

A network diagram consisting of various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles vary in size, with some being significantly larger than others, and they are interconnected in a complex, web-like structure.

DPWE
KWR 2022.012 | December 2021

Bundeling kabels & leidingen en veilige drinkwaterlevering

Bedrijfstakonderzoek

KWR

Bridging Science to Practice

Rapport

Bundeling kabels & leidingen en veilige drinkwaterlevering

KWR 2022.012 | December 2021

Dit onderzoek is onderdeel van het DPWE-deel van het Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

403551-009

Projectmanager

ir P. Holzhaus

Opdrachtgever

DPWE - Organiseren en verbinden

Auteur(s)

Dr ir J.H.G. Vreeburg

Kwaliteitsborger(s)

Dr ir E.J.M. Blokker

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder DPWE BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Keywords

kabel, leidingen, asset management, drink water

Jaar van publicatie
2022

Meer informatie
Dr ir Jan Vreeburg
T -3106053388354
E jan.vreeburg@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

December 2021 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - 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.

Inhoud

Rapport	2
Inhoud	3
1 Drukke in de ondergrond	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Ontwikkeling stedelijke voorzieningen	4
1.3 Drinkwater anders dan andere stedelijke voorzieningen	5
1.4 Aanpak	5
2 Bundeling Kabels en leidingen en belang drinkwaterleidingen	6
2.1 Huidige randvoorwaarden	6
2.2 Randvoorwaarden bij nieuwe ligging in ruimtebesparende concepten	7
3 Inventarisatie bestaande initiatieven	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Ervaringen Waternet	8
3.2.1 Integrale Leidingen Tunnel Zuid-as	8
3.3 Ervaringen Dunea	9
3.3.1 Utility Duct Scheveningen	9
3.3.2 Tunnel Den Haag Centraal	9
3.4 Ervaringen Evides	9
3.4.1 Lloydskade	9
3.4.2 Renovatie Coolsingel	9
3.4.3 Robert Fruinstraat: een partiële bundeling	10
3.5 Ervaringen PWN	10
3.6 Overige ervaringen	10
4 Afwegingskader bundeling kabels en leidingen	11
4.1 Inleiding	11
4.2 Waterkwaliteit en temperatuur	11
4.3 Herkenbare positie in de ondergrond	12
4.4 Operationele bereikbaarheid	12
4.5 Werkzaamheden en veiligheid omgeving	12
4.6 Beheerbaarheid	13
4.7 Samenvatting afwegingskader	13
I Literatuur projecten en ervaring bundeling kabels en leidingen	14

1 Drukte in de ondergrond

1.1 Inleiding

In verstedelijkte gebieden, denk aan metropoolregio's zoals Rotterdam, Den Haag en Amsterdam, maar ook aan minder druk bevolkte gebieden, is er toenemende druk op de, beperkte, ruimte in het ondergrondse straatprofiel. Grote veranderingen staan op stapel zoals de energietransitie, aanleg van nieuwe communicatienetwerken (zoals 5G), uitbreiding, renovatie en verdichting van woningen en de gevolgen van klimaatverandering. Deze zullen gevolgen hebben voor de ondergrondse infrastructuur door bijvoorbeeld aanleg van warmtenetten, uitfasering gasnetten en verzwaring van het elektriciteitsnet, de uitrol telecomkabels, en nieuwe netwerken voor het klimaatbestendig maken van steden zoals ondergrondse wateropslag en meerdere separate afvoersystemen voor gebruikt water en regenwater. De stakeholders bij de verschillende ontwikkelingen hebben diverse belangen en achtergronden waarbij belangen en doelen zelfs tot conflict kunnen leiden. In de huidige praktijk worden in situ oplossingen toegepast als het afgesproken ruimteprofiel in de NEN 7171 (zie paragraaf 2.1) niet kan worden gevolgd. Het is de verwachting dat het ondergrondse ruimteprobleem en bijbehorende belangendiscussies de komende jaren zullen toenemen.

Ruimtebesparende oplossingen door bijvoorbeeld het bundelen van kabels en leidingen kunnen helpen om het verdelen van de ondergrondse ruimte hanteerbaarder te maken. Voor het bundelen kunnen verschillende concepten worden gehanteerd in uitvoering en in samenstelling van de bundels. Ruimte die vrij komt kan besteed worden aan ontwikkelingen zoals de uitbreiding van ondergrondse voorzieningen (aquathermie, koudeleidingen, afvaltransport, parkeren, etc.) of bovengronds ruimte creëren voor groen en waterberging in de stad. In dit onderzoek bepalen we een afwegingskader om beslissingen te kunnen nemen over de positie die een waterleiding kan hebben in een alternatieve indeling van de ondergrond, zoals bij bundeling het geval is.

Het drinkwaterleidingnet neemt een bijzondere positie in de ondergrond in. In tegenstelling tot de andere diensten en producten die met ondergrondse infrastructuur worden geleverd, heeft de fysieke ligging van de drinkwaterleiding een rechtstreekse relatie met de kwaliteit van het geleverde product. Dit heeft vooral te maken met de temperatuur van de ondergrond rondom de leiding, maar ook de hydraulische omstandigheden hebben invloed. Lange verblijftijden als gevolg van 'omwegen' of te grote leidingen in combinatie met hoge temperatuur en de initiële waterkwaliteit bepalen de kwaliteit van het drinkwater voor de consument. Dit is een belangrijk onderdeel van de afweging om deel te nemen in een bundelingsconcept, waarin ook de warmteleidingen zijn opgenomen.

In dit rapport worden de verschillende elementen die een rol spelen bij beslissingen om deel te nemen in een bundelingsconcept samengebracht in een afwegingskader.

1.2 Ontwikkeling stedelijke voorzieningen

Stedelijke, collectieve voorzieningen (urban services) zijn zowel een belangrijke motor voor verstedelijking als een randvoorwaarde voor verstedelijking. De effectiviteit van deur-tot-deur voorzieningen als aanvoer van drinkwater, energie, data en afvoer van gebruikt water en regenwater die geleverd worden met een ondergrondse leidinginfrastructuur wordt mede bepaald door de compactheid van de stedelijke omgeving. Diezelfde compactheid zorgt ook voor meer complexiteit: in een dichtbevolkte binnenstad is nu eenmaal minder ruimte dan in een wat uitgestrekte buitenwijk of dorp. Een toenemende diversiteit en complexiteit van mogelijke en gerealiseerde services, maakt ook de aanleg en het beheer van de fysieke netwerken complexer.

Begin 20^e eeuw kwamen de stedelijke services goed op gang met de basisvoorzieningen als drinkwater en elektriciteit. Tot de periode van WO II werden lokale voorzieningen als riolering, (stads)gaslevering en telefonie aangelegd, maar in de opbouwperiode direct na WO II zijn deze infrastructuren grootschalig uitgerold en aangelegd. In de jaren '60 van de 20^e eeuw is daar een stormachtige ontwikkeling van het aardgasdistributienet bijgekomen. Halverwege de jaren '70 kwam daar de ontwikkeling van het gescheiden riool (regenwater en afval-c.q. gebruikt water) bij als alternatief c.q. vervanging van het gemengde riool. Eind jaren '90 werd de uitrol van diverse netwerken voor dataverkeer gerealiseerd. Deze netwerken werden vooral door private bedrijven uitgerold en ook de service was een commerciële dienst. Het aanleg- en beheerbeleid heeft daardoor een kortere tijdshorizon en kent andere overwegingen voor kosten en continuïteit. Het aantal stakeholders c.q. eigenaren en beheerders van netwerken nam evenredig toe. Hiermee wordt duidelijk gemaakt dat beperkte ondergrondse ruimte en snelle ontwikkeling van nieuwe ondergrondse infrastructuren geen nieuw fenomeen is.

Zoals gezegd, zullen ook in de komende decennia een aantal ontwikkelingen tegelijkertijd spelen met gevolgen voor het ondergrondse ruimtegebruik. De ruimte in de ondergrond is beperkt, zodat ruimtebesparende innovaties een goed alternatief zouden kunnen bieden.

1.3 Drinkwater anders dan andere stedelijke voorzieningen

Alle stedelijke voorzieningen spelen een min of meer cruciale rol in het functioneren van de stad in de zin dat uitval ervan binnen korte tijd zal leiden tot problemen. Continuïteit van de levering door ontwerp met redundantie in combinatie met goede bereikbaarheid voor reparatie en bescherming tegen beschadiging is voor al die voorzieningen van belang.

Drinkwater is, in tegenstelling tot de andere producten en diensten die geleverd worden, een product dat van kwaliteit kan veranderen door het verblijf in de leidingen. In normale omstandigheden levert het drinkwater een zeer gunstige bijdrage aan de volksgezondheid. Onder ongunstige omstandigheden echter neemt de kwaliteit af tot een sub-optimaal niveau en kan in bijzonder ongunstige omstandigheden zelfs omslaan in een bedreiging voor de volksgezondheid. Temperatuur van de omgeving van de drinkwaterleiding heeft een direct effect op de kwaliteit en de veiligheid van de drinkwatervoorziening en is daarmee één van de belangrijkste omgevingsfactoren. De andere stedelijke voorzieningen hebben nauwelijks tot geen omgevingsfactoren die de primaire functie aan kunnen tasten.

Als standaard voor de temperatuur wordt de grenswaarde van 25 °C gesteld, die tevens in het drinkwaterbesluit van 1 juli 2018 is opgenomen (Artikel 13, lid 1 in combinatie met tabel IIIa van Bijlage A). Dit is één van de parameters die de uiteindelijke kwaliteit van het water aan de tap bepalen. Voor de combinatie van verblijftijd, temperatuur en samenstelling van het water is nog geen standaard bekend.

Een te lage temperatuur vormt een directe en acute bedreiging voor de levering van drinkwater. Bevriezing stopt de levering direct en beschadigt de leiding dusdanig dat ook de levering op langere termijn in gevaar is.

De omgeving waarin de leiding ligt bepaalt mede de temperatuur rond de leiding. De dikte van de laag grond boven de leiding bepaalt de mate van isolatie ten opzichte van de bovengrondse luchttemperatuur. In de winter biedt dat bescherming tegen vorst en in de zomer vertraagt het de opwarming van de directe omgeving van de leiding. De overige factoren als verblijftijd en samenstelling van het water worden vooral door het ontwerp en realisatie van het leidingstelsel en de toegepaste technologie voor de behandeling bepaald. Daar is geen directe relatie tot de ligging van de leiding in het lengte- of dwarsprofiel van de stedelijke ondergrond.

1.4 Aanpak

In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de huidige randvoorwaarden ten aanzien van de ligging van ondergrondse leidingen (Hoofdstuk 2).

In hoofdstuk 3 worden diverse gerealiseerde bundelingsconcepten en bestaande initiatieven beschreven en geanalyseerd op de effecten op de drinkwatervoorziening. Op basis daarvan worden een aantal randvoorwaarden geformuleerd waaraan moet worden voldaan om de veiligheid van drinkwatervoorziening niet in gevaar te brengen bij mogelijke concepten voor bundeling c.q. ruimtebesparing.

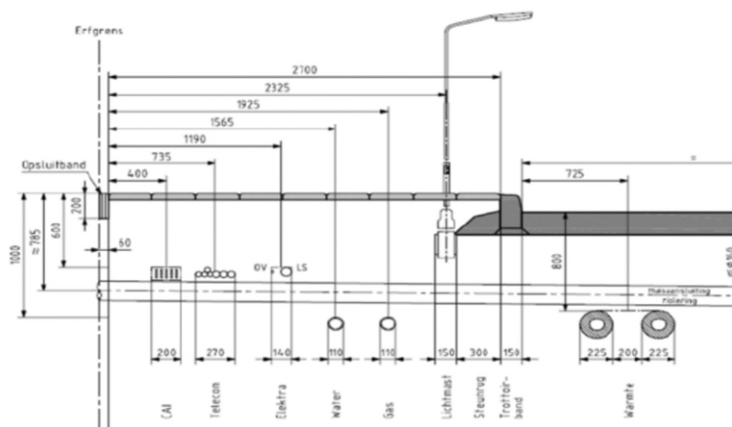
Op basis van de analyses wordt in hoofdstuk 4 een afwegingskader geschetst dat gebruikt kan worden voor het formuleren van beleid voor meedenken en –werken met initiatieven voor kabel- en leidingbundeling c.q. ruimtebesparende initiatieven voor de ondergrondse ruimte.

2 Bundeling Kabels en leidingen en belang drinkwaterleidingen

2.1 Huidige randvoorwaarden

De randvoorwaarden die gesteld worden aan de ligging van een ondergrondse infrastructuur zijn niet expliciet en systematisch geformuleerd. In de NEN 7171 is een afspraak vastgelegd (zie Figuur 1) over de inrichting van het ondergrondse profiel, waaruit indirect de randvoorwaarden zijn af te leiden. Het feit dat het in een NEN norm is vastgelegd, betekent dat de verschillende partijen hiermee hebben ingestemd.

B.4 Voorbeeld dwarsprofiel voor een woonstraat



Figuur 1 Dwarsprofiel van een Woonstraat volgens NEN 7171

De kenmerken van de huidige positie van de waterleiding zijn met de (veronderstelde) achterliggende reden:

- 1,5 Meter buiten de rooilijn van het aangesloten perceel
Een herkenbare ligging, te vinden zonder verdere bovengrondse indicatie. Dit is vooral een historische ontwikkeling waarin leidingkaarten niet altijd beschikbaar waren in het analoge tijdperk. Door de standaard locatie is de waterleiding snel te vinden aan de hand van bovengrondse kenmerken. Ook de andere ‘conventionele’ stedelijke voorzieningen (gas, elektriciteit en riolering) hebben een dergelijke vaste positie.

- Gronddekking van 1 meter
Bescherming tegen vorst. Ondanks klimaatverandering blijft deze bescherming tegen extreme koude noodzakelijk.
- Op voldoende afstand van de riolering
Deze randvoorwaarde is van belang bij het hygiënisch uitvoeren van werkzaamheden als één van de twee leidingen faalt. Vervuiling van de omgeving door lekkend rioolwater kan een bedreiging vormen bij werkzaamheden c.q. lekkages aan het drinkwaternet.
- Bereikbaar voor werkzaamheden
Deze randvoorwaarde is impliciet meegenomen in het standaardprofiel van de NEN 7171, waarbij geen leidingen boven elkaar zijn gepositioneerd. Met name als gevolg van ondieper gelegen kabels wordt hier niet altijd aan voldaan. De bereikbaarheid en bedienbaarheid van appendages zijn een belangrijk onderdeel van het onderhoud en beheer van het leidingnet. Bebakening, regelmatige inspectie en controle op werkzaamheid waarborgen de operationele status van het bestand aan brandkranen en afsluiters.
- Veiligheid van de omgeving bij lekkage
Naar aanleiding van een leidinglekkage van een relatief onbeduidende leiding met grote gevolgen (lekkage van een dijkleiding bij Stein in 2004) heeft de bedrijfstak zich een restrictie opgelegd ten aanzien van de externe effecten van leiding lekkage (BEELL).

Voor de andere leidinginfrastructuren gelden gelijksoortige randvoorwaarden, hoewel die door de aard van de beheerder en aanbieder van diensten kunnen verschillen. Zo is het langetermijnperspectief van een beheerder van infrastructuur voor datadiensten een andere dan die voor de drinkwatervoorziening. Ook kan het perspectief in de loop van de tijd veranderen, zoals bijvoorbeeld voor de (aard)gasinfrastructuur. Het kan bijvoorbeeld zijn dat die langzaam wordt uitgefaseerd of dat die een andere functie zal krijgen.

2.2 Randvoorwaarden bij nieuwe ligging in ruimtebesparende concepten

De randvoorwaarden die impliciet en expliciet zijn geformuleerd ten aanzien van de ondergrondse positie van de drinkwaterleiding, zijn primair gericht op het veilig stellen van de wettelijke taak van de drinkwaterbedrijven zoals beschreven in de Waterleidingwet. De bedrijfsvoering van het drinkwaterbedrijf, maar ook van de eigenaars en beheerders van de andere infrastructuur, is voor een belangrijk deel gebaseerd op de huidige positie. Dit draagt bij aan de doelmatigheid van het drinkwaterbedrijf, ook een onderdeel van de Waterleidingwet.

Bij een eventuele nieuwe ondergrondse indeling is het veilig stellen van de wettelijke taak ten aanzien van waterkwaliteit een “absolute” randvoorwaarde.

Randvoorwaarden die vooral de doelmatigheid van het beheer en onderhoud waarborgen, gelden in principe voor alle stakeholders in de ondergrond. Het perspectief van de verschillende stakeholders is echter verschillend en kan daardoor andere accenten krijgen. Het bundelen van kabels en leidingen is vooral een afweging van die belangen en perspectieven. Het succes van een concept zal worden bepaald door de som van alle individuele belangen én de verdeling van lasten en baten. Immers, de totale maatschappelijke kosten en baten kunnen in een bundelingsconcept lager zijn dan bij individuele ligging, maar als de lasten bij ene partij liggen en de baten bij de andere, dan is het moeilijk daar een goede verdeelsleutel bij te krijgen. Bovendien gelden ook voor andere voorzieningen “absolute” randvoorwaarden, zoals bijvoorbeeld het noodzakelijke verhang in rioolbuizen.

3 Inventarisatie bestaande initiatieven

3.1 Inleiding

In eerste instantie is gekeken naar bestaande initiatieven op het gebied van bundeling van kabels en leidingen die zijn gerealiseerd binnen het voorzieningsgebied van de DPWE bedrijven. Er is ook getracht om ‘mislukte’ projecten te inventariseren en analyseren om te bezien wat hier de elementen zijn geweest die geleid hebben tot het niet doorgaan ervan.

De ontwikkelingen gaan echter snel en aspecten als een toenemende verstedelijking, technologische ontwikkelingen en een hernieuwde visie op het gastransport (een voornamelijk risicofactor in ondergrondse leidingconcepten) vragen om een herbeschouwing. Momenteel loopt er in COB-verband een onderzoek naar de mogelijkheid van een verticaal kabel-en-leidingensysteem: het zogenaamde ‘rekje’.

Aan de hand van de ervaringen van de DPWE bedrijven worden bestaande projecten en projecten die niet zijn gerealiseerd samengevat.

3.2 Ervaringen Waternet

3.2.1 Integrale Leidingen Tunnel Zuid-as

In 2005 is een 500 meter lange leidingentunnel gerealiseerd onder de Gustav Mahlerlaan in Amsterdam in het zogenaamde Zuid-As gebied. Ondanks dat het een integrale tunnel is genoemd, is de riolering niet opgenomen en is de drinkwaterleiding in feite onder de tunnel aangebracht. Het project is in 2020 uitgebreid beschreven en geanalyseerd door Joeri Naus, Onderzoeker Duurzame Gebiedsontwikkeling van de Universiteit van Amsterdam en gepubliceerd in verschillende artikelen. De link naar het verslag van dit onderzoek is opgenomen in het literatuuroverzicht, waarin ook goed is aangegeven welke problemen in de aanloop en uitvoering van een bundeling van kabels en leidingen spelen.

Samenvattend is de conclusie dat het project is gerealiseerd “ondanks alles” en operationeel is. Ten aanzien van het tot stand komen van het project worden een aantal conclusies getrokken die ter harte genomen kunnen worden. Belangrijk is dat het project vooral gericht was op toepassen van bestaande technologie en niet zo zeer op mogelijke innovatie. Omdat het realiseren van de bundeling het belangrijkste doel was is het afbreukrisico van min of meer afgedwongen innovatie niet genomen. Daardoor was het beleid vooral risicomijdend en kostenbewust. Er was grote tijdsdruk en de ontwikkeling was voornamelijk top down. Ten aanzien van de belangen van de drinkwaterleiding geldt dat ook hier de temperatuur een aandachtspunt was. Dit heeft er onder andere toe geleid dat er een continue klimaatbeheersing is in de tunnel. Uitval daarvan heeft ook laten zien dat de temperatuur binnen enkele uren een aantal graden (4-5°C) stijgt en dat er veel condensvorming optreedt in de tunnel. De drinkwaterleiding is niet in, maar onder de tunnel aangelegd: er is een verharding in de tunnel aangelegd en daaronder is de drinkwaterleiding aangelegd.

In een apart onderzoek is bepaald “*dat de temperatuur van het leidingwater in de ILT-ruimte statistisch significant gerelateerd is aan de temperatuur van de ILT-ruimte. De grootte van deze relatie blijkt groter als er een groter verschil is tussen de temperatuur van de ILT-ruimte en de temperatuur van het leidingwater in de ILT-ruimte. (Baggelaar, 2007)*” Dit betekent dat de klimaatbeheersing een onlosmakelijk onderdeel is van het concept.

Belangrijk is dat de beheerconstructie van de leidingtunnel onduidelijk is. Het beheer is neergelegd bij de gemeente, maar er zijn te weinig incidenten geweest om te testen of het onderhoud voldoet (??). Er is een kostenverdelingsleutel gemaakt, maar tot op heden is er geen rekening ontvangen door Waternet.

Ervaringen in de praktijk zijn er voor Waternet nauwelijks: nieuwe aansluitingen behoeften niet gemaakt te worden en in de eerste jaren/decennia is er geen reden om de waterleiding te inspecteren of te benaderen.

3.3 Ervaringen Dunea

3.3.1 Utility Duct Scheveningen

Het Utility Duct project in de boulevard van Scheveningen had als belangrijke motivatie het verbod op het openbreken van de (prestigieuze) verharding op de vernieuwde boulevard. Het project bestaat uit grote putten, met elkaar verbonden door mantelbuizen en bevat alle nutsvoorzieningen, inclusief riool.

De ervaringen met beheer en onderhoud variëren. Er is in de afgelopen periode een nieuwe aansluiting gemaakt en dat leverde geen problemen op omdat mantelbuizen al aanwezig waren. Beheer is omslachtiger en complexer omdat rekening moet worden gehouden met toegang via een beheerder.

In de afgelopen periode is een lekkage van het riool geweest, waardoor in één van de putten rioolwater heeft gestaan en de waterleiding in rioolwater heeft gelegen. Dit is een feitelijk onaanvaardbare situatie. Ook ten aanzien van het schoonhouden van de putten zijn er problemen, waardoor het soms niet mogelijk is de leidingen te benaderen.

Er zijn geen formele beheerafspraken op papier vastgelegd, ondanks herhaalde toezeggingen van de gemeente.

3.3.2 Tunnel Den Haag Centraal

De leidingtunnel bij Den Haag Centraal functioneert naar verwachting. Gezien de omstandigheden op deze locatie, was er geen andere mogelijkheid dan de drinkwaterleiding in de tunnel onder te brengen. De tussenkomst van de beheerder om de leiding te benaderen is goed geregeld, maar kost natuurlijk wel meer tijd. De huidige leiding kent één aansluiting en er zijn geen nieuwe aansluitingen gemaakt. Eventueel werk moet altijd met twee personen worden uitgevoerd en er dient gasdetectie ingeschakeld te zijn.

Deze leidingtunnel is voorlopig de enige die in de formele beheersovereenkomst is meegenomen. Dat kan kwetsbaar zijn voor de langere termijn en de toegankelijkheid van de leiding voor beheer en onderhoud in gevaar brengen.

3.4 Ervaringen Evides

3.4.1 Lloydskade

In de Lloydskade in Rotterdam (?) is een leidingtunnel aangebracht over een lengte van enkele honderden meters. Ervaring hiermee is niet formeel vastgelegd, maar de interne beleving van het project is dat het duur en ingewikkeld was. Er is geen specifieke meerwaarde in deze beheersituatie omdat de aanleiding niet een specifiek ruimteprobleem was, maar vooral een pilot project.

3.4.2 Renovatie Coolsingel

De Coolsingel heeft een grote renovatie van het oppervlakte gehad. Ondanks de omvang en impact van het project is er niet voor gekozen om ook de ondergrond aan te pakken. Een overweging om eventueel een leidingbundeling uit te voeren is in een vroeg stadium al verlaten vanwege voorziene problemen in een mogelijke aanpak van de bundeling en de afweging van belangen in combinatie met de kapitaalvernietiging als gevolg van de relatief jonge leidingen, zowel voor de riolering als de drinkwaterleiding.

3.4.3 Robert Fruinstraat: een partiële bundeling

Dit project is opmerkelijk omdat het een partiële bundeling betreft. Hierbij is een regenwaterbergings- c.q. afvoersysteem door middel van kratten gecombineerd met een bundeling van kabels in een aantal mantelbuizen en putten. Het krattensysteem is een gecombineerde bergings- en afvoerconstructie. De kratten vormen als het ware een holle ruimte in de ondergrond waarin water zich kan verzamelen en eenvoudig kan wegstromen. De constructie wordt eenmalig gelegd en kan in feite niet lokaal falen zoals een leiding. Een kratje kan bezwijken of verschuiven, maar de 'holle ruimte' blijft bestaan. Hierdoor kunnen boven deze constructie kabels en leidingen worden geconcentreerd, zoals hier is gedaan door kabels voor elektriciteit en data te combineren. Hiermee worden mogelijkheden gecreëerd waarmee de beheersituatie van andere leidingen kan worden verbeterd of niet verder verslechterd.

3.5 Ervaringen PWN

PWN heeft aangegeven geen specifieke ervaringen te hebben met projecten voor bundeling van kabels en leidingen.

3.6 Overige ervaringen

In het verleden is al vaker onderzoek gedaan naar de toepassing van ondergrondse leidingconcepten, onder andere door het Centrum Ondergronds Bouwen (COB). In het algemeen bleken de gekozen oplossingen niet kosteneffectief en kenden zij complexe beheerconstructies. Aspecten als de risico's van onderlinge beïnvloeding, aansprakelijkheid en governance bleken grote hindernissen. Een mogelijke conclusie is dat de optelsom van alle belangen niet tot een positief resultaat heeft geleid en/of dat de negatieve effecten bij de ene stakeholder niet voldoende konden worden gecompenseerd door de positieve effecten bij een andere stakeholder. In bijlage I is een opsomming gegeven van beschikbare literatuur.

Samenvattend zijn de conclusies uit deze documenten dat de beheerconstructie voor de langere termijn niet voldoende aandacht krijgt. De natuurlijke partij om de beheerdersrol op zich te nemen is de gemeente, maar veelal blijkt het moeilijk te zijn om dat goed in te vullen. De gerealiseerde projecten laten zien dat het zo ingewikkeld is dat er geen effectieve kostenverdeling is te maken en veel kosten impliciet bij de beheerder terecht komen.

In een maatschappelijke kosten-baten-analyse van 2007 is te zien dat er in de toepassing op testcases geen positieve opbrengst is te realiseren. Als er concreet voordeel voor de gemeente is te realiseren door bijvoorbeeld meer grond uit te kunnen geven, zijn er maatschappelijke baten. (Rosenberg, 2007).

In het onderzoek van Rosenberg, 2007, wordt ook geconcludeerd dat de extra risico's van de bundeling zelf gering zijn. Deze conclusie wordt weersproken in de praktijk van het project van Dunea aan de boulevard, waar de waterleiding in rioolwater heeft gelegen. Wel wordt in dit onderzoek aangegeven dat het risico van 'onderlinge' beschadiging groter is. Hiermee wordt bedoeld dat het falen van de ene leiding tot het falen van de andere kan leiden.

Deze stapeling van nadelen c.q. het uitblijven van voordelen heeft mede tot gevolg gehad dat slechts weinig projecten daadwerkelijk gerealiseerd zijn.

4 Afwegingskader bundeling kabels en leidingen

4.1 Inleiding

In paragraaf 2.1 zijn de huidige randvoorwaarden beschreven voor de ondergrondse ligging van leidingen. De achtergrond voor deze randvoorwaarden is divers en deels door de historische bedrijfsvoering bepaald. De stedelijke omgeving is echter divers en ook technologische ontwikkelingen kunnen oorspronkelijke randvoorwaarden minder belangrijk of zelfs overbodig maken.

De randvoorwaarde van een herkenbare ligging in het ondergrondse profiel (1,5 meter uit de rooilijn of gevellijn) bijvoorbeeld, is met de moderne middelen voor registratie niet meer strikt noodzakelijk. Andere randvoorwaarden hebben een nieuwe of verbrede connotatie gekregen, zoals de minimale dekking van 1 meter. Was dit oorspronkelijk bedoeld om beschermd te zijn tegen lage temperaturen (vorst), tegenwoordig geldt ook bescherming tegen hoge temperatuur en mogelijk tegen graaf- en wortelschade. Randvoorwaarden, bij aanleg gesteld aan de bereikbaarheid van de leiding en appendages kunnen in de loop van de tijd veranderen. Bijvoorbeeld omdat bomen een groeiend wortelstelsel hebben en daarmee leidingen moeilijker bereikbaar maken of omdat de bovengrondse functie verandert.

Voor het afwegingskader worden 6 elementen bekeken en beschreven in de volgende paragrafen: Waterkwaliteit en temperatuur, Herkenbare positie in de ondergrond, Operationele bereikbaarheid, Werkzaamheden en veiligheid omgeving, Beheerbaarheid

De relevante wettelijke eisen zijn de temperatuur van het drinkwater en de doelmatige inrichting van de drinkwatervoorziening. Het eerste aspect kent een duidelijke norm ($< 25\text{ °C}$), het tweede aspect is minder scherp omschreven maar heeft betrekking op alleen de drinkwatervoorziening. In het kader van bundeling kan dat wellicht in een breder maatschappelijk perspectief worden beoordeeld.

4.2 Waterkwaliteit en temperatuur

Vanuit historisch perspectief was de interactie van het drinkwater met de omgevingstemperatuur vooral een kwestie van bescherming tegen vorst. Hiervoor is gebruikelijk een minimale dekking te hanteren van 80 cm tot 1 meter. Ondanks klimaatverandering is het nog steeds niet onmogelijk dat zodanig koude omstandigheden kunnen optreden dat de bodem vlak boven of rondom leidingen bevriest. Het operationele gevolg van bevroren bodem kan erg groot zijn vanwege de schade die op vele plekken tegelijkertijd aan de leidingen en appendages kan optreden.

Met klimaatverandering neemt de gemiddelde temperatuur toe, zowel op dagbasis als op jaarbasis. Zeker in perspectief van de levensduur van de leidingen zullen hier de extremen ook een belangrijke rol gaan spelen. Bij de koude extremen is het gevaar voor directe schade groot als niet aan de randvoorwaarden voor bescherming wordt voldaan met de minimale gronddekking van 1 meter. De warme extremen, die door klimaatverandering ook nu al regelmatig boven 25 °C komen, hebben geen directe invloed op de functionaliteit van de infrastructuur zelf, maar vooral op de kwaliteit van het geleverde water. Er wordt wel water geleverd, maar dat voldoet niet aan de wettelijke eisen voor wat betreft de temperatuur.

De temperatuur van het drinkwater in de leiding wordt vooral bepaald door de temperatuur van de omliggende bodem. Op grotere diepte (1,5 tot 2 meter diepte) is de bodemtemperatuur enkele graden lager dan op 1 meter of hoger; ook ander factoren hebben invloed op de bodemtemperatuur zoals de (afwezigheid van) verharding, schaduwwerking of begroeiing. Een diepere ligging (1,5-2 meter gronddekking) heeft een dempend effect op de

opwarming en ook ligging 'in de schaduw' onder onverharde oppervlakten heeft een dempend effect ten opzichte van de bovengrondse temperatuur.

Warmtebronnen in de omgeving van de leiding hebben ook invloed op de opwarming van de bodem, en van het drinkwater. De grootte van de warmteoverdracht van leidingen voor bijvoorbeeld stadsverwarming naar drinkwater wordt door veel factoren bepaald, zoals seizoen, bodemsoort, afstand tussen de leidingen, de watertemperatuur van de stadsverwarming en drinkwater, etc.. Duidelijk is wel dat een langsliggende nabijheid van warmtebronnen niet mogelijk is op afstanden die binnen een bundelingsconcept beoogd worden. Isolatie van warmteleidingen heeft beperkt effect, omdat de temperatuur in die leiding een constante waarde heeft en dus een constante uitstraling zal hebben. Praktisch gezien betekent dit dat warmteleidingen en waterleidingen niet in eenzelfde bundelingsconcept zullen passen. In het TKI project Engine zal hier nader gekwantificeerde uitspraken over gedaan kunnen worden. Ook in een 'echte' tunnel kan de temperatuur oplopen, zoals de ervaring in de Integrale Leiding Tunnel Zuid-as (zie paragraaf 3.2.1) laat zien, waar door het uitvallen van de ventilatie de tunneltemperatuur door conventie enkele graden steeg. Ondanks dat het TKI onderzoek nog geen definitief resultaat heeft geleverd, is het zeer waarschijnlijk dat warmte uitstralende leidingen niet in één bundelingsconcept met drinkwaterleidingen zullen passen vanwege de, per definitie, kleine onderlinge afstanden.

4.3 Herkenbare positie in de ondergrond

Historisch was het van belang een herkenbare positie te hebben in de ondergrond, omdat 'op de werkvloer' in operationele omstandigheden vaak geen goed kaartmateriaal voor handen was. Bovendien kan het uiterlijk van water- en gasleidingen bedrieglijk veel op elkaar lijken. Door een herkenbare positie te hebben in de ondergrond, worden fouten voorkomen. Dit betreft niet alleen het vergemakkelijken van het opzoeken van de leidingen voor reparatie of anderszins, maar ook het beperken van de schade die door anderen aangebracht kan worden in de vorm van graafschade.

Sinds een aantal decennia is actuele registratie van leidingen en beschikbaarheid van actuele informatie daarover 'op de werkvloer' geen probleem meer. Tot voor de introductie van digitale leidingregistratiesystemen was het beschikbare kaartmateriaal "op de bus" meestal ontoereikend om op basis daarvan een plaatsbepaling te doen. Goede registratie van de leidingligging en actuele beschikbaarheid daarvan in operationele omstandigheden is daarmee van groot belang en wellicht groter dan het standaard profiel.

Tijdens de operationele gang van zaken, is een automatische c.q. intuïtieve identificatie van de leidingen van belang. Dit kan door elektronische markers aan te brengen of door een consequente kleurcodering te gebruiken. Met deze middelen is het belang van consequente en eenduidige ligging minder groot. Attentielinten boven de leiding, geven bij graafwerkzaamheden duidelijk aan dat een leiding, kabel of bundeling daarvan in de nabijheid ligt die nader gespecificeerd is in de digitale informatie.

4.4 Operationele bereikbaarheid

Leidingen en appendages kunnen onderhoud nodig hebben, in veel gevallen voor reparatie na een acuut falen; bijvoorbeeld bij een leidingbreuk of een defecte afsluiter of brandkraan. Bereikbaarheid van de leidingen en appendages is van belang om de totale reparatieduur te beperken en de drinkwatervoorziening zo snel mogelijk weer te hervatten. Voor bundelingsconcepten is dat niet anders dan voor conventionele ligging.

4.5 Werkzaamheden en veiligheid omgeving

Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat bij bundeling het 'domino-effect' van storingen een reëel probleem kan zijn. Hiermee wordt een storing in de ene infrastructuur een bedreiging voor de functionaliteit en continuïteit van

de andere. In de ervaring in het project van Dunea in de boulevard van Scheveningen is gezien dat zelfs in het beginstadium van de voorziening storingen kunnen optreden en tot onaanvaardbare situaties kunnen leiden: een storing in een rioolleiding heeft tot gevolg dat een drinkwaterleiding in rioolwater komt te liggen.

De schade aan een watervoerende leiding onder druk kan onmiddellijk disruptief zijn voor de directe omgeving van de leiding en leiden tot gevolgschade voor de overige voorzieningen. Ondanks dat het niet de 'zorg' van het drinkwaterbedrijf is, kan de gevolgschade ook tot vertraging in de reparatie van de 'eigen' leiding leiden. Ook hier zijn wettelijke restricties aan verbonden, hoewel die niet heel hard zijn omschreven. Schade aan een waterleiding kan relatief eenvoudig leiden tot schade aan de overige kabels en leidingen door uitspoeling en als gevolg daarvan ondermijning. Dit is een aspect waarmee rekening moet worden gehouden in het beheer en onderhoud van de systemen. Schade aan de leidingen voor de andere nutsvoorzieningen zal disruptieve kracht veroorzaken waardoor gevolgschade minder waarschijnlijk is.

4.6 Beheerbaarheid

Bundeling van kabels en leidingen vraagt een goede samenwerking van de partijen die de eigenaar en beheerder zijn van de individuele kabels en leidingen. Naast de afstemming en bewaking van verschillende belangen zullen de operationele elementen als toegankelijkheid, reparatie en onderhoud in een praktisch hanteerbaar concept moeten worden gevat. De kosten van een dergelijke organisatie zullen gedekt moeten worden uit de voordelen die verspreid over de verschillende deelnemers worden bereikt. De voordelen kunnen zowel materieel als immaterieel zijn, doch die zijn nagenoeg onmogelijk af te wegen.

4.7 Samenvatting afwegingskader

Uiteindelijk zal de beslissing om wel of niet mee te gaan in een bundelingsconcept afhangen van de invulling van het afwegingskader en beoordeling van de resultaten. In onderstaande tabel zijn de elementen opgenomen. Per element kan een individuele afweging en beoordeling worden gemaakt.

Element	Afweging	Beoordeling*
Waterkwaliteit en temperatuur	Afstand tot warmtebronnen/-leidingen en gevaar opwarming > 25°C	
Herkenbare positie in de ondergrond	Alternatieve registratie en operationele beschikbaarheid afwijkende gegevens	
Operationele bereikbaarheid	Beter/slechter dan in conventionele situatie	
Werkzaamheden en veiligheid omgeving	Gevaar kruisbesmetting (riool water)	
Beheerbaarheid	Toegang tot leidingen, helderheid in kosten en -toedeling	
	Totaal	

*Beoordeling kan op kwalitatieve schaal, bijvoorbeeld van 1-5. Per element kan een scoretabel worden gemaakt of een absoluut veto worden ingebracht. Bij het eerste element is dat bijvoorbeeld relevant: teveel opwarming levert een veto op.

I Literatuur projecten en ervaring bundeling kabels en leidingen

Baggelaar, drs Paul; Meulen, ir Eit van der; (2007), "Tijdreeksanalyse temperatuurmetingen ILT", 8 oktober 2007, lcastat

Bijl, Dick de; Broos, Erik; Hobelman, Frits; Piek, Gerard; Welvaarts, Bart (2008), "Optimalisering ontwerp, realisatie en beheer integrale leidingtunnels", COB rapport O16-08-01, januari 2008, Stichting COB, Gouda.

Gemeentelijk platform kabels&leidingen (2014), "Routeplanner Bodemambities, Factsheets"

Kovacs, Wil (2016), "Visiedocument Ondergrondse Infrastructuur V1.0", Gemeente Rotterdam, stadsbeheer

Naus, Joeri (2020), "Integrale leidingen tunnel Zuidas: een voorbeeld voor de toekomst?", Kennisactiewater.nl; <https://www.kennisactiewater.nl/wp-content/uploads/200720-ILT-Zuidas-Voorbeeld-voor-de-toekomst.pdf>

Naus, Joeri (2020), "Integrale leidingen tunnel Zuidas: onbeheer(s)baar?", Rooilijn jg 53 Artikel 13, 2020

Ravesteijn, Richard va (2017), "Evaluatie pilot mantel-buizenputconstructie", COB Gouda www.cob.nl/kennisbank, 2017

Rosenberg, F., Lieshout, R., Wingerden, T. van, Jonkhoff, W. (2007), "Evaluatie van ondergrondse infrastructuur. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse van het ondergrondse bundelen van kabels en leidingen", COB rapport O15-07-07, Gouda

Pieterse-Quirijns, E. J., de Groot, R., de Rijck, Y. en Ruijg, K. (2011). "Diepteligging van leidingen." KWR 2011.022

Smit, M.E., Blom, M., Veld, Mark in 't, (2014), "Verkenning (economische) waarde van de ondergrond regio Drechtsteden", Delft, CE Delft, julie 2015 publ nr 14.7825.48

Taselaar, F., Hompe, C.A.M., Baars, J.J. (2005) "Amsterdam vindt alternatieven voor ondergrondse netwerken", Land + Water, 10, oktober 2005

Waarts, P.H. e.a. (2006), "Risicoanalyse en risicobeoordeling van bundeling van kabels en leidingen", COB rapport O13-06-01, Gouda 2006