

# De ondergrond bindt ons

Verkennde studie naar de meerwaarde van onderlinge informatie-uitwisseling voor assetmanagement van netbeheerders



Wouter Bosch BSc.

Oktober 2012

**KWR**  
Watercycle Research Institute



# Colofon

## Titel

De ondergrond bindt ons;  
Verkennde studie naar de meerwaarde van onderlinge informatie-uitwisseling voor assetmanagement van netbeheerders

## Auteur

W.A. Bosch BSc.

## Studentnummer

1212648

## Datum

Oktober 2012

## Locatie

Delft

## Afstudeercommissie

Prof. dr. ir. J.P. van der Hoek MBA

(TU Delft)

Voorzitter van de commissie

Prof. dr. ir. T.N. Olsthoorn

(TU Delft)

Commissielid

Dr. ir. J.H.G. Vreeburg

(TU Delft/KWR)

Commissielid

Ir. W.A.P. van Riel

(TU Delft)

Commissielid

Ing. R.H.S. Beuken MSc.

(KWR)

Commissielid

## Contact

W.A. Bosch

Westvest 165

2611 AZ Delft

+31 6 28327324

wab.bosch@gmail.com

*Delft University of Technology  
Faculty of Civil Engineering  
Section Watermanagement  
Chair of Drinking Water Engineering*



# Voorwoord

Dit rapport is gemaakt in opdracht van KWR Watercycle Research Institute. Het geeft in het kort een overzicht van de wereld van kabels en leidingen en hoe uitwisseling van informatie tussen netbeheerders kan leiden tot minder overlast en minder kosten voor de eindgebruiker. Het is bedoeld om te laten zien dat er concrete mogelijkheden zijn tot het uitwisselen van informatie en dat daar behoefte aan is bij de netbeheerders.

Aan het begin van dit onderzoek stond mij een nieuwe wereld te wachten, de wereld van kabels en leidingen. Deze ging ik met een frisse blik tegemoet, gewapend met mijn civieltechnische achtergrond en pas verworven kennis over het hydraulische gedrag van drinkwaterleidingen en rioleringsbuizen. Vooraf had ik vrijwel geen idee dat dit zo'n complex en interessant vakgebied is. Hoewel ik na een half jaar werk kan zeggen dat ik redelijk wat kennis heb over kabels en leidingen, verbaasde -en verbaast mij nog steeds- mij wel een aantal zaken.

Beheer van het drinkwater-, energie- en rioolnet is uiteindelijk in publieke handen en de tarieven voor de afnemers worden gereguleerd door de overheid. Er is echter een duidelijk verschil in beheerkaders. Bij de energiebedrijven worden bijvoorbeeld duidelijke doelstellingen gemaakt en deze worden gecontroleerd aan de hand van prestatie-indicatoren. Ik vind het apart dat de overheid aan eenzelfde vorm van dienstverlening, (ondergrondse leidinginfrastructuur t.b.v. de bevolking) gefinancierd met publiek geld, niet eenzelfde beheerkader met doelstellingen en de daar bijbehorende prestatie-indicatoren opstelt voor de sector als geheel.

Waar ik ook van opkeek, was dat het centraal registreren van storingen iets van de laatste jaren is. Het centraal registratie van storingen zegt iets over het gedrag van het systeem als geheel, kan met objectieve getallen gevoelens weerleggen en is cruciaal voor het leggen van relaties tussen verschillende invloeden op het netwerk. Doordat storingen op een centraal punt worden geregistreerd en de omvang van de database toeneemt, neemt de statistische significantie van analyses toe. Hierdoor kunnen vervangingsbeslissingen beter onderbouwd worden. Dat centrale registratie iets is van de laatste jaren geeft denk ik duidelijk aan dat er een transitie is in gedachtegang bij de netbeheerders, van *netbouwers* naar *netbeheerders*.

Gedurende de interviews heb ik met veel plezier de start van een ander proces in denken bij de netbeheerders gezien. Het besef dat de verschillende netbeheerders veelal dezelfde informatie nodig hebben en deze dus kunnen delen, was tijdens de interviews groeiende en werd met veel enthousiasme ontvangen. Ik denk dat het uitvoeren van een 'basale middag' (zie de conclusies) een goede opvolging is van deze start.

Gedurende dit half jaar heb ik veel hulp gehad bij het uitvoeren van dit onderzoek. Ik bedank iedereen die een uur voor mij heeft uitgetrokken voor het doen van mijn interviews en mijn collega's bij KWR die mij welkom heetten. Mijn begeleiders Jan, Ralph en Wouter bedank ik voor hun ondersteuning tijdens dit werk. Jullie zorgden ervoor dat ik telkens weer in de goede richting werd gezet en dat ik zaken in andere perspectieven kon zetten.

Ik wil ook al mijn vrienden in Delft bedanken. Ik heb een geweldige studietijd gehad dankzij jullie. Mijn ouders en broertje wil ik bedanken voor hun ondersteuning en eindeloze geduld gedurende mijn gehele studieperiode. Als laatste wil ik mijn vriendin bedanken voor het aanhoren van mijn frustraties en de aanmoedigingen om dit werk af te maken.

Ik wens u veel plezier met het doorlezen van het rapport dat het einde markeert van mijn studietijd in Delft.

Met vriendelijke groet,

Wouter Bosch BSc  
Delft, 12 oktober



# Samenvatting

Door verouderende infrastructuur, aankomende vervangingsgolven, verandering in vraag en de steeds drukker wordende ondergrond staan netbeheerders van ondergrondse infrastructuur voor een gezamenlijke uitdaging, waarin de rol van beheer en informatie een prominente plaats heeft. Reageren op basis van storingen wordt hiervoor niet meer als voldoende gezien. Het gevolg hiervan is dat netbeheerders rationeler willen omgaan met het beheer van de netwerken. De manier waarop zij dit (willen) doen is aan de hand van assetmanagement. Assetmanagement is een nieuwe/andere naam voor beheer en zoekt een balans in prestatie, risico en kosten over de gehele levenscyclus van de bedrijfsmiddelen. Aan het nemen van effectieve stuurmaatregelen (beheeracties) zijn een aantal voorwaarden verbonden. Informatie van de omgeving en de infrastructuur is hiervoor cruciaal.

Uitwisseling van informatie tussen netbeheerders is op dit moment wettelijk gedreven door de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netwerken, maar dit beperkt zich tot de locatiegegevens voor graafwerkzaamheden. Een andere vorm van informatie-uitwisseling is het delen van de korte termijn planning. Door verdergaande informatie-uitwisseling, worden verdere mogelijkheden gezien voor het beperken van kosten en overlast voor de afnemers van de diensten. Om deze reden is het doel van dit onderzoek een verkenning te maken naar informatie die netbeheerders nu verzamelen en een potentiële meerwaarde te vinden in onderlinge uitwisseling van deze informatie. De meerwaarde is uitgedrukt in mogelijkheden om informatie te delen dat bijdraagt aan het beheer van de netwerken.

De beschouwde netwerken in dit onderzoek zijn: drinkwater, riolering, gas, elektriciteit en telecom. Doordat er overeenkomsten worden verwacht in gebruikte materialen voor de netwerken en het feit dat de netwerken zich in dezelfde grondlaag bevinden, wordt in dit onderzoek eenzelfde vorm van informatiebehoefte verwacht voor het beheer van de beschouwde netwerken.

De verkenning is uitgevoerd door middel van literatuuronderzoek en interviews. Het literatuuronderzoek geeft een theoretisch kader van de informatiebehoefte van de netwerken en in welke mate netbeheerders daar zichzelf nu in voorzien.

In het literatuuronderzoek is een inventarisatie gemaakt van:

- de gebruikte materialen en het aandeel daarvan in de beschouwde infrastructuur.
- de beheerinstanties, de belangen en wettelijke verplichtingen.
- verscheidene benaderingswijzen van beheer en de rol van informatie daarin
- de faalmechanismen van de netwerken.
- de huidige informatie inwinning van de netbeheerders, zowel informatie die zij uit het netwerk halen als uit de omgeving van het netwerk.

De interviews zijn voor:

- verdere verdieping van het literatuuronderzoek
- verkenning van de vraag in de praktijk

De inventarisatie van de gebruikte materialen en de faalmechanismen van netwerken, laat een overeenkomst in informatiebehoefte zien. Naast graafschade zijn zaken als externe corrosie, belasting door verkeer en wortels, zettingen en druk op vrijwel alle beschouwde infrastructuur van invloed. Informatie over de omgeving is belangrijk voor zowel voor het bepalen van de conditie van de leidingen, de gevolgen van falen, als het afstemmen van werken. Hier worden mogelijkheden tot delen van informatie gezien.

Informatie uit het systeem is onderverdeeld in algemene en netwerkspecifieke informatie. Algemeen verzamelde informatie is de registratie van de locatie en van storingen. Door registratie van storingen kunnen analyses uitgevoerd worden op het gedrag van het systeem. Ook kan het aandeel van een specifieke oorzaak van storingen aangetoond worden. Storingsregistratie geeft een objectief beeld van het gedrag van de netwerken. Delen van storingsgegevens kan leiden tot het vinden van relaties in faalgedrag.

Netwerkspecifieke informatie-inwinning is onderverdeeld naar: onderzoek naar materiaalgedrag, metingen in de openbare ruimte en bezoeken bij afnemers thuis. Uit de interviews is naar voren gekomen dat op deze drie gebieden naast het uitwisselen van informatie, ook het combineren van werkzaamheden is mogelijk en wenselijk.

De interviews hadden een semigestructureerde vorm. Hierdoor kan het zijn dat enkele beschouwde onderdelen diepgang missen. Het resultaat van de interviews is een verkenning van de vraag naar informatie van andere netbeheerders en de aanwezigheid wil om verder samen te werken.

Het resultaat van het onderzoek is een zevental suggesties voor mogelijkheden tot het uitwisselen van informatie, namelijk:

1. gezamenlijk onderzoek naar gemeenschappelijk gebruikte materialen
2. uitwisselen van storingsgegevens
3. verdergaande uitwisseling van basisgegevens
4. informatie over de lokale invloed van de omgeving op de kansen en gevolgen van falen
5. de lange termijn planning
6. het verder combineren van werk in het veld
7. uitwisselen van ervaringen rond de transitie van bouwen naar beheren

Op deze gebieden is mogelijke meerwaarde te vinden dat uiteindelijk tot kostenbesparing kan leiden. Dit wordt bereikt doordat er meer informatie over de conditie van de netwerken en de omgeving aanwezig is bij de netbeheerders. Zo kunnen risico's beter ingeschat worden. Verder worden er mogelijk kosten bespaard en wordt overlast verminderd door het combineren van beheeracties.

De belangrijkste aanbeveling van dit onderzoek is om de strekking van dit onderzoek een ochtend of middag in de praktijk te brengen in een zogeheten "basale middag". Tijdens dit dagdeel kunnen netbeheerders stap voor stap laten zien waar zij dagelijks mee bezig zijn in het besluitvormingsproces en welke informatie zij daarvoor gebruiken. Hierdoor kunnen eventueel nog meer mogelijkheden gevonden worden voor het uitwisselen van informatie. Dit dient op regionaal niveau plaats te vinden.



# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>ii</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>iv</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen	1
1.3 Afbakening van het onderzoeksgebied	2
1.4 Methode en fasering van het onderzoek	2
1.5 Leeswijzer	4
<b>2 Overzicht netwerken en beheerorganisaties</b>	<b>5</b>
2.1 Inleiding	5
2.2 Bouw en beheer van drinkwaterleidingen	5
2.3 Bouw en beheer van rioleringen	7
2.4 Bouw en beheer van het gasnet	9
2.5 Bouw en beheer van het elektriciteitsnet	11
2.6 Bouw en beheer van het telecommunicatienet	13
2.7 Ondergrondse ordening	15
2.8 Vergelijking netwerken	16
2.9 Beschouwing infrastructuur en beheer	17
<b>3 Informatie en beheer</b>	<b>19</b>
3.1 Inleiding	19
3.2 Beschrijving assetmanagement	19
3.3 Vervangingsgolven bij netwerken	25
3.4 Beschouwing informatie in beheer	26
<b>4 Faalmechanismen ondergrondse infrastructuren</b>	<b>27</b>
4.1 Inleiding	27
4.2 Algemene categorieën oorzaken van falen	27
4.3 Graafschade	28
4.4 Fouten in fabricage en montage	28
4.5 Interne invloeden op falen	29
4.6 Externe invloeden op falen	31
4.7 Beschouwing samenhang faalmechanismen	35
<b>5 Informatie gebruik nu</b>	<b>37</b>
5.1 Inleiding	37

5.2	Informatieverzameling door netbeheerders nu	37
5.3	Informatie-uitwisseling tussen netbeheerders nu	45
5.4	Toekomstvisie van netbeheerders	47
5.5	Beschouwing huidige informatieverzameling en uitwisseling	49
<b>6</b>	<b>Vraag, mogelijkheden en meerwaarde van informatie-uitwisseling</b>	<b>51</b>
6.1	Inleiding	51
6.2	Informatievraag van netbeheerders	51
6.3	Mogelijkheden tot- en meerwaarde van het uitwisselen van informatie	55
6.4	Beschouwing vraag, mogelijkheden en meerwaarde van informatie-uitwisseling	59
<b>7</b>	<b>Discussie</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>Conclusie en Aanbevelingen</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>67</b>
	<b>Appendix</b>	<b>73</b>
A.	Berekeningen euro per meter per jaar	73
B.	Overzicht gebruikte materialen	74
C.	Kaderrichtlijn INSPIRE	75
D.	Plan-Do-Act-Check cyclus bij Liander	76
E.	Lijst van figuren	77
F.	Lijst van tabellen	78

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Netbeheerders van ondergrondse infrastructuur staan voor een gezamenlijke uitdaging. Door verouderende infrastructuur, aankomende vervangingsgolven, graafschade, verandering in vraag, een stijgend maatschappelijk bewustzijn en de steeds drukker wordende ondergrond wordt beheer van de infrastructuur steeds belangrijker. Het gevolg hiervan is dat netbeheerders rationeler willen omgaan met het beheer van hun netwerken. Beheer op basis van reactief beleid, reageren in geval van storingen, wordt niet meer als voldoende gezien. Dit proces van het rationaliseren van beheer wordt de laatste jaren assetmanagement genoemd en wordt door huidige beheerders gezien als geschikte beheermethode. Assetmanagement wordt gedefinieerd als een afweging tussen prestatie, risico's en kosten (Brown & Humphrey, 2005). Om deze afwegingen nauwkeurig te kunnen maken, moeten netbeheerders meer weten over de conditie van hun netwerken en interactie ervan met de omgeving, dan vroeger het geval was. Voor effectief beheer is informatie nodig, zowel van het netwerk als de omgeving ervan (De Leeuw, 2002).

Netbeheerders verzamelen op dit moment individueel informatie over de conditie van hun netwerk. De informatie die zij verzamelen komt uit de beheerde infrastructuur en de omgeving waarin de infrastructuur zich bevindt. Aangezien de kabels en leidingen naar elkaar in de grond liggen en overeenkomsten in gebruikte materialen zijn, wordt er een gelijksoortige informatiebehoefte verwacht. Uitwisseling van verzamelde informatie kan hierin meerwaarde bieden. De meerwaarde die gezocht wordt, is in het effectiever en efficiënter omgaan met beschikbare informatie.

Uitwisseling van informatie is op dit moment gedreven door de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netwerken (Overheid, 2008). Dit beperkt zich tot de locatiegegevens, zodat graafschade kan worden voorkomen. Ook is er uitwisseling in de vorm van het delen van de korte termijn planning, voor kosten besparing en overlast beperking. Verdere informatie-uitwisseling wordt op dit moment niet gezien. Netbeheerders laten hier waarschijnlijk mogelijkheden tot meerwaarde in de invulling van hun assetmanagement methodiek liggen. Het zou kunnen dat door verdere informatie-uitwisseling, er meer mogelijkheden zijn voor het beperken van kosten en overlast voor afnemers van de diensten, die worden verwacht bij het aangaan van de genoemde uitdagingen.

## 1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Dit onderzoek heeft als doel:

Een verkenning maken van de mogelijkheden om informatie te delen, die meerwaarde creëert in het assetmanagement van het drinkwaternet, gasnet, rioolnet, elektriciteitsnet en telecomnet, waardoor overlast en kosten voor afnemers potentieel wordt beperkt.

De volgende onderzoeksvragen moeten leiden tot het voldoen aan de doelstelling:

- 1 Welke informatie verzamelen netbeheerders op dit moment om beslissingen te nemen tot het vervangen/renoveren van kabels en leidingen?
- 2 Welke informatie zouden netbeheerders willen hebben van de andere netbeheerders om hun beheer te verbeteren?
- 3 Wat is de meerwaarde van de gevonden mogelijkheden tot informatie-uitwisseling voor beheerders en consumenten?

### **1.3 Afbakening van het onderzoeksgebied**

Dit onderzoek beschouwt de volgende vijf ondergrondse netwerken:

- Het drinkwaternet
- Het gasnet
- Het rioolnet
- Het elektriciteitsnet
- Het telecomnet

Deze vijf netten worden verder afgebakend door alleen het leidingnet te beschouwen. Installaties zoals pompen, centrales, zuiveringen en verdeelkasten worden niet beschouwd. Tevens vallen de grote (inter)nationale transportnetwerken van de Gas Transport Services (GTS) en TenneT, elektriciteit, buiten het onderzoeksgebied.

Buiten deze vijf netten bevinden zich nog meer netten in de ondergrond. Vanwege de omvang van dit onderzoek worden deze niet meegenomen. Enkelen hiervan zijn:

- Stadsverwarming
- Openbare verlichting en verkeerslichten
- Warmte-Koude Opslag (WKO)
- Drainage

### **1.4 Methode en fasering van het onderzoek**

#### *Methode*

Het onderzoek wordt uitgevoerd door middel van literatuuronderzoek en interviews bij netbeheerders en onderzoeksinstituten. Het literatuuronderzoek zal zich betrekken tot de fysieke eigenschappen van de netwerken, de theorie achter assetmanagement en de huidige verzameling van informatie door netbeheerders. Door de fysieke eigenschappen te onderzoeken kan naar overeenkomsten in faalgedrag gezocht worden. Met de theorie achter assetmanagement wordt onderzocht welke rol informatie speelt binnen deze beheermethode. Door de huidige informatieverzameling van netbeheerders te onderzoeken kan op theoretisch vlak gezocht worden naar overeenkomsten in informatiebehoefte. Voor verdere verdieping en de vraag naar informatie in de praktijk, is gekozen om interviews te doen. Per beschouwde infrastructuur zijn er een of twee personen geïnterviewd. Daarnaast zijn er interviews geweest met het Kadaster en met het Ingenieurs Bureau Amsterdam voor kennis over de huidige informatie-uitwisseling en coördinatie van beheer in de openbare ruimte.

### Fasering

De besproken methode is ondergebracht in vier verschillende fasen.

#### Fase I

De eerste fase betreft het verdiepen in de theorie. Wat er nu in de grond ligt op gebied van lengte, materiaal soort, hoe de netwerken zijn ontstaan en hoe deze de huidige vorm hebben gekregen? Zo wordt een overzicht gecreëerd van de huidige netwerken en ontstaat een beeld van de maatschappelijke en economische waarde van de kabels en leidingen. Tevens worden de belangen die spelen bij het beheer hiervan verduidelijkt. Daarnaast is gekeken naar wat assetmanagement inhoudt. Wat is het doel van de beheermethodiek en wat er nodig om dit ten uitvoer te brengen?

#### Fase II

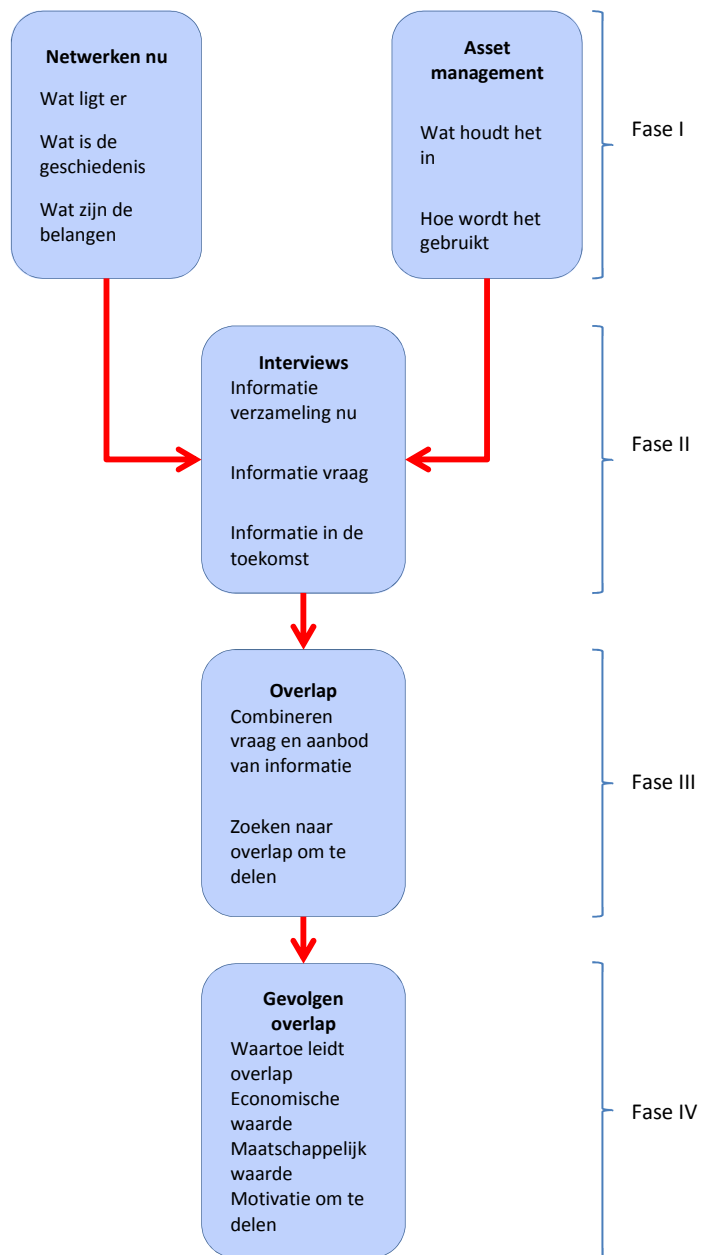
Door middel van interviews met netbeheerders, aannemers en overheden wordt een beeld verkregen van de informatie die deze nu verzamelen en gebruiken voor beheer en samenwerking. Daarnaast wordt de vraag naar informatie van de netbeheerders, aannemers en overheden duidelijk. Met de informatie uit de interviews wordt een overzicht gemaakt van de informatie die netbeheerders, aannemers en de overheid nu verzamelen en gebruiken. Tevens wordt inzichtelijk gemaakt welke de vraag naar informatie er nog ligt en in de toekomst wordt verwacht.

#### Fase III

Hier worden de overlappings in de informatie-vraag en -aanbod duidelijk.

#### Fase IV

De laatste fase kenmerkt zich door het duiden van de gevolgen van het overlappen van de informatie. Duidelijk wordt wat de te behalen efficiëntie-slagen zijn en wat voor gevolgen dit kan hebben op gebied van beheer, zowel in maatschappelijke als in economische zin.



Figuur 1; Overzicht van structuur onderzoek in 4 fasen

## **1.5 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 is een overzicht gegeven van de beschouwde netwerken en de organisaties die deze netwerken beheren. Daarnaast zijn regels rond de openbare ordening kort aangestipt. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een vergelijking tussen de beschouwde netwerken.

Hoofdstuk 3 gaat over informatie en de rol daarvan in beheer. Er is tevens een kort overzicht gegeven van verschillende onderdelen van assetmanagement. Risicomanagement en de aankomende golf in vervangingen worden beschreven.

In hoofdstuk 4 is het faalgedrag van de netwerken weergegeven. Wat zijn de oorzaken van falen en zijn daar overeenkomsten in te vinden.

Hoofdstuk 5 bevat de inventarisatie in welke mate de beheerders zelf voorzien in hun informatie behoefte nu en in de toekomst. Daarnaast wordt de huidige informatie-uitwisseling tussen netbeheerders benoemd.

Hoofdstuk 6 zal de combineert de resultaten van hoofdstukken 2, 4 en 5 en zal daarnaast de resultaten van de interviews bevatten. De mogelijkheden van het uitwisselen van informatie en de meerwaarde die zij eventueel kunnen leveren, wordt vervolgens behandeld.

Hoofdstukken 7 en 8 vormen de afsluiting van dit rapport met een discussie, de conclusie en aansluitend de aanbevelingen.

## 2 Overzicht netwerken en beheerorganisaties

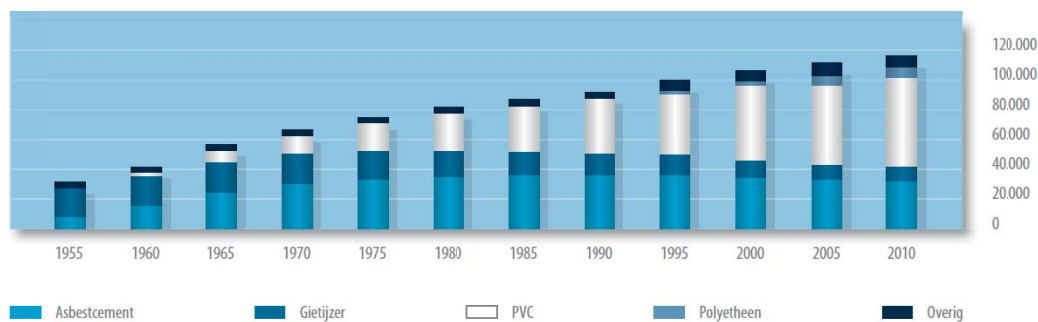
### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de opbouw van de netwerken weer gegeven en wordt de huidige situatie geschetst van de grootte, de gebruikte materialen en de eventueel te verwachten vervangingsgolven. Door de omvang van de netwerken te beschrijven wordt de meerwaarde die verdere informatie-uitwisseling kan bieden verduidelijkt. Om inzichtelijk te maken welke belangen er spelen in het beheer van de netwerken wordt tevens onderzocht wie de beheerders zijn, of er wettelijke vereisten zijn en welke belangen er verder spelen bij het functioneren van de netwerken.

### 2.2 Bouw en beheer van drinkwaterleidingen

#### 2.2.1 Geschiedenis en huidig gebruikte materialen voor drinkwaterleidingen

De eerste leidingen in het netwerk zijn gelegd in 1853 en werden in Amsterdam aangelegd vanuit de duinen (Noord-Hollandarchief, 2012). Dit waren voornamelijk gietijzeren leidingen. Vanaf 1928 werden ook asbestcementleidingen (AC) gebruikt als drinkwaterleidingen (Slaats & Mesman, 2004). Asbestvezels bleken echter kankerverwekkend en het gebruik van AC leidingen werd verboden, onderhoud en reparatie is echter nog wel toegestaan (Asbestwerkplan, 2012). Vanaf de jaren 60 is een stijging te zien van het aandeel kunststoffen als PolyVinylChloride (PVC) en PolyEtheen (PE). Door deze ontwikkelingen is het materiaalgebruik typerend voor de tijd waarin het netdeel is aangelegd. In Figuur 2 is de ontwikkeling van de toegepaste leidingmaterialen in het drinkwaternet over de afgelopen 65 jaar te zien.



Figuur 2; Ontwikkeling van het drinkwaternet 1955 - 2010 in kilometers (Vewin, 2012a)

Naast de verandering in materiaalgebruik in de infrastructuur, is in de figuur ook de toename van de lengte van het net te zien. In de afgelopen 55 jaar is het drinkwaternet met ongeveer 90.000 km gegroeid. Op dit moment is het drinkwaternet ongeveer 118.000 km lang. De lengte van het drinkwaternet in 2005 was 115.609 km (Vewin, 2006b). De groei van het netwerk in deze vijf jaar was relatief weinig vergeleken met de periodes daarvoor. Doordat de groei vermindert, verandert het zwaartepunt in de activiteiten van drinkwaterbedrijven van bouwen naar beheren. In Tabel 1 is te zien hoeveel kilometer van elk type materiaal zich in per eind 2010, in het netwerk bevindt (Vewin, 2012a).

Tabel 1; Lengte en type leiding van het drinkwaternetwerk in kilometers per 31 december 2010 (Vewin, 2012a)

Totaal	Gietijzer	Nodulair gietijzer	Staal	Beton	PVC	Poly-Etheen (PE)	Glasvezel Versterkte kunststof	Overig	Asbestcement
117.585	9.797	3.216	2.576	755	60.148	7.424	56	1.122	32.489
100%	8%	3%	2%	1%	51%	6%	0%	1%	28%

Op basis van de leeftijd en het opgetreden aantal leidingbreuken, zal een deel van de gietijzeren, asbestcement en stalen leidingen de komende decennia vervangen moeten worden. Leidingen van gietijzer en asbestcement worden, met name in veengebieden, tegenwoordig vervangen. Dit is ook te zien in Figuur 1. De drinkwatersector ontwikkelt kennis om die leidingen te kunnen prioriteren, die als eerste voor vervanging in aanmerking komen. (mondelijke informatie Ralph Beuken, KWR)

### 2.2.2 Drinkwaterleidingbeheer

De start van de Duinwater-Maatschappij (1853) was het begin van particuliere drinkwaterbedrijven (de Baar, 1993). Op het hoogtepunt waren er 229 bedrijven actief in Nederland (Vewin, 2012a). Na vele fusies zijn er op dit moment tien drinkwaterbedrijven in Nederland. Figuur 3 geeft een overzicht van de bedrijven en hun verzorgingsgebieden. Deze bedrijven produceren in totaal 1.136 miljoen m<sup>3</sup> water en leveren dit aan ongeveer 7,7 miljoen aansluitingen. De totale omzet van de tien bedrijven is ongeveer 1,4 miljard euro per jaar (Vewin, 2012a). Van de totale omzet wordt 33%, 458 miljoen euro, gebruikt om investeringen in productiemiddelen, ICT, distributie en infrastructuur en overige activiteiten te financieren. Investeringen in distributie en infrastructuur gebruiken hier 54% van, ongeveer 250 miljoen euro per jaar. Dit wordt besteed aan vervanging en nieuwe aanleg. (Vewin, 2012a).



Figuur 3; Verzorgingsgebieden drinkwaterbedrijven Nederland (Vewin, 2012b)

De drinkwaterbedrijven zijn zelfstandige organisaties in eigendom van de gemeenten en provincies (Vewin, 2012c). Het is wettelijk geregeld dat het eigendom van de drinkwaterbedrijven in publieke handen is. De Drinkwaterwet stelt dat enkel gekwalificeerde rechtspersonen zeggenschap mogen hebben over de bedrijfsvoering van een waterbedrijf, Drinkwaterwet art. 15. Met gekwalificeerd rechtspersoon wordt volgens de Drinkwaterwet art. 1, een publiekrechtelijk rechtspersoon bedoeld, zie Box 1.

De drinkwaterbedrijven hebben daarmee een monopolie positie; het is andere bedrijven verboden om drinkwater te produceren en te distribueren aan consumenten, Drinkwaterwet art. 4.



Het beheer van het drinkwaternetwerk is daardoor in handen van deze 10 bedrijven. Door de verschillende overnames in het verleden en verschillen tussen regio's, zijn er bij de bedrijven verschillende strategieën voor het beheer van het netwerk. Hoewel het beheer verschilt per bedrijf, moet het eindproduct aan de wettelijke eisen voldoen zoals gesteld in de Drinkwaterwet. Drinkwaterwet art. 32 stelt dat drinkwaterbedrijven zorg dragen voor de levering van deugdelijk drinkwater aan consumenten in het vastgestelde distributiegebied in een zodanige hoeveelheid en zodanige druk als in belang van de volksgezondheid vereist is, de leveringsplicht. De eigenaar neemt alle passende maatregelen om te kunnen voorzien in de toekomstige behoefte aan drinkwater. Artikel 33 stelt dat de eigenaar zorg draagt voor de uitvoering van een analyse met betrekking tot het risico op verstoringen evenals het actueel houden van die analyse. En dient volgens artikel 34 passende maatregelen te treffen om storingen zoveel mogelijk te voorkomen.

Box 1; Deel uit de Drinkwaterwet Hoofdstuk 1, artikel 1 (Overheid, 2012a)

#### Gekwalificeerde rechtspersoon

- a. publiekrechtelijke rechtspersoon, zijnde de Staat, een provincie, gemeente, waterschap of gemeenschappelijke regeling in de zin van de Wet gemeenschappelijke regelingen;
- b. naamloze of besloten vennootschap die voldoet aan de volgende voorwaarden:
  - 1 in de statuten is bepaald dat de aandelen in zijn kapitaal uitsluitend middellijk of onmiddellijk worden gehouden door publiekrechtelijke rechtspersonen, en
  - 2 de vennootschap heeft zich niet verbonden de zeggenschap over het drinkwaterbedrijf dat haar toebehoort of zal toebehoren, geheel of gedeeltelijk uit te oefenen of te doen uitoefenen tezamen met anderen dan een publiekrechtelijke rechtspersoon of een vennootschap als bedoeld in dit onderdeel;
- c. coöperatie waarvan de leden voldoen aan de voorwaarden, bedoeld in onderdeel b;
- d. stichting ten aanzien waarvan bij besluit van Onze Minister is vastgesteld dat in haar statuten en in de tussen de stichting en de publiekrechtelijke rechtspersoon of rechtspersonen, die haar hebben opgericht, van kracht zijnde overeenkomsten zodanige bepalingen zijn opgenomen dat gewaarborgd wordt dat de volledige zeggenschap over het betreffende drinkwaterbedrijf wordt uitgeoefend door een of meer publiekrechtelijke rechtspersonen;

Hoofdstuk 6 stelt dat de minister ieder kalenderjaar verslag uitbrengt van de waterkwaliteit van het afgelopen jaar. De drinkwaterbedrijven dienen hiertoe de hun beschikking staande gegevens te verstrekken voor zover de minister dit noodzakelijk acht. Hierdoor kunnen prestaties tussen de drinkwaterbedrijven vergeleken worden. De onderlinge prestatievergelijking dient ter verbetering van de prestaties van de drinkwaterbedrijven, ter bevordering van de doelmatigheid en ter verhoging van de transparantie. Tevens worden de resultaten van de prestatievergelijking betrokken bij de raming van de kosten in het kader van de bepaling van de tarieven (artikel 9 tweede lid, b van het Drinkwaterbesluit). Het is een instrument voor het afleggen van publieke verantwoording door de drinkwaterbedrijven over de wijze waarop zij hun publieke taak uitvoeren. Het verbeteren van de transparantie en doelmatigheid vindt plaats door het openbaar maken van de resultaten en door sturing vanuit de Raden van Commissarissen en de Algemene vergaderingen van aandeelhouders. De Raden van Commissarissen en de aandeelhouders kunnen het management van de drinkwaterbedrijven vervolgens aanspreken op hun resultaten. (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2012)

Informatie over het netwerk is nodig om aan de wet te voldoen en daarmee de belangen van de consumenten, de bevolking, te behartigen. De belangen van de bedrijven en bevolking zijn een continue levering van drinkwater tegen zo laag mogelijke kosten en voldoen aan de kwaliteitseisen, zoals beschreven in de Drinkwaterwet.

## 2.3 Bouw en beheer van rioleringen

### 2.3.1 Geschiedenis en huidig materiaalgebruik rioleringen

De grootschalige aanleg van rioleringen begon aan het einde van de negentiende eeuw. In het midden van de twintigste eeuw was vrijwel iedereen aangesloten op het rioolstelsel. Op dit moment is Nederland, met een aansluitgraad van 99,8%, aanvoerder van Europa op het gebied van inzameling van afvalwater (Stichting Rioned, 2010). Er is een onderscheid te maken in een tweetal typen: vrijverval en drukriolering. In totaal is er 121.050 km aan rioleringsnetwerk in Nederland (Stichting Rioned, 2010).

### *Vrijverval riolering*

Ongeveer 85% van de buisdiameters in het vrijverval stelsel is tussen de 250 en 500 mm. Grotere buizen, met doorsnede van meer dan 1100 mm, vormen ongeveer 2% van het stelsel (Stichting Rioned, 2010). Deze zijn voornamelijk zo gedimensioneerd voor het afvoeren van regen onder de invloed van de zwaartekracht. Deze buizen zijn over het algemeen van beton gemaakt. Tabel 3 geeft het aantal kilometer netwerk van het vrijverval systeem in Nederland (Stichting Rioned, 2010). Door gebruik te maken verdelingspercentages van materiaal uit de rioleringsbenchmark (fig. B2.17 (Stichting Rioned, 2010)) zijn de materiaallengtes weergegeven in Tabel 2.

### *Drukriolering*

Drukriolering wordt gebruikt om het door het vrijverval verzamelde afvalwater, te transporteren naar een riool water zuiveringsinstallatie. In Tabel 3 is een overzicht van het aantal kilometers drukriolering. Het drukstelsel is over het algemeen is opgebouwd met kunststof leidingen (Stichting Rioned).

### *Totale opbouw*

De totale materiële opbouw van het gehele rioolstelsel is weergegeven in kilometers in Tabel 2.

*Tabel 2; Aantal km buis/leiding naar materiaalsoort in het rioolstelsel*

<i>Totaal</i>	<i>Beton</i>	<i>Kunststof</i>	<i>Overig</i>
<b>121.050</b>	<b>86.900</b>	<b>31.450</b>	<b>2.700</b>
100%	72%	26%	2%

Tabel 3 geeft een verdeling van de materialen naar type stelsel.

*Tabel 3; Type rioolstelsels in Nederland en lengte van de buizen in km (Stichting Rioned, 2010)*

<i>Stelseltype</i>	<i>Aantal kilometer buis/leiding</i>
Vrijverval: gemengd	50.800
(verbeterd gescheiden)	38.800
- afvalwater	20.400
- hemelwater	18.400
Drukleidingen	31.450
<b>Totaal</b>	<b>121.050</b>

Met een gehanteerde technische levensduur van 60 jaar, wordt rond 2035 een piek in de vervangingsopgave verwacht (Stichting Rioned, 2010).

### **2.3.1 Rioleringsbeheer**

In Nederland is de gemeente beheerder van het op zijn grondgebied gelegen rioolstelsel. Er zijn 430 gemeenten in Nederland en dus 430 beheerders. Grote gemeenten hebben soms eigen ingenieursbureau voor projectvoorbereiding en uitvoering van beheer van het lokale stelsel. Kleine gemeenten besteden dit type werk vaker uit aan commerciële ingenieurs- of consultancybureaus. Kosten voor rioleringsbeheer worden volledig gedekt via de rioolheffing, aan huishoudens en bedrijven. In 2010 waren de opbrengsten van de rioolheffing 1,28 miljard euro. (Stichting Rioned, 2010)

De wetgeving waaraan de gemeenten moeten voldoen in het beheer zijn onder andere de wet 'Regels over het ontwerpen, bouwen, aanpassen en onderhouden van openbare riolen', de wet 'Milieubeheer' en de Waterwet. De wet 'Regels over het ontwerpen, bouwen, aanpassen en onderhouden van openbare riolen' kent drie artikelen, waarvan de eerste twee in Box 2 te lezen zijn. Het derde artikel is de datum van inwerkingtreding, 1 maart 1996. Artikel 2 geeft de eisen weer welke gesteld worden aan het beheer van de riolering. Bewoordingen als "zoveel (als) mogelijk" en "zo beperkt als uit een oogpunt van doelmatig beheer" laten ruimte in de uitvoering van het beheer. Voor de uitvoering van beheer zijn wel richtlijnen zoals de Leidraad Riolering en de Europese Norm (EN) 752. In de EN752 is het proces van integraal rioleringsbeheer beschreven. Er is geen vorm van evaluatiemechanisme in de EN752 verwerkt (European Committee for Standardization, 2008). De wet Milieubeheer stelt in artikelen 4.22 t/m 4.24 de eisen aan het gemeentelijk rioleringsplan (GRP) (Overheid, 2012b). Hierin wordt eveneens gesproken over plannen om "structureel nadelige gevolgen...zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken...". Artikelen 3.5 en 3.6 van de Waterwet spreken ook van "zoveel mogelijk voorkomen", "doelmatige inzameling" en "redelijkerwijs" (Overheid, 2009). Deze bewoordingen laten eveneens ruimte in de uitvoering. In het gemeentelijk rioleringsplan wordt het beleid en de kosten van de uitvoering hiervan, per vijf jaar uitgezet.

Box 2; Deel uit de wet "Regels over het ontwerpen, bouwen, aanpassen en onderhouden van openbare riolen" (Overheid, 1996)

<b>Artikel 1</b>	
Openbaar riool: Gemeentelijke voorziening voor de inzameling en het transport van afvalwater	
<b>Artikel 2</b>	
Een openbaar riool is zodanig gebouwd en wordt zodanig onderhouden dat:	
a.	het betrokken openbaar riool zoveel als mogelijk berekend is op de eigenschappen, samenstelling en hoeveelheid van het afvalwater
b.	lekkage zoveel mogelijk wordt voorkomen, en
c.	het aantal overstorten zo beperkt is als uit een oogpunt van doelmatig beheer van afvalwater mogelijk

De belangen van de gebruikers, de burgers en bedrijven, liggen bij een riool dat dusdanig functioneert dat zij weinig tot geen overlast hebben van onderbrekingen in afvoer, stankoverlast, wateroverlast en dat laag is in kosten. Informatie over het netwerk is nodig met het oog op de vervangingsgolf en de wettelijke verplichtingen zoals het voldoen aan het opstellen van een GRP.

## 2.4 Bouw en beheer van het gasnet

### 2.4.1 Geschiedenis en huidige gebruikte materialen van het gasnet

Voordat de gasbel in Slochteren werd gevonden, werd gas voornamelijk gebruikt in fabrieksprocessen en voor de verlichting van enkele grote steden. Nadat in 1963 de gasbel in Slochteren was gevonden heeft het gasnetwerk een snelle groei doorgemaakt. In ongeveer 10 jaar tijd werden alle huishoudens in Nederland aangesloten op het gasnetwerk. In 2010 ligt er 135.229 km aan gasleidingen in Nederland (Netbeheer Nederland, 2011), zie Tabel 4.

Tabel 4; Lengte en type leiding materialen van het gasnet als per januari 2010 in km (Kiwa Gastechology, 2012)

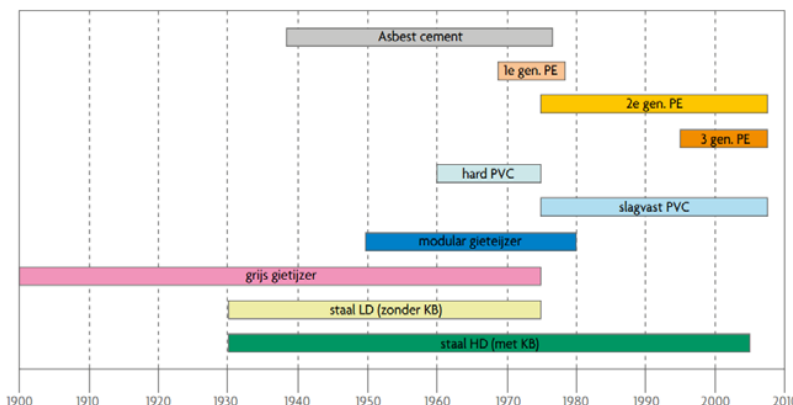
Totaal	Asbestcement	PE	Slagvast PVC	Hard PVC	Nodulair gietijzer	Grijs gietijzer	Staal
135.229	1.893	21.096	58.148	23.665	2.164	7.167	21.096
100%	1%	16%	43%	17%	2%	5%	16%

Het gasnet is onderverdeeld in een hoog, midden en lagedruk, zie Tabel 5.

Tabel 5; Verdeling netlengtes hoog, midden en lage druk gasnetwerk

Nettype	Aantal km
Lage druk (t/m 0,1 Bar)	98.808
Hoog en midden druk	24.371

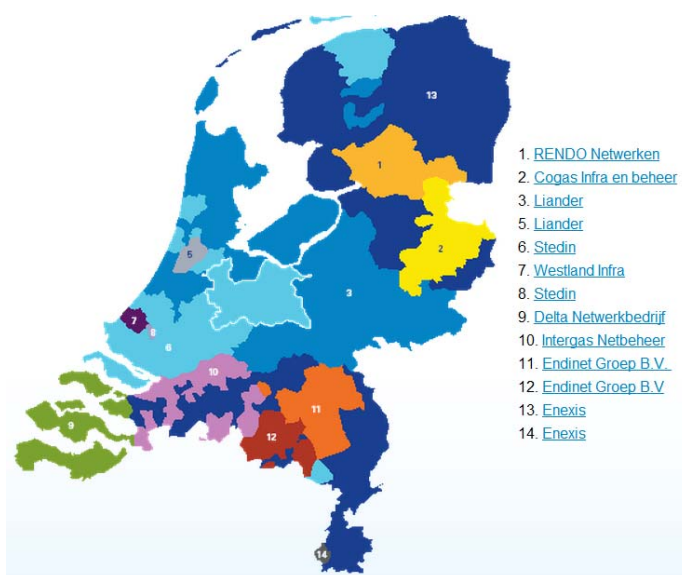
Net als bij drinkwaterleidingen wordt ook hier een verscheidenheid aan materialen gebruikt en zijn deze kenmerkend voor de tijd van aanleg. In Figuur 4 is te zien welke materialen in welke tijdsperiode gebruikt zijn door netbeheerder Enexis. Door de snelle groei van het gasnetwerk in de jaren 60 wordt bij het aanhouden van een vaste economische levensduur een vervangingsgolf verwacht. Daarnaast is er een specifieke vervangingsvraag van gietijzeren leidingen. Gietijzer werd tot ongeveer 1980 gebruikt voor gasdistributie. De gietijzeren leidingen worden proactief vervangen door andere materialen (Netbeheer Nederland, 2012a). Andere uitdagingen waar de gasnetbeheerders voor staan zijn onder andere, de verandering in vraag naar gas en de opkomst van biogassen.



Figuur 4; Aanleg periodes materiaal in het gasnet van Enexis (Enexis, 2010a)

### 2.4.2 Gasnetbeheer

Na een periode van fusies sinds de jaren 80 (Eneco, 2012a) zijn er op dit moment 7 gasnetbeheerders actief in Nederland (Energieleveranciers, 2012b). In Figuur 5 is een overzicht van de verzorgingsgebieden van de gasnet-beheerders gegeven. Op te merken is dat sommige beheerders in de figuur er dubbel in staan vanwege verschillende afdelingen van het bedrijf en dat er dochter ondernemingen bij staan, zoals Endinet een onderdeel is van Alliander. Gasnetbeheerders en elektriciteitsnetbeheerders zijn over het algemeen gecombineerd in een bedrijf, hoewel de verzorgingsgebieden kunnen verschillen voor de twee onderdelen. De totale omzet van de gas- en elektriciteitsbeheerders, bedroeg in 2010 ongeveer 33 miljard euro (Netbeheer Nederland, 2011).



Figuur 5; Overzicht verzorgingsgebieden netbeheerders van het gasnet (Energieleveranciers, 2012b)

Met het in werking treden van de *Wijzigingswet Elektriciteitswet 1998 en Gaswet (nadere regels omtrent een onafhankelijk netbeheer)*, ook wel de splitsingswet of *Wet Onafhankelijk Netbeheer (WON)*, zijn energiebedrijven opgedeeld in een gereguleerd netwerkbedrijf (de netbeheerder) en een commerciële energieleverancier die gebruik maakt van de diensten van de netbeheerders. De motivatie hiervoor is te zien in Box 3 (Overheid, 2006). De gasnetbeheerders hebben net als de drinkwaterbedrijven aandeelhouders. De aandeelhouders zijn provincies en gemeenten. De regulering vindt onder andere plaats door het vaststellen van de tarieven door de Energiekamer van de Nederlandse Mededingingsautoriteit (NMa). De tarieven worden onder andere vastgesteld door de behaalde kwaliteit van de levering. De kwaliteit van levering is afhankelijk van een aantal prestatie indicatoren. De kwaliteit wordt vervolgens uitgedrukt in een zogeheten X en/of Q factor. Als een netbeheerder hogere kwaliteit levert dan van hem wordt verwacht, mag deze een hoger tarief rekenen. Als een netbeheerder lagere kwaliteit levert dan van hem wordt verwacht moet deze een lager tarief voeren (Nederlandse Mededingingsautoriteit, 2011). De bedrijven kunnen -beperkt- winst maken en deze uitkeren aan de aandeelhouders. Verdere 'nadere eisen' zoals in Box 3 genoemd, zijn dat energienetbeheerders zich moeten ontwikkelen in de assetmanagement methodiek. Deze methode wordt doeltreffend geacht voor het beheer van de kwaliteit en capaciteit van de transportdienst. Om het jaar dienen de energiebeheerders hiervan een rapport op te stellen, een Kwaliteits- en Capaciteitsdocument (Overheid, 2012c) (Nederlandse Mededingingsautoriteit, 2008). Risicomanagement is als gevolg bij alle energienetbeheerders verplicht aanwezig. De invulling ervan is per bedrijf anders.

Box 3; Deel uit de opening van de *Wijzigingswet Elektriciteitswet 1998 en Gaswet (nadere regels omtrent een onafhankelijk netbeheer)* (Overheid, 2006)

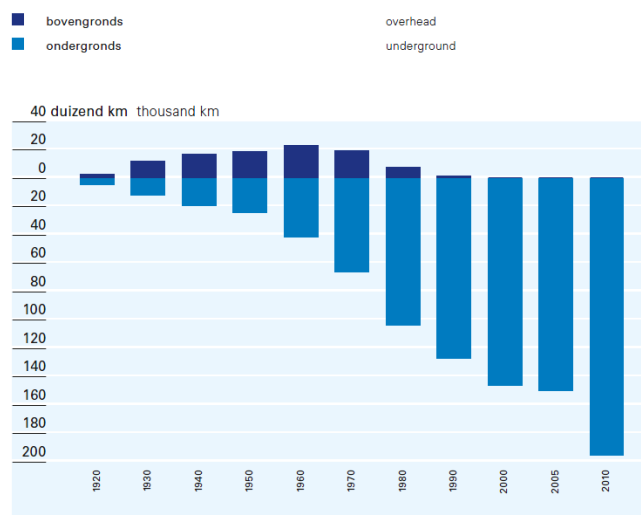
Alzo Wij in overweging genomen hebben, dat het wenselijk is een onafhankelijke positie van netbeheerders ten aanzien van productie-, handels- en leveringsbedrijven van elektriciteit en gas te bevorderen en ook overigens nadere eisen te stellen aan de taken van netbeheerders en aan de uitvoering daarvan;

Door de wettelijke eisen vanuit de Gaswet (Overheid, 2000), onder andere vanwege het risico van het product, speelt veiligheid een grote rol in het beheer. Verdere belangen bij het gasnet zijn een constante levering, veiligheid en zo laag mogelijke kosten voor de afnemers.

## 2.5 Bouw en beheer van het elektriciteitsnet

### 2.5.1 Geschiedenis en huidig materiaal gebruik in het elektriciteitsnet

In 1886 werd in Nederland voor het eerst stroom geleverd aan particulieren en bedrijven in Kinderdijk. In 1890 werd er 5 km aan kabel onder de grond gelegd (Hermsen, 2012). Vanaf 1920 groeit het netwerk, zoals te zien in Figuur 6. Elektriciteit wordt in Nederland voornamelijk ondergronds getransporteerd. Enkel de hoogspanningsmasten van het landelijk transportnet bevinden zich boven de grond. Hoog- en middenspanningskabels hebben een transport functie. De laagspanningskabels hebben een distributiefunctie (COB, 2009). In Nederland is 333.165 km aan elektriciteitskabels ondergronds. Het aandeel bovengronds is 8.633 km. In Tabel 6 is een onderscheid gemaakt naar hoog-, midden- en laagspanning en zijn de lengtes gegeven (Netbeheer Nederland, 2011) (KEMA, 2012).



Figuur 6; Laagspanningsnet onder en bovengronds vanaf 1920 (Netbeheer Nederland, 2011)

Tabel 6; Type ondergrondse spanningskabels en lengte (Netbeheer Nederland, 2011) (KEMA, 2012)

Type	Spanning (kV)	Lengte in km
Hoogspanning	50/110/150	3.997
Midden spanning	3 t/m 25	105.595
Laagspanning	0,4	223.573
<b>Totaal</b>		<b>333.165</b>

In vergelijking met het drinkwaternet en gasnet is de lengte van het elektriciteitsnet bijna een factor tweeënhalf groter. Dit komt grotendeels doordat het elektriciteitsnet een drie-fasen-netwerk is. Dit betekent dat voor transport van elektriciteit er drie kabels in de grond liggen. Niet op alle delen ligt dit drie fasen netwerk.

Elektriciteitskabels hebben een koperen of aluminium kern en werden vroeger met een gepantserd papierloodverbinding geïsoleerd (GPLK). Vanaf 1985 wordt hiervoor kunststoffen als PolyEtheen gebruikt (Cross-Linked Polyethylene, XLPE) (Enexis, 2010b). Zie Tabel 7 voor de verdeling van de gebruikte materiaalsoorten.

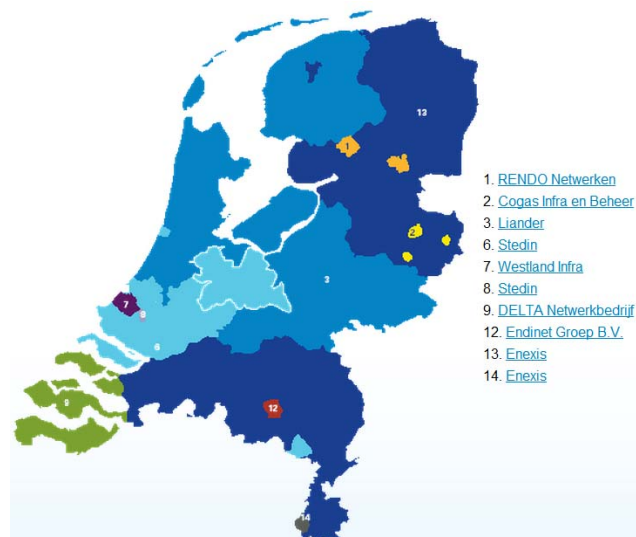
Tabel 7; Verdeling materiaalsoort laagspanning en middenspanningsnet (KEMA, 2012)

Materiaaltype	Papier-lood (GPLK) (in km)	Kunststof (XLPE) (in km)
Laagspanning	85.805	137.758
Middenspanning	84.583	21.012

De hoog en midden spanningskabels hebben vanwege de warmteontwikkeling een aparte koeling nodig. Dit wordt gedaan met behulp van een vloeistof (olie) of gas in de mantel aan te brengen voor een snelle warmteafdracht naar de omgeving (COB, 2009).

### 2.5.2 Elektriciteitsnetbeheer

Voor elektriciteitsnetbeheerders geldt een vergelijkbare geschiedenis als de gasnetbeheerders. Als gevolg van vele fusies en overnames vanaf de jaren 80 zijn er nu 7 netbeheerders (Eneco, 2012a) (Energieleveranciers, 2012a). Deze zijn dezelfde als de gasnetbeheerders, enkel de verzorgingsgebieden van elektriciteit, zie Figuur 7, kunnen verschillen met de verzorgingsgebieden van gas. De elektriciteitsnetbeheerders zijn net als de gasnetbeheerders in publieke handen vanwege de splitsingswet. De wettelijke verplichtingen in de vorm van risicomangement zijn hetzelfde als voor het gasnetwerk. Verdere specifieke wetgeving is er in de vorm van de Elektriciteitswet 1998.



Figuur 7; Overzicht verzorgingsgebieden netbeheerders van het elektriciteitsnet (Energieleveranciers, 2012a)

Box 4; Artikel 2, lid 3 van de Elektriciteitswet 1998 (Overheid, 1998a)

**Artikel 2, lid 3**

Het energierapport bevat ten minste:

- a. een analyse van de ontwikkelingen op de nationale en internationale energiemarkt en de effecten daarvan op een betrouwbaar, duurzaam, doelmatig en milieu hygiënisch verantwoord functionerende energiehuishouding;
- b. een analyse van veranderingen in het gebruik van energiebronnen voor het opwekken van elektriciteit en van de wijze waarop en de mate waarin zich een duurzame energiehuishouding ontwikkelt;
- c. een analyse van de ontwikkeling van de marktwerking in de energievoorziening;
- d. een overzicht van de beoogde resultaten inzake de bevordering van een betrouwbaar, duurzaam, doelmatig en milieu hygiënisch verantwoord functionerende energiehuishouding en van de wijzen waarop die resultaten in de desbetreffende periode van vier jaar zullen worden nagestreefd;
- e. een analyse van overige aspecten die van belang kunnen zijn in het kader van het energiebeleid in het algemeen.

Een deel van deze eisen omvat het maken van een vierjaarlijks rapport, zie Box 4 voor meer details.

Het continu leveren met voldoende spanning tegen zo laag mogelijke kosten, zijn voornaamste belangen bij de afnemers, de bedrijven en de bevolking. De continuïteit van levering speelt een belangrijke rol. De samenleving is afhankelijk van de levering van elektriciteit. Onderbreking van deze dienst kan leiden tot (ernstige) problemen (Nu.nl, 2012a).

## **2.6 Bouw en beheer van het telecommunicatienet**

### **2.6.1 Geschiedenis en huidig materiaal gebruik**

In 1881 werd in Amsterdam werden de eerste telefoonkabels aangelegd. Deze kabels werden bovengronds aangelegd. Wegens klachten gingen de leidingen ondergronds (Nationaal Historisch Museum, 2012). Als gevolg van technologische en economische veranderingen in de jaren 90 is het telecommunicatienetwerk uitgegroeid tot de grootste ondergrondse infrastructuur in Nederland. Schattingen van de hoeveelheid kilometer netwerk lopen uiteen van 415.000 km (COB, 2009) tot 530.000 km (EIM, 2007) en de omvang van het netwerk is nog steeds sterk groeiende.

Het netwerk bestond oorspronkelijk uit koperkabels voor de telefoonverbinding. Vanaf de jaren zeventig werden er ook coaxiaalkabels aangelegd voor kabeltelevisie. Met de komst van internet en andere digitale systemen is er een explosieve toename geweest in de groei van hoogwaardige en snelle verbindingen. Deze toename is mede mogelijk gemaakt door een derde materiaaltipe netwerk, glasvezel. Glasvezel zal zowel zakelijk als privaat, het gebruik van de koperkabels verdringen (COB, 2009).

### **2.6.2 Telecommunicatie netbeheer**

De liberalisering van de telecommarkt op 1 juli 1997 maakte de markt in beginsel vrij voor alle producten en diensten en in principe bestaat er volledige concurrentie. Sindsdien zijn er nauwelijks juridische belemmeringen om als aanbieder op te treden en zelf infrastructuur aan te leggen. Deze liberalisering van de markt maakt dat de telecombedrijven de enige bedrijven in dit onderzoek zijn die niet in publieke handen zijn. Op dit moment zijn er vele aanbieders van telecommunicatie. Deze aanbieders leveren een, of een combinatie van diensten als bijvoorbeeld; internet, bellen, televisie, mobiele telefonie en radio. Aanbieders die zelf geen infrastructuur hebben moeten gebruik maken van de bestaande infrastructuur van andere aanbieders. De voorwaarden hiervoor kunnen de toegang van de aanbieder tot de eindgebruiker bemoeilijken. Dit was het geval in de eerste jaren na 1997, toen de markt liberaliseerde vanuit de monopolie positie van KPN (Ministerie van Economische Zaken, 1999). Het beheer van de netwerken ligt bij de eigenaar van de kabels. Door de openheid van de markt kan de eigenaar van de kabel verschillen van de aanbieder. De grootste eigenaren van netwerken zijn KPN, Ziggo en UPC.

De aanleg van infrastructuur is vastgelegd in 'graafrechten' in de Telecommunicatiewet (Overheid, 1998b). Het telecommunicatienetwerk moet worden gedoogd, zowel op openbare gronden als op niet-openbare gronden, zie Box 5. Dit betekent dat bij de aanleg van infrastructuur er geen rekening gehouden hoeft te worden met een gemeentelijk verbod (de no-dig periode) op het open breken van de straat. Als klanten een product willen van een bepaalde provider, en deze (glasvezel-)kabel ligt er nog niet, dan mag de provider de straat open breken om de kabel aan te leggen. Mits zij van tevoren een melding maken van hun activiteit bij de gemeenten, artikel 5.4 (Overheid, 1998b). Deze wijze van werken leidt tot de aanwezigheid van meerdere kabelnetten in de straat. Activiteiten rond het instandhouden van het netwerk, dienen eveneens gedoogd te worden.

Box 5; Deel uit artikel 5.2 van de Telecommunicatiewet (Overheid, 1998b)

**Artikel 5.2**

- 1 De rechthebbende op of de beheerder van openbare gronden is verplicht te gedogen dat ten dienste van een openbaar elektronisch communicatienetwerk kabels in en op deze gronden worden aangelegd, in standgehouden of opgeruimd.
- 2 Voor zover het de aanleg, instandhouding of opruiming van andere dan lokale kabels betreft strekt de gedoogplicht zich tevens uit tot niet-openbare gronden, uitgezonderd tuinen en erven die met bewoonde percelen één geheel vormen.

Het uitvoeren van de aanleg, het instandhouden, oplossen van storingen en -hoewel zelden- het opruimen van de kabels wordt tegenwoordig steeds meer uitgevoerd door aannemers die in opdracht werken van aanbieders als KPN. Het opruimen van de kabels wordt zelden gedaan (uit interview met Ellenbroek, 2012). De oude kabels blijven liggen en kunnen voor capaciteitsvergroting en extra redundancy zorgen. Redundancy houdt in dat in geval van het falen van een kabel, het netwerk blijft functioneren. Dit zijn, onder meer, de redenen dat er meer dan vier keer zoveel netwerk ligt in vergelijking met het drinkwaternetwerk. Andere redenen zijn dat er nieuwe extra kabels worden gelegd voor capaciteit en voor meervoudige redundancy voor het geval van een storing (COB, 2009). Bij de aanleg worden ook lege mantelbuizen aangelegd. In geval van een glasvezelbreuk kan snel worden gereageerd door in deze lege mantelbuis een nieuwe glasvezel te blazen (EIM, 2007). Daarnaast wil iedere kabelaar een eigen kabel in de grond (Jager & Naus, 2012), wat leidt tot kabels van meerdere aanbieders naast elkaar.

Sprake van een vervangingsgolf is er niet bij de telecomnetwerken. De uitfasering van koper en coaxkabels met de komst van glasvezel is een proces gestuurd door de technologische ontwikkelingen en de sterke vraag van consumenten naar goedkoper en sneller internet en andere communicatiemogelijkheden. Vervanging van de koper en coaxkabels wegens een einde levensduur is niet aan de orde en de einde technische levensduur van glasvezel kabels is nog onbekend. (uit interview met Ellenbroek, 2012)

Het beheer van de netwerken is anders ten opzichte van de andere behandelde netwerken. Het telecommunicatienet kent geen onderhoudsvraag door veroudering. Voor het beheer en investeringsmodel van telecomnetwerken wordt een andere tijdshorizon aangehouden dan bij de andere beschouwde netwerken. Drinkwaterbedrijven, rioolbeheerders, gasnetbeheerders en elektriciteitsnetbeheerders hanteren een levensspanne van 50-70 jaar van de aan te leggen netwerken. Bij de aanleg van telecommunicatie niet zover vooruit gekeken. Door technologische en economische veranderingen ligt de aangehouden tijdshorizon op maximaal twintig jaar. Dit heeft tot gevolg dat het telecommunicatienet een "vluchtiger" bestaan heeft ten opzichte van de andere netwerken. (uit interview met Ellenbroek, 2012)

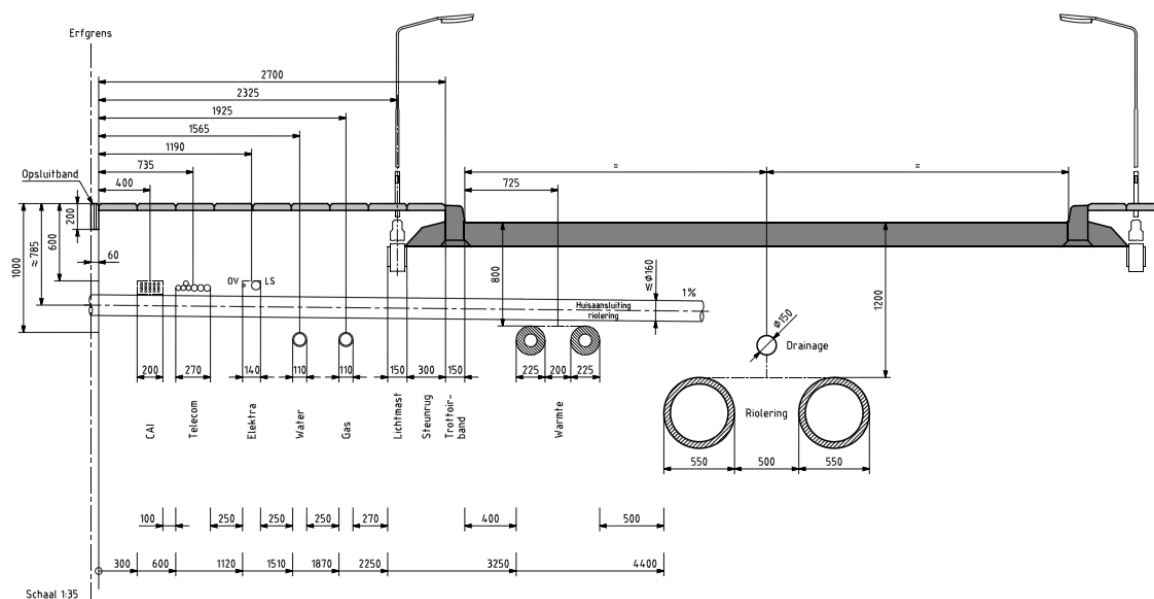
Dat de belangen die spelen bij het netwerk door een andere tijdshorizon, minder zijn dan bij de andere vier netwerken is echter niet zo. Communicatie neemt in de huidige maatschappij een belangrijke plaats in. Dit bleek, onder andere, toen op 4 april 2012 een brand ontstond in een bedrijfspand van Vodafone in Rotterdam (Nu.nl, 2012b) (Tweakers.net, 2012). Storingen hielden een week aan en leidden tot veel ongenoegen en schade bij zowel bedrijven, consumenten als de politiek.



## 2.7 Ondergrondse ordening

### *Ordening van de ondergrondse netten*

De netwerken van drinkwater, riolering, gas, elektriciteit en telecommunicatie beslaan (uitgaande van 530.000 km telecommunicatie) 1,2 miljoen kilometer. Inclusief de in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten kabels en leidingen, zoals drainage en openbare verlichting (zie 1.3), is de schatting van de totale hoeveelheid kabels en leidingen op dit moment op 1,75 miljoen kilometer (Opta, 2012). Dit zorgt voor drukte in de ondergrond en vereist, gezien de belangen en risico's die spelen bij de producten, een vorm van ordening. De overheid treedt hierin op en zorgt voor regels en wetgeving. Hierin wordt samenwerkende partijen gemaand normen op te stellen. Een norm is een door de sector opgestelde set aan vastgestelde afspraken. Voor de in dit onderzoek beschouwde infrastructuur gelden specifieke diepten en onderlinge afstanden. Deze zijn gegeven in NEN 7171-1. In Figuur 8 is uit NEN7171-1 een voorbeeld dwarsdoorsnede van een straat gegeven.



Figuur 8; Voorbeeld dwarsdoorsnede ondergrondse inrichting van een straat (Nederlands Normalisatie instituut, 2009)

De onderlinge afstanden zijn ingegeven door de eigenschappen van de netwerken. Riolering ligt een stuk dieper dan de andere netwerken, omdat deze zowel afvalwater als hemelwater afvoert door gebruik te maken van zwaartekracht. Er moeten vaak grote afstanden overbrugd worden, voor stroming door zwaartekracht is een bepaald verhang nodig. Dit verhang zorgt ervoor dat de riolering steeds dieper komt te liggen. Drinkwaterleidingen liggen op een bepaalde diepte vanwege het mogelijke bevriezen van het water in de leidingen. Door dieper in de grond te liggen bereikt de vorst de leiding niet. Telecom en elektriciteit liggen ondieper. De diepte die nu wordt aangehouden houdt voornamelijk verband met warmte ontwikkeling bij elektriciteitskabels en graafschade. Gasleidingen liggen eveneens vanwege de vorst op een bepaalde diepte.

De NEN 7171-1 norm geeft echter voornamelijk op lokaal niveau regels. De steeds drukker wordende ondergrond en nieuwe ontwikkelingen, onder andere op het gebied van Warmte-Koude-Opslag (WKO) systemen, vereisen een visie op de ondergrond als geheel. De overheid zal deze visie presenteren in de Structuurvisie Ondergrond (STRONG). (Rijksoverheid, 2012)

### *Gemeenten beheerders van de openbare ruimte*

Gemeenten zijn beheerder van de openbare ruimte op hun grondgebied. Zij geven vergunning af met toestemming om te graven en kunnen coördineren in de aanleg van de netten. Gemeenten kunnen een zogeheten 'no-dig' periode aanhouden. Dit zijn periodes van bijvoorbeeld 5-10 jaar waarin de straat, of

weg, niet opengebrouwen mag worden voor onderhoud of vervangingen. Met een uitzondering voor leidingbreuken. De toepassing en handhaving van deze 'no-dig' periodes verschilt per gemeente.

## 2.8 Vergelijking netwerken

### Vergelijking beschikbare financiële middelen

Beheer van de verschillende ondergrondse infrastructuren is voor ieder netwerk anders. Om een gevoel te krijgen van de financiële ruimte voor investeringen is naar een vergelijkende rekeneenheid gezocht. Dit is gedaan voor drinkwaterleidingen, riolering, gasleidingen en elektriciteitskabels. Telecommunicatie is hierin buiten beschouwing gelaten vanwege: de vele verschillende bedrijven, de daaruit volgende onoverzichtelijke kosten voor het netbeheer en onnauwkeurigheid in de gevonden lengte van de infrastructuur. De waarden geven de huidige situatie weer in het aantal Euro dat, per meter netwerk, per jaar, door klein gebruik beschikbaar is voor investeringen. Deze waarde geeft een eenvoudige manier van vergelijken tussen de verschillende typen infrastructuren. Aan de hand van dit getal kan een inschatting gemaakt worden van het investeringspotentieel van een netwerk.

Voor het berekenen van deze waarden wordt de totale jaarlijkse opbrengst van de levering voor kleinverbruik via het netwerk berekend. De totale jaarlijkse opbrengst wordt berekend door:

$$\frac{\text{Totaal getransporteerde volume per jaar voor kleinverbruik} * \text{Transportkosten per volume eenheid voor kleinverbruik}}{\text{Totale lengte van het netwerk}}$$

Dit is gedaan voor zowel gas, elektriciteit als drinkwater. Voor de riolering is in plaats van het getransporteerde volume gekozen voor de totale rioolheffingsopbrengst, voor uitwerking hiervan zie Appendix A. De resultaten zijn in het kort weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8; Indicatie investeerbare euro per meter per jaar per netwerk

Netwerk	Euro per meter per jaar
Gas	11
Riolering	10,5
Elektriciteit	7,5
Drinkwater	4

De resultaten laten zien dat vooral tussen de energienetwerken en de drinkwater- en rioolnetwerken een verschil zit. De verschillen kunnen verklaart worden aan de hand van een aantal verschillen van de netwerken:

#### Risico's van/door het product

Aan de producten gas en elektriciteit zijn andere risico's verbonden dan aan riolering en drinkwater. Lekken in gasleidingen kunnen leiden tot explosies en daardoor doden en gewonden tot gevolg hebben. Bij schade aan elektriciteitskabels kunnen mensen sterven of gewond raken door elektrocutie. Lekkende riolering en drinkwaterleidingen hebben minder risico met betrekking tot lichamelijk letsel dan gasleidingen en elektriciteitskabels, dus is er minder belang bij een lekvrij netwerk. De kosten om een zo lekvrij mogelijk netwerk als dat van gas te beheren vraagt om meer investeringen.

#### Imago

Het beeld dat de afnemer heeft bij de veiligheid van het product bepaalt eveneens de hoeveelheid te investeren geld. Wanneer het gasnetwerk of drinkwater niet meer als veilig wordt gezien, zal er maatschappelijke onrust ontstaan. Gebrekkige afvoer van water en stankoverlast zijn voor riolering slecht voor het imago. Investeringen voor een goed imago laten aan de afnemers zien dat hun geld goed besteed wordt.

#### Impact van afsluiting

Continuïteit van de levering is voor de afnemer belangrijk. Het uitvallen van elektriciteit voor een half uur heeft echter een grotere impact in Nederland, dan een half uur geen water of riolering. Verder zijn er

bij het uitvallen van de gasdruk risico's verbonden bij het opnieuw op druk brengen. De impact ligt hierbij niet bij het gebruiksgemak, maar bij het gebruiksrisico.

### Gebruikte materialen

Naast leidingmateriaal zijn er meer onderdelen in het netwerk die aanleg en onderhoud nodig hebben. Pompstations, drukverdelers en transformatorhuizen en dergelijken, ten behoeve van de distributie moeten meegerekend worden. Dit zorgt voor verschil in kosten in het operationeel houden van de netwerken.

### Vergelijking uitvalduur

De gemiddelde onderbrekingsduur is een waarde die als prestatie indicator wordt gebruikt. Het is de gemiddelde tijd dat een voorziening niet beschikbaar is voor een aansluiting. In Tabel 9 worden de waarden gegeven.

Tabel 9; Tijdsduur dat een voorziening niet beschikbaar is per aansluiting

Netwerk	Gemiddelde onderbrekingsduur (minuten per aansluiting per jaar)
Riolering	0,2 <sup>1</sup>
Gas	43 seconden <sup>2</sup>
Water	17 <sup>3</sup>
Elektriciteit	23,4 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> (Stichting Rioned, 2010)

<sup>2</sup> (KIWA, 2012)

<sup>3</sup> (Vewin, 2010)

<sup>4</sup> (KEMA, 2012)

## 2.9 Beschouwing infrastructuur en beheer

De beschouwde netwerken laten overeenkomsten zien in gebruikte materialen en toekomstige uitdagingen, voor een overzicht zie Appendix B. Deze toekomstige uitdagingen zijn onder andere verouderende netten en aankomende vervangingsgolven. De belangen die spelen bij de netwerken zijn groot. De netten voorzien in een basisbehoefte van de bedrijven en bevolking; drinkwater, hygiëne, energie en informatie.

De nationale en lokale overheid speelt een belangrijke rol in het beheer van deze infrastructuren. De overheid is wetgever, beheerder van de openbare ruimte, beheerder van de riolering en aandeelhouder van drinkwaterbedrijven, gasnetbeheerders en elektriciteitsnetbeheerders. Opvallend is dat de eisen die de overheid stelt bij het beheer van ieder netwerk anders is. Dit zorgt bij ieder netwerk voor een ander beheerkader. De wettelijke eisen aan riolering zijn summier te noemen in vergelijking met wetgeving rond drinkwater, gas en elektriciteit. De wijze waarop rioolbeheerders aan geld komen voor beheer, is eveneens anders. Dit wordt geïnd doormiddel van belasting. Er wordt een begroting gemaakt en deze wordt volledig dekkend gemaakt door de heffing. Dit kan leiden tot grote stijgingen en dalingen in rioolheffing tarieven per jaar (uit interview met Schilling, 2012). De grootste stijging in 2012 ten opzichte van 2011 is 34% (in gemeente Laren), de grootste daling is 38% (gemeente IJssel) (Gemeente.nu, 2012). Er bestaat op dit moment geen evaluatie systeem voor rioolbeheer door met specifiek gestelde doelen te werken. Hierdoor is er geen duidelijk kader om effectief en efficiënt te gaan met het beheer. Netbeheerders van gas en elektriciteit hebben een duidelijker omlijnd kader om efficiënt en effectief om te gaan met de beschikbare middelen. De bedrijven mogen afhankelijk van prestaties hun prijzen verhogen. De overheid verdient hieraan als aandeelhouder en reguleert de prijs. Waar riolering en, na de splitsing, energiebedrijven alleen nog aan transport doen zijn drinkwaterbedrijven zowel een productiebedrijf als een distributiebedrijf. Eisen van de overheid liggen daar meer op de geleverde kwaliteit van het product. Drinkwaterbedrijven mogen beperkt winst maken. De overheid is aandeelhouder van deze bedrijven en reguleert de prijs. Telecom bedrijven zijn commercieel ingestelde bedrijven. Zij laten zich leiden door de markt en zijn gedreven door winst.

Ervanuit gaande dat er 16,7 miljoen mensen in Nederland wonen, ligt er per inwoner ongeveer 100 meter aan infrastructuur in de ondergrond (CBS, 2012). Een groot deel van deze infrastructuren wordt beheerd met publiek geld. Het is dus belangrijk hier verstandig mee om te gaan.

# 3 Informatie en beheer

## 3.1 Inleiding

Aan de hand van ingewonnen informatie worden er afwegingen gemaakt voor het nemen van beheeracties. Om aan te geven welke rol informatie speelt in beheer, zijn een aantal benaderingswijzen van beheer en onderdelen daaruit geselecteerd. Deze worden kort toegelicht. Hierdoor wordt verduidelijkt dat informatie een cruciale rol speelt voor het beheer van de beschouwde infrastructuren. Verder zal een korte beschrijving van de term assetmanagement gegeven worden. Assetmanagement is de laatste jaren een overkoepelende term voor beheer geworden. De selectie van benaderingswijzen omvat de volgende:

- Het besturingsparadigma van De Leeuw (toegepast voor riolering)
- PAS 55
- Cirkel van Deming (Plan-Do-Check-Act)
- Reliability Centered Maintenance
- Risicomanagement

## 3.2 Beschrijving assetmanagement

### 3.2.1 Definitie en doel van assetmanagement

Een directe vertaling van assetmanagement is; het 'managen' /beheren, van bedrijfsmiddelen, de 'assets'. De volgende omschrijvingen geven echter aan dat er meer mee wordt bedoeld dan enkel beheer:

*"De waarde van technische bedrijfsmiddelen te maximaliseren voor stakeholders, over de gehele levenscyclus van de bedrijfsmiddelen"* (VvZB Werkgroep Assetmanagement, 2011).

*"Systemic and coordinated activities and practices through which an organization optimally and sustainably manages its assets and asset systems, their associated performance, risks and expenditures over their life cycles for the purpose of achieving its organizational strategic plan"* (British Standards Institution, 2008a)(PAS 55).

*"Met zo laag mogelijke kosten het maximale uit de fysieke bedrijfsmiddelen te halen volgens de doelstellingen van de organisatie. De fysieke middelen worden dan de assets genoemd"* (NTA 8120, 2009).

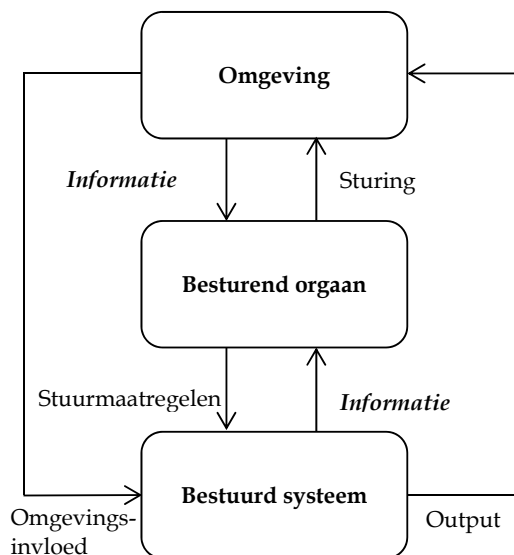
De grote lijn die hierin gevonden kan worden is; "Door middel van gestelde doelen een balans vinden tussen het functioneren van het netwerk en de daarbij behorende kosten."

De Publicly Available Specification 55 (PAS 55) en de Nederlandse Technische Afspraak 8120 (NTA8120) zijn assetmanagement methodes die door de gas en elektriciteitsnetbeheerders worden gehanteerd (British Standards Institution, 2008a) (NTA 8120, 2009) (Liander, 2011a).

### 3.2.2 Beheer als besturingsvraagstuk

Door het beheer van fysieke infrastructuren op te vatten als een besturingsvraagstuk kan het besturingsparadigma volgens De Leeuw worden toegepast. Dit is gebaseerd op systeemtheorie en geeft de relaties tussen bestuurder, systeem en omgeving weer. Deze benadering van het beheervraagstuk wordt toegepast bij het beheer van riolering. Succesvolle besturing is volgens De Leeuw afhankelijk van de bestuurbaarheid van het systeem en het besturend vermogen van het besturingsorgaan, waarbij besturing iedere vorm is van gerichte beïnvloeding, bestuurbaarheid de mate waarin het systeem zich kan laten sturen en besturend vermogen de maximale hoeveelheid en kwaliteit van de besturingsmaatregelen die het besturend orgaan kan genereren (De Leeuw, 2002). In het kader van dit onderzoek wordt besturing als beheer gelezen, het systeem als de netwerken en besturingsorgaan als de netbeheerders.

In Figuur 9 is een overzicht van de onderlinge beïnvloeding van de omgeving, het besturend orgaan en het bestuurd systeem te zien. Het besturend orgaan heeft invloed op zowel hun eigen systeem als op de omgeving. De omgeving is breed op te vatten. Het loopt uiteen van bijvoorbeeld wetgeving tot acties van andere netbeheerders. In de figuur komt duidelijk naar voren dat informatie een rol speelt in het beheer. De enige manier van feedback van de sturing en sturingsmaatregelen van het besturend orgaan, is de informatiestroom terug naar het besturend orgaan. Het besturend orgaan kan stuurmaatregelen nemen op het bestuurd systeem, deze worden effectief genoemd als de maatregel het beoogde effect heeft. (De Leeuw, 2002)



Figuur 9; Schema van de beïnvloeding van omgeving, besturend orgaan en het bestuurd systeem op elkaar

Voor effectieve besturing zijn volgens De Leeuw vijf voorwaarden verbonden. De voorwaarden voor effectieve besturing (VEB) zijn noodzakelijke voorwaarden. Deze voorwaarden zijn (De Leeuw, 2002):

1. *Doelstelling*  
Om te voldoen aan gerichte beïnvloeding vraagt besturing om doelen en een evaluatiemechanisme om effecten van beïnvloeding te beoordelen.
2. *Model van het bestuurd systeem*  
Om het bestuurd systeem gericht te kunnen beïnvloeden is het noodzakelijk om het effect van potentiële maatregelen te kunnen voorspellen. Een maatregel wordt immers gekozen en toegepast om een bepaald effect te bewerkstelligen.
3. *Informatie over omgeving en toestand van het systeem*  
De toekomstige situatie wordt, behalve door besturende maatregelen, ook bepaald door omgevingsomstandigheden en de actuele toestand van het systeem. Voor de keuze van een adequate maatregel is informatie nodig over de omgeving en de toestand van het systeem.
4. *Voldoende stuurmaatregelen*  
Om effectieve besturing toe te passen is het noodzakelijk te beschikken over een collectie stuurmaatregelen die in redelijke verhouding staan tot de variëteit aan omstandigheden die zich voor kan doen.
5. *Capaciteit van informatieverwerking*  
Het is noodzakelijk om alle binnenkomende informatie over omgeving en systeemtoestand, met behulp van het model en rekening houdend met de doelstelling, om te zetten in een effectieve maatregel. Om dit te realiseren dient voldoende informatie verwerkende capaciteit aanwezig te zijn.

Informatie en kennis uit de omgeving, vanuit het bestuurd systeem en van het systeem zelf is dus noodzakelijk voor succesvol beheer.

### 3.2.3 PAS 55

De PAS 55 beschrijft assetmanagement voor Anglo-Saxische commerciële bedrijven, met als doel winstmaximalisatie (mondelijke informatie Wouter van Riel, TU Delft). Voor goed assetmanagement zijn volgens PAS 55 de volgende elementen nodig (British Standards Institution, 2008b):

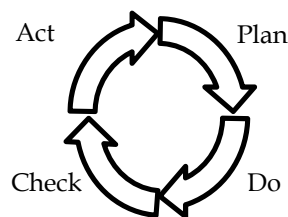
- Een organisatiestructuur die het assetmanagement systeem goed kan implementeren door helder leiderschap.
- Bewustzijn, toewijding en bekwaamheid bij de werknemers.
- Adequate informatie en kennis van de assets op gebied van: conditie, prestatie, risico's, kosten en de relatie tussen deze elementen.

Het laatste punt laat zien dat het belangrijk is om informatie over het systeem te hebben. PAS 55 onderkent het belang van informatie en benoemt het in een apart managementonderdeel, informatiemanagement.

### 3.2.4 Cirkel van Deming

De basis waar vanuit assetmanagement methodes, alsook PAS 55, zijn opgebouwd, is de Plan-Do-Act-Check (PDCA) cyclus van Deming, zie Figuur 10, waarin:

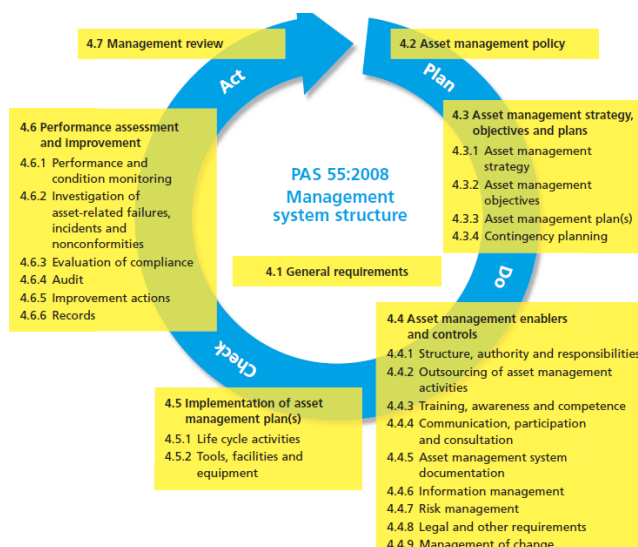
- *Plan*  
Het vaststellen van de doelstellingen en processen die nodig zijn om resultaten te bereiken die in overeenstemming zijn met het beleid van de organisatie.
- *Do*  
Het implementeren van de processen.
- *Check*  
Het bewaken en meten van processen ten opzichte van het beleid, doelstellingen, vigerende wet- en regelgeving aangevuld met eigen bedrijfsregels, alsmede het rapporteren van de resultaten.
- *Act*  
Het treffen van maatregelen om de prestaties continue te verbeteren



Figuur 10; Plan- Do- Check- Act cyclus

Het doorlopen van de cyclus moet leiden tot een efficiënte en effectieve beheermethode voor het beheervraagstuk zoals beschreven in 3.2.2. Door de gestelde doelen en evaluatie van het bereiken van deze doelen. De invulling van de Plan-Do-Check-Act cirkel voor de PAS55 methode is zichtbaar in Figuur 11.

Binnen de PDCA cyclus zijn een aantal niveaus te onderscheiden. Deze zijn gelijk aan de niveaus in de besturing van een organisatie, te weten: het strategische, het tactische en het operationeel niveau.



Figuur 11; Plan-Do-Check-Act cirkel in de PAS55 methode (British Standards Institution, 2008a)

- *Strategisch niveau*  
De lange termijn strategie en het bedrijfsplan.
- *Tactisch niveau*  
Uitwerking van het meerjarenplan.
- *Operationeel niveau*  
Het uitvoeren van werken.

Uit deze opbouw valt op te maken dat er op ieder niveau een andere tijdshorizon en abstractie niveau is. Op ieder niveau is er behoefte aan informatie. Door verschil in tijdshorizon en abstractieniveau, is er ook een verschil in informatiebehoefte. Zie bijlage B voor een voorbeeld van hoe een PDCA cirkel in een bedrijf wordt doorlopen.

### **3.2.5 Reliability Centered Maintenance**

Reliability Centered Maintenance (RCM) is een methode die zijn oorsprong vond in de vliegtuigbouw. De methode is gericht op het maken van een effectief onderhoudsprogramma. RCM is: "Een systematische beschouwing van de functies van het systeem, hoe deze functies kunnen falen, en stelt op basis van prioriteiten als veiligheid en kosten, een toepasbaar en effectief preventief onderhoudsprogramma op". De focus van RCM is het instandhouden van de functie van het systeem, niet het instandhouden van de functie van een onderdeel (Rausand, 1998).

RCM analyses beantwoorden de volgende 7 vragen (Rausand, 1998):

1. Wat zijn de functies en prestatiedoelen van de middelen in de huidige vorm van opereren?
2. Op welke manieren kan het falen in het voldoen aan de gestelde functies?
3. Wat is de oorzaak van iedere manier van falen in het voldoen aan de gestelde functies?
4. Wat gebeurt er wanneer er een functie faalt?
5. Op welke manier doet het falen van de functie er toe?
6. Wat kan er gedaan worden om iedere vorm van falen te voorkomen?
7. Wat kan er gedaan worden als er geen geschikte preventieve onderhoudsmogelijkheid is?

Deze 7 vragen laten zien dat er kennis/ informatie nodig is over het systeem zelf, hoe het zich gedraagt en welke maatregelen er genomen kunnen worden om falen te voorkomen of mitigeren.

### **3.2.6 Risicomanagement**

#### *Bepalen van de risico's*

Een van de onderdelen van assetmanagement is risicomanagement. Risicomanagement houdt in dat op basis van ingeschatte risico's beheermaatregelen genomen worden. Risico wordt gedefinieerd als het product van de kans op een gebeurtenis en het gevolg hiervan. Door het inschatten van risico's is het gemakkelijker om een keuze te maken in behoefte aan beheer. Op deze wijze kunnen prioriteiten gesteld worden aan de te nemen stuurmaatregelen. De keuze is afhankelijk van een afweging tussen: kosten, prestatie en risico (Brown & Humphrey, 2005). Deze afwegingen zijn afhankelijk van de nauwkeurigheid en beschikbaarheid van informatie uit de omgeving en het bestuurde systeem. Het verbeteren van de nauwkeurigheid en beschikbaarheid leidt tot meerwaarde in risicoafwegingen en stuurmaatregelen.

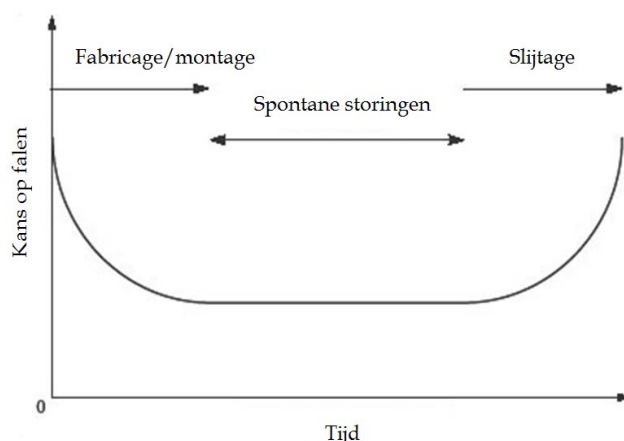
Het risicomanagementproces bijvoorbeeld bij Liander, doorloopt continu het volgende proces (Liander, 2011a):

- 1 Vaststellen van de uitgangspunten en doelstellingen
- 2 Risico-inventarisatie: identificeren van risico's die een mogelijke nadelige invloed hebben op het realiseren van de doelstellingen
- 3 Risicoanalyse: beoordelen van risico's door middel van het bepalen van de mogelijke impact en kans van optreden
- 4 Geprioriteerde risico's nader uitwerken op oorzaken en gevolgen
- 5 Bepalen risicobeheersing: vaststellen op welke wijze risico's worden beheerst en welke maatregelen noodzakelijk zijn om de risico's al dan niet verder te reduceren
- 6 Monitoren van de risico's en de werking van de gehanteerde beheersmaatregelen.

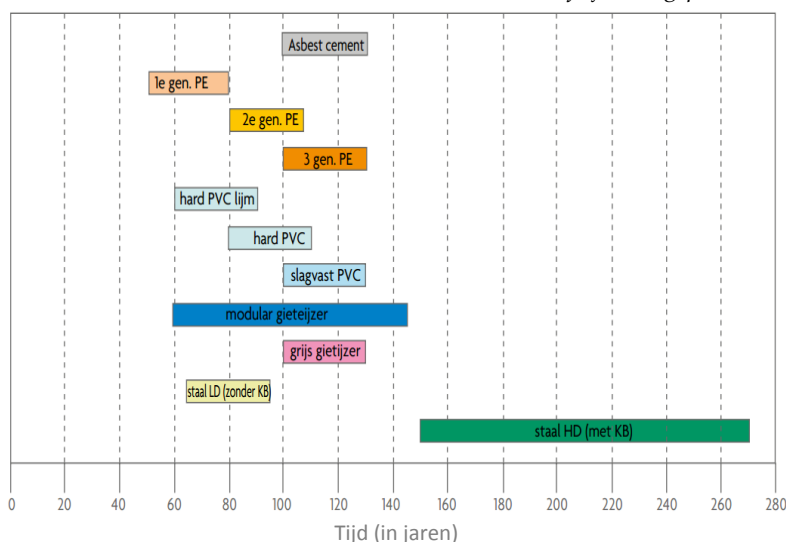


### Kans op falen

Voor het bepalen van de kans is zowel informatie nodig uit het systeem zelf als zijn omgeving. Informatie uit het systeem zelf is bijvoorbeeld de toenemende kans van falen bij een toenemende leeftijd door slijtage, zie Figuur 12. Hierin wordt de eerste fase in de levensduur gekenmerkt door een relatief grote kans op falen door fabricage en montagefouten. Vervolgens een lange periode waarin er een lage kans is op falen door spontane storingen. In de laatste fase neemt de kans op falen weer toe door ouderdom en de daarbij behorende slijtage. Dit kan berekend worden aan de hand van statistiek.



Figuur 12; Badkuipcurve van de kans op falen bij toenemende leeftijd (aangepast van (The Open University, 2012))



Figuur 13; Verwachte technische levensduur van materialen in het gasnetwerk (Enexis, 2010a)

De periode tot deze kans op falen toeneemt, is de verwachte technische levensduur. In Figuur 13 is de spreiding te zien van de verwachte technische levensduur van materialen in het gasnetwerk (Enexis, 2010a). Hierin is te zien dat de er een spreiding is van ongeveer 15 jaar tot meer dan 100 jaar. Voor de andere netwerken zijn vergelijkbare figuren te maken.

De kans op falen neemt niet alleen toe door ouderdom en gebruik, de omgeving heeft eveneens invloed op de kans van falen door bijvoorbeeld verkeersbelasting. Doordat het systeem op meer dan een manier kan falen is informatie over hoe het systeem zich fysiek gedraagt en de invloed van de omgeving op het fysieke systeem van belang. Zo kan de spreiding in verwachte technische levensduur voor een leiding verkleind worden. Het principe van meer weten over de conditie en het gedrag van het systeem (regels 2 en 3) zijn de voorwaarden van effectief bestuur door De Leeuw, zie 3.2.2.

### Gevolgen van falen

De gevolgen zijn de gebeurtenissen die volgen op het falen. Deze gevolgen kunnen opgedeeld worden in twee categorieën, de fysieke gevolgen en de niet-fysieke gevolgen. De fysieke gevolgen omvatten de directe schade. Dit zijn bijvoorbeeld gevolgen voor de levering, veiligheid en financiële schade. Aan deze vormen van schade is een getal te geven. De niet-fysieke gevolgen zijn bijvoorbeeld het verlies van imago. Deze vorm van gevolg krijgt meer aandacht en wordt steeds belangrijker geacht in het bepalen van de grootte van risico's (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). Door dit onderscheid aan te brengen kan de term risico uitgebreid worden naar:

$$\text{risico} = \text{kans} * \text{gevolg} * \text{perceptie}$$

Het risico dat wordt bepaald kan negatief zijn voor zowel de beheerders als de gebruikers. De term perceptie vormt de subjectieve factor in het bepalen van een risico. De perceptie bij de gebruiker met één

storing in de 10 jaar, is anders dan degene die 4 storingen in 5 jaar heeft. Wanneer er meerdere storingen zijn die overlast veroorzaken in een beperkte periode zal de perceptie van de gebruiker anders zijn. Of de storingen zich in hetzelfde net-type bevinden maakt dan niet uit. Dit zorgt voor een cascade-effect.

#### *Bedrijfswaarden onderdeel in bepaling risicogrootte*

De gevolgen van falen zijn verschillend en bevinden zich op een aantal vlakken. Op ieder van de vlakken is weer onderscheid te maken naar de mate waarin deze ongewenst is. Deze verschillende vlakken, en de waardering daarvan, zijn de bedrijfswaarden. De bedrijfswaarden zijn, zoals de naam impliceert, waarden waar het bedrijf voor staat. Deze waarden stellen bedrijven in staat om richting te geven aan het beleid op het strategische, tactische en operationele niveau, zie 3.2.7. Per bedrijf verschillen deze. Bij beheerders van dezelfde type netwerken leidt dit tot verschillen in de waarderings van risico's. Dit verschil in risicowaardering leidt tot een verschil in beheer. De gasnetbeheerders geven aan dat een uniforme inschatting van risico's wenselijk is (uit interview met Norden, 2012). Een uniforme inschatting maakt vergelijkingen in prestaties tussen de gasnetbeheerders onderling makkelijker.

De bedrijfswaarden, van energienetbeheerder Liander, zijn de volgende (Liander, 2011a):

- *Kwaliteit van levering*
- *Veiligheid*
- *Wet- en regelgeving*
- *Financieel*
- *Klantenservice*
- *Imago*
- *Duurzaamheid*

Bij de andere infrastructuren worden deze bedrijfswaarden vaak ook benoemd.

### **3.2.7 Risico aan de hand van een risicomatrix**

Als er kennis is van hoe het systeem zich gedraagt en wat de eventuele gevolgen hiervan kunnen zijn, kan het risico worden ingeschat. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan aan de hand van risicomatrices. Een risicomatrix is een middel om via een schema risico's een bepaalde waarde te kunnen toekennen. Welke risicowaarde uit het lezen van een risicomatrix komt is niet altijd eenduidig en afhankelijk van degene die de matrix interpreteert. De vorm van deze matrices zijn over het algemeen hetzelfde. In Figuur 14 is een voorbeeld van een risicomatrix te zien zoals gehanteerd wordt bij Liander. In de tabel staan; ZH voor Zeer Hoog, H voor Hoog, M voor Medium, L voor Laag en N voor Nihil. Op deze wijze kunnen er prioriteiten worden gegeven aan bepaalde werkzaamheden. Merk op dat de gevolgen overeenkomen met de bedrijfswaarden van Liander in 3.2.6.

Er is veel aandacht om dit soort risicomatrices een goede invulling te geven. In eerste instantie wordt dit kwalitatief met de hand gedaan. Steeds meer worden modellen gebruikt om invulling te geven aan deze matrices. Op deze wijze wordt ook een zekere vorm van objectiviteit betracht. Het juist invullen van dit soort modellen vereist informatie over de conditie en de wisselwerking met de omgeving.

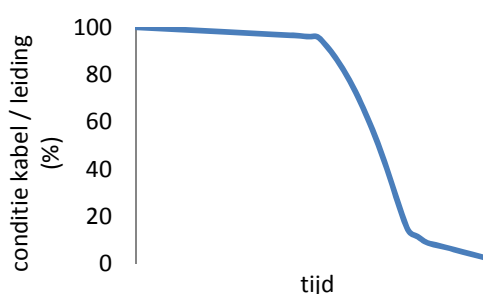
Potentiële gevolgen							Potentiële kans op incident met gevolgen									
							Vrijwel onmogelijk	Onwaarschijnlijk	Mogelijk	Waarschijnlijk	Geregeid	Jaarlijks	Maandelijks	Dagelijks	Permanent	
Categorie	Kwaliteit van levering	Klantenservice	Imago		Financieel	Veiligheid	Duurzaamheid	Nooit eerder van gehoord in Industrie	Wel eens van gehoord in Industrie	Meerdere malen binnen Industrie	Wel eens gebeurd binnen Lander	Meerdere malen gebeurd binnen Lander	Eén tot enkele malen per jaar binnen Lander	Eén tot enkele malen per maand binnen Lander	Eén tot enkele malen per dag binnen Lander	Eén tot enkele malen per regio van Lander
			Media	Politiek				<0,0001/jr	≥0,0001/jr	≥0,001/jr	≥0,01/jr	≥0,1/jr	≥1/jr	≥10/jr	≥100/jr	≥1000/jr
Rampzorg	>10.000.000 vbm	-	International media-aandacht of meer dan één maand nationaal	Structureel conflict	Schade groter dan 10M euro	meerder doden	Schade groter dan 10M euro	M	M	H	H	ZH	ZH	ZH	ZH	ZH
Ernstig	1.000.000 tot 10.000.000 vbm	Landelijke klanten ontevreden	Meer dan één week nationale berichtgeving	Incidenteel conflict	Schade van 1M tot 10M euro	Ongevallen met dodelijke afloop of zeer ernstig letsel	Schade van 1M tot 10M euro	L	L	M	M	H	H	ZH	ZH	ZH
Hevig	100.000 tot 1.000.000 vbm	Regionale klanten ontevreden	Landelijk artikel, week regionaal	Openstapeling problemen	Schade van 100K tot 1M euro	Ongevallen met ernstig letsel met verzuim	Schade van 100K tot 1M euro	N	N	L	L	M	M	H	H	ZH
Matig	10.000 tot 100.000 vbm	Lokaal klanten ontevreden	Regionaal artikel	Incidenteel probleem	Schade van 10K tot 100K euro	Ongevallen met letsel met verzuim	Schade van 10K tot 100K euro	N	N	N	N	L	L	M	M	H
Klein	< 10.000 vbm	-	Lokaal nieuwsbericht	-	Schade kleiner dan 10.000 euro	Bijna ongevallen, ongevallen met gering letsel/letsel zonder verzuim	Schade kleiner dan 10.000 euro	N	N	N	N	N	N	L	L	M

Figuur 14; Risicomatrix Liander Assetmanagement (Liander, 2011a)

### 3.3 Vervangingsgolven bij netwerken

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat bij de infrastructuren van drinkwater, gas en riolering er een piek is geweest in de aanleg van leidingen. De verwachte einde technische levensduur van een aanzienlijk deel van deze leidingen wordt, zoals al benoemd, binnen nu en enkele jaren verwacht. De piek in aanleg betekent dat in de curve van verwachte kans op falen ook een piek is te zien. Er wordt verwacht dat door de golf in toenemende kans op falen, er een golf in vervangingen ontstaat, de zogeheten vervangingsgolf. Om deze golf af te vlakken moeten de juiste prioriteiten gesteld worden bij het vervangen van kabels en leidingen. Prioriteiten kunnen worden gesteld aan de hand van risicomanagement.

Voor kabels en leidingen geldt dat er geen vaste levensduur optreedt (3.2.6). Verschillen in onder andere fabricage, aanleg, beheeromstandigheden en omgeving, hebben tot gevolg dat veroudering verschilt. Hierdoor is er geen vaste levensduur. De (technische) levensduur kan daardoor het beste worden voorgesteld door een zogeheten overlevingscurve, zie Figuur 15. Door het vaststellen van de conditie van de asset, bijvoorbeeld door inspectie of storingsstatistiek, kan voor een individueel asset worden vastgesteld wat de technische levensduur is, of de kans op falen. Deze kans op falen in combinatie met de risico's van falen bepaald idealiter het moment van vervangen.



Figuur 15; Overlevingscurve

Door het toepassen van risicomanagement kunnen de kabels en leidingen met een hoog risicoprofiel eerder vervangen worden dan degene met een laag risicoprofiel. Het voordeel hiervan is onder andere het spreiden van werk. Doordat de capaciteit van in zowel de planning als in de uitvoering beperkt is/kan zijn is het noodzakelijk om zo effectief en efficiënt mogelijk hiermee om te gaan (uit interview met Norden, 2012).

Sommige netbeheerders zijn door de vervangingsgolf nu meer aan het investeren in hun netwerk. Bij Alliander bijvoorbeeld, is vanwege de toenemende vervangingsnoodzaak de investering van € 368 miljoen in het net in 2010 in 2011 toegenomen naar € 475 miljoen euro (Alliander, 2012).

### **3.4 Beschouwing informatie in beheer**

Gezien de waarde van de netwerken en de belangen van de maatschappij bij goed functionerende netwerken, zie hoofdstuk 2, is het beheerproces van deze netwerken belangrijk. De abstracte weergave van De Leeuw, door het beheerproces als een besturingsvraagstuk weer te geven, laat zien dat informatie een cruciale rol speelt. Deze informatie kan alles zijn dat te maken heeft met het beheerde systeem, het besturend orgaan en de omgeving van deze twee. Dit concept van het belang van informatie uit het systeem en de omgeving, werkt door in de assetmanagement methodiek.

Door onder andere de aankomende vervangingsgolven, speelt informatie een belangrijke rol in de aanpak ervan. Hoofdstuk 2 laat zien dat informatie-uitwisseling het belang kan dienen van vele actoren. In dit hoofdstuk is duidelijk geworden dat de kwaliteit van informatie belangrijk is in het nemen van stuurmaatregelen (beheeracties). Van groot belang is hierbij kans en effect, oftewel informatie over invloedsfactoren op de conditie van de kabels en leidingen en informatie dat iets zegt over de effecten van falen. Het uitwisselen van informatie tussen netbeheerders zou de kwaliteit van de huidige informatie inwinning wellicht kunnen verbeteren. Hierdoor kunnen de afwegingen tussen kosten, prestatie en risico nauwkeuriger gemaakt worden.

# 4 Faalmechanismen ondergrondse infrastructuren

## 4.1 Inleiding

Voor het beheer van de netwerken is informatie nodig. Kennis van de fysieke eigenschappen van het netwerk is noodzakelijk om gericht aan de vraag naar informatie te voldoen. Door per beschouwd netwerk de faalmechanismen te onderzoeken wordt de netwerkspecifieke informatiebehoefte bekend. Met kennis over het gedrag van de netwerken kan in een later stadium de overeenkomst in informatiebehoefte beschouwd worden.

## 4.2 Algemene categorieën oorzaken van falen

De oorzaken van falen zijn in te delen in twee categorieën; interne en externe factoren. Onder interne factoren worden de oorzaken geschaard die vanuit gebruik zelf ontstaan. Externe factoren zijn de invloeden van de omgeving op de netwerken die leiden tot falen. Dit principe toont overeenkomsten met het schema van De Leeuw, zie Figuur 9. Er zijn factoren vanuit het systeem zelf die invloed hebben op het beheer. En er is invloed vanuit de omgeving op het systeem.

Box 6 geeft een overzicht van de, volgens het Centrum Ondergronds Bouwen, acht categorieën oorzaken van falen (COB, 2006). In dit onderzoek wordt een aantal van deze acht categorieën gecombineerd in de volgende vier:

- *Interne invloeden op falen*

Dit omvat de term interne corrosie en andere interne factoren die niet gerelateerd zijn aan corrosie, maar wel aan gebruik van het systeem. Dit zijn bijvoorbeeld verkeerd gebruik van het systeem en verstoppingen.

- *Externe invloeden op falen*

Externe corrosie, mechanische belastingen en zettingen worden gecombineerd. Dit zijn invloeden op het systeem vanuit de omgeving.

- *Graafschade*

Graafschade, werkzaamheden en werkzaamheden door derden worden gecombineerd. Schade door graven en derden is de meest voorkomende oorzaak van falen, zie 5.2.2.

- *Fouten in fabricage en montage*

Deze fouten worden gemaakt voordat het systeem in gebruik wordt genomen en zal eveneens apart behandeld worden.

Falen door vandalisme of terrorisme wordt vanwege de onvoorspelbaarheid ervan, buiten beschouwing gelaten.

*Box 6; Acht categorieën oorzaken van falen van kabels en leidingen (COB, 2006)*

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1) <b>Interne corrosie</b><br/>Aantasting van leidingen door corrosie, erosie en andersoortige aantasting van binnenuit</li><li>2) <b>Externe corrosie</b><br/>Aantasting van leidingen door corrosie, erosie en andersoortige aantasting van buitenaf.</li><li>3) <b>Fabricagefouten</b><br/>Fouten die gedurende de fabricage en montage van de kabels en leidingen leiden tot falen van die leiding.</li><li>4) <b>Graafschade</b><br/>Graafschade betreft het falen van leidingen als gevolg van graafwerkzaamheden.</li><li>5) <b>Werkzaamheden</b><br/>Dit betreft onderhouds-, reparatie- en vervangingswerkzaamheden aan een leiding die als gevolg daarvan faalt.</li><li>6) <b>Werkzaamheden door derden</b><br/>Dit betreffen onderhouds-, reparatie- en vervangingswerkzaamheden aan een leiding die het falen van een andere leiding tot gevolg hebben.</li><li>7) <b>Mechanische belastingen</b><br/>Onder deze oorzaak vallen mechanische belastingen op leidingen en koppelingen, bijvoorbeeld door verkeersbelasting, boomwortels etc.</li><li>8) <b>Zettingen</b><br/>Hieronder worden grondzettingen beschouwd die leiden tot het falen van een leiding</li></ol> |
|--|

### 4.3 Graafschade

Graafschade is een externe oorzaak verantwoordelijk voor vele gevallen aan schade per jaar. Graafschade bij de gas en elektriciteitsnetwerken is de afgelopen tien jaar verantwoordelijk geweest voor 47 gewonden. Grote landelijke campagnes als "Licensed to dig" geven aan dat graafschade voor alle partijen in de ondergrond een groot probleem is (Netbeheer Nederland, 2012b). De cijfers in Tabel 10 laten dit zien.

Tabel 10; Aantallen graafschade en het aandeel van graafschade van het totale aantal storingen in procent (KEMA, 2012) (Vloerbergh & van Thienen, 2011) (KIWA, 2012) (EIM, 2007)

Netwerktipe	netwerkdeel	Aandeel graafschade van totaal aantal storingen in %	Aantal gevallen van graafschade
Gas	Hoofdleidingen	25%	690 <sup>1</sup>
	Aansluitleidingen	32%	1969 <sup>1</sup>
Elektriciteit	Hoogspanning	13%	16 <sup>2</sup>
	Middenspanning	24%	642 <sup>2</sup>
	Laagspanning	23%	5215 <sup>2</sup>
Water		18% <sup>3</sup>	
Riolering		-	1049 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Percentage graafschade \* percentage aandeel storingen netwerkdeel \* totaal aantal storingen in 2011 (KIWA, 2012)

<sup>2</sup> Tabellen storingen en oorzaak in 2010 (bijlagen C, D en E (KEMA, 2012))

<sup>3</sup> Gemiddeld percentage graafschade vanaf 2009 uit USTORE (Vloerbergh & van Thienen, 2011)

<sup>4</sup> Aantal gevallen van graafschade in 2006 (EIM, 2007)

Graafschade heeft twee gevolgen, directe en indirecte (EIM, 2007):

Directe schade is onder andere:

- acute schade aan de kabel of leiding
- de directe invloed hiervan op de levering/ omgeving
- kosten voor het herstel van de kabel of leiding
- letsel van medewerkers
- schade aan graafmateriaal
- verlies aan werkuren

Indirecte schade is de schade aan kabels en leidingen die in een periode na de werkzaamheden tot falen kunnen leiden. De oorzaak van de storing is in dergelijke gevallen lastig op te sporen.

### 4.4 Fouten in fabricage en montage

Fouten in fabricage en montage zijn afhankelijk van de fabrikant en de uitvoerder. In Tabel 11 zijn de percentages van de storingen te zien met als oorzaak een montage of fabricage fout.

Tabel 11; Percentage montage en fabricage fouten van de storingen (Vloerbergh & van Thienen, 2011) (KEMA, 2012) (Netbeheer Nederland, 2011) (KIWA, 2012)

Netwerktipe	netwerkdeel	Montagefout in %	Fabricagefout in %
Gas	Hoofdleiding	12%	1%
	Aansluitleiding	13%	1%
Elektriciteit	Hoogspanning	<2%	0,4%
	Middenspanning	<2%	<3%
	Laagspanning	<2%	<1%
Water		5%	-

## 4.5 Interne invloeden op falen

Ten grondslag aan de interne factoren liggen de eigenschappen van het getransporteerde water, gas, elektriciteit, afvalwater en signalen. Deze factoren uitten zich onder meer in de term interne corrosie, zie Box 6. De factoren worden geïnterpreteerd om de invloed hiervan op de netwerken te bepalen. Ondanks dat de interne factoren product afhankelijk zijn, zijn er mogelijk indicatoren die kunnen wijzen op de mogelijkheid om informatie te delen. Per leidingnet zal kort een overzicht worden gegeven van de belangrijkste faalmechanismen met een netwerkeigen oorzaak. Een overzicht van deze factoren wordt gegeven in Tabel 12.

### Drinkwaterleidingen

Faalmechanismen van drinkwaterleidingen kunnen ingedeeld worden in drie categorieën. Doordat er verschillende soorten leidingmateriaal zijn zullen de effecten per materiaal verschillen. Om het overzicht te houden is gekozen om niet de relatie van de faalmechanismen met de verschillende materialen te benoemen. De drie categorieën en de daarbij behorende interne factoren zijn (Vloerbergh, 2007):

#### *Waterkwaliteit*

- Opwerveling van sediment (fout in ontwerp)
- Chemische vervuiling door interactie van het leidingmateriaal of coating met drinkwater
- Biologische vervuiling door aanwezigheid van biofilm of sediment, het mengen van waterkwaliteiten, insluit effect en stagnerend water

#### *Leveringsdruk*

- Aangroei in de leiding door corrosie
- De aanwezigheid van lucht in de leidingen

#### *Continuïteit van levering*

- Breuk of lekkage door:
  - o Inwendige aantasting/corrosie
  - o Drukstoten (waterslag)

### Gasleidingen

De faalmechanismen met een interne oorzaak van het gasnet:

- Breuk of lekkage door:
  - o interne corrosie van de materialen (alleen in geval van nat gas (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2009))
  - o uitdrogen van de loodstriktouw verbindingen in het gietijzeren netwerk (vermindering sterkte van de verbindingen, apart benoemd vanwege de problemen met dit materiaal) (Westland Energie Infrastructuur BV, 2007)
  - o het opnieuw op druk brengen van het gasnet (KIWA, 2012)

Naast breuk en lekkage, heeft het opnieuw op druk brengen van het gasnet een aantal andere risico's. Bij het opnieuw op druk brengen kan een mengsel van gas en lucht de gasleiding vullen. Dit mengsel kan bij aflevering bij de afnemers leiden tot brand en explosies bij de gastoestellen. Een ander risico wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van kooktoestellen en andere (oudere) typen gastoestellen die bij het wegvallen van de druk niet automatisch uitschakelen. Als een dergelijk toestel tijdens het wegvallen van de druk in bedrijf was, dan kan er onverbrand gas uitstromen bij het opnieuw op druk brengen. Dit is uiteraard niet gewenst. (KIWA, 2012)

## Riolering

De faalmechanismen van riolering met een interne oorzaak zijn (Stanić, Langeveld, & Clemens, 2012):

- Interne corrosie  
Breuk/ lekkage door afname van de sterkte van de buis
- Sedimentatie  
Vermindert de capaciteit van het systeem
- Verstoppingen  
Vermindert de capaciteit van het systeem
- Breuk door druk (in drukriolering)

## Elektriciteitskabels

Elektriciteitskabels hebben één intern proces waardoor er falen op kan treden, warmteontwikkeling door gebruik van de kabel (uit interview met Chmura, 2012). Bij het transport van elektriciteit wordt warmte gecreëerd, met name in het midden- en hoogspanningsnet. In het middenspanningsnet kan deze temperatuur oplopen tot 80°C (uit interview met Chmura, 2012). Deze warmte varieert met de hoeveelheid elektriciteit die wordt getransporteerd. Deze hoeveelheid varieert over de dag, een 'load-cycle'. Deze temperatuurstijging en schommelingen hebben een aantal effecten op het materiaal (Mehairjan, 2010):

- 1 Door de temperatuurstijging zetten de kabels uit.
- 2 Het uitdrogen van de papieren isolatie
- 3 Depolymerisatie van de papieren isolatie
- 4 Verbrossing van het materiaal, zowel het papier als eventueel omhullende materialen
- 5 Creatie van leegtes "voids" in het isolatiemateriaal
- 6 Creatie van gas in de leegtes

Deze effecten hebben een aantal gevolgen. Doordat de kabels uitzetten, kunnen zij onder mechanische stress komen te staan. Zij kunnen dan eventueel breken op de aansluitmoffen of in de huisaansluitingen. Dit komt echter zelden voor omdat de kabels flexibel zijn en er speling in zit (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). Komt dit wel voor, dan is het waarschijnlijk in de oudere netwerkdelen. Een verouderde wijze van het aansluiten van elektriciteitskabels zorgt ervoor dat deze slecht tegen zettingen kan. Nieuwe wijzen van aansluiten zorgen voor vormvaste verbindingen die beter met de gevolgen van zakkingen om kunnen gaan (uit interview met Chmura, 2012).

De andere effecten leiden tot degradatie in de sterkte van het materiaal. Dit zorgt voor thermische veroudering van binnenuit het systeem. Doordat de kwaliteit van de isolatie afneemt, ontstaat er kans op het fenomeen Partial Discharge (gedeeltelijke ontlading). Dit zorgt voor een dusdanige temperatuurstijging dat bovenstaande processen versneld worden. Partial Discharge (PD) is de plaatselijke afbraak van het isolerend vermogen van een klein deel van de vloeibare of vaste isolatie onder invloed van een hoge spanning die de afstand tussen twee geleiders slechts gedeeltelijk overbrugt (Wikipedia, 2012). De ontladingen breken het isolatiemateriaal af totdat er een gat in het omhulsel ontstaat. Daarna zal de kabel kortsluiten en storen. Deze ontladingen bevinden zich in het luchtledige in het materiaal. De vorm die de overbrugging tussen de geleiders aanneemt is die van een boom. Bij schade als gevolg van PD zijn er soms van deze boomvormen, 'electrical trees', te zien als in Figuur 16. Bliksem neemt eenzelfde vorm aan. Overbelasting van het systeem versnelt deze processen.



Figuur 16; Voorbeeld van electrical treeing (Data is Nature, 2009)



Naast de vermindering van sterkte van binnenuit zorgt dit er ook voor dat er minder weerstand is voor de invloeden van buitenaf. Intrusie van water in het systeem kan voorkomen en zorgen dat het systeem stoort.

### **Telecommunicatiekabels**

Het telecommunicatienetwerk is in vergelijking met de interne faalprocessen van andere netwerken een bijzonder netwerk. Het heeft geen merkbare vorm van veroudering of slijtage door gebruik, omdat er geen transport is van stoffen. Wel is er een spanning door het netwerk, dit leidt echter tot beperkte warmteontwikkeling. Het kopernetwerk slijt daardoor niet of nauwelijks. Door de aanleg van glasvezel wordt niet verwacht dat het kopernetwerk zal nog lang genoeg zal functioneren om door interne slijtage te falen. Door het glasvezelnet worden enkel lichtsignalen gestuurd, dit zorgt niet voor merkbare slijtage. De verwachte technische levensduur is onbekend, omdat het een relatief nieuw netwerk is. (uit interview met Ellenbroek, 2012)

## **4.6 Externe invloeden op falen**

De conditie van de leidingen is sterk afhankelijk van de omgeving waarin zij zich bevinden. Omdat drinkwaterleidingen, gasleidingen en riolering uit veel verschillende materialen zijn opgebouwd worden alleen de algemene faalmechanismen gegeven. Specifieke effecten van verschillende grondsoorten op verschillende leidingmaterialen worden buiten beschouwing gelaten. Deze worden onder de noemer externe corrosie geplaatst.

### **Drinkwaterleidingen**

De faalmechanismen van drinkwaterleidingen zijn, zoals in 4.5, in drie categorieën te verdelen. De externe factoren in deze categorieën zijn (Vloerbergh, 2007):

#### *Waterkwaliteit*

- Biologische/ chemische vervuiling door werkzaamheden aan het leidingnet

#### *Leveringsdruk*

- Afsluiters die niet goed geopend zijn, of foutief dicht staan na werkzaamheden aan het leidingnet
- Kleine lekkages of breuken

#### *Continuïteit van levering*

- Breuk of lekkage door:
  - o Externe corrosie (grondwater, verontreinigde grondsoort, zwerfstroom)
  - o Zetting t.g.v. inklinken grond of klimaat (dooi na periode van vorst, of regen na een periode van droogte)
  - o Interferentie (verminderde weerstand tegen corrosie in stalen en gietijzeren leidingen door de nabijheid van leidingen die beschermd zijn door middel van Kathodische Bescherming (KB))
  - o Uitwendige belasting afkomstig van verkeer, grondbelasting, boomwortels en afkalving van de gronddekking door erosie.
- Niet-spontane breuken door:
  - o Bedieningsfouten

## Gasleidingen

De externe invloeden op het falen van gasleidingen zijn:

- Breuk of lekkage door:
  - o Externe corrosie (grondwater, verontreinigde grondsoort, zwerfstromen)
  - o Zetting t.g.v. inklinken grond of klimaat (dooi na periode van vorst, of regen na een periode van droogte)
  - o Interferentie (verminderde weerstand tegen corrosie in stalen en gietijzeren leidingen door de nabijheid van leidingen die beschermd zijn door middel van Kathodische Bescherming (KB))
  - o Uitwendige belasting afkomstig van verkeer, grondbelasting, boomwortels en afkalving van de gronddekking door erosie.
  
- Niet-spontane breuken door:
  - o Bedieningsfouten

## Riolering

Als op elementniveau naar de faalmechanismen van rioleringen wordt gekeken zijn de volgende externe invloeden van toepassing (Stanić, Langeveld, & Clemens, 2012):

- o Externe corrosie  
Aantasting van het materiaal met als gevolg een verzwakte buis/leiding en kans op lekkage.
- o Zettingen  
Verbindingen komen onder belasting te staan. Het afschot waaronder het vrijerval riool ligt is niet meer optimaal.
- o Uitwendige belasting  
Door verkeersdruk en wortels ontstaan belastingen op de buis/leiding. Opdrijven door grondwater.
- o Intrede van grond of wortels  
Door gaten in rioolbuizen kan grond het systeem binnentreden. Hierdoor kunnen sinkholes ontstaan. Deze zorgen voor instabiliteit van de grond. Door gaten kunnen ook wortels komen, deze verminderen de capaciteit van het riool.

## Elektriciteitskabels

Elektriciteitskabels kunnen door de volgende mechanismen falen:

- o Externe corrosie  
Corrosie van het omhullende materiaal van een elektriciteitskabel kan leiden tot vochtindringing. De vochtindringing kan leiden tot kortsluiten. Dit kan komen door eigenschappen van het grondwater of door vervuilingen in de grond. (Mehairjan, 2010)
- o Zettingen  
Zettingen kunnen de kabels onder mechanische spanning zetten. Dit leidt tot (Mehairjan, 2010):
  - kracht op verbindingstukken
  - verlies aan energie in de vorm van warmte → versterkt interne factoren
  - thermische veroudering
  - verlies van adhesie van het isolatiemateriaal en de geleider
  - het barsten van materialen
- o Grondwaterstand  
Elektriciteitskabels produceren warmte en kunnen daarom dermate diep gegraven worden dat zij onder het grondwaterniveau liggen. Het grondwater fungeert dan als koelmiddel. Dit heeft als effect dat bij opwarming van de kabel, de kabels een grondwaterstroom kunnen creëren, afhankelijk van het soort grond (Schmill, 1967). In

minder goed doorlatende grond als klei kan uitdroging voor komen. Door het opwarmen van de grond verdampt het water uit de poriën van de klei. Deze poriën worden achteraf niet meer opgevuld en de grond verliest zijn koelende werking. Hierdoor zal het koelende effect afnemen en zal de kabel versneld verouderen.

- **Omgevingstemperatuur**  
Omgevingstemperatuur heeft effect op de temperatuur van de grond. De verandering in grondtemperatuur kan effect hebben op een verouderde koppeling. Een verouderde koppeling zal zich gedragen als een hotspot, de temperatuur stijgt door slijtage in de isolatie. De combinatie van verhoging van de grondtemperatuur en de temperatuur in de koppeling kan versneld leiden tot falen. In de zomermaanden zijn er meer storingen met deze oorzaak dan in de winter. Het stijgen van de gemiddelde temperatuur door klimaat verandering zou kunnen leiden tot een stijging aan dit type storingen. (Jongen, Gulski, & Smit, 2009)

### **Telecommunicatiekabels**

Telecomkabels kunnen door de volgende mechanismen falen (uit interview met Ellenbroek, 2012):

- **Externe corrosie**  
Bij telecommunicatie speelt schade van buitenaf een grote rol. Externe corrosie van het omhullende kunststof materiaal kan zorgen voor vochtindringing. In geval van vochtindringing zal de kabel storen of capaciteit verliezen.
- **Zettingen**  
Mechanische stress door zettingen zorgen voor het falen bij de koppelingen. Dit komt echter nauwelijks voor.

### **Overzicht van alle invloeden**

In Tabel 12 is een overzicht gegeven van alle invloeden en gevolgen van de invloeden op de afzonderlijke netwerken.

Tabel 12: Overzicht van interne en externe invloeden

Netwerk	Interne corrosie	Externe corrosie	Zettingen	Druk	Belastingen (aortels, verkeer e.d.)	Grondwater	Omgevings- temperatuur	Interferentie KB	Intrade grond	Sediment	(Interne) Temperatuur
<b>Drinkwater</b>	Afname sterkte leiding, lekkage	Afname sterkte leiding, lekkage	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage		Afname sterkte leiding, lekkage			
<b>Gas</b>	Afname sterkte buis/leiding, lekkage	Afname sterkte leiding, lekkage	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage					
<b>Riolering</b>	Afname sterkte buis/leiding, lekkage	Afname sterkte leiding, lekkage	Breuk/ lekkage/ verlies hydraulische functie	Breuk/ lekkage	Breuk/ lekkage	Intrusie van sediment			Verstopping, ontstaan van sinkholes	Afname capaciteit	
<b>Telecom</b>		Vochtindringing	Breuk op koppelingen								
<b>Elektriciteit</b>		vochtindringing	Mechanische stress → breuk			Versterken/ verzwakken effecten van temperatuur	Versterken/ verzwakken effecten van temperatuur				Mechanische stress
			Thermische veroudering								Thermische veroudering (PD), slijtage van het net
		Barsten van materialen									

#### 4.7 Beschouwing samenhang faalmechanismen

De in hoofdstuk 2 gevonden overeenkomsten in materiaalsoorten leiden ook tot overeenkomsten in faalmechanismen. Voor het nauwkeurig bepalen van de kans op falen is informatie over het gedrag van het systeem noodzakelijk, zie hoofdstuk 3. Door de overeenkomsten in faalmechanismen en in overeenkomend materiaalgebruik, worden mogelijkheden gezien om de kans op falen beter te bepalen. Deze mogelijkheden voor de verbetering van de kans op falen worden in dit onderzoek gezocht in de interne, maar voornamelijk in de externe invloeden.

Interne invloeden laten vooral de drijfveer *druk* zien als overeenkomst. Zowel de drinkwater, gas als riolering infrastructures maken gebruik van drukleidingen. Hoofdstuk 2 laat zien dat daar eveneens overeenkomsten zijn in gebruikte materialen.

*Temperatuur* heeft een effect op alle materialen vanwege uitzettingen door temperatuurstijgingen. De gevolgen hiervan zijn, behalve voor elektriciteitskabels, voor de netwerken echter minimaal.

Op het gebied van externe invloeden worden meer overeenkomsten gezien:

*Externe corrosie* is de invloed van biologische en chemische eigenschappen van de grond en grondwaterstand op materialen. Externe corrosie is materiaal en ondergrond afhankelijk. Door de overeenkomsten in materiaalsoorten en het feit dat de kabels en leidingen naast elkaar in dezelfde grond liggen worden veel overeenkomsten gezien.

*Zettingen* kunnen breuken en lekkages veroorzaken in de buizen en verbindingen bij leidingen. Bij kabels kunnen zettingen spanning veroorzaken op de verbindingstukken. De invloed van zettingen op infrastructures verschilt per gebruikte materiaalsoort en het getransporteerde product. Een lekkage door een zetting in het drinkwaternet of rioleringsnet heeft potentieel minder ernstige gevolgen dan een lek in het gasnet. Lekken in het gasnet kunnen leiden tot explosies en gewonden en/of doden.

*Belastingen* van materialen van buitenaf hebben stellen de sterkte van de materialen op de proef. Trillingen veroorzaakt door verkeersbelasting kunnen leiden tot breuk of lekkage van leidingen. Wortels van bomen kunnen leidingen doorboren en/of voor extra druk zorgen. De indirecte gevolgen van graafschade kunnen ook effect hebben op de conditie van een kabel en/of leiding. Activiteiten in de grond naast enkele leidingen kunnen tot verschil in belasting zorgen, wat negatieve gevolgen kan hebben voor de verdere levensduur van een leiding.

De invloeden van de omgeving op de conditie van leidingen laten overeenkomsten zien. Doordat informatie over deze invloeden hetzelfde is, biedt gezamenlijke informatie verzameling en uitwisseling hiervan, wellicht meerwaarde voor verbetering in het bepalen van de conditie van de kabels/leidingen.



# 5 Informatie gebruik nu

## 5.1 Inleiding

Het doel van dit hoofdstuk is een overzicht te krijgen van de huidige en toekomstige verzameling van informatie door de netbeheerders. Gedurende de interviews is aan assetmanagers en materiaal experts gevraagd wat de netbeheerders zelf doen om te voorzien in hun informatie behoefte. De resultaten hiervan zijn in dit hoofdstuk per netbeheer weergegeven. Informatie-uitwisseling vindt al plaats via verschillende samenwerkingsverbanden. Enkele van deze samenwerkingsverbanden en hun doelen zullen genoemd worden. Daarnaast een korte blik op de toekomst van de netwerken en welke rol informatie daarin zal spelen.

## 5.2 Informatieverzameling door netbeheerders nu

Dit onderzoek maakt een onderverdeling in informatiestromen uit de omgeving en vanuit het systeem, zie 3.2.2. Informatie uit het systeem is verder op gedeeld in algemeen en netwerkspecifieke informatie. Onder algemene informatie uit de infrastructuur worden de locatiegegevens en storingsgegevens bedoeld. Netwerkspecifieke informatie zijn stuurmaatregelen die netbeheerders gericht op hun netwerken uitvoeren. Onder informatie uit de omgeving vallen zaken als openbare informatie.

### 5.2.1 Registratie van de basisgegevens

Kennis van de locatie van de infrastructuur ligt aan de basis van beheer. Tenzij er een duidelijke storing is, kan een beheerder geen onderhoud plegen als de locatie van zijn netwerk onbekend is. Iedere beheerder heeft een systeem waarin de locatie van zijn leidingen zijn geregistreerd. Een Leiding Informatie Systeem (LIS) bevat over het algemeen de ligging in x- en y-coördinaten, de leeftijd, het soort materiaal en de diameter. Informatie-uitwisseling van deze gegevens vindt via het Kadaster plaats in geval van graafwerkzaamheden. Deze gegevens moeten wettelijk gedeeld worden voor het voorkomen van graafschade, zie hoofdstuk 4.3. Verdere informatie, als bijvoorbeeld de z-coördinaat en uitvoerder, kunnen ook geregistreerd zijn. Doordat deze veelal onbekend is en door zakkingen onbetrouwbaar, hoeft deze niet gedeeld te worden. Door onvolledige registratie, fusies van bedrijven en de omzetting van analoog naar digitaal, kunnen er kabels en leidingen zijn waarvan gegevens als leeftijd en materiaal onbekend is (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). In Tabel 13 zijn de percentages gegeven van het aandeel gasleidingen en elektriciteitskabels waarvan de leeftijd en/of materiaalsoort onbekend is.

Tabel 13; Percentages en kilometers onbekende leeftijd en materiaalsoort van de infrastructuur gas en elektriciteit (NMa Energiekamer, 2012)

Netwerk	Onderdeel netwerk	Onbekende leeftijd (%)	Onbekende leeftijd (km)	Onbekende materiaalsoort (%)	Onbekende materiaalsoort (km)
Gas	Lage druk	0,4%	~400 <sup>1</sup>	0,1%	~100 <sup>1</sup>
	Hoge druk	0,4%	~100 <sup>2</sup>	0,0%	0
Elektriciteit	Laagspanning	10,3%	~20.150 <sup>3</sup>	13,3%	~26.000 <sup>3</sup>
	Hoogspanning/ middenspanning	5,4%	~5.500 <sup>4</sup>	2,4%	~2.430 <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Percentage onbekend uit Tabel 13 \* lengte lage druk net (98.808km (Netbeheer Nederland, 2011))

<sup>2</sup>Percentage onbekend uit Tabel 13 \* lengte midden en hoge druk net (24.371km (Netbeheer Nederland, 2011))

<sup>3</sup>Percentage onbekend uit Tabel 13 \* lengte laagspanningsnet (195.604km (Netbeheer Nederland, 2011))

<sup>4</sup>Percentage onbekend uit Tabel 13 \* lente middenspanningsnet (101275km (Netbeheer Nederland, 2011))

### **5.2.2 Registratie van storingen**

Analyse van storingsgegevens geeft inzicht over de systeemeigenschappen, de kans op falen, de gevolgen van het falen en de interactie van de infrastructuren met de omgeving. Registratie zorgt voor een objectief beeld van het veronderstelde gedrag van de netten. Het geeft een onderbouwing met cijfers en kan het gevoel dat leeft bij de oorzaken van storingen juist is. Vóór registratie met USTORE werd vaak aangegeven dat graafschade aan drinkwaterleidingen verantwoordelijk was voor een groot aandeel van de storingen (mondelijke informatie Ralph Beuken, KWR). De cijfers in Figuur 19 laten echter zien dat dit aandeel minder is (18%).

Storingsregistraties kunnen gebruikt worden om analyses uit te voeren door relaties te leggen tussen verschillende factoren. Door het analyseren van storingen kan met een zekere nauwkeurigheid de kans op falen en de gevolgen van falen bepaald worden. Voor deze analyses is betrouwbare informatie nodig. De betrouwbaarheid van het registreren van storingen is afhankelijk van de kunde van de monteur in het bepalen van de oorzaak. Breuken in leidingen of kabels hebben niet altijd een duidelijke oorzaak. Breuken kunnen een combinatie zijn van verschillende factoren. Het komt dan aan op de mate van vakmanschap en ervaring van de monteur of kantoormedewerker om de oorzaak vast te stellen. Visuele inspecties bij riolering bijvoorbeeld, laten een grote variatie zien in beoordeling van faalmechanismen (Dirksen et al., 2011). Naast betrouwbare informatie is de wijze van registratie ook van belang. Doordat er per infrastructuur meerdere beheerders zijn, kan de wijze van registratie verschillen per beheerder. Hierdoor kan het lastig zijn om storingen met elkaar te vergelijken.

Uniforme registratie van storingen, op een centrale plek, zorgt ervoor dat er het aantal storingen die geanalyseerd kunnen worden toeneemt. Doordat het aantal storingen toeneemt, kunnen statistisch significantere analyses gemaakt worden dan met een beperkte set storingen. Informatie-uitwisseling tussen netbeheerders van dezelfde infrastructuur heeft daarin een meerwaarde. Dit wordt ook ingezien door de netbeheerders. Verscheidene netbeheerders hebben dan ook centrale registratie systemen van storingen.

Nestor (Netstoringenregistratie) fungeert als centrale storingsregistratie database voor energienetbeheerders. Er is zowel een gas versie van deze database, Nestor-gas, als een elektriciteitsvariant, Nestor-E. Deze database is gestart in 1976 en was een vrijwillige inspanning van de beheerders. Vanaf 2000 werd deze registratie wettelijk verplicht. (KEMA, 2012)

Drinkwaterbedrijven kunnen op vrijwillige basis deelnemen aan centrale registratie in USTORE. Dit wordt sinds 1 januari 2009 gedaan. (Vloerbergh & van Thienen, 2011)

Voor de afvalwaterketen is in 2007 een opzet gegeven voor een standaard voor het registreren van storingen. Het Standaard UitwisselingsFormat voor Storingen in het AfvalwaterSysteem (SUF-SAS) (RIONED & STOWA, 2007). Tot op heden wordt hier beperkt gebruik van gemaakt (uit interview met Schilling, 2012).

Er zijn een aantal omgevingsfactoren die op de conditie van verschillende typen kabels en leidingen invloed hebben, zoals zettingen en verkeersbelasting (zie hoofdstuk 4). Registratie van de oorzaak geeft dit soort invloeden van de omgeving weer. Doordat de invloed van de omgeving op vele faalmechanismen hetzelfde is, kan het uitwisselen van storingsgegevens meer informatie geven over de invloed van de omgeving.

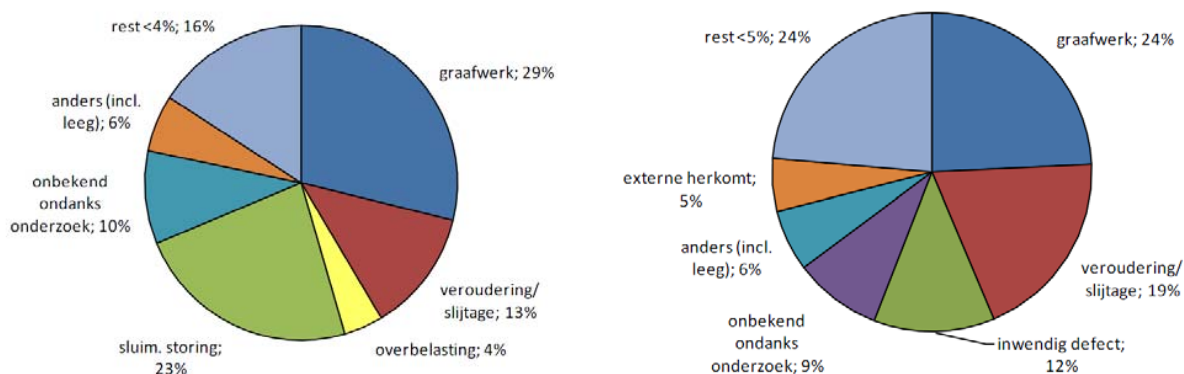
#### **Verdeling oorzaak van storingen per netwerk**

Door centrale storingsregistratie van de drinkwaterbedrijven en energienetbeheerders wordt de aard en oorzaak, alsmede statistisch onderbouwde relaties en verklarende parameters als materiaalsoort en diameter tussen het optreden van storingen duidelijk. Doordat de verdeling van storingsoorzaken bekend is kan de meerwaarde van informatie-uitwisseling voor falen veroorzaakt door de omgeving ingeschat worden. Informatie-uitwisseling ten behoeve van een oorzaak verantwoordelijk voor een zeer klein aantal storingen levert immers weinig tot geen meerwaarde.



### Elektriciteitsnet

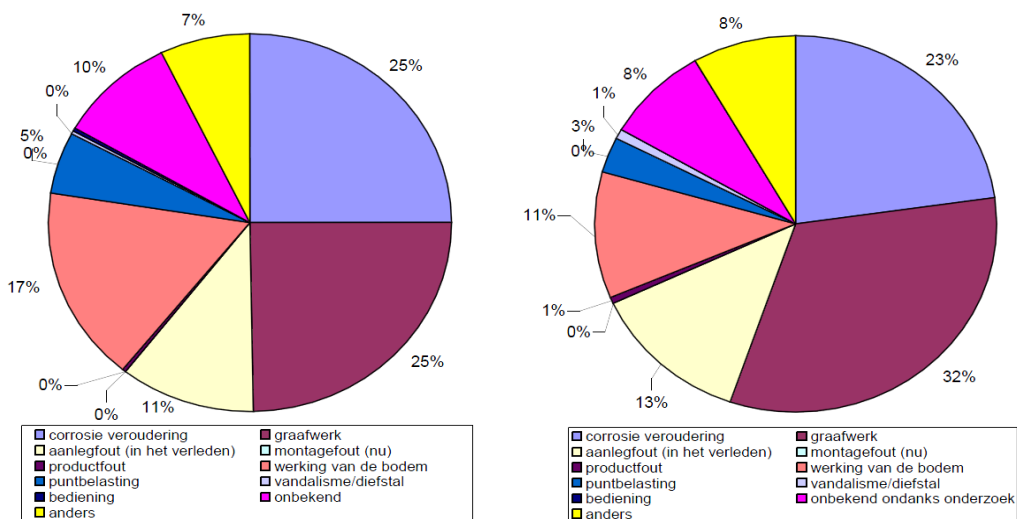
Voor de grootste onderdelen van het elektriciteitsnet, het laag- en middenspanningsnet, geeft Figuur 17 de oorzaken van storingen in 2011 weer. Het totale aantal storingen in 2011 was 2.650 voor middenspanningsnet en 18.075 voor laagspanningsnet. Zoals eerder aangetoond vormen graafwerkzaamheden een aanzienlijk deel van de storingen. Storingen door veroudering en slijtage vormen samen met het inwendig defect en sluimerende storing 31-36% van de oorzaken. De reden dat deze hier samen genoemd worden is, omdat in de registratie van dit type storing, het niet altijd duidelijk is waar de precieze oorzaak hiervan ligt (KEMA, 2012). Weinig voorkomende storingen in het elektriciteitsnet met als oorzaak zettingen worden geschaard onder de 'rest' term.



Figuur 17; Verdeling oorzaak van storingen in het laagspanningsnet (links) en het middenspanningsnet in 2011 (rechts) (KEMA, 2012)

### Gasnet

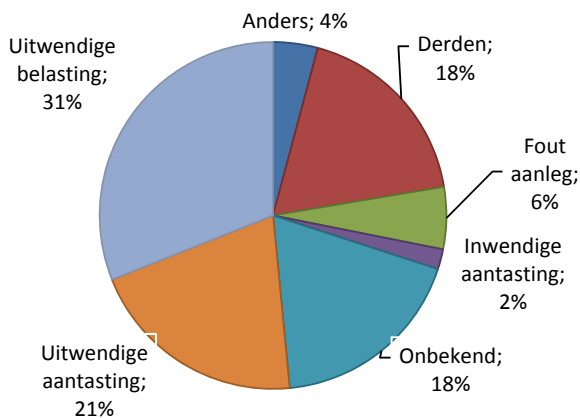
Figuur 18 geeft een overzicht van de verdeling van type storingen in hoofdleidingen en aansluitleidingen van het gasnet in 2011. Het totaal aantal storingen in 2011 aan de leidingen in het hoofdnet is 2.758. Het aantal storingen in 2011 aan de aansluitleidingen is 6.153. Er zijn vier oorzaken verantwoordelijk voor (tot) 79% van de storingen. Dit zijn corrosie/veroudering, graafwerk, zettingen en aanlegfouten. Deze vier oorzaken van storingen hebben allen een invloed vanuit de omgeving. Daarnaast hebben, net als bij elektriciteitsstoringen, ongeveer 10% van de storingen een onbekende oorzaak.



Figuur 18; Verdeling oorzaken van storingen in het gasnet in het hoofdnet (links) en de aansluitleidingen (rechts) (KIWA, 2012)

### Drinkwaternet

In Figuur 19 is een verdeling van de oorzaken van de storingen in het drinkwaternet te zien. In tegenstelling tot de verdelingen bij gas en elektriciteit, is deze verdeling niet over 2011, maar over de periode van 2009-2011. Gedurende deze periode deden niet alle drinkwaterbedrijven mee aan centrale registratie. Het totaalbeeld kan daardoor licht afwijken. Bij drinkwaterleidingen zijn uitwendige belasting, uitwendige aantasting en derden (graafschade) verantwoordelijk voor 70% van de schade gevallen. Het aantal storingen met als oorzaak inwendige aantasting is 2%.



Figuur 19; Verdeling storingen in het drinkwaternet (Vloerbergh & van Thienen, 2011)

In hoofdstuk 4 is duidelijk geworden dat veel faalmechanismen dezelfde drivers hebben. Uit de registratie van storingen komt naar voren dat storingen met dezelfde omgevingsinvloeden een groot deel uitmaken van de totale hoeveelheid storingen binnen de netwerken. Vooral gas en drinkwater laten grote overeenkomsten zien, zie Tabel 14.

Tabel 14; Percentages storingen met overeenkomende oorzaak van het gasnet, drinkwaternet en elektriciteitsnet

Driver faalmechanisme	Gasnet <sup>1</sup>	Drinkwaternet	Elektriciteitsnet <sup>2</sup>
Externe corrosie	24%	21%	16%
Zettingen	14%	31% <sup>3</sup>	<5%
Externe belasting	4%		<5%

<sup>1</sup>Gemiddeld percentage tussen hoofd en aansluitleidingen

<sup>2</sup>Gemiddeld percentage tussen midden- en laagspanningsnet

<sup>3</sup>Zettingen en externe belasting worden als één categorie geregistreerd

Deze cijfers laten zien dat informatie over deze vormen van externe invloeden bruikbaar is voor netbeheerders. Als de netbeheerders meer, of betere kwaliteit, informatie hebben over de invloeden van deze factoren op hun netwerk, kunnen risico's beter ingeschat worden. Door het beter inschatten van de risico's kan een betere afweging gemaakt worden tussen kosten, prestatie en risico. Een betere afweging betekent dat er effectievere stuurmaatregelen genomen kunnen worden. Informatie-uitwisseling kan hier dus meerwaarde bieden.

### 5.2.3 Netspecifieke informatie

Voor het nemen van stuurmaatregelen verzamelen netbeheerders informatie over hun infrastructuur. Deze paragraaf geeft per infrastructuur de verzamelde informatie weer. Dit wordt onderverdeeld naar 3 categorieën: materiaalonderzoek, veldmetingen en bij de afnemer thuis. Materiaalonderzoek is het onderzoek naar de faalmechanismen van de infrastructuur. Onder veldmetingen wordt de informatie en beheeracties verstaan die netbeheerders uitvoeren in de openbare ruimte. Met de categorie bij de afnemer op locatie worden de beheeracties bij in de meterkasten bedoeld.

## Drinkwaternet

### *Materiaalonderzoek*

Drinkwaterbedrijven doen conditieonderzoek naar het faalgedrag van de leidingen in het netwerk. Dit kunnen specifieke onderzoeken zijn naar lokale omstandigheden. Alsook grootschalig onderzoek voor de gehele sector.

### *Veldmetingen*

Drinkwaterbedrijven voeren beheeracties uit in de openbare ruimte.

- Spuien (PWN, 2012a)  
Het doorspoelen van een waterleiding door bepaalde secties af te sluiten en een brandkraan te openen.
- Afsluiter, brandkraan en kathodische bescherming controle (Oasen, 2012)  
Controleren van de werking en toegankelijkheid van afsluiters en brandkranen en kathodische bescherming. Intervallen tussen de controles verschilt per waterbedrijf.

### *Bij de afnemer op locatie*

Waterbedrijven komen bij de afnemers op kantoor, of aan huis, voor beheeracties.

- Vervangen van watermeters  
Watermeters in de meterkasten moeten eens in de 10 jaar vervangen worden. Nieuwere modellen gaan langer mee (PWN, 2012b).
- Meterstand  
Hoewel dit verschilt per bedrijf kan steekproefsgewijs een controleur langskomen om de stand te controleren (WML, 2012).

## Gasnet

### *Materiaalonderzoek*

Gasnetbeheerders doen onderzoek naar het faalgedrag van de gebruikte materialen in het netwerk. Dit kunnen specifieke onderzoeken zijn naar lokale omstandigheden. Alsook grootschalig onderzoek voor de gehele sector. (uit interview met Norden, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012)

### *Veldmetingen*

Metingen in de openbare ruimte kunnen onderverdeeld worden naar hoofdnet, regelstations en aansluitleidingen (Liander, 2011a):

#### Hoofdnet

- Afsluiter controle  
Jaarlijkse controle op locatie en gangbaarheid van afsluiters.
- Gaslekdetectie  
5 jaarlijkse zoekactie over het gehele net. Ontwikkelt zich naar risico gebaseerd zoeken.
- Kathodische bescherming controle  
Potentiaal metingen voor stalen leidingen.
- Drukmetingen  
Tijdens koude periodes (in het net) worden drukmetingen uitgevoerd.

#### Regelstations

- Preventief onderhoud (1,2 of 5 jaarlijks onderhoud)

#### Aansluitleidingen

- Gaslekdetectie  
5 jaarlijkse zoekactie over het gehele net. Ontwikkelt zich naar risico gebaseerd gaslek zoeken.
- Afsluiter controle  
Eens per 5 jaar op locatie.
- Onderhoud grote meetopstellingen  
Eens in de 10 jaar.

#### *Bij de afnemer op locatie*

Gasnetbeheerders komen bij de afnemers op kantoor, of aan huis, voor beheeracties.

- Meterstand  
Eens in de 3 jaar komt er een medewerker van de gasnetbeheerder langs om de meterstand op te nemen. (Stedin, 2012)

### **Elektriciteitsnet**

#### *Materiaalonderzoek*

In samenwerking met bijv. de TU Delft, Kema en TU Eindhoven wordt materiaalonderzoek gedaan (Liander, 2011b).

#### *Veldmetingen*

Beheeracties in het veld zijn (Joulz, 2012):

- Onderhoud aan transformatorhuizen
- Tan  $\delta$ / PD metingen<sup>1</sup>  
Metingen om de veroudering van de isolatie van kabels te bepalen.

#### *Bij de afnemer op locatie*

Elektriciteitsnetbeheerders komen bij de afnemers op kantoor, of aan huis, voor beheeracties.

- Meterstand  
Eens in de 3 jaar komt er een medewerker van de elektriciteitsnetbeheerder langs om de meterstand op te nemen. (Stedin, 2012)

### **Riolering**

#### *Materiaalonderzoek*

Op dit moment is er op de TU Delft een onderzoeksprogramma genaamd Kennisprogramma Urban Drainage. Hierin wordt onderzoek naar het faalgedrag van de materialen in ondergebracht. (TU Delft, 2012)

#### *Veldmetingen*

Beheeracties in het veld zijn (Stichting Rioned):

- Camera inspecties  
Nadat een rioolsectie is schoongespoten wordt een camera in de rioolbuis gebracht. Met behulp van de beelden wordt een inschatting gemaakt van de conditie van de rioolbuis. Dit wordt enkel gedaan voor vrijverval riolering (uit interview met Schilling, 2012).
- Putmetingen  
Gemeenten registreren de zakking van de put, om zo wordt de zetting van de grond te bepalen.
- Inspectie van de pompen  
Eenmaal per jaar wordt visueel de staat van de pompen bekeken en is er klein onderhoud.  
Eenmaal per drie jaar is er groot onderhoud.

#### *Bij de afnemer op locatie*

Rioolbeheerders komen niet bij afnemers thuis. Onderhoud van het afvalwaterstelsel in huis is de verantwoordelijkheid van de eigenaar.

---

<sup>1</sup> Doormeten van leidingen in het veld. De gevonden waarde geeft de mate waarin de kabel door Partial Discharge (PD) is verouderd.

## Telecom

### *Materiaalonderzoek*

Er is nog weinig bekend over de verouderingsmechanismen van glasvezel. Onderzoek is meer gericht op optimalisatie van de aanleg van kabels. Onderzoek op het gebied van nieuwe materialen komen uit commerciële instellingen en universiteiten.

### *Veldmetingen*

Het enige faalmechanisme van telecom is externe corrosie en graafschade. Hiervoor worden geen metingen gedaan. Beheer op storingen gebeurt op reactieve basis. (uit interview met Ellenbroek, 2012)

### *Bij de afnemer op locatie*

Installeren van een nieuw internetmodem, mits de klant hiervoor kiest. Verder geen regulier onderhoud.

## **5.2.4 Informatie uit de omgeving**

Openbare informatie is informatie uit de omgeving die netbeheerders kunnen gebruiken voor assetmanagement. Deze informatiebronnen zijn bijvoorbeeld:

- Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) (Kadaster, 2012)  
De BAG is een database met informatie over onder andere het bouwjaar van gebouwen. Deze database wordt onder andere gebruikt voor het bepalen van de leeftijd van de kabel of leiding in geval van een onbekende leeftijd. De BAG is (online) bereikbaar via het Kadaster en is service waarvoor niet betaald hoeft te worden.
- Data en Informatie van de Ondergrond (DINOloket) (TNO, 2012)  
Centrale opslagplaats voor geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland. Het archief omvat diepe en ondiepe boringen, grondwatergegevens, sonderingen, geo-elektrische metingen resultaten van geologische, geochemische en geomechanische monsteranalyses, boorgatmetingen en seismische gegevens. De database kan gebruikt worden voor het bepalen van de grondeigenschappen bij conditiebepaling. Deze database is deels openbaar, voor sommige gegevens moet betaald worden.
- Bodem Informatie Systeem (BIS) (Alterra, 2012)  
Het BIS geeft evenals het DINOloket informatie over de bodem. Waar het DINOloket meer data heeft van de diepe bodem, richt het BIS zich meer op de ondiepe bodem. Dit is een gratis service.
- Bestand bodemgebruik (CBS, 2012)  
Het Bestand bodemgebruik bevat de digitale geometrie van het bodemgebruik in Nederland. Het CBS publiceert om de drie tot vier jaar de digitale geometrie van de begrenzingen van het bodemgebruik in Nederland in het Bestand bodemgebruik. Het geeft inzicht in de verspreiding van verschillende vormen van ruimtegebruik in Nederland. Voorbeelden van bodemgebruik zijn: verkeersterreinen, bebouwing, recreatieterreinen, natuurterreinen, binnenwater en buitenwater. De bestanden zijn op te vragen bij het CBS.
- Google Earth/Maps/Streetview  
Naast de informatie uit het BAG wordt ook de Google Earth/Maps/Streetview functies gebruikt voor het dateren van leidingen. Ook de ligging van de leiding kan van achter het bureau worden ingeschat indien daar onzekerheid over is (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). Het gebruik van deze functies van Google is op het moment nog gratis.
- Zettingsgegevens (uit interview met Schilling, 2012)  
Netbeheerders kunnen informatie kopen bij bedrijven over zettingen. De bedrijven (bijvoorbeeld Fugro) voeren een of meerdere scans uit van een gebied zodat de hoogte in kaart kan worden gebracht. Dit kan door middel van een scan vanuit een vliegtuig, of meer recent, met satellieten.
- Gouden Gids/ Plattegrond  
Voor het bepalen van de gevolgen van storingen worden risicogebieden ingeschat. Informatie over het ruimtegebruik is hierdoor nodig. Informatie uit bronnen als de Gouden Gids, plattegronden en de eerder al genoemde Google Maps, maakt informatie over de omgeving snel beschikbaar. Zo kunnen risicogebieden als een clustering van bedrijven benoemd worden.

- Verkeersbelasting (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012)  
Belasting van verkeer is een dynamische belasting op het systeem. Verkeersbelasting veroorzaakt trillingen in de grond, deze hebben een negatief effect op de conditie van de leidingen. Informatie over de intensiteit van verkeer wordt gebruikt om het effect op de leiding/kabel te bepalen.

Per 1 januari 2015 zal er een nieuwe basisregistratie komen, de Basisregistratie Ondergrond (BRO). De huidige informatie over de ondergrond is versnipperd en er wordt met verschillende standaarden gewerkt. De BRO zal databases combineren en een standaard stellen. Het *DINOloket* en het BIS zullen worden opgenomen in de BRO. De organisaties die participeren zijn:

- Alterra
- Interprovinciaal Overleg (IPO)
- TNO
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Unie van Waterschappen
- Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG)

Vanuit Europa komen eveneens nieuwe regels. Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) is een Europese richtlijn die helpt om de beschikbaarheid, kwaliteit, organisatie, toegang tot en uitwisseling van geo-informatie in Europa te verbeteren (Geonovum, 2012). INSPIRE zal een portaal zijn naar informatie over grondeigenschappen en grondgebruik. Voor een overzicht van de thema's behandeld in de INSPIRE kaderrichtlijn zie bijlage C.

### 5.3 Informatie-uitwisseling tussen netbeheerders nu

De huidige informatie-uitwisseling tussen netbeheerders heeft een aantal duidelijke drijfveren, kostenreductie in de uitvoering en minder overlast voor de afnemers. In deze paragraaf zullen de grootste informatie uitwisselingsprocessen die op dit moment plaats vinden behandeld worden. Dit zijn: graafschadereductie door het KLIC systeem en afstemmingen van werken vanuit de gemeenten.

#### 5.3.1 Graafschade: aanzet tot samenwerken

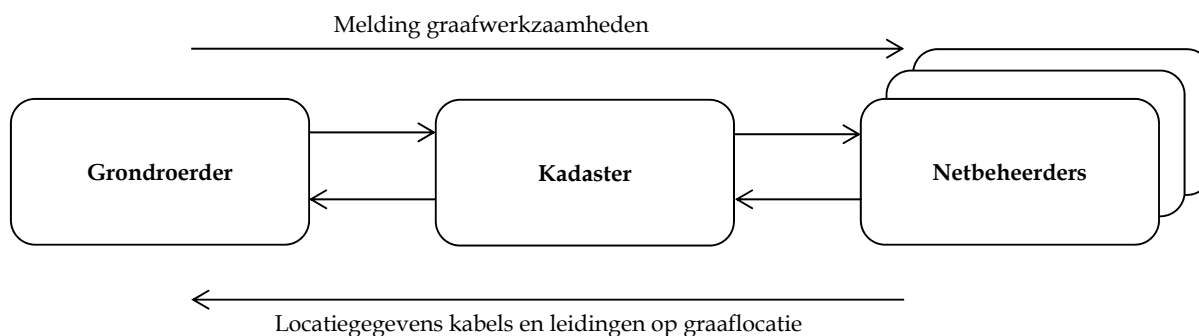
Zoals al benoemd in 4.3 is graafschade door derden een van de belangrijkste oorzaken van storingen. Graafschade door derden wordt gezien als een oorzaak van falen dat door informatie-uitwisseling voorkomen kan worden.

Het voorkomen van graafschade wordt getracht door:

- de grondroerder informatie te geven over de ligging van de kabels en leidingen op de graaflocatie
- de verplichting van de grondroerder deze gegevens op te vragen voorafgaand aan het graven
- de Richtlijn zorgvuldig graafproces (CROW, 2008)

Het doorgeven van de ligging van de kabels en leidingen aan de grondroerder wordt gedaan in het kadastrale Kabels en Leidingen Informatie Centrum (KLIC). Sinds 2008 is dit een wettelijke verplichting volgens de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netwerken (WION) (Overheid, 2008). Voorafgaand aan de het graven dient er een melding bij het KLIC te worden gedaan, ofwel een KLIC-melding. Netbeheerders worden op de hoogte gesteld van de voorgenomen activiteit en, indien deze geen bezwaren hebben, verkrijgt de grondroerder een kaart met de locatie van de kabels en leidingen. De Richtlijn zorgvuldig graafproces geeft aan welk proces van start tot einde moet worden doorlopen bij het graven. Ook hoe het graven zelf uitgevoerd dient te worden staat beschreven.

Zoals al in de naam van de wet staat, is informatie-uitwisseling belangrijk in het voorkomen van graafschade. Figuur 20 geeft de stroom van informatie-uitwisseling weer.



Figuur 20; Schema informatie-uitwisseling ligging leidingen Kadaster (Ministerie I&M, 2011)

Of deze informatie-uitwisseling daadwerkelijk het gewenste effect heeft, het verminderen van graafschade, wordt duidelijk in de evaluatie van de WION. De evaluatie van de WION staat in 2013 op de agenda van de Tweede Kamer (GPKL, 2011).

Informatie-uitwisseling in het belang van het voorkomen van graafschade vindt op deze manier al plaats en zal verder niet behandeld worden in dit onderzoek. Op het gebied van indirecte schade kan informatie-uitwisseling tussen netbeheerders wellicht wel mogelijk zijn. Indirecte schade is de schade aan kabels en leidingen die in een periode na de werkzaamheden tot falen kunnen leiden. Dit zal in hoofdstuk 6 behandeld worden.

### **5.3.2 Afstemmen van werken**

Doel van het afstemmen van werken is het beperken van de kosten voor de netbeheerders. Bijkomend voordeel voor de afnemers is de beperking van overlast. Gemeenten spelen een belangrijke rol in het afstemmen van werken als beheerder van de openbare ruimte. Gemeenten kunnen een zogeheten 'no-dig' periode aanhouden. Dit betekent dat de straat niet geopend mag worden voor een bepaalde periode, tenzij er een directe noodzaak toe is zoals een storing in een net. De duur van de periode is bijvoorbeeld 5-10 jaar. Niet iedere gemeente hanteert een dergelijke periode. De handhaving van deze periode verschilt eveneens per gemeente.

De tijdsperiode waarin netbeheerders kunnen beslissen of ze meegaan met derden ligt een jaar tot een half jaar voor de uitvoering van het werk. Er zijn verschillende initiatieven om dit proces te verbeteren. In Amsterdam krijgen netbeheerders ongeveer een jaar van tevoren een melding waarna zij 14 dagen hebben om te reageren. Netbeheerders kunnen in deze periode aangeven of zij meegaan ja of nee. Een andere optie is om uitstel te vragen. Dan hebben zij nog enkele maanden bedenktijd. (uit interview met Elzenaar, 2012)

De gemeente Amsterdam gebruikt een systeem voor het coördineren van werken aan de openbare ruimte, het Coördinatiesysteem Openbare Ruimte Amsterdam (CORA). Hierin worden projectgegevens gekoppeld aan geografische informatie (Gemeente Amsterdam, 2012). Alle huidige werken en aankomende werken aan de openbare ruimte komen overzichtelijk in een kaart te staan. Hierdoor kunnen andere actoren gemakkelijk zien of er winst gehaald kan worden door samen te werken. In het systeem staan ook lange termijn plannen van de gemeente. Bijvoorbeeld de wijken die de komende jaren meer aandacht zullen krijgen en waar wegen vervangen zullen worden. (uit interview met Elzenaar, 2012)

Het afstemmen van werken en handhaving van de no-dig periode leiden tot minder overlast in de straten.

### **5.3.3 Samenwerkingsverbanden**

Huidige samenwerkingsverbanden tussen netbeheerders hebben tot doel gezamenlijk onderzoek te doen of gezamenlijk werk uit te voeren.

Een samenwerkingsverbanden waarin gezamenlijk onderzoek wordt gedaan, is bijvoorbeeld het Nederlands kenniscentrum voor *ondergronds bouwen* en ondergronds ruimtegebruik, het COB. Het COB is onderverdeeld in een aantal platformen, een van deze platformen is Kabels en Leidingen. De speerpunten van het platform zijn (COB, 2012a):

- Bevordering van de samenwerking tussen partijen uit de sectoren energie- en nutsvoorzieningen, ruimtelijke ordening, vastgoed en overheidsbeleid
- Een goede inpassing van alle benodigde voorzieningen voor kabels en leidingennetwerken in de ondergrond, nu en in de toekomst.
- Het mogelijk maken van een (duurzame) groei van ondergrondse kabels en leidingeninfrastructuur.
- Kennisontwikkeling over de gehele beleidscyclus van (structuur)visie, planvorming, ontwerp, uitvoering, beheer en renovatie.

Deelnemers aan dit platform zijn de overheid, de netbeheerders en commerciële bedrijven. Op dit moment zijn er meer dan 20 verschillende instanties aangesloten bij dit platform (COB, 2012b). Lopende onderzoeken zijn (COB, 2012a):

- Vaststellen van de kwaliteit van innovatieve detectietechnieken zoals grondradar en radiodetectie.
- Het maken van een afwegingskader voor hoogspanningskabels in de ondergrond
- Kabels en leidingen in grondexploitatie. Onderzoek naar de kosten die gemoeid gaan met investeringen in energie- en nutsinfrastructuur.



Samenwerkingsverband in de uitvoering is bijvoorbeeld Synfra. Synfra richt zich op de nieuwe aanleg van infrastructuur. De naam Synfra is een samenstelling van synergie en infrastructuur. Synfra bundelt en coördineert de werkzaamheden van netbeheerders in Noord-Brabant, Limburg en Zeeland. Synfra vormt het centrale aanspreekpunt voor netbeheerders, gemeenten en aannemers. Per gemeente is er een bij Synfra aangesloten netbeheerder aangewezen als coördinator voor de gecombineerde werkzaamheden in een bepaald gebied. Deze coördinator is het aanspreekpunt voor alle betrokken partijen. Per cluster van gemeenten is één door Synfra gecontracteerde aannemer verantwoordelijk voor de uitvoering van de gecombineerde werkzaamheden. Synfra is het samenwerkingsverband tussen Brabant Water, Delta, Endinet, Enexis, KPN Telecom, Waterleidingmaatschappij Limburg en Ziggo. (Synfra, 2012) Een ander dergelijk samenwerkingsverband voor noord en oost Nederland is NONed (NONed, 2012). Er zijn landelijk zeven van dit soort samenwerkingsverbanden. Deze zeven samenwerkingsverbanden maken deel uit van het Centraal Combi Overleg (CCO) (Stichting sYnfra, 2012). Het CCO komt eens in de zes weken bij elkaar en is het uitvoerend orgaan van de Landelijke Samenwerking Ondergrondse Infrastructuur (LSOI). In het LSOI zijn 32 landelijke netwerkbedrijven vertegenwoordigd (Stichting sYnfra, 2012).

Andere samenwerkingsverbanden richten zich specifiek op een probleem zoals graafschade. Het Kabel-en Leidingen Overleg (KLO) is een samenwerkingsverband van netbeheerders, grondroerders en overheidsopdrachtgevers met als doel graafschadepreventie (KLO, 2012).

## 5.4 Toekomstvisie van netbeheerders

In hoofdstuk 2 werden per netbeheer al kort de toekomstige problemen aangegeven. De daar beschreven problemen waren meer op het vlak van veroudering. In deze paragraaf worden andere ontwikkelingen benoemd. Deze ontwikkelingen zijn op het gebied van veranderende vraag naar het product of nieuwe meetmethodes. De ontwikkelingen waar mogelijk informatie-uitwisseling mogelijk is, worden hier kort toegelicht. Dit overzicht is daarom niet compleet.

### Drinkwaternet

#### *Zelfreinigende netten*

Indien er mogelijkheden zijn om infrastructuur te vervangen wordt er een zelfreinigend netwerk geplaatst. Een zelfreinigend netwerk bestaat uit kleinere buisdiameters waardoor de stroomsnelheid toeneemt. In geval van aanleg van een zelfreinigend netwerk wordt er overleg gepleegd met de lokale brandweer. De aanleg houdt namelijk in dat het maximale debiet van een netwerk afneemt. Hierdoor kunnen er problemen ontstaan met de bluscapaciteit.

### Gasnet

#### *Biogas*

De toekomstige uitdagingen van gas is onder andere de opkomst van biogassen. Deze gassen verschillen in Wobbe-index, de verhouding tussen de calorische waarde en de relatieve dichtheid van het gas. Dit verschil kan problemen opleveren bij huisapparatuur die niet geschikt is voor verandering in deze waarde. Aanpassingen aan het gasnet zijn mogelijk noodzakelijk.

#### *Smart grids voor gas*

Door ontwikkelingen op het gebied van isolatie, restwarmte en biogas zijn de eisen die gesteld worden aan het gasnet aan het veranderen. Deze ontwikkelingen vragen om een andere benadering van het aardgasnet, waarbij ontwerp, bedrijfsvoering en onderhoud op maat gemaakt moeten worden. Hierdoor is meer informatie uit het net nodig dan nu. (Liandon B.V., 2012)

#### *Metten*

Er loopt op het moment een onderzoek naar een leidingrobot genaamd: Pirate. Pirate staat voor Pipe Inspection Robot for AuTonomous Exploration. De robot zal zich idealiter 24/7 in het leidingnet bevinden. Deze gaat opzoek naar lekken en zal de rondheid van de buis kunnen meten. (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012) (Universiteit Twente, 2012)

Andere meetinitiatieven zijn gecombineerd in een project genaamd het STOOPIJknet. In het net worden sensoren ingebouwd, waarmee omgevingsprikkels (denk bijv. aan trillingen) gemonitord worden en zo de toestand van het gasnet in de gaten gehouden wordt. Deze ontwikkeling wordt in gezamenlijk opdrachtgeverschap met de andere netbeheerders uitgevoerd. (Liander, 2011a)

## **Elektriciteitsnet**

### *Smart grids*

De toenemende vraag naar elektriciteit, decentrale energieopwekking en betrouwbaarheid vragen om een andere inrichting van het huidige energienet. Deze naam die verbonden is aan het nieuwe net is: "Smart grids". Smart grids zijn infrastructuren voor elektriciteit, gas en warmte, waaraan ICT-systemen zijn toegevoegd voor het meten van energiestromen met toepassingen voor het aansturen en regelen van consumptie en productie van energie. Ze verzamelen informatie die wordt gebracht naar plaatsen waar deze verder verwerkt kan worden, zodat er ook communicatie mogelijk is met allerlei randapparatuur en toepassingen bij energiebedrijven." (Huygen, 2009)

## **Riolering**

### *Doelmatigheid*

De sector staat voor een opgave om vanaf 2020 jaarlijks 380 miljoen euro aan doelmatigheidswinst te bereiken (TU Delft, 2012). Voor het weergeven van doelmatigheid is informatie uit het systeem en de omgeving nodig, zie de voorwaarden voor effectief bestuur van De Leeuw (3.2.2).

## **Telecommunicatie**

### *Uitrol van glasvezel*

De uitrol van het glasvezelnetwerk vindt op grote schaal plaats. Nieuwe, innovatieve manieren om kabels aan te leggen, zoals in de stoeprand, worden voorzien. De voornaamste reden hiervoor is het voorkomen van graafschade. (uit interview met Ellenbroek, 2012)

## **Digitale rotonde**

Op initiatief van landelijke netbeheerders wordt aan de Digitale Rotonde gewerkt. Dit houdt in dat er een communicatiestandaard komt voor het digitaal uitwisselen van data tussen opdrachtgevers en aannemers. De digitale rotonde is een middel om informatie te delen tussen netwerkpartijen, aannemers, gemeenten en klanten. De belangrijkste bouwstenen van dit initiatief zijn: het organiseren van kennisdeling en vereenvoudiging van processen. Dit initiatief wordt gesteund door het LSOI en het CCO (zie 5.3.3). (Stichting sYnfra, 2012)

## **INSPIRE annex III**

In 2019 moet annex III van de INSPIRE richtlijn uitgevoerd zijn, zie Appendix C. Nutsvoorzieningen worden hierin als thema gemeld en betreft de ligging van kabels en leidingen (punt 6). Dit houdt in dat de locatie van de kabels en leidingen ontsloten moet worden, met als doel graafschade reductie. Er wordt voorgesteld om dit INSPIRE thema in te voeren langs de lijn van WION. Door de WION zodanig aan te passen dat er een informatie uitwisselingssysteem ontstaat dat voldoet aan de technische specificatie van INSPIRE, voldoet aan de kwaliteitsspecificaties van INSPIRE, maar kenmerken heeft in informatie uitwisseling van de WION. Netbeheerders zijn geen voorstander van het openbaar maken van de liggingsgegevens. Om redenen als staatsveiligheid en maatregelen om terrorisme te voorkomen hoeft niet alle informatie gedeeld te worden. Er is tevens nog steeds het recht om een vergoeding te vragen voor het opvragen van informatie. (uit interview met Van Houtum, 2012)

## 5.5 Beschouwing huidige informatieverzameling en uitwisseling

Informatie over de te beheren infrastructuur is essentieel voor het beheer. In deze beschouwing worden zeven vlakken gedefinieerd waarop informatie wordt verzameld. Deze zeven vlakken volgen uit de analyse van de literatuurstudie.

1. In de eerste plaats worden de basisgegevens verzameld. Deze gegevens worden vanuit een centraal punt gedeeld met grondroeders via het Kadaster. Naast de locatie worden ook de eigenschappen van de kabels en leidingen geregistreerd. Dit zijn in de basis: leeftijd, materiaaltype en diameter. Dit kan uitgebreid worden met informatie over bijvoorbeeld de capaciteit, druk en verhang.
2. Ten tweede wordt er informatie verzameld over de eigenschappen van materialen door materiaalonderzoek. Water-, gas en elektriciteitsbedrijven laten al langer onderzoek doen naar de materiaaleigenschappen. Deze onderzoeken zijn bijvoorbeeld ondergebracht in onderzoeksinstituten als KWR (voor water), Kiwa (voor gas) en KEMA (voor elektriciteit). Riolering is sinds kort bezig met materiaalonderzoek. Dit wordt gedaan bij de TU Delft in het kennisprogramma Urban Drainage. Over het faalgedrag van kunststofmaterialen is vrijwel niets bekend bij rioolbeheerders.
3. Als derde worden er storingen geregistreerd. Het registreren van storingen zorgt voor een objectieve onderbouwing van de oorzaken van storingen ten opzichte van het beeld dat leeft bij de storingsdienst. Storingen in het gas- en elektriciteitsnet worden centraal geregistreerd in het NESTOR systeem. Dit is wettelijk verplicht sinds 2000. Storingen worden hier gebruikt als kwaliteitsindicator. Storingen van waterbedrijven worden vrijwillig geregistreerd in het U-STORE systeem. Storingen in het telecomnet en rioolnet worden niet centraal geregistreerd. Registratie van storingen laat zien dat een aanzienlijk aandeel van de storingen door een aantal overeenkomende externe drijfveren wordt veroorzaakt, namelijk: belasting, externe corrosie en zettingen.
4. Als vierde wordt er netwerkspecifieke informatie uit de netwerken gehaald. Hier valt een onderverdeling te maken in onderhoud en metingen. Onderhoud aan pompen, gasverdeelstations en transformatorhuizen is bij riolering, het gasnet en elektriciteitsnet een met regelmaat terugkerende beheeractie. Bij het water- en gasnet worden de leidingtracés gecontroleerd op het functioneren en bereikbaarheid van afsluiters. Het gasnet wordt er eens in de vijf jaar het volledige tracé nagelopen door middel van lek zoeken. Rioolbeheerders inspecteren de riolen visueel door middel van camerawagens. Zij meten eveneens de zetting van putten. Deze waarden geven de zetting van de grond aan, maar zijn niet altijd digitaal beschikbaar.
5. Ten vijfde komen de netbeheerders voor onderhoud bij de consumenten op locatie. Eens in de 10 jaar wordt de watermeter vervangen en eens in de drie jaar komen er meteropnemers.
6. Als zesde wordt informatie uit de omgeving gebruikt. Dit wordt zowel voor conditiebepaling gedaan als voor capaciteitsberekeningen. Voor conditiebepalingen worden databases zoals het DINO en BIS gebruikt met informatie over de grond. Hierin staan chemische, biologische eigenschappen van de grond. Bij waterleidingen wordt bijvoorbeeld gezien dat er significant meer storingen zijn in kalkarme grond dan kalkrijke grond in geval van asbestcement leidingen. Gegevens over zettingen kunnen netbeheerders kopen. Richtlijnen vanuit Europa -INSPIRE- zorgen voor een centraal portaal voor dit soort informatie. Op landelijk niveau worden onder anderen het DINO en BIS gecombineerd in het BRO. Voor capaciteitsberekeningen wordt een inschatting gemaakt van het bestaande aantal klanten en de voorspelde groei. Voor het bepalen van de materiaaleigenschappen als leeftijd wordt eveneens informatie uit de omgeving gebruikt. Kennis van de leeftijd en materiaaltype is niet altijd volledig bij de netbeheerders. Onvolledige informatie wordt aangevuld door naar de leeftijd van huizen te kijken in het BAG en in Google Maps/ Earth (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).
7. Daarnaast wordt gezien dat het plannen van werken steeds belangrijker wordt. Gemeenten als Amsterdam en Rotterdam hanteren 'no-dig' periodes. Gedurende deze periodes van ongeveer 5 jaar mag de straat niet opengedoken worden, tenzij daar een geldige reden voor is. Dit leidt ertoe dat planning steeds belangrijker wordt. Het goed kunnen bepalen van de conditie van de kabels en leidingen is hiervoor belangrijk.

Vrijwel alle netwerken staan voor een toekomstige uitdaging rond het inwinnen van informatie uit de netwerken. Het drinkwaternet heeft een saneringsvraagstuk –vervangingsgolf- bij bepaalde materialen. Daarnaast wordt er indien er de mogelijkheid toe is een zelfreinigend net aangelegd. Gasbedrijven staan voor een uitdaging met een verouderend net, veranderende energievraag en een verandering van aardgas naar biogas. Dit vraagt om veel informatie uit het net. Elektriciteitsbedrijven zien een

uitdaging op het gebied van decentrale energielevering aan het net. Dit vraagt een nieuwe verdeling van capaciteit in de kabels. Riolering staat aan het begin van centraal onderzoek naar het gedrag van het systeem en metingen.

# 6 Vraag, mogelijkheden en meerwaarde van informatie-uitwisseling

## 6.1 Inleiding

Gedurende de interviews is onder andere gevraagd welke informatie van andere netbeheerders interessant zou kunnen zijn voor het beheer van het eigen netwerk. De resultaten van dit deel van de interviews zijn verwerkt in dit hoofdstuk. Met de resultaten van de interviews en de resultaten van het onderzoek uit de voorgaande hoofdstukken (samengevat in paragraaf 5.5) wordt de overlap in informatiebehoefte geanalyseerd. Bij deze overlap wordt eveneens de eventuele meerwaarde geduid.

## 6.2 Informatievraag van netbeheerders

De afgenomen interviews hadden een semigestructureerd vorm. Dit betekent dat er een aangehouden lijn in de interviews was, maar dat op sommige onderdelen niet even diep is ingegaan als anderen. De lijn die gedurende de interviews is aangehouden is te vergelijken met de punten die eerder zijn benoemd in paragraaf 5.5. Deze lijn is:

- *Basisgegevens*  
Sinds de intrede van de WION is registratie van de locatie verplicht. Er is gevraagd of informatie-uitwisseling helpen bij het volledig maken van deze gegevens. Zowel ten behoeve aan het voldoen aan de wetgeving als voor het beheer.
- *Materiaalonderzoek*  
Er is gevraagd of er een wens is om onderzoeksresultaten te delen en samen toekomstig onderzoek te doen.
- *Storingsregistratie*  
Registratie van storingen en uitwisseling van deze gegevens. Gevraagd is of het delen van deze informatie helpt bij het beheer.
- *Netwerkspecifieke informatie*  
Zijn er gegevens uit het eigen netwerk of uit andere netwerken die meerwaarde zouden bieden bij beheer.
- *Informatie uit de omgeving*  
Is er informatie uit de omgeving die bij zou kunnen dragen aan het beheer. Of kunnen beheeracties gecombineerd worden.
- *Plannen van werken*  
Gevraagd is of er op het gebied van langere termijn planning wensen zijn. Met het oog op de opkomst van gemeenten met 'no-dig' periodes.
- *Anders*  
De categorie anders bevat de mogelijkheden die niet onder het bovenstaande vallen.

Per punt worden de resultaten van de interviews kort benoemd.

## Basisgegevens

Vaak is in het verleden samen infrastructuur aangelegd. Door analoge registratie en fusies, kan bij een partij data verloren zijn gegaan. Aanvullen van deze data door middel van het delen van de basisgegevens kan het bepalen van de exacte leeftijd en materiaal nauwkeuriger maken dan door gebruik van het BAG of Google.

Door drinkwaterbedrijven wordt het volledig maken van de gegevens als leeftijd en materialen door het delen van de basisgegevens als waardevol gezien (uit interview met Louter, 2012).

Gas en elektriciteitsnetbeheerders weten voldoende over de locatie van de eigen netwerken. Uitwisselen van de basisgegevens wordt gezien als een verbetering in nauwkeurigheid ten opzichte van BAG of Google, maar wordt niet als concrete meerwaarde gezien (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).

Rioolbeheerders hebben goed in beeld welke materialen zij waar hebben liggen. Uitwisseling van deze informatie wordt niet als meerwaarde gezien (uit interview met Schilling, 2012).

Telecombeheerders zijn op grote schaal bezig met de uitrol van glasvezel, hiervoor wordt veel gegraven. Doordat er veel nieuwe aansluitingen op huizen moeten worden gemaakt worden ongestuurde projectieboringen uitgevoerd. Informatie uitwisselen over de ligging van de aansluitleidingen zou schade door boringen kunnen voorkomen (uit interview met Ellenbroek, 2012).

## Materiaalonderzoek

Door drinkwaterbedrijven wordt het delen van onderzoeksresultaten van de effecten van de omgeving op materialen nuttig geacht. Op dit moment wordt er gecommuniceerd tussen KWR (water) en Kiwa (gas) over de relatie tussen de gebruikte materialen (mondelinge informatie Ralph Beuken, KWR).

Bij gasnetbeheerders is op het moment veel onderzoek gaande naar materiaal, vooral op het gebied van PVC. Er zijn nu een aantal proeftuinen waar verschillende faalmechanismen van PVC worden getest. Inhaken van andere beheerders zorgt voor meer kennis en verdeling in de kosten. Kennis over de invloeden van de omgeving op de materialen is gewild, in de basis zijn de leidingen namelijk hetzelfde. Materiaalkennis over de andere materialen dan PVC in het netwerken wordt minder gewild geacht. Zij achten daar voldoende informatie over te hebben voor het uitvoeren van beheer (uit interview met Norden, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).

Bij rioolbeheerders is op gebied van materiaal weinig bekend over de invloeden van buitenaf. Dit komt doordat inspecties van binnenuit mogelijk zijn (in geval van vrijverval riolering). Van persleidingen is op het moment weinig bekend over de materiaaleigenschappen. Beheer van deze persleidingen is als een "piepsysteem", als het stuk gaat wordt het gemaakt. Ervaring van andere netbeheerders met onderzoek kan helpen bij het bepalen van de invloeden van buitenaf op het materiaal (uit interview met Schilling, 2012).

Gezien de aard van het materiaal bij elektriciteitsbeheerders wordt het gezamenlijk uitvoeren van onderzoek naar materialen niet mogelijk geacht. De faalmechanismen van een elektriciteitskabel zijn te verschillend.

Onderzoek bij telecombedrijven gaat voornamelijk over het ontwikkelen van nieuwe technologieën op het gebied van aanleg en de geboden service. De vraag die bij telecombeheerders speelt op materiaalgebied ligt bij de levensduur van de kunststofmantel (uit interview met Ellenbroek, 2012).

## Storingsregistratie

Het uitwisselen van storingsgegevens laat op meerdere vlakken mogelijkheden.

Analyses die nu nog niet uitgevoerd kunnen, maar door het delen waarschijnlijk wel, zijn het vinden van relaties met de omgeving en andere netwerken. Dit wordt gezien als meerwaarde door zowel drinkwater, gas en elektriciteitsbeheerders (uit interview met Louter, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). Relaties die bijvoorbeeld gevonden kunnen worden zijn de effecten van het falen van een andere infrastructuur op de storingsfrequentie van het eigen netwerk. Bijvoorbeeld bij een lek in de waterleiding; is er statistisch gezien een verhoogde kans op een storing in het gasnet? (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012) De kans dat dit soort relaties worden gevonden tussen de netwerken en riolering wordt minimaal geacht. Doordat riolering dieper en in het midden van de straat is gepositioneerd, wordt ingeschat dat invloeden vanuit de omgeving niet hetzelfde effect hebben (uit interview met Schilling, 2012).

Registratie van grondroeringen en het combineren daarvan met storingen laat misschien nieuwe relaties zien in storingen. Als proef wordt geopperd om een gebied te nemen en daar de leidingen te markeren waarbij niet is meegegaan bij grondroeringen. Vijf tot tien jaar later kunnen wellicht analyses worden uitgevoerd op deze leidingen die wellicht een storingsrelatie laten zien (uit interview met Louter, 2012). Storingen uitwisselen voor het eerder genoemde stapeleffect bij storingen wordt als een mogelijkheid gezien. Kanttekening daarbij is dat de sector als geheel een beslissing moet maken over hoeveel overlast een klant mag hebben van een storing. In andere woorden, wat is de storingsacceptatie van de klant. Investerings vervroegen om het risico van stapeleffect te verminderen, omdat een andere netbeheerder een storing heeft gehad moet ergens van betaald worden (uit interview met Louter, 2012). Doordat telecom kabels voornamelijk storen door graafschade, heeft het uitwisselen van storingen weinig toegevoegde waarde voor het beheer van telecomkabels (uit interview met Ellenbroek, 2012).

### **Netwerkspecifieke informatie**

Onder specifieke informatie die netbeheerders van andere netbeheerders zouden willen wordt zowel door de drinkwaterbeheerder als de gas- en elektriciteitsbeheerder de putmeting gegevens van riolering genoemd. Het delen van deze gegevens zou een beeld geven van de zettingen in het verleden en daarom waardevol zijn voor huidig beheer (uit interview met Louter, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).

Er is vraag naar de motivatie van een andere netbeheerder om te renoveren of vervangen, bijvoorbeeld "zettingen/ vervroegd vervangen omdat het een risicogebied is". Deze informatie delen met andere netbeheerders kan de andere netbeheerders misschien informatie geven die zij missen of over het hoofd hebben gezien (uit interview met Schilling, 2012).

### **Onderhoud bij de consument op locatie**

Door in één afspraak beheer in de meterkast te plannen worden kosten gedrukt en hoeft de bewoner slechts 1 keer gestoord te worden. Dit soort onderhoud vindt echter op zeer beperkte wijze plaats. De meerwaarde van het combineren is hierdoor laag (uit interview met Louter, 2012).

### **Informatie uit de omgeving**

Op het gebied van informatie uit de omgeving wordt voornamelijk gevraagd naar informatie over *zettingen*. Informatie over zettingen is voor de drinkwaternet-, gasnet-, elektriciteitsnet- en rioolnetbeheerders belangrijke informatie (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012) (uit interview met Schilling, 2012) (uit interview met Louter, 2012). De gasnetbeheerders zien graag een GIS-layer waar nauwkeurig dit soort informatie in verwerkt is. Nu wordt verwacht dat satellietmetingen van zettingen de toekomst is, hierdoor is de drang om te investeren in het ontsluiten van de putmetingen bij riolering laag (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). Voor telecombeheerders is deze informatie minder belangrijk omdat beheer plaats vindt op reactieve basis en de kabels niet zo gevoelig zijn voor zettingen (uit interview met Ellenbroek, 2012).

Informatie-uitwisseling over *omgevingskenmerken* wordt door de drinkwater-, gas- en elektriciteits- en rioolnetbeheerders waardevol geacht. Dit zijn kenmerken als bomen, verkeersbelasting en locatie van verkeersdrempels (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012) (uit interview met Schilling, 2012) (uit interview met Louter, 2012). Ook over andere gegevens, zoals kennis over de bodem, wordt uitwisseling als nuttig gezien. Op dit moment zijn dit soort gegevens nog lastig te ontsluiten. De komst van de BRO zal daar (hopelijk) verandering in brengen (uit interview met Louter, 2012).

Gasnetbeheerders zien een verandering dat er naast de sterkte van de leiding steeds meer gekeken wordt naar de omgeving van de leiding (met de omgeving van de leiding worden de belangen van omgeving m.b.t. de leiding bedoeld, zoals bij winkelcentra, woonhuizen etc.). Met elkaar methodieken ontwikkelen om met de omgeving om te gaan, op gebieden van communicatie naar de afnemer en uniformiteit in het inschatten van risico's is wenselijk (uit interview met Norden, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).

## Plannen van werken

Het delen van de lange termijn planning kan in de toekomst nuttig zijn, zowel in kostenbesparing als overlast beperking. Hier moet gedacht worden aan drie tot vier jaar voordat er gegraven gaat worden. Dit wordt ingezien door alle beschouwde infrastructures minus telecom (uit interview met Schilling, 2012) (uit interview met Louter, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012). Voor het aanleggen van telecomnetwerken is het vaak goedkoper om dit in eigen beheer te doen. Er is namelijk minder hoog gekwalificeerd personeel nodig dan bij de andere netwerken en het grondverzet is minder wat minder kosten ten gevolg heeft (uit interview met Ellenbroek, 2012). Daarnaast staat in de Telecomwet dat graafwerkzaamheden van telecombeheerders gedoogd moeten worden. Hierdoor is de drijfveer om informatie uit te wisselen over de planning niet duidelijk aanwezig. Het gezamenlijk aanleggen bij nieuwe wijken wordt echter wel als kans gezien door alle netbeheerders.

Het afstemmen van werken leidt echter onvermijdelijk tot het sluiten van compromissen. Dit doet afbreuk aan prioritering van werkzaamheden aan de hand van risico analyses. Samenwerken met behulp van een lange termijn planning is mogelijk, echter binnen bepaalde breedtes van risicoacceptatie (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).

Op het gebied van planning is riolering jarenlang de voornaamste initiatiefnemer geweest. Met een veranderde visie op rioolbeheer (meer risico gebaseerd) en de aankomende vervangingsgolven bij andere netbeheerders, wordt verwacht dat riolering de rol van voornaamste initiatiefnemer zal verliezen. Dit zorgt ervoor dat rioolbeheerders waarschijnlijk vaker gaan beslissen mee te gaan met de andere netbeheerders (uit interview met Schilling, 2012).

Het platform waarop de lange termijn planning gedeeld kan worden zou een GIS applicatie zijn. Dit soort applicaties worden nu gebruikt bij gemeenten als Amsterdam en Nijmegen. In Amsterdam is hier het CORA systeem voor, in Nijmegen is dat Atlas. (uit interview met Elzenaar, 2012) (uit interview met Schilling, 2012)

## Anders

### *Handhaving op graaflocaties*

Op het gebied van handhaving worden mogelijkheden gezien. Steekproefsgewijs zouden grondroerders bezocht kunnen worden aan de sleuf voor het controleren en handhaven van de voorschriften. Een zogeheten "KLIC-fietser" zou deze actie dan uit kunnen voeren voor de netbeheerders. (uit interview met Louter, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012) (uit interview met Norden, 2012)

### *Combineren van beheeracties*

Het combineren van acties in het veld wordt als verdere mogelijkheid gezien. Deze acties zijn het nalopen van tracés en het controleren van de toegankelijkheid van zaken als afsluiters. Gas en drinkwaterbeheerders komen namelijk met enige regelmaat in voor deze acties in de openbare ruimte. Het combineren van deze acties zou tot kostenbesparing kunnen leiden (uit interview met Louter, 2012) (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012).

### *Ordenen van de ondergrond*

Door bij het openen van de grond bij een beheeractie deze meteen te ordenen is wellicht meerwaarde te halen, doordat bij de volgende keer dat de grond geopend wordt de kans op graafschade minder is. Dit concept wordt wisselend door de netbeheerders ontvangen. Aan de kant van de drinkwater-, gas-, elektriciteit- en rioolnetbeheerder wordt het als goedkoper gezien om bijvoorbeeld de drinkwaterleiding te verplaatsten dan het "wild westen" aan kabels te ordenen. Zeker omdat er een lange tijd tussen beheeracties kan zitten (uit interview met Louter, 2012).

Bij telecombeheerders ligt dit echter anders. De voornaamste vraag van telecombeheerders ligt niet op het punt van het verkrijgen van informatie, maar op het verkrijgen van respect voor de telecomkabel. Op dit moment wordt de kabel vaak stukgetrokken wanneer deze in de weg ligt of verplaatst en niet goed teruggelegd. Dit zorgt voor een hoop schade aan het netwerk. Initiatieven om speciale kabeltracés aan te wijzen of bij werkzaamheden kabels te bundelen en zo de ondergrond te ordenen worden juist waardevol geacht (uit interview met Ellenbroek, 2012).



### *Samenwerking in risicogebieden*

Samenwerking tussen netbeheerders in risicogebieden als keringen, dijken en snelwegen wordt nog als mogelijkheid genoemd. Hoe kan daar als sector mee omgegaan worden? Kan er op basis van dezelfde methodieken en uitgangspunten een risicoanalyse gemaakt worden? Kan er risico verkleinend gewerkt worden in bepaalde situaties? (uit interview met Lambregts & Jansen, 2012)

### *Basale middag`*

Bij de netbeheerders van drinkwater, gas, elektriciteit en riolering wordt het idee geopperd om met een aantal netbeheerders een dagdeel korte presentaties te houden over welke informatie zij nu gebruiken voor beheer. Het wordt wenselijk gezien om met dit soort sessies met enige frequentie op regionaal niveau uit te voeren. Zo kunnen eventueel andere gaten in informatiebehoefte gevuld worden. Zaken die gedurende dit soort sessies besproken kunnen worden zijn: Wat zijn jullie plannen? Hoe liggen jullie netten erbij? En zijn er andere zaken waar tegenaan gelopen wordt?

## **6.3 Mogelijkheden tot- en meerwaarde van het uitwisselen van informatie**

Resultaten uit de inventarisatie van de gebruikte materialen, beheermethodes, faalmechanismen en de interviews laten een aantal mogelijkheden zien waar netbeheerders informatie kunnen uitwisselen, of (verder) kunnen samenwerken. Deze mogelijkheden zijn onder zeven punten verdeeld. De meerwaarde van deze zeven punten is uitgedrukt in de afweging tussen kosten, prestatie, risico en overlast voor de afnemers. Omdat het lastig is om een precieze waarde te geven aan de meerwaarde wordt gebruik gemaakt van een voorbeeld wat de opbrengst is van het uitstellen van een vervanging. Dit is gedaan aan de hand van een netto contante waarde berekening. Netto contante waarde (NCW) is het bedrag dat nu gereserveerd wordt voor een bedrag  $x$ , bij een rentevoet  $y$ , dat over een  $z$  aantal jaren besteedt moet worden.

### *NCW berekening*

Stel dat door het uitwisselen van informatie het moment van vervangen voor 10% van de gasleidingen, waterleidingen of riolering met twee jaar kan worden uitgesteld, van 60 jaar naar 62 jaar. Zestig jaar wordt hierin aangehouden omdat deze waarde vaak gehanteerd werd (wordt) als einde technische levensduur. Stel de kosten van vervanging van een meter buis of leiding kost 200 euro per meter (Delft Cluster, 2008). De geschatte rentevoet is 3%. Zie Tabel 15 voor de uitvoering van de berekening.

*Tabel 15; Berekening netto contante waarde voor 10.000 km buis*

Leidingslengte	37.000	Km		
Gemiddelde vervangingswaarde	200	€/m		
Totale vervangingswaarde	7.400	M€	( $x$ )	
Netto rente	3%		( $y$ )	
Gemiddelde restlevensduur	60	Jaar ( $z$ )	62	Jaar ( $z$ )
Netto contante waarde	1.256	M€	1.184	M€
Verschil			72	M€

De berekening laat zien dat door het uitstellen van de vervanging met 2 jaar (van 60 naar 62 jaar), er een besparing is van 72 miljoen euro. Hoewel dit een zeer grove berekening is, geeft het aan dat de opbrengsten van het uitstellen van vervangingen in de orde van miljoenen euro's is.

## Zeven mogelijke punten van uitwisseling en hun meerwaarde

### 1. Gezamenlijk onderzoek naar faalgedrag van gemeenschappelijke materialen

Voornamelijk bij de gas- en drinkwaternetwerken worden mogelijkheden gezien voor gezamenlijk onderzoek naar faalgedrag van materialen. Tabel 14 en Figuren 17, 18 en 19 laten zien dat er een overlap te vinden is in factoren die invloed hebben op de gezamenlijke netwerken en dat deze een aanzienlijk deel van de storingen bepalen. Op het gebied van PVC, wordt onderzoek naar de effecten van de omgeving op de materialen wenselijk geacht. Kennis over materiaalsoorten waar nu al een saneringsvraag ligt, zoals asbestcement en gietijzer kan uitgewisseld worden. Directe mogelijkheid om te participeren in onderzoek is de proeftuin STOOP-IJknet voor het onderzoek naar effect van grondzettingen en belastingen op materialen. Dit onderzoek wordt door getrokken door Kiwa, Liander, TNO en Deltares.

Centrale kennis over het materiaalgedrag van riolering is in ontwikkeling. Kennisuitwisseling over methodieken kan hierbij wenselijk zijn.

Kanttekening moet worden gemaakt bij het feit dat ondanks dat ondanks dat materialen in naam overeenkomen er onderling nog verschillen kunnen zijn. De samenstelling van het gebruikte PVC verschilt tussen de netbeheerders. Uit de interviews is niet aan bod gekomen in welke mate dit soort verschillen door kunnen werken in het faalgedrag. Verdere verdieping door materiaalexperts is hierdoor gewenst.

De meerwaarde is:

Gezamenlijk onderzoek naar materialen levert op de alle beschouwde vlakken van: risico, kosten en prestatie meerwaarde. Overlast voor de afnemer kan als gevolg hiervan worden beperkt.

Op korte termijn levert dit kostenbesparingen op. Onderzoek wordt nu onafhankelijk van elkaar uitgevoerd. Samen onderzoek doen kan kosten besparen en meerwaarde leveren door extra onderzoeksmogelijkheden.

Op lange termijn wordt kostenbesparing gezien, door meer kennis over de eigenschappen van de netwerken en de prestaties ervan. Doordat de conditie van de materialen nauwkeuriger bepaald kan worden, kan de kans op falen beter ingeschat worden en dus het risico. Hierdoor kan er uitstel komen van het vervangen van de leiding of buis, wat bijdraagt aan de voorbeeld berekening in Tabel 15.

### 2. Uitwisselen van storingsgegevens

Storingen delen kan nieuwe relaties leggen tussen oorzaken van storingen. Een voorbeeld van dit soort relaties zijn bijvoorbeeld storingen veroorzaakt door indirecte schades. Dit zijn bijvoorbeeld invloeden als het grondroeren in de nabijheid van de netwerken. Mocht er een grondroering zijn in de buurt van het eigen netwerk waar niet gekozen is voor meegaan, zijn storingsgegevens van nut om analyses uit te voeren als: Leidt een grondroer activiteit tot een verhoogde kans op falen? Andere mogelijke relatie die gevonden kan worden is: Heeft het falen van een ander net invloed op de kans van falen op mijn net? Uitwisselen van storingsgegevens kan ook op gebied van montagefouten helpen. Storingen door montagefouten waar dezelfde uitvoerder verantwoordelijk was voor de aanleg zou kunnen duiden op kwaliteitsproblemen. Verder kunnen wellicht zettingsgevoelige gebieden, of andere storingsgevoelige gebieden, beter aangetoond worden.

Voor het inschatten van risico's kunnen storingsgegevens eveneens gedeeld worden. Wanneer niet alleen naar het imago van de netbeheerder zelf gekeken wordt, maar naar het imago van de sector in het geheel, is het uitwisselen van stopringen waardevol in het bepalen van de risico's. Door het aangeven van storingen kunnen de perceptie factoren bij mensen meegenomen worden in de risicoanalyse. Meerdere storingen in korte periode kunnen bijdragen aan een toename in het risico door een toename in de factor imago/perceptie.

De meerwaarde is:

Met behulp van nieuwe relaties kan er meer kennis ontstaan over de onderlinge wisselwerking tussen de netwerken. Dit kan bijdragen aan een overweging in risicoanalyses. Door een betere inschatting van de risico's kan er een betere afweging gemaakt worden tussen kosten, prestatie en risico. Dit kan bijdragen aan het uitstellen van vervangingen, wat leidt tot kostenbesparing, zie Tabel 15.

### 3. Verdergaande uitwisseling van de basisgegevens

Verdergaande uitwisseling van de locatiegegevens leidt tot een verbetering in de nauwkeurigheid van het bepalen van onbekende leeftijd en materiaalsoorten. Nu wordt deze informatie alleen gedeeld op projectbasis en door middel van een KLIC melding. Daarnaast biedt het gezamenlijk uitvoeren van detectie van ondergrondse infrastructuren mogelijk meerwaarde voor het beperken van graafschade.

De meerwaarde is:

Door het uitwisselen van de basisgegevens kan de eigen database nauwkeuriger dan met huidige methoden, compleet gemaakt worden. De meerwaarde van een nauwkeurige bepaling van de leeftijd en materiaal is te vinden in het completer maken van de risicoanalyse. Tabel 13 laat zien dat er bij gas- en elektriciteitsbeheerders een deel van het netwerk een onbekende leeftijd of materiaalsoort heeft.

Stel dat door het uitwisselen van deze informatie een kwart van de onbekende gasleidingen een nauwkeurigere leeftijd en materiaal bepaling krijgt (100km). Stel dat hierdoor de vervanging in plaats van over 5 jaar, over 15 jaar wordt. De NCW berekening zoals in Tabel 15, geeft Tabel 16. Het voordeel is dan 4,4 miljoen Euro.

Tabel 16; Voorbeeld berekening verbetering basisgegevens

Leidinglengte	100	Km		
Gemiddelde vervangingswaarde	200	€/m		
Totale vervangingswaarde	2.000	M€	(x)	
Netto rente	3%		(y)	
Gemiddelde restlevensduur	5	Jaar (z)	15	Jaar (z)
Netto contante waarde	17,25	M€	12,84	M€
Verschil			4,41	M€

De kosten bij dit proces zijn het delen van de gegevens en de manuren voor het verwerken van deze data. Bij de gasleidingen zijn ongeveer 400 km van onbekende leeftijd. Als er van uitgegaan wordt dat de opbrengst ongeveer 4 miljoen zal zijn, is er 10.000 Euro per kilometer beschikbaar voor de kosten voor het delen en verwerken van de informatie. Dit is een grove indicatie, maar het laat zien dat bij uitstel van een zeer klein deel van een infrastructuur, er geld beschikbaar/bespaart kan worden door delen.

### 4. Informatie over de lokale invloed van de omgeving op de kansen en gevolgen van falen

Informatie die netbeheerders uit de omgeving halen voor het nemen van stuurmaatregelen laat een mogelijkheid tot delen zien. Het delen van de motivatie van een beheeractie biedt mogelijkheden tot uitwisseling. In deze motivatie kunnen onderdelen zitten waar andere netbeheerders niet aan gedacht hebben, zoals het anders inschatten van de risico's bij een gebied of gebruikte informatie over zettingen. Het verkrijgen van zettingsgegevens is voor alle netbeheerders belangrijk. Putmetingen van rioolbeheerders kunnen hier van zeer veel waarde zijn voor overige netbeheerders. Nieuwe, innovatieve manieren om zettingen te meten middels satellieten zijn in ontwikkeling. Samenwerking tussen netbeheerders in risicogebieden als winkelcentra, keringen, dijken en snelwegen. Het duiden van deze specifieke risicogebieden en hoe andere netbeheerders met deze gebieden omgaan, kan nieuwe inzichten geven in de risicoafwegingen bij deze gebieden.

De meerwaarde is:

Informatie over de omgeving delen is waar netbeheerders elkaar nu nog weinig vinden. Het delen van zettingsgegevens, toegang tot andere informatie over de ondergrond en de motivatie bij renovatie of saneringsbeslissingen leidt tot een vollediger overzicht bij de andere netwerken. Bij de afweging kosten, prestatie en risico, speelt hier voornamelijk het inschatten van de risico's en de kosten. Doordat er meer bekend is over de invloed van de omgeving kan de conditie, en dus het risico van een kabel of leiding,

beter ingeschat worden. Gezamenlijk informatie verzamelen en delen kan schelen in de kosten. Kosten die gemaakt worden door bijvoorbeeld een zettingskaart van een gebied te laten maken, kunnen gedeeld worden tussen de verschillende netbeheerders.

#### *5. De lange termijn planning*

Vrijwel iedere netbeheerder noemt verdergaande afstemming tussen werken wenselijk. Zij zien daar financiële en maatschappelijke voordelen in. Verdergaande afstemming wordt deels gedwongen door ontwikkelingen in de rol van gemeenten als beheerder van de openbare ruimte. De lange termijn planning zou gedeeld kunnen worden in GIS lagen zoals die nu al gebruikt worden door de gemeente Amsterdam (CORA systeem) en Atlaz (Nijmegen).

Niet alleen tussen netbeheerders zou de lange termijn planning kunnen worden gedeeld. Ook andere instanties, zoals woningbouwcorporaties, zouden bij kunnen dragen aan de planning. Plannen om wijken te renoveren of opnieuw op te bouwen zijn waardevol voor netbeheerders. Andere werkzaamheden in de openbare ruimte laten vaak een link zien met de ondergrondse infrastructuur. De gemeente als beheerder van de openbare ruimte kan hierin de regie voeren.

De meerwaarde is:

Het delen van de lange termijn planning biedt grote kansen op het gebied van kostenbesparing en beperking van de overlast. Doordat veel eerder dan nu bekend is waar netbeheerders werken, kunnen compromissen gesloten worden over werkzaamheden. Hierdoor wordt overlast voor afnemers beperkt en door samen te werken in de uitvoering worden kosten bespaard. Nadeel bij het sluiten van compromissen is dat in geval van risico gestuurd beleid, niet altijd de beste oplossing wordt gekozen.

#### *6. Verder combineren van werk in het veld*

Netbeheerders van gas, elektriciteit en drinkwater komen met enige regelmaat bij de afnemers op locatie. Het combineren van deze bezoeken kan zorgen voor minder overlast voor de afnemer.

Het controleren van tracés op toegankelijkheid van zaken als afsluiters en het handhaven van voorschriften bij graafwerkzaamheden wordt als zeer gewenst gezien door alle netbeheerders. Een gezamenlijke toezichthouder die alle KLIC-meldingen langs gaat wordt hier als mogelijkheid gezien.

De meerwaarde is:

Het verder combineren van werken bij de afnemers op locatie biedt mogelijkheden om overlast bij de afnemer te beperken. Doordat de intervallen tussen de beheeracties ver uit elkaar liggen (iedere 3 jaar meterstand opnemer gas en elektriciteit, en iedere 10 jaar watermeter) is de meerwaarde echter beperkt. Het gezamenlijk controleren van tracés op toegankelijkheid scheelt in kosten op gebied van uitvoering. Gezamenlijk een toezichter langs graaflocaties laten gaan kan schelen in storingen en kosten door graafschade.

#### *7. Ervaring met omschakeling van bouwen naar beheren*

Gedurende dit onderzoek is duidelijk geworden dat de netbeheerders in een transitiefase zijn van bouwbedrijven naar beheerbedrijven. Tijdens deze transitie zijn processen bij de netbeheerders aan het veranderen en ontstaat er een nieuwe vraag naar informatie en manieren om hiermee om te gaan. Het delen van ervaringen op het gebied van deze transitie kan wellicht processen versnellen en eerder gemaakte fouten voorkomen.

Daarnaast kan door het delen van deze ervaring een uniformere aanpak ontstaan in de aanpak van beheer van de infrastructuur. Bij gas- en elektriciteitsbeheerders wordt gezien dat dezelfde methodieken worden gebruikt voor beheer van de twee netwerken. Ondanks dat deze twee netwerken verschillen in (faal)gedrag. Doordat het bij deze netwerken mogelijk is, biedt dit kansen om het uit te breiden naar de andere beschouwde netwerken.

De meerwaarde is:

Het heeft niet zozeer direct invloed op de netwerken zelf, als wel de aanpak van de netwerken. Door het delen van ervaringen tijdens de transitie kan dit leiden tot kosten besparingen bij de beheerorganisaties.

*Overzicht mogelijkheden per netbeheerder*

Tabel 17 geeft een overzicht van de mogelijkheden per netwerk tot het uitwisselen van informatie. Deze tabel is een combinatie van de resultaten van de interviews en uit het theoretisch kader van dit onderzoek. De tabel laat zien dat er voornamelijk uitwisselingsmogelijkheden zijn voor drinkwater- en gasnetwerken.

Tabel 17; Overzicht mogelijkheden tot uitwisselen per netwerk

<i>Vlakken</i>	<i>Materiaal onderzoek</i>	<i>Storings-gegevens</i>	<i>Locatie-gegevens</i>	<i>Lokale gegevens</i>	<i>Lange termijn planning</i>	<i>Combineren van werk</i>	<i>Eroaring transitie bouw naar beheren</i>
<b>Netwerk</b>							
<b>Drinkwater</b>	+	+	±	+	+	+	+
<b>Gas</b>	+	+	+	+	+	+	±
<b>Riolering</b>	+	±		+	+	+	+
<b>Elektriciteit</b>		+	+	+	+		±
<b>Telecom</b>			+				

#### 6.4 Beschouwing vraag, mogelijkheden en meerwaarde van informatie-uitwisseling

Netbeheerders laten zoals verwacht eenzelfde soort informatiebehoefte zien. Uitwisseling van informatie kan voldoen aan het invullen of aanvullen van deze informatiebehoefte. Het bepalen van de effecten van de gevonden mogelijkheden tot uitwisselen van informatie is complex en laat zich niet vertalen naar een concrete waarde. Door de meerwaarde uit te drukken in de afweging tussen kosten, prestatie, risico en overlast voor afnemers invloed heeft, wordt wel een beeld gegeven van de meerwaarde. De NCW van het uitstellen van een investering laat zien dat er relatief veel te halen valt door het uitstellen van een saneringsbeslissing.

*Relatie tussen infrastructuren*

Op het gebied van informatievraag worden veel overeenkomsten gezien tussen het gas- en drinkwaternetwerk. Doordat zij naast elkaar in de stoep liggen, grotendeels dezelfde materialen gebruiken en voor een groot deel overeenkomende oorzaken van storingen hebben, kan samenwerking tussen deze beheerders leiden tot meerwaarde. Riolering bevindt zich in het midden van de straat, hierdoor zijn de effecten op de kabels en leidingen minder goed te delen. De fysieke afstand tussen de netwerken is wellicht te groot. De omgeving heeft op kabels van elektriciteit en telecom een andere uitwerking dan op drinkwater, gas en riolering, dat uitwisseling van informatie geen tot weinig meerwaarde zal hebben.

*“Basale middag”*

Gedurende dit onderzoek, en tijdens de interviews, is meerdere malen naar voren gekomen dat netbeheerders geïnteresseerd zijn om regelmatig met elkaar rond de tafel te gaan zitten om te zien of er mogelijkheden zijn tot het uitwisselen van informatie. Dit is een belangrijk proces dat om opvolging vraagt. Het met enige frequentie om de tafel zitten van netbeheerders, op regionaal niveau, kan leiden tot verdere synergie tussen de netbeheerders. Netbeheerders kunnen laten zien waar zij op dat moment mee bezig zijn en de reden daarvoor. Andere netbeheerders kunnen hierop in haken en deze informatie

voor het eigen beheer toepassen. Met enige regelmaat met elkaar overleggen kan leiden tot meer onderling begrip en wellicht ook voor het gevraagde respect voor de telecomkabels.

## 7 Discussie

De wereld van de kabels en leidingen is door het groot aantal actoren, de infrastructuur en de belangen die bij het functioneren ervan spelen, complex. Het nauwkeurig omschrijven van de beheerders, de specifieke wetgeving, andere belangen, fysieke gedragingen en de resultaten van de interviews in een relatief korte tijd heeft ruimte gelaten voor meer diepgang. Doordat er vooraf weinig kennis was over hoe het beheer plaatsvond bij de geïnterviewde personen, hadden de interviews een semigestructureerde vorm. Hierdoor werd niet in ieder interview dezelfde vraag beantwoord. Wel is geprobeerd eenzelfde lijn aan te houden in de interviews aan de hand van het besluitvormingsproces. De resultaten van de interviews liggen in de lijn van de gevonden resultaten vanuit het literatuuronderzoek. Doordat het aantal geïnterviewde personen beperkt is, wordt gerealiseerd dat zij niet de mening van de complete sectoren vertegenwoordigen.

De resultaten laten zien dat er vraag is naar informatie van andere netbeheerders en dat er mogelijkheden zijn om informatie uit te wisselen. In welke mate de gevonden informatie-uitwisseling daadwerkelijk plaats zal vinden is nog onduidelijk. Uit de interviews kwam naar voren dat iedereen het idee heeft het wel "goed" te doen. Probleem is dat niet bij iedere infrastructuur duidelijk is omschreven wat "goed" precies is. Hierdoor is er niet overal een duidelijke stimulans om informatie uit te wisselen. Daarnaast zijn de baten van de gevonden mogelijkheden om informatie te delen lastig in geld uit te drukken. Het voorbeeld van het uitstellen van een vervanging met een aantal jaar laat echter zien dat de baten hierbij snel in de miljoenen lopen.

In de gesprekken was duidelijk enthousiasme te merken voor het idee van verdergaande informatie-uitwisseling tussen de netbeheerders. Hoewel er af en toe ook een ondertoon was te vinden in de vorm van oud zeer, of "we willen het heel graag, maar weten we dat het er niet van gaat komen". Dit laatste is een reële optie bij sommige gevonden mogelijkheden. Verdergaande uitwisseling van informatie als de lange termijn planning zorgt voor enige kwetsbaarheid van de netbeheerder. De initiator kan dan uiteindelijk duurder uit zijn. Ver vooraf aangeven van aankomende graaflocaties geeft andere netbeheerders de mogelijkheid om mee te liften. Dit leidt tot algehele kostenbesparing en scheelt overlast in het straatbeeld, dat is het doel en de meerwaarde. Op hoger niveau worden kosten bespaard, de bespaarde kosten kunnen echter onevenredig verdeeld worden. De kostenverdeling tussen degene die het graven initieert en degene die meegaat, kan namelijk verschillen. Het gevolg, het delen van de lange termijn planning kan voordelig zijn voor de ene partij, maar een andere partij kan daar minder van profiteren. Het delen van storingen en de basisgegevens kan ook problemen leveren. Het geeft anderen een inkijk in de staat van je netwerk, dit kan ongewenst zijn.

Uitwisseling van informatie kan verder bemoeilijkt worden doordat de verzorgingsgebieden van iedere netbeheerder verschillen. Een netbeheerder van drinkwaterleidingen kan bijvoorbeeld te maken krijgen met drie verschillende netbeheerders van gas- en elektriciteit en 50 gemeenten. Een platform om informatie te delen is hiervoor noodzakelijk. Op lokale schaal kunnen gemeenten dienen als dit platform, zij zijn immers de beheerders van de openbare ruimte. Op landelijke schaal worden daar initiatieven gezien als de Digitale Rotonde. Centrale punten waar informatie gebracht en gehaald kan worden biedt een betere ontsluiting en efficiëntie voor het delen van informatie.

Uit dit onderzoek blijkt dat uitwisselen van informatie mogelijk, dat het meerwaarde kan bieden en dat door de veranderende omstandigheden het noodzakelijk is. Of de informatie ook gebruikt zal worden is een tweede. Ander onderzoek (van Riel, Langeveld, Herder, & Clemens, 2012) laat zien dat niet altijd informatie over het netwerk de leidraad is in het nemen van beslissen. Ervaring en het daarbij komende gevoel zijn nog altijd belangrijk in de besluitvorming. Hoewel ontwikkeling in assetmanagement deze factor uit het besluitvormingsproces probeert te brengen, zal bij veel beschouwde netwerken deze factor de komende jaren een belangrijke rol blijven spelen. De basale middag kan helpen in het verminderen van de factor gevoel, doordat motivaties om te vervangen gedeeld kunnen worden.





# 8 Conclusie en Aanbevelingen

## Conclusie

Het doel van het onderzoek is:

Een verkenning maken van de mogelijkheden om informatie te delen, die meerwaarde creëert in het assetmanagement van het drinkwaternet, gasnet, rioolnet, elektriciteitsnet en telecomnet, waardoor overlast en kosten voor afnemers potentieel wordt beperkt.

De inventarisatie van gebruikte materialen en faalmechanismen in de netwerken, laat een groot aantal overeenkomsten zien op deze gebieden. Registratie van storingen laat zien dat een aanzienlijk deel van de storingen in de beschouwde netwerken, wordt veroorzaakt door drie externe oorzaken. Deze drie oorzaken zijn, naast graafschade:

- Externe corrosie van de leidingmaterialen
- Zettingen van de grond
- Belastingen van buitenaf, zoals verkeer en boomwortels

De relatie tussen de gasleidingen, riolering en waterleidingen is op fysiek vlak het grootst. Kabels van elektriciteit en telecom tonen de minste overeenkomsten met de andere infrastructuren.

Beschrijving van beheer aan de hand van een bestuurskundig model van De Leeuw, dat wordt gebruikt voor rioolbeheer, laat zien dat voor succesvol beheer en effectieve stuurmaatregelen, informatie nodig is vanuit het de infrastructuur en vanuit de omgeving. Informatie die meerwaarde kan bieden voor een netbeheerder, kan uit een infrastructuur van een andere netbeheerder komen. Assetmanagement is een beheermethode waarin een afweging wordt gemaakt tussen kosten, prestatie en risico. Deze methode kan bijdragen bij het aangaan van de uitdagingen op het gebied van kostenbeheersing en overlastbeperking. Risicomanagement is een onderdeel van assetmanagement. Een risico is gedefinieerd als de kans op falen vermenigvuldigd met het gevolg van dit falen. De gevolgen kunnen objectief en subjectief zijn. Het beter inschatten van risico's kan leiden tot een effectiever assetmanagement en dus meerwaarde bieden voor de afnemer van de diensten, op gebied van kostenbeperking en overlastbeperking. Betere informatievoorziening kan tot meerwaarde leiden bij het inschatten van de risico's.

Uit de interviews en de inventarisatie van de eigenschappen van de netwerken, zijn onderdelen in het besluitvormingsproces gevonden waar mogelijkheden zijn voor verdergaande informatie-uitwisseling, dat kan leiden tot meerwaarde. Deze mogelijkheden zijn samengevat in zeven suggesties, deze zijn:

1. gezamenlijk onderzoek naar gemeenschappelijk gebruikte materialen
2. uitwisselen van storingsgegevens
3. verdergaande uitwisseling van basisgegevens
4. informatie over de lokale invloed van de omgeving op de kansen en gevolgen van falen
5. de lange termijn planning
6. het verder combineren van werk in het veld
7. uitwisselen van ervaringen rond de transitie van bouwen naar beheren

1. De inventarisatie van materialen van de netwerken laat zien dat er een overlap van duizenden kilometers is in gebruikte materialen. Een grote overlap bevindt zich in het gebruik van kunststoffen als PVC en PE. Het delen van bekende kennis en het combineren van toekomstig onderzoek naar de effecten van de omgeving op het materiaal, wordt waardevol geacht. Aanhaken in huidig onderzoek in het STOOP-IJknet verband is hier een voorbeeld van. De meerwaarde drukt zich uit in het delen van de onderzoekskosten en kennis over het gedrag van het eigen systeem. De afweging tussen kosten, prestatie en risico kan zo verbeterd worden.

2. Het delen van storingsgegevens heeft meerdere voordelen. Bij gelijksoortig materiaalgebruik kunnen gedeelde storingen door externe invloeden leiden tot een statistisch nauwkeurigere

kansbepaling. Door het delen van storingsgegevens, en het bijhouden van grondroeractiviteiten, kunnen analyses worden gemaakt of storings van een ander net, of grondroeractiviteiten, effect hebben op de kwaliteit van het eigen netwerk. Het kan storingsgevoelige gebieden makkelijker identificeren. Delen van storingsgegevens is relatief eenvoudig vanwege de digitalisering ervan. De meerwaarde ligt in het beter bepalen van risico's.

3. Het verder delen van de basisgegevens is behulpzaam in de aanpak van leidingen van onbekende materiaalsoort en/of leeftijd. Deze leemtes worden op het moment ingevuld door informatie uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) of door middel van Google. Basisgegevens van andere netbeheerders kan dit soort gegevens nauwkeuriger invullen. Van het overgrote deel van de leidingen is de leeftijd en/of materiaalsoort bekend. De meerwaarde ligt in het beter bepalen van risico's.

4. Informatie als grondeigenschappen, zettingen en externe belastingen is zeer waardevol voor het bepalen van de conditie van de leidingen. Informatie over grondeigenschappen wordt centraal beschikbaar gesteld middels de nog te komen Basis Registratie Ondergrond (BRO). Het bepalen van zettingen is voornamelijk voor drinkwaterleidingen, riolering en gas van belang. Gemeenten bepalen zettingen aan de hand van putmetingen. Nieuwe manieren van het meten van zettingen zijn satellietmetingen of gedetailleerde puntenkaarten aan de hand van vliegtuigen. Gegevens over externe belastingen, zoals verkeersintensiteit, verkeersdrempels en de aanwezigheid van boomwortels kunnen ook gedeeld worden. Informatie over de toestand van de omgeving is belangrijk in het bepalen van de gevolgen van falen. Uitwisselen van informatie met betrekking tot risicogebieden zorgt voor meer uniformiteit in het bepalen van risico's en vergelijkbare inspanning bij de aanpak van zulke gebieden.

De meerwaarde van het delen van informatie over de omgeving ligt op het delen van kosten voor informatie inwinning en beter inschatten van risico's.

5. Uit de interviews kwam duidelijk de vraag naar de langere termijn planning van andere netbeheerders naar voren. Het delen van de planning twee tot vier jaar van tevoren kan leiden tot een betere gezamenlijke aanpak en afstemming. Daarbij valt een kanttekening te maken dat niet iedere beheerder een dergelijk gedetailleerd plan maakt. De rol van de gemeenten als beheerder van openbare ruimte biedt kansen op dit gebied. Afstemmen van werken scheelt in kosten en voornamelijk in overlast voor de afnemers. Geografische Informatie Systemen (GIS) zijn middelen die bij kunnen dragen aan afstemming. Dit soort systemen zijn al in gebruik bij gemeenten als Amsterdam en Nijmegen.

6. Voor het uitvoeren van werken moet altijd een KLIC-melding gemaakt worden. Dit wordt niet altijd gedaan. In vroeger tijden waren er fietsers in dienst die langs graaflocaties gingen om te zien of er daadwerkelijk werd gedaan zoals afgesproken en dat er geen ongeoorloofde graafacties plaats vonden. De roep om een dergelijke functie is weer terug. Deze functie multidisciplinair maken scheelt kosten. Deze persoon kan ook leiding tracés nalopen en de toegankelijkheid van afsluiters en brandkranen controleren.

7. De netbeheerders van drinkwater-, gas-, elektriciteit en riolering zijn in een transitie van bouwbedrijven naar beheerbedrijven. Ervaringen bij dit proces delen met andere netbeheerders kan bijdragen aan de ontwikkeling van de ondergrondse sector.

De meerwaarde van deze zeven suggesties laat zich lastig in geld en overlast beperking uitdrukken. Duidelijk is dat er wel voordeel te halen is op sector niveau. De gevonden suggesties leiden voornamelijk tot verbetering van het inschatten van de (risico's) conditie van een kabel of leiding. Verbetering van deze inschatting kan leiden tot het uitstellen van saneringsbeslissingen. Als voorbeeld is een netto-contante-waarde berekening uitgevoerd van het uitstellen van een saneringsbeslissing met één jaar. Dit laat zien dat de winst die te behalen is door het uitstellen van saneringsbeslissingen zich kan uitdrukken in een aanzienlijke kostenbesparing.

Het beheer van de netwerken gebeurt nu nog afzonderlijk, maar het is de ondergrond die de netwerken bindt en informatie-uitwisseling kan deze binding sterker maken.

## Aanbevelingen

Dit onderzoek heeft een aantal aanbevelingen.

- Gedurende de interviews is het aantal keer ter sprake gekomen om een zogeheten 'Basale middag' te organiseren. Deze middag zal regio gebonden moeten zijn. Partijen in de ondergrond vertellen hier wat ze dagelijks doen en welke informatie zij daarbij gebruiken. Door hier enige frequentie in aan te brengen blijven netbeheerders op de hoogte van elkaars bezigheden. Zo kan wederzijds begrip ontstaan en kunnen eventuele leemtes in informatie gevuld worden.
- In dit onderzoek is alleen gekeken naar materiaaltype overeenkomsten. Verder technisch onderzoek naar relaties in gebruikte materialen door materiaalexperts is wenselijk. Zaken als verbindingstypen zijn vaak hetzelfde. En hoewel de materialen hetzelfde in naam zijn, zoals PVC, kan de samenstelling van deze materialen variëren.
- Verder wordt aangeraden om een aantal proefgebieden te nemen waar de zeven suggesties kunnen worden uitgevoerd. De eenvoudigste suggesties om uit te voeren zijn de uitwisseling van storingsgegevens en LIS gegevens.
- Onderzoek naar de meerwaarde van nieuwe technologieën zoals satellietmetingen voor zettingen. Of nieuwe inspectie-/detectietechnieken voor drinkwaterleidingen, gasleidingen en persriolering.
- Tijdens dit onderzoek is naar voren gekomen dat elektriciteitskabels een temperatuur kunnen bereiken van 80°C. Wellicht biedt dit kansen voor warmteterugwinningstechnieken.



## 9 Bibliografie

- Alliander. (2012). *Jaarverslag 2011*. Arnhem: Alliander N.V.
- Alterra. (2012, September 18). *BIS Nederland; de bron voor bodeminformatie*. Opgehaald van bodemdata: <http://www.bodemdata.nl/>
- Asbestwerkplan. (2012, September 3). *Veilig werken met asbestcementleidingen*. Opgehaald van asbestwerkplan: <http://www.asbestwerkplan.nl/asbest-gezondheid>
- British Standards Institution. (2008a). *PAS55-1:2008; Asset Management part 1: Specification of the optimized management of physical assets*. Londen: British Standards Institution.
- British Standards Institution. (2008b). *PAS55-2: 2008 Asset management part 2: guidelines for the application of PAS55-1*. Londen: British Standards Institution.
- Brown, R. E., & Humphrey, B. G. (2005, May/June). Asset Management for transition and Distribution. *IEEE power & energy magazine*, pp. 39-45.
- CBS. (2012, Oktober 9). *Bestand bodemgebruik*. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/natuur-milieu/publicaties/geografische-data/archief/2011/2008-geografische-data-bestand-bodemgebruik-2003.htm>
- CBS. (2012, september 24). *Bevolkingsteller*. Opgehaald van Centraal bureau voor de statistiek: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bevolking/cijfers/extra/bevolkingsteller.htm>
- COB. (2006). *O13 Risicoanalyse en risicobeoordeling van bundeling van kabels en leidingen*. Gouda: Stichting COB.
- COB. (2009). *Inleiding Kabels en Leidingen*. Gouda: Nederlands kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik (COB).
- COB. (2012a, September 19). *Platform Kabels en Leidingen*. Opgehaald van COB; kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik: <http://www.cob.nl/over-het-cob/platforms/kabels-en-leidingen.html>
- COB. (2012b, augustus). *Deelname door participanten*. Opgeroepen op Oktober 6, 2012, van kennis centrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik: <http://www.cob.nl/over-het-cob/het-cob-in-kaart/deelname-door-participanten.html>
- CROW. (2008). *Graafschade voorkomen aan kabels en leidingen; Richtlijn zorgvuldig graafproces*. Ede: CROW.
- Data is Nature. (2009, April 6). *Lichtenberg Figures - Garden of Forking Elektrical Paths*. Opgeroepen op Juli 11, 2012, van Data is Nature: <http://www.dataisnature.com/?m=200904>
- de Baar, P.-P. (1993). *Versch drinkwater voor de hoofdstad*. Amsterdam: Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
- De Leeuw, A. (2002). *Bedrijfskundig management*. Assen: Koninklijke Van Gorcum BV.
- Delft Cluster. (2008). *Inventarisatie ondergrondse infrastructuur*. Delft: Delft Cluster.
- Dirksen, J., Clemens, F., Korving, H., Cherqui, F., Le Gauffre, P., Ertl, T., . . . Snaterse, C. (2011). The consistency of visual sewer inspection data. *Structure and Infrastructure Engineering*.
- EIM. (2007). *Nulmeting grondroedersregeling; Graafschades aan kabels en leidingen en hun oorzaken, voorafgaand aan de inwerkingtreding van de Wet*. Zoetermeer: EIM.
- Eneco. (2012a, augustus 21). *Historie organisatie*. Opgeroepen op augustus 21, 2012, van Eneco corporate: <http://corporatenl.eneco.nl/Organisatie/historie/Pages/Default.aspx>
- Eneco. (2012b, Juli 4). *huidige energie prijzen*. Opgehaald van Eneco: <http://thuis.eneco.nl/groene-energie/energieprijzen/huidige-energieprijzen/>
- Energieleveranciers. (2012a, Juli 12). *Overzicht netbeheerders van elektriciteit per regio*. Opgehaald van Energieleveranciers: <http://www.energieleveranciers.nl/netbeheerders/elektriciteit>
- Energieleveranciers. (2012b, Juli 12). *overzicht netbeheerders gas*. Opgehaald van energieleveranciers: <http://www.energieleveranciers.nl/netbeheerders/gas>
- Enexis. (2010a). *Kwaliteits- en CapaciteitsDocument Gas 2010-2016 deel A*. 's-Hertogenbosch: Enexis.
- Enexis. (2010b). *KCD Elektriciteit 2010-2016*. 's Hertogenbosch: Enexis.
- European Committee for Standardization. (2008). *NEN-EN 752 Buitenriolering*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Gemeente Amsterdam. (2012, September 19). *Wat is CORA?* Opgehaald van amsterdam: <http://www.amsterdam.nl/gemeente/organisatie-diensten/sites/coördinatiestelsel/kennisbank/cora/cora/>

- Gemeente.nu. (2012, maart 30). *Stijgign gemeentelijke lasten ruim onder inflatie*. Opgehaald van gemeente.nu: <http://www.gemeente.nu/web/Heffingen-Artikel/55923/Stijging-gemeentelijke-lasten-ruim-onder-inflatie.htm>
- Geonovum. (2012, September 19). *Inspire*. Opgehaald van Geonovum: <http://www.geonovum.nl/dossiers/inspire>
- GPKL. (2011, Oktober 18). *WION factsheet*. Opgeroepen op September 13, 2012, van Gemeentelijk Platform Kabels en Leidingen: <http://www.gpkl.nl/page/60/WION>
- Hermesen, R. (2012, juni 2012). *125 jaar elektriciteit in Nederland (1886 - 2011)*. Opgeroepen op augustus 21, 2012, van willem smith historie: [http://www.willemsmithhistorie.nl/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=47:oude-doos&id=495:1e-elektrische-centrale-kinderdijk-125-jaar-19-04-1886-19-04-2011-&Itemid=106](http://www.willemsmithhistorie.nl/index.php?option=com_content&view=article&catid=47:oude-doos&id=495:1e-elektrische-centrale-kinderdijk-125-jaar-19-04-1886-19-04-2011-&Itemid=106)
- Huygen, A. (2009, december). Smart Grids voor een duurzame energievoorziening. *TNO magazine*, 18.
- Inspectie Leefomgeving en Transport. (2012). *Protocol Prestatievergelijking Drinkwaterbedrijven 2012*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Jager, J., & Naus, M. (2012, April). Iedere kabelaar wil zijn eigen kabel. *Infra Magazine*, pp. 30-32.
- Jongen, R., Gulski, E., & Smit, J. (2009). Failures of Medium Voltage cable joints in relation to the ambient temperature. *CIREN 2009 20th International Conference on Electricity Distribution*. Praag.
- Joulz. (2012). *Jaarverslag 2011; 365 dagen vakmanschap*. Rotterdam: Joulz B.V.
- Kadaster. (2012, September 18). *Over BAG*. Opgehaald van Kadaster: <http://www.kadaster.nl/window.html?inhoud=/BAG/>
- KEMA. (2012). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland 2011*. Arnhem: Netbeheer Nederland.
- KIWA. (2012). *Storingsrapportage gasdistributienetten 2011*. Arnhem: Netbeheer Nederland.
- Kiwa Gastechology. (2012, juni 25). informatie uit exhibitie in de entree. Arnhem.
- KLO. (2012, september 19). *Kabel- en Leidingen Overleg*. Opgehaald van KLO: <http://www.kabelenleidingoverleg.nl/index.php?mod=home>
- KWR. (2012). *De meerwaarde van ruimtelijke analyses met USTORE gegevens*. Nieuwegein: KWR.
- Liander. (2011a). *Kwaliteits- en Capaciteitsdocument gas*. Arnhem: Liander N.V.
- Liander. (2011b). *Kwaliteit- en Capaciteitsdocument 2011; Elektriciteit*. Duiven: Liander.
- Liander B.V. (2012, September 19). *Duurzame Gastechologie. Duurzame Energie Technologie*.
- Mehairjan, R. P. (2010). *Application of Statistical Life Data Analysis for Cable Joints in MV Distribution Networks -An Asset Management Approach-*. Delft: TU Delft.
- Ministerie I&M. (2011). *Ontwerp-Structuurvisie Buisleidingen 2011-2035*. Den Haag: Ministerie I&M.
- Ministerie van Economische Zaken. (1999). *Ruimtelijke verschillen in de telecommunicatie-infrastructuur*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Nationaal Historisch Museum. (2012, augustus 21). *Eerste telefoonnet van Nederland kwam in 1881*. Opgehaald van Nationaal Historisch Museum: <http://www.innl.nl/page/1466/nl>
- Nederlands Normalisatie instituut. (2009). *NEN7171-1 Ondergrondse ordening van netten -Deel 1 Criteria*. Delft: Nederlands Normalisatie instituut.
- Nederlandse Mededingingsautoriteit. (2008, februari 5). *Richtsnoeren kwaliteits en capaciteitsdocument*. Opgeroepen op juli 30, 2012, van NMa: [http://www.nma.nl/images/Richtsnoeren\\_kwaliteits-en\\_capaciteitsdocument22-157249.pdf](http://www.nma.nl/images/Richtsnoeren_kwaliteits-en_capaciteitsdocument22-157249.pdf)
- Nederlandse Mededingingsautoriteit. (2011, Maart 31). *x-factor, q-factor en rekenvolumina*. Opgeroepen op Juli 12, 2012, van nma: [http://www.nma.nl/regulering/energie/gas/regulering\\_regionale\\_netbeheerders/x\\_factor\\_q\\_factor\\_en\\_rekenvolumina/default.aspx](http://www.nma.nl/regulering/energie/gas/regulering_regionale_netbeheerders/x_factor_q_factor_en_rekenvolumina/default.aspx)
- Netbeheer Nederland. (2011). *Energie in Nederland 2011*. Arnhem: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland. (2012a, april 19). *Nederlandse gasnet behoort tot veiligste ter wereld*. Opgeroepen op april 19, 2012, van Netbeheer Nederland: [www.netbeheernederland.nl/nieuws/nieuws-detail/?newsId=9573e8e7-8eca-4780-8f23-da6e36452d3](http://www.netbeheernederland.nl/nieuws/nieuws-detail/?newsId=9573e8e7-8eca-4780-8f23-da6e36452d3)
- Netbeheer Nederland. (2012b, Mei 21). *Landelijke campagne tegen graafschade*. Opgehaald van Netbeheer Nederland: <http://www.netbeheernederland.nl/nieuws/nieuws-detail/?newsId=c24dd02a-4147-44c0-856f-5faaafb7922>
- NMa Energiekamer. (2012). *Factsheet Kwaliteit 2011; Regionaal Netbeheer Elektriciteitsnetten & Gastransportnetten Endinet B.V.* Den Haag: NMa.
- NONed. (2012, Oktober 9). *Samenwerkingsverband van nutspartijen in Noord- en Oost Nederland*. Opgehaald van noned: <http://www.noned.nl/nl/home>

- Noord-Hollandarchief. (2012). *Drinkwater uit de duinen*. Opgeroepen op Arpil 18, 2012, van Virtuele tochten Kennemerland: [virtueletochten.noord-hollandsarchief.nl/pc\\_id=19&pp\\_id=84](http://virtueletochten.noord-hollandsarchief.nl/pc_id=19&pp_id=84)
- NTA 8120. (2009). *Nederlands Technische Afspraak 8120; Assetmanagement - Eisen aan een veiligheids-, kwaliteits- en capaciteitsmanagementsysteem voor het elektriciteits- en gasnetbeheer*. Delft: Nederlands Normalisatie Instituut (NEN).
- Nu.nl. (2012a, september 24). *Deel Limburg en Noord-Brabant paar uur zonder stroom*. Opgehaald van Nu.nl: <http://www.nu.nl/binnenland/2917042/deel-limburg-en-noord-brabant-paar-uur-zonder-stroom.html>
- Nu.nl. (2012b, April 4). *Storing Vodafone duurt waarschijnlijk de hele dag*. Opgeroepen op Augustus 22, 2012, van nu.nl: <http://www.nu.nl/internet/2779603/storing-vodafone-duurt-waarschijnlijk-hele-dag.html>
- Oasen. (2012, Januari 6). *Brandkraancontrole draagt bij aan schoon leidingnet*. Opgehaald van Oasen drinkwater: <http://www.oasen.nl/waterleidingen/Paginas/Brandkraancontrole-draagt-bij-aan-schoon-leidingnet-Artikel.aspx>
- Opta. (2012, Augustus 22). *Homepage*. Opgeroepen op Augustus 22, 2012, van Opta: <http://www.opta.nl/nl/>
- Overheid. (1996, maart 1). *Regels over het ontwerpen, bouwen, aanpassen en onderhouden van openbare riolen*. Opgeroepen op augustus 20, 2012, van Overheid: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0007916/geldigheidsdatum\\_20-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0007916/geldigheidsdatum_20-08-2012)
- Overheid. (1998a, Juli 2). *Elektriciteitswet 1998*. Opgeroepen op September 12, 2012, van Wet- en regelgeving: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0009755/Opschrift/geldigheidsdatum\\_12-09-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0009755/Opschrift/geldigheidsdatum_12-09-2012)
- Overheid. (1998b, Oktober 19). *Telecommunicatiewet*. Opgeroepen op Augustus 22, 2012, van wet- en regelgeving: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0009950/Opschrift/geldigheidsdatum\\_22-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0009950/Opschrift/geldigheidsdatum_22-08-2012)
- Overheid. (2000, juni 22). *Gaswet*. Opgeroepen op augustus 21, 2012, van wet- en regelgeving: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0011440/geldigheidsdatum\\_21-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0011440/geldigheidsdatum_21-08-2012)
- Overheid. (2006, november 23). *Wijzigingswet Elektriciteitswet 1998 en Gaswet (nadere regels omtrent een onafhankelijk netbeheer)*. Opgeroepen op augustus 21, 2012, van wet- en regelgeving: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0020608/geldigheidsdatum\\_21-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0020608/geldigheidsdatum_21-08-2012)
- Overheid. (2008, Februari 7). *Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten*. Opgeroepen op Augustus 23, 2012, van Wet- en regelgeving: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0023775/>
- Overheid. (2009, januari 29). *Waterwet*. Opgeroepen op augustus 21, 2012, van wet- en regelgeving: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/geldigheidsdatum\\_21-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/geldigheidsdatum_21-08-2012)
- Overheid. (2012a, augustus 20). *Drinkwaterwet*. Opgeroepen op augustus 20, 2012, van mijnwetten: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0026338/geldigheidsdatum\\_20-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0026338/geldigheidsdatum_20-08-2012)
- Overheid. (2012b, augustus 21). *Wet Milieubeheer*. Opgeroepen op augustus 21, 2012, van wet- en regelgeving: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/geldigheidsdatum\\_21-08-2012](http://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/geldigheidsdatum_21-08-2012)
- Overheid. (2012c, juli 30). *Elektriciteitswet 1998 artikel 21*.
- PWN. (2012a, Oktober 12). *Spuiwerkzaamheden*. Opgehaald van PWN: <https://www.pwn.nl/PuurWater/KlantenService/Pages/spuiwerkzaamheden.aspx>
- PWN. (2012b, September 18). *Veelgestelde vragen*. Opgehaald van PWN: [https://www.pwn.nl/PuurWater/Faq/Pages/ik\\_begrijp\\_dat\\_watermeters\\_om\\_de\\_10\\_jaar\\_wor\\_den\\_vervangen\\_Waarom\\_gebeurt\\_dat\\_bij\\_mij\\_eerder\\_0437.aspx](https://www.pwn.nl/PuurWater/Faq/Pages/ik_begrijp_dat_watermeters_om_de_10_jaar_wor_den_vervangen_Waarom_gebeurt_dat_bij_mij_eerder_0437.aspx)
- Rausand, M. (1998). *Reliability centered maintenance*. Trondheim, Norway: Elsevier Science Limited.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2009, maart 23). *Risicomethodiek nat- en zuurgasleidingen*. Bilthoven.
- Rijksoverheid. (2012, September 19). *Structuurvisie ondergrond*. Opgehaald van Rijksoverheid -- Bodem en ondergrond: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bodem-en-ondergrond/structuurvisie-ondergrond>
- RIONED & STOWA. (2007). *Uniforme registratie van storingen in het afoalwatersysteem; SUF-SAS*. Zwijndrecht: Hageman Fulfilment.
- Schmill, J. (1967). Variable Soil Thermal Resistivity - Steady State Analysis. *IEEE Transactions on power apparatus and systems*(Vol. pas-86, no.2), 215-223.
- Slaats, P., & Mesman, G. (2004). *BTO: Conditiebepaling asbestcement waterleidingen*. Nieuwegein: Kiwa N.V.

- Stanić, N., Langeveld, J., & Clemens, F. (2012). Identification of the information need for sewer asset management by assessing failure mechanisms. *9th International Conference on Urban Drainage Modelling*. Belgrade: TU Delft.
- Stedin. (2012, September 18). *Opname meterstanden*. Opgehaald van Stedin: [http://www.stedin.net/Informatie\\_voor/Consumenten\\_en\\_kleinzakelijk/Pages/Meetverantwoordelijkheid.aspx](http://www.stedin.net/Informatie_voor/Consumenten_en_kleinzakelijk/Pages/Meetverantwoordelijkheid.aspx)
- Stichting Rioned. (2010). *Riolering in beeld, benchmark rioleringszorg 2010*. Ede: Stichting Rioned.
- Stichting Rioned. (sd). *Leidraad Riolering*. Ede: Stichting Rioned.
- Stichting sYnfra. (2012). *Jaarverslag 2011; van missie naar meerwaarde*. 's Hertogenbosch: Stichting sYnfra.
- Synfra. (2012, September 19). *Partners -- netbeheerders*. Opgehaald van synfra: <http://www.synfra.nl/nl-nl/partners/netbeheerders.aspx>
- The Open University. (2012, juli 30). *The bathtub curve*. Opgehaald van the open university: <http://openlearn.open.ac.uk/mod/oucontent/view.php?id=399430&section=1.2.2>
- TNO. (2012, September 18). *Dinoloket*. Opgehaald van Dinoloket: <http://www.dinoloket.nl/>
- TU Delft. (2012, September 18). *Kennisprogramma Urban Drainage*. Opgehaald van TU Delft: <http://www.citg.tudelft.nl/over-faculteit/afdelingen/watermanagement/secties/gezondheidstechniek/leerstoelen/riolering-stedelijk-water/onderzoek/kennisprogramma-urban-drainage/>
- Tweakers.net. (2012, April 4). *Vodafone kampt met regionale netwerkproblemen na brand - update*. Opgeroepen op Augustus 22, 2012, van Tweakers.net: <http://tweakers.net/nieuws/81105/vodafone-kampt-met-regionale-netwerkproblemen-na-brand.html>
- Universiteit Twente. (2012, september 19). *Pipe Inspection Robot for AuTonomous Exploration*. Opgehaald van inspectierobot: <http://www.inspectierobot.nl/>
- van Riel, W., Langeveld, J., Herder, P., & Clemens, F. (2012). *Information use in sewer asset management*.
- Vewin. (2006b). *Waterleidingstatistiek 2005*. Rijswijk: Vewin.
- Vewin. (2010). *Water in zicht 2009*. Almelo: Lulof druktechniek.
- Vewin. (2012a). *Drinkwaterstatistieken 2012 de watercyclus van bron tot kraan*. Rijswijk: Vewin.
- Vewin. (2012b, juli 11). *leden*. Opgehaald van Vewin: <http://www.vewin.nl/vewin/leden/Pages/default.aspx>
- Vewin. (2012c, augustus 20). *Drinkwaterbedrijven*. Opgehaald van Vewin: <http://www.vewin.nl/Drinkwater/Drinkwaterbedrijven/Pages/default.aspx>
- Vloerbergh, I. (2007). *Workshop faalmechanismen leidingnet; Inventarisatie en prioritering van faalmechanismen van het leidingnet*. Nieuwegein: Kiwa water Research.
- Vloerbergh, I., & van Thienen, P. (2011). *Registratie geeft storingen waarde; Implementatie en evaluatie van USTORE*. Nieuwegein: KWR.
- VvZB Werkgroep Assetmanagement. (2011). *Assetmanagement, een verkenning; nooit te weinig budget om afspraken na te klomen*. Zwaag: Vereniging van Zuiveringsbeheerders (VvZB).
- Westland Energie Infrastructuur BV. (2007). *Kwaliteits- en CapaciteitsDocument Gas 2008-2014*. Poeldijk: Westland Energie Infrastructuur BV.
- Wikipedia. (2012, Juli 19). *Gedeeltelijke Ontlading*. Opgeroepen op Augustus 27, 2012, van Wikipedia: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Gedeeltelijke\\_ontlading](http://nl.wikipedia.org/wiki/Gedeeltelijke_ontlading)
- WML. (2012, Oktober 9). *Veelgestelde vragen --> Watermeter --> Door wie wordt de meterstand opgegeven*. Opgehaald van WML Limburgs Drinkwater: <http://www.wml.nl/nl-nl/158/5805/veelgestelde-vragen.aspx>



## Geïnterviewde personen

<i>Geïnterviewde(n)</i>	<i>Bedrijf</i>	<i>Datum</i>	<i>Interviewers</i>
Ad van Houtum	Kadaster	14 - 06 - 2012	Wouter Bosch, Ralph Beuken
Paul van Norden	Kiwa	25 - 06 - 2012	Wouter Bosch, Ralph Beuken
Lukasz Chmura	TU Delft (Elektrotechniek)	28 - 06 - 2012	Wouter Bosch, Jan Vreebrug
Paul Elzenaar	Ingenieurs Bureau Amsterdam	05 - 07 - 2012	Wouter Bosch, Ralph Beuken
Ben Lambregts & Rob Jansen	Liander	13 - 07 - 2012	Wouter Bosch, Ralph Beuken
Theo Ellenbroek	VolkerWesselsTelecom	19 - 07 - 2012	Wouter Bosch, Jan Vreeburg
Eduard Schilling	Gemeente Nijmegen	29 - 08 - 2012	Wouter Bosch, Jan Vreeburg
Joost Louters	Waternet	14 - 09 - 2012	Wouter Bosch, Ralph Beuken



# Appendix

## A. Berekeningen euro per meter per jaar

Voor een vergelijkende waarde is gekozen om enkel naar de kleinverbruikers te kijken. Dit geeft een duidelijkere vergelijking dan het meenemen van zakelijk gebruik en eventuele export. Zie Tabel 18 voor de berekening.

Tabel 18; Inkomsten netbeheerders uit kleinverbruik per meter netwerk per jaar

		Drinkwater		Gas		Elektriciteit		Riolering
<b>Volume omzet kleinverbruik</b>	Volume/ jaar	786.000.000 <sup>1</sup>	m <sup>3</sup>	15.198.000.000 <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	36.170.000.000 <sup>3</sup>	kWh	-
<b>Vergoeding t.b.v. kleinverbruik</b>	€/volume eenheid	0,61 <sup>4</sup>	€/m <sup>3</sup>	0,10 <sup>5</sup>	€/m <sup>3</sup>	0,07 <sup>6</sup>	€/kWh	-
<b>inkomsten netbeheerders uit kleinverbruik</b>	€/jaar	477.495.000 <sup>7</sup>		1.519.800.000 <sup>7</sup>		2.531.900.000 <sup>7</sup>		1.280.000.000 <sup>8</sup>
<b>netlengte t.b.v. kleinverbruik</b>	km	117.585 <sup>9</sup>		135.229 <sup>9</sup>		333.165 <sup>9</sup>		121.050 <sup>9</sup>
<b>investeringspotentieel</b>	€/km/j	4060,85 <sup>10</sup>		11238,71 <sup>10</sup>		7599,54 <sup>10</sup>		10574,14 <sup>10</sup>
	<b>€/m/j</b>	<b>4,06<sup>11</sup></b>		<b>11,24<sup>11</sup></b>		<b>7,60<sup>11</sup></b>		<b>10,57<sup>11</sup></b>

<sup>1</sup> huishoudelijk verbruik (Vewin, 2012a)

<sup>2</sup> kleinverbruiker gas (Netbeheer Nederland, 2011)

<sup>3</sup> kleinverbruiker elektriciteit (Netbeheer Nederland, 2011)

<sup>4</sup> aanname dat de helft van de kosten van drinkwaterbedrijven voor productie en distributie per m<sup>3</sup> voor distributie ten rekening komt (Vewin, 2012a)

<sup>5</sup> gemiddelde kosten van een kleinverbruiker per m<sup>3</sup> voor de netbeheerder bij een gemiddeld huishoudelijk verbruik van 1600m<sup>3</sup>/jaar (Eneco, 2012b)

<sup>6</sup> gemiddelde kosten van een kleinverbruiker per kWh voor de netbeheer bij een gemiddeld huishoudelijk verbruik van 3350 kWh/jaar (Eneco, 2012b)

<sup>7</sup> volume omzet kleinverbruik \* vergoeding t.b.v. kleinverbruik

<sup>8</sup> inkomsten rioolheffing 2010 (Stichting Rioned, 2010)

<sup>9</sup> aanname van de totale netlengtes, inclusief eventueel hoog, midden en laag niveau (Vewin, 2012a) (KEMA, 2012) (KIWA, 2012) (Stichting Rioned, 2010)

<sup>10</sup> inkomsten netbeheerders uit kleinverbruik / netlengte

<sup>11</sup> €/km/j 1000 m/km

## B. Overzicht gebruikte materialen

In de onderstaande tabel staan de gebruikte materialen per netbeheerder uitgesplitst naar staalsoorten. Onderin de tabel is duidelijk gemaakt hoeveel kilometer van de materialen overeenkomsten hebben.

Tabel staalsoorten

<i>Materiaal</i> Netwerk	<i>Gietijzer</i>	<i>Nodulair gietijzer</i>	<i>Staal</i>
Drinkwater	9.797	3.216	2.576
Riool	-	-	-
Gas	7.167	2.164	21.096
Elektra	-	-	-
Telecom	-	-	-
<b>Totaal</b>	<b>16.964</b>	<b>5.380</b>	<b>23.672</b>

Tabel voor betonsoorten

<i>Materiaal</i> Netwerk	<i>Beton</i>	<i>Asbest Cement</i>
Drinkwater	755	32.489
Riool	64.500	
Gas	-	1.893
Elektra	-	-
Telecom	-	-
<b>Totaal</b>	<b>65.255</b>	<b>34.382</b>

Tabel voor kunststoffen

<i>Materiaal</i> Netwerk	<i>PVC</i>	<i>PE</i>	<i>XPLE</i>	<i>Isolatie telecom</i>
Drinkwater	60.148	7.424	-	
Riool		53.850	-	
Gas	81.813	21.096	-	
Elektra	-	-	158.770	
Telecom	-	-	-	530.000
<b>Totaal</b>	<b>141.961<sup>1</sup></b>	<b>28.520<sup>1</sup></b>	<b>158.770</b>	<b>530.000</b>
	<b>224.149<sup>2</sup></b>			

<sup>1</sup>Drinkwater + Gas

<sup>2</sup>PVC + PE van alle netwerken

Tabel voor andere soorten

<i>Materiaal</i> Netwerk	<i>GPKL</i>	<i>Glasvezel versterkt kunststof</i>	<i>Overig</i>
Drinkwater	-	7.424	1.122
Riool	-	-	2.700
Gas	-	-	-
Elektra	170.088	-	-
Telecom	-	-	-
<b>Totaal</b>	<b>170.088</b>	<b>7.424</b>	<b>3.822</b>

## C. Kaderrichtlijn INSPIRE

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) is een Europese richtlijn die helpt om de beschikbaarheid, kwaliteit, organisatie, toegang tot en uitwisseling van geo-informatie in Europa te verbeteren. Sinds 15 mei 2007 is de Europese kaderrichtlijn formeel van kracht. Deze richtlijn is in eerste instantie in het leven geroepen om een geïntegreerde aanpak van Europees milieubeleid mogelijk te maken. De invoering van Inspire is met een implementatiewet in de Nederlandse wet verankerd. De Inspire-richtlijn zorgt ervoor dat geo-informatie van goede kwaliteit beschikbaar, vindbaar en bruikbaar is en dat de inhoud ervan, ook over de landgrenzen heen, op elkaar is afgestemd. Dit gebeurt door Europese lidstaten te verplichten geo-informatie over 34 thema's te voorzien van meta data, te harmoniseren en beschikbaar te stellen via het Inspire-portaal. Deze thema's zijn geclusterd in drie annexen. Per annex worden afspraken gemaakt over de meta data en harmonisatie van de gegevens. Kijk voor de thema's in Tabel 19. De invoering van INSPIRE vindt gefaseerd plaats. Datasets onder Annex I in 2012, Annex II in 2017 en Annex III in 2019. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu voert Geonovum het programma INSIPRE in Nederland uit om deze richtlijn in Nederland te implementeren. (KWR, 2012)

Tabel 19; Thema's INSPIRE annex I, II en III

Annex I		Annex III	
1	Systemen voor verwijzing door middel van coördinaten	1	Statistische eenheden
2	Geografisch rastersysteem	2	Gebouwen
3	Geografische namen	3	Bodem
4	Administratieve eenheden	4	Landgebruik
5	Adressen	5	Menselijke gezondheid en veiligheid
6	Kadastrale percelen	6	Nutsdiensten en overheidsdiensten
7	Vervoersnetwerken	7	Milieubewakingsvoorzieningen
8	Hydrografie	8	Faciliteiten voor productie en industrie
9	Beschermde gebieden	9	Faciliteiten voor landbouw en aquacultuur
		10	Spreiding van de bevolking - demografie
		11	Gebiedsbeheer, gebieden waar beperkingen gelden, gereguleerde gebieden en rapportage eenheden
		12	Gebieden met natuurrisico's
		13	Atmosferische omstandigheden
		14	Meteorologische geografische kenmerken
		15	Oceanografische geografische kenmerken
		16	Zeegebieden
		17	Biogeografische gebieden
		18	Habitats en biotopen
		19	Verspreiding van soorten
		20	Energiebronnen
		21	Minerale bronnen
Annex II			
1	Hoogte		
2	Bodemgebruik		
3	Orthobeeldvorming		
4	Geologie		

## **D. Plan-Do-Act-Check cyclus bij Liander**

Bij Liander wordt, volgens het Kwaliteits- en CapaciteitsDocument, de volgende uitwerking van de PDCA cyclus gegeven:

Liander geeft invulling aan de plan, do, check, act cyclus voor de levenscyclus van de Liander assets zoals deze is beschreven in de NTA 8120.

### **Plan fase**

Liander start het planningsproces met het opstellen van het Strategisch Asset Management Plan (SAMP). Interne en externe ontwikkelingen worden vertaald naar een lange termijn plan (10-20 jaar) voor de ontwikkeling van de kwaliteit, capaciteit en veiligheid van het net. Eind 2010 is het eerste SAMP opgesteld.

De lange termijn strategie werkt Liander op regio niveau (bijvoorbeeld stadsdeel of gemeente) uit in een netstructuurplan (NSP), met daarin een netontwikkelvisie voor de komende 20 jaar en een concretisering voor de komende 10 jaar. Input hiervoor is het knelpuntenregister en de verwachte capaciteitsontwikkeling op basis van planologische ontwikkelingen en klantvragen. Liander streeft ernaar de komende 3 jaar het verzorgingsgebied uitgewerkt te hebben in circa 30 NSP's. Het SAMP en de NSP's vormen de basis voor de rollende 5 jarenplanning en het activiteitenplan. Dit is voor service providers de basis voor het plannen van het uitvoeringswerk

### **Do fase**

Op basis van het netstructuurplan stelt Liander één of meerdere investeringsvoorstellen op. De belangrijkste onderdelen van het investering voorstel zijn: een belastingprognose, een risico analyse, een uitwerking van één of meerdere alternatieve oplossingen en netto contante waarde (NCW) berekening. Op basis van de risicoweging wordt wel of niet tot realisatie besloten. De werkzaamheden die voortkomen uit goedgekeurde investeringsvoorstellen worden in opdracht gegeven bij de service providers die verantwoordelijk zijn voor de werkvoorbereiding en realisatie.

### **Check fase**

Periodiek rapporteert de service provider over de status en voortgang van het in opdracht gegeven werkpakket en voert Liander audits uit om te controleren of werkzaamheden conform beleid zijn uitgevoerd. Liander maakt onderscheid tussen:

- Horizontale audits: (certificerings)audits met betrekking tot het proces, zoals op basis van ISO en NTA 8120.
- Verticale audits: specifieke aandachtspunten auditen door de gehele PDCA-cyclus. De onderwerpen betreffen voornamelijk asset gerelateerde risico's welke tenminste de risicoclassificatie hoog hebben.

### **Act fase**

In de act fase meet en analyseert Liander de conditie en toestand van zijn netten. Op basis van de uitkomsten past Liander, indien gewenst, zijn beleid en strategie aan. De conditie van het net wordt bepaald op verschillende wijzen: meldingen van knelpunten uit het veld, onderhoudsinspecties, metingen en storingen. De komende periode geeft Liander prioriteit aan het verbeteren van de 'actfase' door het verbeteren van datakwaliteit, het uitrollen van sensoren in het netwerk die op continue basismetingen doen en door het uitvoeren van meer analyses op netcomponenten.

## E. Lijst van figuren

Figuur 1; Overzicht van structuur onderzoek in 4 fasen .....	3
Figuur 2; Ontwikkeling van het drinkwaternet 1955 - 2010 in kilometers (Vewin, 2012a).....	5
Figuur 3; Verzorgingsgebieden drinkwaterbedrijven Nederland (Vewin, 2012b).....	6
Figuur 4; Aanleg periodes materiaal in het gasnet van Enexis (Enexis, 2010a).....	10
Figuur 5; Overzicht verzorgingsgebieden netbeheerders van het gasnet (Energieleveranciers, 2012b).....	10
Figuur 6; Laagspanningsnet onder en bovengronds vanaf 1920 (Netbeheer Nederland, 2011) .....	11
Figuur 7; Overzicht verzorgingsgebieden netbeheerders van het elektriciteitsnet (Energieleveranciers, 2012a) .....	12
Figuur 8; Voorbeeld dwarsdoorsnede ondergrondse inrichting van een straat (Nederlands Normalisatie instituut, 2009) .....	15
Figuur 9; Schema van de beïnvloeding van omgeving, besturend orgaan en het bestuurd systeem op elkaar .....	20
Figuur 10; Plan- Do- Check- Act cyclus.....	21
Figuur 11; Plan-Do-Check-Act cirkel in de PAS55 methode (British Standards Institution, 2008a).....	21
Figuur 12; Badkuipcurve van de kans op falen bij toenemende leeftijd (aangepast van (The Open University, 2012)) .....	23
Figuur 13; Verwachte technische levensduur van materialen in het gasnetwerk (Enexis, 2010a).....	23
Figuur 14; Risicomatrix Liander Assetmanagement (Liander, 2011a).....	25
Figuur 15; Overlevingscurve .....	25
Figuur 16; Voorbeeld van electrical treeing (Data is Nature, 2009).....	30
Figuur 17; Verdeling oorzaak van storingen in het laagspanningsnet (links) en het middenspanningsnet in 2011 (rechts) (KEMA, 2012) .....	39
Figuur 18; Verdeling oorzaken van storingen in het gasnet in het hoofdnet (links) en de aansluitleidingen (rechts) (KIWA, 2012).....	39
Figuur 19; Verdeling storingen in het drinkwaternet (Vloerbergh & van Thienen, 2011) .....	40
Figuur 20; Schema informatie-uitwisseling ligging leidingen Kadaster (Ministerie I&M, 2011).....	45

## F. Lijst van tabellen

Tabel 1; Lengte en type leiding van het drinkwaternetwerk in kilometers per 31 december 2010 (Vewin, 2012a) .....	6
Tabel 2; Aantal km buis/leiding naar materiaalsoort in het rioolstelsel .....	8
Tabel 3; Type rioolstelsels in Nederland en lengte van de buizen in km (Stichting Rioned, 2010) .....	8
Tabel 4; Lengte en type leiding materialen van het gasnet als per januari 2010 in km (Kiwa Gastechology, 2012) .....	9
Tabel 5; Verdeling netlengtes hoog, midden en lage druk gasnetwerk.....	9
Tabel 6; Type ondergrondse spanningskabels en lengte (Netbeheer Nederland, 2011) (KEMA, 2012) .....	12
Tabel 7; Verdeling materiaalsoort laagspanning en middenspanningsnet (KEMA, 2012) .....	12
Tabel 8; Indicatie investeerbare euro per meter per jaar per netwerk .....	16
Tabel 9; Tijdsduur dat een voorziening niet beschikbaar is per aansluiting.....	17
Tabel 10; Aantallen graafschade en het aandeel van graafschade van het totale aantal storingen in procent (KEMA, 2012) (Vloerbergh & van Thienen, 2011) (KIWA, 2012) (EIM, 2007) .....	28
Tabel 11; Percentage montage en fabricage fouten van de storingen (Vloerbergh & van Thienen, 2011) (KEMA, 2012) (Netbeheer Nederland, 2011) (KIWA, 2012) .....	28
Tabel 12; Overzicht van interne en externe invloeden.....	34
Tabel 13; Percentages en kilometers onbekende leeftijd en materiaalsoort van de infrastructuur gas en elektriciteit (NMa Energiekamer, 2012).....	37
Tabel 14; Percentages storingen met overeenkomende oorzaak van het gasnet, drinkwaternet en elektriciteitsnet.....	40
Tabel 15; Berekening netto contante waarde voor 10.000 km buis.....	55
Tabel 16; Voorbeeld berekening verbetering basisgegevens.....	57
Tabel 17; Overzicht mogelijkheden tot uitwisselen per netwerk.....	59
Tabel 18; Inkomsten netbeheerders uit kleinverbruik per meter netwerk per jaar.....	73
Tabel 19; Thema's INSPIRE annex I, II en III .....	75





**Delft University of Technology**

Faculty of Civil Engineering and Geoscience

Department of Water Management

Section of Sanitary Engineering

Stevinweg 1

2628 CN Delft

[www.drinkwater.tudelft.nl](http://www.drinkwater.tudelft.nl)