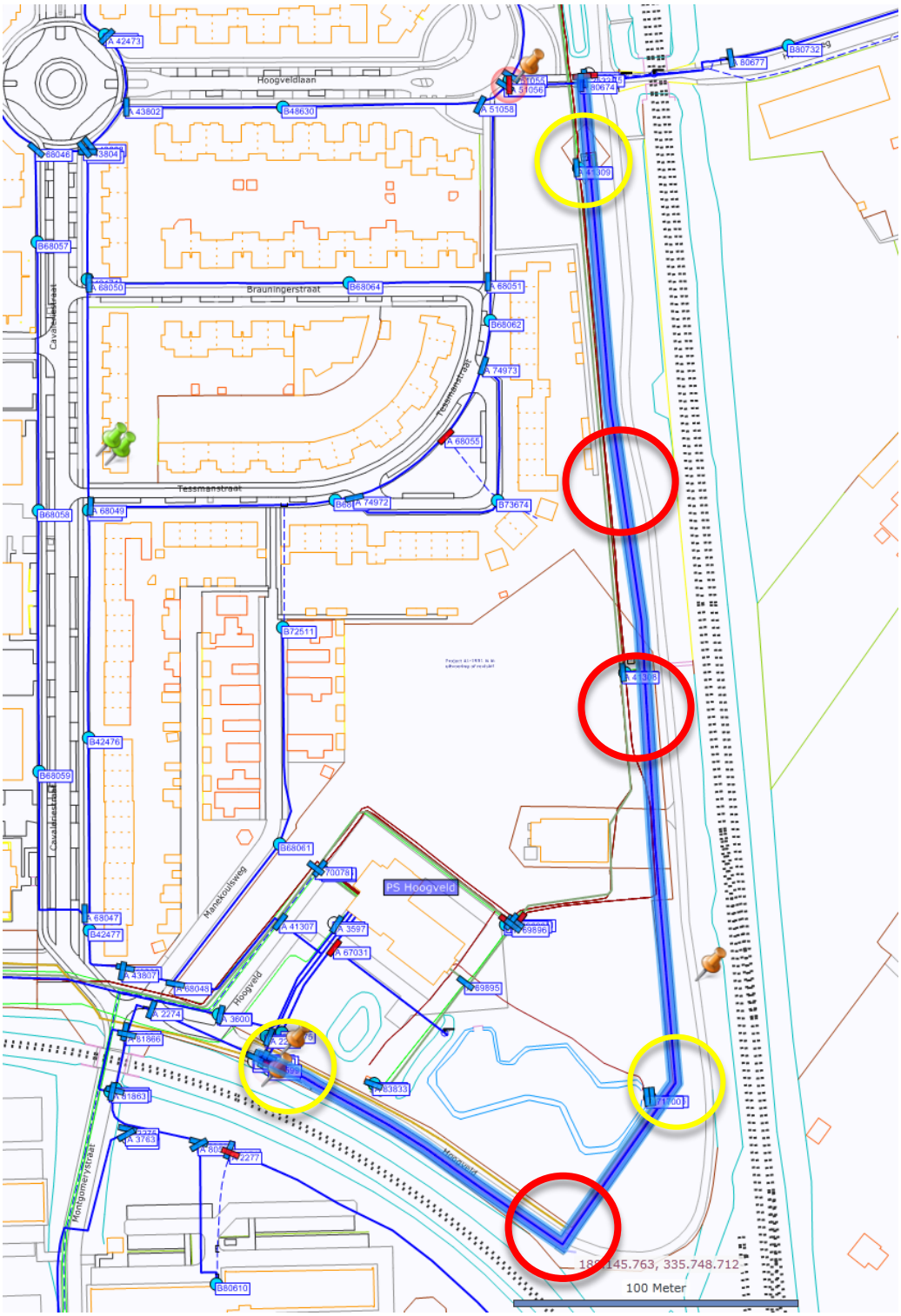
Er stonden ±10 huizen binnen 50 meter van de werkzaamheden, Figuur 2 en Figuur 5 (werkputten B, G en F). Bij de werkzaamheden wordt gebruik gemaakt van een op dieselolie gestookte vrachtwagen met warmteketel om het water in de liner op te warmen naar 85° C en te circuleren gedurende 4 uur. Het is onbekend hoeveel dB(A) de vrachtwagen en ketel produceert, we gaan uit van niveaus tussen 50 en 80 dB(A). Daarnaast worden er werkputten van 5-7 m^3 gegraven en gedicht. Er was geen sprake van bemaling tijdens deze pilot. In totaal gaan we uit van 5 dagen met mogelijke geluidshinder van 50-80 dB(A) per sectie. In totaal hadden 2 secties huizen binnen de 50 meter van de werkzaamheden. We gaan er vanuit dat de werkgaten voor beide secties op 1 dag zijn gegraven en dat beide secties op 1 dag zijn verbroken en geïnspecteerd. Daarmee hadden de 10 huizen dus gedurende 7 werkdagen mogelijk geluidshinder van 50-80 dB(A).

Aannames bij sleufwerkzaamheden:

- Een sleuf is ongeveer 1,5 meter diep en 1-2 meter breed.
- Gedurende een volledige werkdag wordt materieel ingezet met geluidsniveau van 50-80 dB(A).
- We gaan uit van 30-50 meter leidingvervanging per dag in een stedelijke omgeving en 50-100 meter per dag in landelijke omgeving.

In Sittard was sprake van een stedelijke omgeving met daarmee een snelheid van 30-50 meter per dag. Bij een traditionele aanpak zijn de geluidsniveaus vergelijkbaar aangezien de overlast hier voornamelijk uit de graafwerkzaamheden bestaat. Het aantal huizen met deze overlast is groter bij een traditionele aanpak met tussen 15 en 20 huizen binnen 50 meter van een sleuf. Over een sleuflengte van zo'n 200 meter. Dat betekent mogelijke geluidshinder voor 15 tot 20 huizen gedurende 4 tot 7 dagen van 50-80 dB(A) (niet alle huizen bevinden zich op ieder van deze dagen binnen 50 meter van de sleuf, maar we gaan er van uit dat met aan- en afvoer toch enige vorm van hinder kan plaatsvinden). Dat zijn meer huizen dan bij Hydrofit tijdens een vergelijkbare periode van werkzaamheden, Hydrofit geeft hier dus minder hinder dan een traditionele open ontgraving.

In een omgeving met meer woningen of andere bedrijvigheid dicht bij de werkzaamheden was de geluidshinder volgens bovenstaande uitgangspunten aanzienlijk groter geweest en is Hydrofit minder hinderlijk dan een traditionele ontgraving.



Figuur 5 Overzicht van tracé Sittard met bijbehorende percelen. De rode cirkels laten zien waar de intredeputten zijn. De gele cirkels laten zien waar de uittredeputten zijn.

Visueel

Hydrofit heeft 50 m² aan ruimte nodig voor materieel, werkputten en dergelijke voor een lengte van 110 meter relinen gedurende 6 dagen. Een traditionele open sleuf vraagt 110-220 m² ruimtegebruik gedurende een periode van 3 tot 4 dagen nog los van ruimte benodigd

voor materieel. Met Hydrofit kan zelfs tot en met een lengte van 250 meter in één streng worden aangelegd met hetzelfde ruimtegebruik van 50 m^2 en 6 dagen, bij traditioneel ontgraven loopt het ruimtegebruik dan op tot 250-500 m^2 in 5 tot 9 dagen. Dat betekent dat ten opzicht van traditioneel vervangen Hydrofit minder ruimte gebruikt en daarmee dus minder potentiële hinder geeft voor omwonenden.

Hydrofit gebruikt een steiger van 10 meter hoogte en een mobiele telekraan van 30 ton om de kous bovenaan de steiger te kunnen bevestigen en door de bestaande leiding te voeren. Een steiger van 10 meter is veel hoger dan de gemiddelde hoogte benodigd voor een open ontgraving. Een steiger is gemiddeld 1 dag voor een kous nodig, ervan uitgaande dat een werkput gebruikt kan worden voor 2 kousen, komt dat neer op 2 dagen een steiger per locatie van een werkput en daarmee voor maximaal 500 meter relining. Voor dezelfde afstand geeft een traditionele open ontgraving 10-17 dagen graafwerkzaamheden. Ervan uitgaande dat resterende werkzaamheden voor Hydrofit nadat de steiger is verwijderd geen visuele overlast voor de omgeving meer betekenen, betekent dit dat Hydrofit veel minder lang visuele overlast geeft, maar de overlast is in die periode alleen voor de directe omgeving van de steiger en de kraan wel groter dan bij traditionele ontgravingen.

In het geval dat geroerde grond moet worden afgevoerd of grond moet worden aangevoerd om sleuven op te vullen, heeft Hydrofit als voordeel ten opzichte van traditionele ontgravingen dat er veel minder grondverplaatsingen nodig zijn. Voor de omgeving betekent dit dat er minder vrachtwagens af en aan rijden.

Doordat er weinig klanten beïnvloedt werden door de pilot is er geen klanttevredenheidsonderzoek uitgevoerd.

Stank
Er is geen aanwijzing voor stankoverlast.

Risicoanalyse
Risico's op het gebied van hinder bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Klachten van bewoners over overlast	Het is aan te bevelen om achteraf een klanttevredenheidsonderzoek uit te voeren indien er voldoende omwonenden zijn voor een representatief beeld. De resultaten kunnen worden gebruikt voor maatregelen bij een volgend project.
Er is relatief weinig bekend over werkelijke geluidsniveaus, de analyse is grotendeels op aannames gebaseerd.	Aanbevolen wordt om hier metingen aan uit te voeren.

Conclusie hinder
Door de afname van het ruimtebeslag en de beperking van het aantal graaflocaties geeft de Hydrofit-techniek een veel grotere inpasbaarheid om bereikbaarheidsproblemen te voorkomen. Uitgaande van een vergelijkbaar geluidsniveau als graafwerkzaamheden zorgt de Hydrofit in het algemeen voor aanzienlijk minder geluids- en visuele overlast. Ook zal er vanwege het beperkte aantal vergraven kubieke meters minder overlast zijn door aan- en afvoer van grond. Er is wel sprake van een 10 meter hoge steiger en het gebruik van een mobiele telekraan van 30 ton, maar die zijn slechts in gebruik van de werkputten gedurende

1 dag per streng. Dit is dus beperkt en in de gemeentelijke vergunning wordt meegenomen of de locatie geschikt is voor tijdelijke plaatsing van een dergelijke steiger.

3.5.3 Externe veiligheid

Verkeer

Op de pilotlocatie was geen sprake van verkeersoverlast. In het algemeen kan gesteld worden dat Hydrofit minder verkeersmaatregelen met zich meebrengt dan traditioneel vervangen. Dit omdat bij traditioneel vervangen langs het hele tracé graafwerkzaamheden plaatsvinden (niet allemaal gelijktijdig, de overlastzone verplaatst mee met de dagproductie) en bij Hydrofit slechts iedere 125 meter 2 putten nodig zijn. De locaties van deze putten zijn aangepast aan de lokale mogelijkheden (bv. gepositioneerd buiten de locaties met vervuilde grond, inritten en wegkruisingen). Wel is het zo dat de putten (1.5x2.0 m) benodigd voor Hydrofit gedurende de gehele uithardingsfase van 2 dagen open blijven. Afhankelijk van de projectlocatie kunnen soms de werkzaamheden bij traditionele open ontgravingen worden geoptimaliseerd om het verkeer zo min mogelijk te hinderen.

Kabels en leidingen

Op de pilotlocatie ligt een Enexis laagspanningsleiding op 0,5 m van de bestaande leiding. Daarnaast ligt een hoge druk gasleiding dicht bij de bestaande leiding die deze op enkele locaties kruist. Het beleid van het waterbedrijf bij vervangingen is om de nieuwe leiding naast de oude te leggen. De oude leiding wordt buiten gebruik genomen en blijft in de grond liggen tot de nieuwe leiding aan sanering toe is. Vervolgens wordt de leiding alsnog verwijderd. Aanwezige kabels en leidingen zullen (als deze tegen die tijd nog aanwezig zijn) ook dan een factor zijn die een sanering kan compliceren.

Risicovolle objecten

De pilotlocatie ligt naast een spoordijk, maar de werkzaamheden vallen buiten de invloedzone. Er is alleen rekening gehouden met de positie van de telekraan om valgevaar te voorkomen. Hierover is contact met de beheerder (ProRail) geweest. Ook een traditionele aanpak was buiten de invloedssfeer van de spoordijk gebleven.

Door de vermindering van het aantal verbindingen in de leiding kan gesteld worden dat er in de toekomst minder risico op lekkage is. Een eventueel optredende lekkage is echter wel potentieel moeilijker exact te lokaliseren. In aanleg is deze techniek gunstig voor risicovolle objecten, omdat er minder graafwerkzaamheden zijn.

Risicoanalyse:

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Als er tijdens de uitvoering toch iets mis gaat, moet er alsnog gegraven worden of uitgeweken worden naar een ander tracé. Dit kan gevolgen hebben voor externe veiligheid.	Voorafgaand aan wijzigingen t.o.v. het plan moet de externe veiligheid worden meegenomen en evt. vergunningverleners moeten betrokken worden bij wijzigingen.

Conclusie externe veiligheid

De flexibiliteit rondom verkeerswegen wat betreft de locatie van werkputten is een voordeel, alsmede de nabijheid van risicovolle objecten en kans op graafschade aan andere objecten.

3.6 Kosten

Tijdens de pilot zijn naast het uitvoeren van de techniek ook een aantal testen voor verdere ontwikkeling van Hydrofit uitgevoerd. De pilot is voorafgaand aan het opstellen van de evaluatiemethodiek uitgevoerd, waardoor de volledige spreadsheet niet meer is in te vullen voor zowel Hydrofit als traditioneel ontgraven. Er is voor een project met vergelijkbare lengte wel een kostenoverzicht gemaakt, maar van dit project is geen vergelijking mogelijk met traditioneel open ontgraven door ontbreken van de gegevens van dat project. Daarom wordt in deze evaluatie geen uitwerking van de kosten gemaakt.

Referenties

Das, S., Bayat, A., Gay, L., Salimi, M., and Matthews, J., 2016, A comprehensive review on the challenges of cured-in-place pipe (CIPP) installations, *J. of Water Supply Res. and Techn.-AQUA* **65**(8)**:**583-596.

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.

Meerkerk, J., 2016a, PCD 1-7 Hygiëne bij werkzaamheden aan het leidingnet; Werkboekje bij de "Hygiënecode Drinkwater; Opslag, transport en distributie" (december 2016), KWR, Nieuwegein, pp. 33.

Meerkerk, M. A., 2016b, PCD 1-4 Hygienecode Drinkwater. Opslag, transport en distributie, KWR, Nieuwegein pp. 84.

van Vossen, J., 2014, Kansrijke saneringstechnieken. Uitkomsten desktopstudie KWR 2014.101, Nieuwegein.

van Vossen, J., Beuken, R., and Slaats, N., 2014, Kansrijke saneringstechnieken - uitkomsten desktopstudie. Presentatie, Nieuwegein, 16 december 2014, KWR, Nieuwegein, pp. 48.

van Vossen, J., van Eijk, R., and Beuken, R., 2015, Overzicht van aanleg-, reparatie- en renovatietechnieken voor sanering van leidingen, KWR, Nieuwegein, pp. 45.

Bijlage I Evaluatieprotocol

Randvoorwaarden pilots

Bij de randvoorwaarden zijn vooral de volgende zaken van belang, zie memo Evaluatiemethodiek:

1. Kan de techniek technisch worden toegepast?
    a. Operationele condities:
        i. Diameter
        ii. Lengte
        iii. Materiaal en voegen
        iv. Leeftijd
        v. Operationele en maximale drukcondities
        vi. Configuratie (aanwezigheid huisaansluitingen, bochten, vorm leiding, brandkranen, kunstwerken e.d.)
    b. Omgevingsfactoren (waterkwaliteit, bodem etc.)
2. Voldoet de toestand van de leiding aan de specificaties van de techniek?
        i. Inspectieresultaten
        ii. Storingsgeschiedenis
3. Hoe representatief is het project (leiding, locatie, probleem)?
    a. Lokaal: zeer specifiek project
    b. Regionaal: representatief voor substantieel deel net waterbedrijf
    c. Landelijk: representatief voor substantieel deel net meerdere waterbedrijven
4. Is er de mogelijkheid om vanaf het begin van de planfase tot en met afronding en evaluatie in de pilot mee te nemen?

Wijze van beoordelen

Er zijn een aantal standaard aanpakken beschikbaar voor het afwegen van alternatieven voor een referentie, zie memo Evaluatiemethodiek

- Een Effecten-overzicht (EO): hierin worden alle relevante aspecten in beeld gebracht zonder deze te wegen.
- Een Maatschappelijke Kosten-batenanalyse (MKBA): hierin worden alle relevante aspecten in beeld gebracht en gemonetariseerd, waarna de weging plaatsvindt op kosten.
- Een Kosten-effectiviteitsanalyse (KEA): hierin wordt alleen de meerwaarde van alternatieven t.o.v. de referentie gewogen.
- Een Multi-criteria analyse (MCA): vergelijkbaar met een MKBA, maar i.p.v. monetariseren wordt een (subjectief) gewicht toegekend aan alle effecten.

Er is in de aanpak in dit project gekozen om de verschillende relevante aspecten niet te wegen, maar naast elkaar te zetten in de vorm van een effecten-overzicht. Waterbedrijven kunnen dan zelf de afweging maken welke aspecten het zwaarst wegen. Wel worden een aantal aspecten van een MKBA gevolgd om een zo volledig mogelijk beeld te genereren.

Een MKBA bestaat uit de volgende stappen, zie memo Evaluatiemethodiek:

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

In de probleemanalyse wordt vastgesteld welk probleem de betreffende techniek moet kunnen oplossen. Het is belangrijk om vooraf vast te stellen wat het probleem is, zodat achteraf kan worden geëvalueerd of (i) het probleem voldoende bekend was en (ii) of de techniek het probleem heeft opgelost.

Het nul alternatief beschrijft wat er was gedaan als de techniek niet was uitgevoerd. In dit geval wordt als nul alternatief een traditionele ontgraving aangenomen.

Voor het vaststellen van projectalternatieven is een analyse van de netwerken van de deelnemende waterbedrijven gekoppeld aan een analyse van de beschikbare (van Vossen, 2014). De geselecteerde technieken zijn in overleg gekoppeld aan de deelnemende waterbedrijven.

Voor het bepalen van de kosten is een kostenstructuur opgesteld, zie Bijlage V. Het uitgangspunt hierbij is om alle kosten mee te nemen (niet alleen de onderscheidende kosten tussen de verschillende technieken).

Naast kosten zijn nog allerlei andere aspecten relevant, die lang niet altijd worden meegenomen in een afweging. Vaak omdat niet alle effecten bekend zijn of moeilijk te kwantificeren. Onder het kopje evaluatiecriteria worden de effecten die in deze studie worden meegenomen toegelicht. Er zijn handreikingen beschikbaar voor het monetariseren van effecten van infrastructurele projecten op de omgeving, zie memo Evaluatiemethodiek In dit project is gekozen om nadruk te leggen op de volledigheid van het effecten-overzicht en niet het monetariseren.

Omdat aan iedere pilot één techniek is toegekend, zijn er geen varianten mogelijk. Wel wordt bij de diverse aspecten een risicoanalyse uitgevoerd.

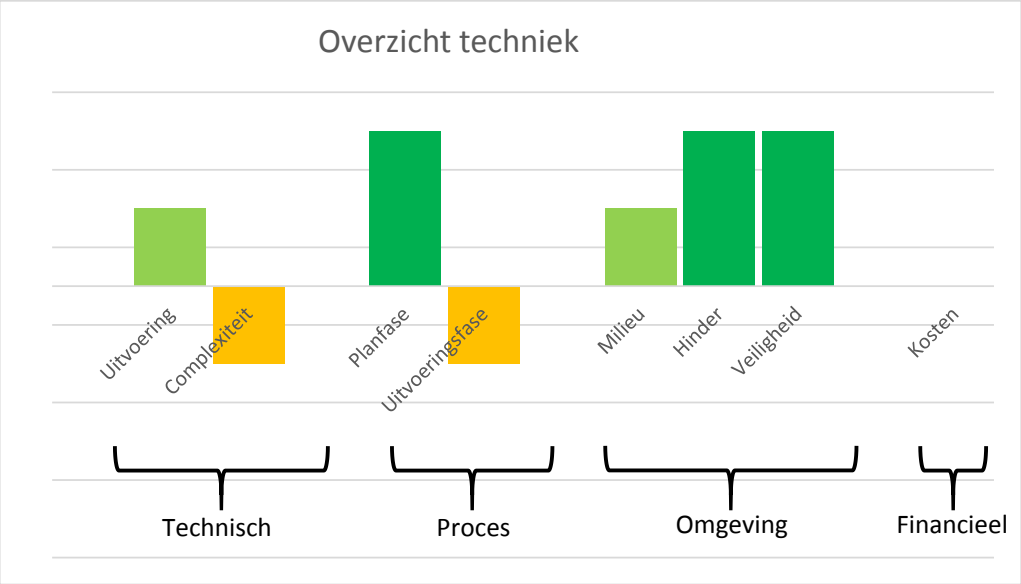
De resultaten worden gepresenteerd in de vorm van het effectenoverzicht, Figuur 6. Er wordt geen weging gemaakt van de individuele categorieën, wel is er een oordeel per categorie. Dit oordeel is relatief t.o.v. het nul alternatief, een traditionele open ontgraving. De kleuren representeren:

- Rood: de techniek presteert veel slechter dan het nul alternatief.
- Oranje: de techniek presteert slechter dan het nul alternatief.
- Geel: de techniek en het nul alternatief presteren gelijkwaardig.
- Lichtgroen: de techniek presteert beter dan het nul alternatief.
- Donkergroen: de techniek presteert veel beter dan het nul alternatief.

Evaluatiecriteria

We beschouwen een compleet leidingsysteem van sanering tot ingebruikname van de nieuwe leiding, dan wel liner, inclusief appendages, huisaansluitingen e.d.. We beschouwen ook het verwijderen van de bestaande leiding, ofwel onmiddellijk, ofwel aan het einde van de levensduur van de liner.

Figuur 6 geeft een totaaloverzicht van een voorbeeldevaluatie van een individuele techniek. Er wordt op 4 gebieden geëvalueerd, zie ook memo Evaluatiemethodiek



Figuur 6 Voorbeeld totaaloverzicht evaluatie individuele techniek. Rood betekent veel slechter dan nul alternatief, oranje betekent slechter dan nul alternatief, geel betekent neutraal, lichtgroen betekent beter dan nul alternatief en donker betekent veel beter dan nul alternatief. Figuur is ingevuld met fictieve uitkomsten.

1. Technisch:

- Technische uitvoering:
  Wat is de reden van renovatie dan wel vervanging en lost de techniek het probleem op volgens de specificaties van de leverancier? Wat vraagt de techniek aan informatie over de bestaande leiding en is die informatie beschikbaar? Is de techniek conform specificaties uitgevoerd en heeft de techniek het probleem opgelost? Is de kwaliteit afdoende controleerbaar en hebben deze controles plaatsgevonden? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?
- Complexiteit:
  Wat vraagt de techniek aan aanvullende kennis en expertise van de betrokken werknemers (zowel wat betreft installatie als onderhoud)? Is die kennis en expertise in voldoende mate aanwezig om de kwaliteit van de werkzaamheden te garanderen? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

2. Proces:

- Planfase:
  Wat zijn de verschillen in de planfase van de techniek ten opzichte van traditionele ontgravingen? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

- Uitvoeringsfase:
  Op welke manier wordt overdracht van informatie afgehandeld en wordt de kwaliteit van de werkzaamheden geborgd? Heeft dit tijdens de pilot op de afgesproken wijze plaatsgevonden? Op welke wijze wijkt dit af van de werkwijze bij traditionele ontgravingen? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

3. Omgeving:

- Milieu:
  De techniek wordt geëvalueerd op duurzaamheid, effect op aanwezige bomen, bodem- en waterkwaliteit en ecologie. De duurzaamheid wordt onderzocht volgens de methodiek van een levenscyclusanalyse (LCA). Bomen worden ingeschaald in aantal, of ze waardevol zijn, of er een kapmogelijkheid is en de vervangingswaarde. Effect op bodem- en waterkwaliteit wordt ingeschat aan de hand van een verontreinigingsklasse, bijbehorende risico's en vereiste maatregelen in een vergunning. De effecten op ecologie worden ingeschat aan de hand van de beschrijving van eventuele verstoorde ecologische habitats.[1]
- Hinder:
  De techniek wordt geëvalueerd op bereikbaarheid (voornamelijk omzetderving en vertraging door bijvoorbeeld verkeersomleidingen), geluidsoverlast, visuele hinder, trillingen en stank. Bereikbaarheid wordt ingeschat door middel van de lengte van het tracé, type en aantal percelen, duur van de werkzaamheden en verkeersdruk. Overlast door geluid of trillingen wordt ingeschat op basis van het aantal gevoelige objecten binnen 50 meter van de werkzaamheden. Visuele hinder wordt ingeschat op basis van vierkante meters ruimtegebruik en de hoogte van en hoeveelheid materieel. Overlast door stank wordt kwalitatief beschreven.[1]
- Externe veiligheid:
  Dit aspect wordt geëvalueerd op effect op verkeersveiligheid, risicovolle objecten, hulpdiensten en kabels en leidingen. De inschatting van het effect vindt plaats op basis van de eisen vanuit de verschillende vergunningen.

4. Financiën:
   Financiën worden ingeschat met behulp van het format voor de kostenstructuur, zie Bijlage V. De kosten worden vergeleken met een inschatting van de kosten voor traditioneel ontgraven.

Voor een individuele pilot worden alleen technische en procesmatige aspecten beoordeeld, omdat omgevingsaspecten en financiën te project-specifiek zijn gebleken om mee te nemen in een product-beoordeling. Voor een individuele pilot wordt daarom ook het diagram met het effecten-overzicht niet getoond.

[1] Voor alle categorieën behalve duurzaamheid en stank geldt dat in het format voor de probleemanalyse is ingeschat in hoeverre de categorie relevant is voor effect op de omgeving. Bij I is er geen gevoeligheid van de omgeving voor dit aspect, bij II is er een redelijke gevoeligheid, bij III is de omgeving zeer gevoelig voor dit effect. Aspecten in categorie II worden kwalitatief beschreven, aspecten in categorie III worden nader geanalyseerd. Duurzaamheid wordt ingeschat volgens de LCA methodiek. Stank wordt kwalitatief beschreven.

Bijlage II Technische gegevens Hydrofit

Korte omschrijving	Ontwikkeling kousmethode voor toepassing in drinkwater
Status	Conventioneel, innovatief, nieuw
Ervaring tot nu toe (internationaal en in NL)	Alleen ervaring met drukleiding kous voor riool
Leverancier	ITI kousconstructie en hars DSM
Gedaimde voordelen	40% kortere uitvoeringstyd,minder overlast, beperking afvoer en stortkosten grond, lange levensduur > 80j
Toepassingen (omstandigheden, materialen ed)	vanaf ø 200 mm
Beperkingen (omstandigheden, materialen ed)	< ø 200 mm, zo min mogelijk huisaansluitingen,
Klasse	volledig constructief
Materiaal product (totaalproduct, bronmaterialen en bronlocatie)	eindproduct gelijkwaardig aan GVK
Diameter (uitwendig, inwendig)	afhankelijk van medium, wanddikte per project berekend
Druk	tot 15 bar
Lengte	tot 125 m1
Levensduur	> 80 jaar
Certificering (certificaat, jaar)	KIWA ATA 2014 vanaf ø300mm
Installatie methodiek	CIPP methode
Benodigde activiteiten/kennislevering waterbedrijf	omgaan met GVK materiaal
Kwaliteitscontrole	In vorm processchema aanleveren
Beheeraspecten	
Referenties	
Overige opmerkingen	

Figuur 7 Overzicht technische gegevens.

Projectstap	Uitvoerende organisatie	Verantwoordelijke organisatie	Eindverantwoordelijke organisatie	Beschrijving projectstap	Kwantificering
Project voorbereiding					
vergunningen	WML	WML	WML		
ontwerp+engineering	WML / Heijmans	WML	WML		
				Projectcommunicatie	
				vooraf, net voor uitvoering	
				project flyer en direct op	
				project dit onderdeel	
omgevingsmanagement	WML / Heijmans	WML	WML	projectspecifiek vormgeven	
berekening constructie kous -				Iedere GVK kous wordt	
				projectspecifiek berekend	
				met randvoorwaarden	
glasvezel lagen	Insituform	Insituform	Insituform	vanuit drinkwaterbedrijf	
opstellen PVA, projectplan				Wordt projectspecifiek	
				gemaakt, alle processtappen	
	Heijmans	Heijmans / Insituform	Heijmans / Insituform	in detail verwoord	
Productfase:					
productie druk kous	Leverancier Insituform	Insituform	Insituform		
Hars	DSM	DSM	DSM		
				impregneren hars in het kousmateriaal dmv	
samenvoegen hars+kous	Insituform Zoetermeer	Insituform	Insituform	vacuumprocesgang	
Project realisatie / voorbereiding					
gereed maken opstellocatie				plaatsen rijplaten tbv trailer, dragelineschotten tbv	
Insitu-equipement	Heijmans	Heijmans	Heijmans	stijgerconstructie	
maken inversie put				afm: 1,5 x 2,5 m diepte ca. 1,5 m toepassing:	losse m3: 7
(1 st per strenglengte 125 m1)	Heijmans	Heijmans	Heijmans	sleufafkisting / schotten	
maken uittrede put				afm: 1,5 x 2,0 m diepte ca. 1,5 m toepassing:	losse m3: 5,63
(1 st per strenglengte 125 m1)	Heijmans	Heijmans	Heijmans	sleufafkisting / schotten	

Project voorbereiding leiding					
verbreken bestaande leiding	Heijmans	Heijmans	Heijmans		ca. 2 m1 leidingdeel afsluiten in bedrijf zijnde leiding dmv kappen
plaatsen NGIJ kappen	Heijmans	Heijmans	Heijmans		
voorbereiding naar relining					
reinigen oude leiding	WML / Heijmans	Heijmans	Heijmans		125 m1
inspecteren oude leiding	Heijmans	Heijmans	Heijmans	check mbt revisie, voorkomen verrassingen, zoals onbekende onderdelen in leidingsectie	125 m1
inspectie gegevens vergelijken met revisie gegevens	Heijmans / WML	Heijmans	Heijmans		
Relining operatie					
plaatsen stijger tbv inversie kolom van ca. 10 m	Insituform	Insituform	Insituform	gecreerde waterkolom ter inbreng cq verplaatsen kous in bestaande leidng	procesduur: 1 dag
inblazen pre-liner in te relinen leiding	Insituform	Insituform	Insituform		procesduur: 0,5 uur
montage kous bovenin steigertore	Insituform	Insituform	Insituform	ter voorbereiding op het proces binnenste buiten keren van de geimpregneerde kous	
invoeren kous in bestaande leiding	Insituform	Insituform	Insituform		
op waterkolom /druk houden gedurende alle vervolg processen	Insituform	Insituform	Insituform	cruziaal voor het op zijn plaats houden van de nog vloeibare hars	
stapsgewijs temperatuur opvoeren tot max. 85C	Insituform	Insituform	Insituform	draaiboek volgend vanuit DSM	
na uitharding tijd, leiding koelen	Insituform	Insituform	Insituform		tbv veilig kunnen open zagen uitgeharde GVK leiding
kopeinden verwijderen van uitgeharde kous, uitkomend water verpompen	Insituform	Insituform	Insituform		
handeling na uitharden kous					
camera inspectie kous	Heijmans	Heijmans	Heijmans		onderdeel van oplevering protocol
plaatsen steunbussen kopeinden	Heijmans	Heijmans	Heijmans		
multi joint appendage					GVK kous voorbereiden op doorverbinden bestaande
aanbrengen	Heijmans	Heijmans	Heijmans		leiding netwerk
afpersen leidingsectie,10bar	Heijmans	Heijmans	Heijmans		onderdeel van oplevering protocol
bacteriologische test	WML	WML	WML		onderdeel van oplevering protocol
overzetten leiding na goedkeuring testen	Heijmans	Heijmans	Heijmans		
Nazorg activiteiten					
vewijderen sleufafkisting bij inversie-en uittrede punt	Heijmans	Heijmans	Heijmans		herstellen maaiveld ter overdracht naar wegbeheerder
aanvullen+verdichten grond tpv inversie- en uittrede punt	Heijmans	Heijmans	Heijmans		idem
herstellen opgebroken maaiveld / wegbedekking	Heijmans	Heijmans	Heijmans		idem
maken as-build tekening	Heijmans	Heijmans	Heijmans		
opstellen opleverdossier	Heijmans / Insituform	Heijmans	Heijmans		

Figuur 8 Overzicht processchema.

Bijlage III Analyse toestand leiding

Probleemanalyse vervangen/renoveren drinkwaterleiding		Relevant	Antwoord	Toelichting
Projectdetails	Eigenaar leiding		WML	Naam waterleidingbedrijf
	Aanspreekpunt binnen WLB		Eric Helmer	Naam verantwoordelijke
	E-mail verantwoordelijke WLB		e.helmer@wml.nl	Contactgegevens
	Telefoon verantwoordelijke WLB		+31 6 55154726	Contactgegevens
	Uitvoerder		Heijmans	Naam aannemer
	Aanspreekpunt vanuit uitvoerder		Wim van Rosmalen	Naam verantwoordelijke
	E-mail (uitvoerder)			Contactgegevens
	Telefoon (uitvoerder)		06 51206528	Contactgegevens
	Leiding ID		177608869	Identificerend kenmerk leiding (bv. LIS-id)
	Leidinglocatie (bijv straatnaam)		Hoogveld te Sittard	Adresgegevens indien relevant
	Coordinaten leidinglocatie		118.115; 335.525	x,y-coordinaten in Rijksdriehoekstel (begin en eind)
	Periode uitvoering		week 46 - 50 2014	Periode waarin werkzaamheden worden uitgevoerd (datum begin-datum eind)
Reden sanering	Geprioriteerd op basis van multi-criteria analyse	ja/nee	ja	Omschrijf criteria in analyse
	Hoge storingsfrequentie	ja/nee	nee	Zie storingsgeschiedenis bij blok toestand
	Te lage capaciteit	ja/nee	nee	Omschrijf benodigde en huidige capaciteit
	Waterkwaliteitsproblemen in de leiding	ja/nee	nee	Omschrijf aard van de waterkwaliteitsproblemen
	Zijn er externe partijen die afweging beinvloeden?	ja/nee	nee	Omschrijf externe partijen en aanleiding, is er al contact geweest?
	Gewenste restlevensduur vanaf nu		50	Specificeer gewenst aantal jaren dat leiding nog moet functionneren (bv. 10 jaar tot start ruimtelijke ontwikkelingen of >50 jaar)
Toestand van de leiding	Eigenschappen uit inspectiegegevens bekend	ja/nee	ja, echologics	Specificeer type inspectie en/of andersoortige toestandsbepaling
	Geschatte restlevensduur		30	Omschrijf geschatte restlevensduur in jaren vanaf nu op basis van huidige conditie
	Actuele materiaaleigenschappen (PVC, weerstand tegen langzam escheurgroei)			Indien materiaal PVC
	Actuele materiaaleigenschappen (AC/GII, aantastingsdiepte)		3 mm inw., 1 mm uitw.	Indien materiaal AC/GII
	Originele wanddikte (PVC/AC volgt uit drukklasse)		38 mm	Indien materiaal PVC/AC
	Resulterende maximum belasting		10 bar	Volgt uit materiaaleigenschappen en wanddikte
	Optredende belastingen gedurende de restlevensduur (op nieuwe constructie)		6 bar werkdruk	Totaal aan inwendige en uitwendige belastingen
	Dichtgroei (% diameter)		0%	Specificeer aard en omvang dichtgroei indien materiaal GII
	Storingsgeschiedenis		n.v.t.	Omschrijf storingsfrequentie, verandering in tijd en oorzaak/aard van de storingen
Functie van de leiding	Primair	ja/nee	ja, 400 m 3/uur; 3 mwk/km	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
	Secundair	ja/nee	nee	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
	Tertiair	ja/nee	nee	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
Uitvoeringsdetails te vervangen leiding	Lengte in meters		550	
	Aanlegjaar		1966	
	Bouwjaar		1966	
	Materiaal (AC, GGII, PVC, staal, anders)		AC	Specificeer anders
	Nominale diameter van de leiding		400	
	Diepteligging, klasseren in stappen 0,25 m		1 - 1,25	
Configuratie te vervangen leiding	Aantal aansluitingen		1	Specificeer ook locatie (bv. iedere x meter)
	Aantal brandkranen		0	Specificeer ook locatie (bv. begin en eind)
	Aantal afsluiters		2	Specificeer locatie afsluiters
	Aantal aftakkingen		2	Specificeer diameter, materiaal aftakking en type aftakking (bv. T-stuk)
	Aantal en aard bochten		0	Specificeer hoekverdraaiingen per bocht (bv. 2 x 11 graden, 1x22 graden), indien relevant specificeer of er sprake van een mijterbocht is
	Aantal zinkers en uitvoeringswijze		0	Specificeer hoekverdraaiingen en materiaal
	Mantelbuis	ja/nee	nee	Specificeer lengte en aantal locaties met mantelbuis
	Aantal diameterveranderingen		0	Specificeer minimale diameter en aantal overgangen
	Aantal kunstwerken		0	Specificeer type kunstwerken
	Voegwijdte en hoekverdraaiing		onbekend	Omschrijf hoekverdraaing in voegen
Liggingsgegevens te vervangen leiding	Open veld, geen belemmeringen	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Wegberm, éénzijdig belemmerd	ja/nee	ja	Specificeer situatie: beschrijf afstand tot verharding en/of andersoortige grens (bv. sloot of gebouw)
	Wegberm, tweezijdig belemmerd	ja/nee	nee	Specificeer situatie: beschrijf afstand tot verharding en/of andersoortige grens (bv. sloot of gebouw)
	Onder verharding, trottoir	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder open verharding, buurt- of wijkstraat	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder gesloten verharding, buurt- of wijkstraat	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder open verharding, doorgaande weg	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder gesloten verharding, doorgaande weg	ja/nee	nee	Specificeer gemeentelijke of provinciale weg
	Bodemsoort		leem	
	Grondwaterstand		onbekend	T. o.v. maaiveld
	Bodemverontreiniging	ja/nee	ja, basisklasse	Specificeer of er sprake is van vervuiling en zo ja, aard
	Overige bijzonderheden		n.v.t.	
Omgeving	Geen, leiding door open veld	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Agrarische omgeving	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Buitengebied	ja/nee	ja	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Industriegebied	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Woongebied	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Winkelgebied, winkelstraat	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Winkelgebied, voetgangersgebied	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving

Veiligheid	Aanwezigheid toegangswegen hulpdiensten		nee	Specificeer welke hulpdiensten
	Geografische informatie			Specificeer met kaart (bv. ligging tussen asfaltweg en fietspad)
	Aanwezigheid risicovolle objecten		ja, spoor	Specificeer objecten, afstand, aard van de risico's
	Aanwezige boomwortels	ja/nee	nee	Afstand tot bomen, zijn bomen waardevol, omvang wortels, ingroei ja/nee
	Aanwezige kabels en leidingen		ja, hd gas en E-kabels Enexis	Welke kabels/leidingen, vermeld bron (bv. KLIC melding of proefsleuf)
	Leiding ligt in zone die onder BEEL-criteria valt	ja/nee	ja	Aard evt. risico's en eisen aan leiding en uitvoeringswijze
Hinder	Gevoeligheid voor onbereikbaarheid percelen		I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Aanwezigheid materiaal, containers, materieel		50	Specificeer beschikbareruimte (m 2)
	Gevoeligheid voor geluidshinder		II, stookketel met diesel	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Gevoeligheid voor verkeershinder		I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Gevoeligheid voor trillingen		I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Overig			Specificeer overig
OLM (Ondermaatse LeveringsMinuten)	Beinvloeding rest van het net (lage druk, leveringszekerheid en continuïteit)		nee	Beschrijf gevolgen afsluiten sectie conform traditionele aanpak
	Directe OLM (afsluiting van een leidingdeel)		0	Beschrijf gevolgen afsluiten sectie conform traditionele aanpak
	Kookadvies noodzakelijk	ja/nee	nee	Periode
Achterblijvend materiaal in de bodem	Asbestcement	ja/nee	ja	
	Gietijzer	ja/nee	nee	
	PVC	ja/nee	nee	
	Staal	ja/nee	nee	
	anders	ja/nee	nee	Specificeer materiaal

Bijlage IV Activiteiten planfase van de pilot

Gedurende de planfase wordt op basis van de beschikbare informatie bij de opdrachtgever en onderzoeken ter plaatse bekeken welke techniek het beste is voor die leiding en locatie. De resultaten van deze probleemanalyse zijn verwerkt in een voorlopig of algemeen ontwerp op basis waarvan de keuze wordt gemaakt. Vervolgens wordt voor de gekozen techniek een detailontwerp gemaakt.

Voor aanleg in een open sleuf zijn een aantal aspecten van belang. De impact van deze aspecten hangt af van de gebruikte techniek. We vergelijken 2 open-sleuf- technieken met Hydrofit, namelijk aanleg van de nieuwe leiding in hetzelfde tracé als de oude leiding (Nieuw voor Oud NVO) en aanleg van de nieuwe leiding in een nieuw tracé (Nieuw naast Oud NNO). De volgende aspecten zijn relevant:

- Archeologie: als er een archeologische vondst wordt aangetroffen, geeft dit een extra doorlooptijd van een aantal weken.
    - NVO: niet nodig, de grond is al eerder geroerd;
    - NNO: wel nodig;
    - Hydrofit: niet nodig door de beperkte hoeveelheid graafwerkzaamheden.
- Flora en fauna: bij het aantreffen van een beschermde soort is er ontheffing of maatregelen nodig, dit geeft een doorlooptijd van een half jaar.
    - NVO: wel nodig;
    - NNO: wel nodig;
    - Hydrofit: niet nodig door de beperkte hoeveelheid graafwerkzaamheden.
- Bodemverontreiniging: aangetroffen bodemverontreinigingen geven geen langere doorlooptijd, wel additionele maatregelen (ARBO, wetgeving bodembescherming, grondafvoer en grondaanvoer).
    - NVO: wel nodig;
    - NNO: wel nodig;
    - Hydrofit: in praktijk meestal niet vanwege de beperkte hoeveelheid en geringe omvang van graaflocaties.
- Grondwater: bronnering vraagt een vergunning, dit geeft geen langere doorlooptijd. In Limburg is de grondwaterstand meestal lager dan de bodem van de sleuf.
    - NVO: wel nodig;
    - NNO: wel nodig;
    - Hydrofit: niet nodig, door de beperkte omvang van graaflocaties is een dompelpomp in het werkgat voldoende, bronnering is niet nodig.
- Zakelijk recht: geen of weinig verschillen tussen de technieken, omdat je toegang voor beheer en onderhoud, verwijderen e.d. altijd goed geregeld wilt hebben. Wel is het zo dat bij NVO en NNO het moeilijker kan zijn om overeenstemming te bereiken.

Er worden een aantal stappen uitgevoerd:

- Engineering en ontwerp: voor de bepaling van het ontwerp zijn een aantal onderzoeken nodig om bovengenoemde aspecten in beeld te krijgen. Op basis van de uitkomsten van het onderzoek en de leidinggegevens zoals aangeleverd door het waterbedrijf kan

bepaald worden welke vergunningen noodzakelijk zijn, benodigde aanvullende onderzoeken worden uitgevoerd en berekeningen worden uitgevoerd, zoals
    - Voorwaarden aan de werkputten (bv. damwanden);
    - Bemaling;
    - Invloeden van eventuele zetting;
    - Berekening van de benodigde dikte en constructie van de kous.

  De berekeningen worden uitgevoerd door Heijmans. Alleen de berekening voor de kousdikte wordt uitgevoerd door Insituform. De liner in Sittard had een minimale dikte van 7-8 mm. In deze fase wordt ook een risicoanalyse van het project gemaakt, waarbij de benodigde beheersmaatregelen worden geformuleerd.
- Vergunningen: het waterbedrijf vraagt de benodigde vergunningen aan. In het geval van Hydrofit zijn de meeste vergunningsprocedures beperkter, waardoor een kortere doorlooptijd mogelijk is:
    - De omgevingsvergunning door minder noodzaak tot verkeersmaatregelen, afsluiten van wegen of inritten, minder aantasting van bereikbaarheid van de omgeving en nood- en hulpdiensten.
    - De bestaande leiding blijft, waardoor geen liggingsvergunning noodzakelijk is.
    - Milieuvergunningen: voor open sleuven is deze niet nodig. Voor Hydrofit vraagt Heijmans indien nodig de vergunning aan.
    - Versimpeling van de vereiste vergunningen om (ongeschikte) grond af te voeren.
- Omgevingsmanagement: hierbij gaat het om zaken als de communicatie vooraf, een project-flyer voor de bewoners voor het begin van de werkzaamheden en project specifieke afspraken. In het geval van Sittard waren er geen bijzonderheden (buiten het feit dat het een pilot was). Het waterbedrijf is verantwoordelijk voor het omgevingsmanagement. Deze werkzaamheden wijken niet af van een aanpak met traditioneel ontgraven (behalve een nieuwe folder indien deze standaard niet per project wordt opgesteld).

Bijlage V Kostenstructuur

Tabblad overzicht met het totaaloverzicht van alle kosten van een techniek uitgedrukt in NPV (Net present value of netto huidige waarde) en EAC (Equivalent annual costs of equivalente jaarlijkse kosten). In geel staan de in te vullen velden weergegeven.

A	B	C
voorbeeld	Techniek	
Initiele kosten	100	
Jaarlijkse operationele en beheerkosten	5	
Afsluitende kosten	0	
Rente i	7	
Levensduur	9	
NPV	€ 132,58	
EAC	€ 20,35	
Uitgangspunten		
Indien lening, i>0		
Geen rekening met inflatie		
Geen opbrengsten		

Tabblad investeringskosten met daarin gespecificeerd alle kosten van zowel het waterbedrijf als de aannemer. In geel staan de in te vullen velden weergegeven. De aannemerskosten worden op bestek niveau in een apart tabblad ingevuld, waarna het totaal aan aannemerskosten in dit tabblad wordt overgenomen.

A	B	C	D
Onderdeel	**Omschrijving**	**Bedrag (Euro)**	
Onderzoek	Specificeer onderdelen	0	
Materiaal	Specificeer onderdelen	0	
Transport	Specificeer onderdelen	0	
Aannemerskosten	Zie tabblad aannemerskosten	0	
Uren derden	Specificeer onderdelen	0	
Uren waterbedrijf	Specificeer onderdelen	0	
Advieskosten	Specificeer onderdelen	0	
Stortkosten	Specificeer onderdelen	0	
Schadevergoeding	Specificeer onderdelen	0	
Diversen	Specificeer onderdelen	0	
Totaal		**0**	

In het tabblad exploitatiekosten staan de operationele kosten per jaar aangegeven. De kosten worden voor ieder jaar afzonderlijk gespecificeerd om rekening te kunnen houden met onderhoudsintervallen of variërende kosten per jaar, bijvoorbeeld oplopende kosten aan

het einde van de levensduur. In geel staan de in te vullen velden weergegeven. De ingevulde getallen zijn fictief.

A	B	C	D	E	F	G	H
Omschrijving	**Totaalbedrag over levensduur**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
xxx	45	0	5	5	5	5	5
yyy							
Initiele exploitatiekosten	100	100					
Totaal	**145**	**100**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**

In het tabblad zijn de afsluitende investeringskosten weergegeven. In geel staan de in te vullen velden weergegeven.

A	B	C	D
Onderdeel	**Omschrijving**	**Bedrag (Euro)**	
Onderzoek	Specificeer		
Materiaal	Specificeer		
Transport	Specificeer		
Aannemerskosten	Specificeer		
Uren derden	Specificeer		
Uren waterbedrijf	Specificeer		
Advieskosten	Specificeer		
Stortkosten	Specificeer		
Schadevergoeding	Specificeer		
Diversen	Specificeer		
Totaal		**0**	