

Intuïtie en informatie in besluitvorming voor rioleringsbeheer

Ir. Wouter van Riel^a, Dr. ir. Jeroen Langeveld^{a,c}, Prof. dr. ir. Paulien Herder^b,
Prof. dr. ir. François Clemens^{a,d}

^aSectie Gezondheidstechniek, Afdeling Water Management, Faculteit Civiele techniek en Geowetenschappen, Technische Universiteit Delft, Stevinweg 1, 2628 CN Delft

^bSectie Energie en Industrie, Afdeling Infrastructure Systems & Services, Faculteit Techniek, Beleid en Management, Technische Universiteit Delft, Jaffalaan 5, 2628 BX Delft

^cRoyal HaskoningDHV, Postbus 151, 6500 AD, Nijmegen

^dDeltares, Postbus 177, 2600 MH Delft

E-mail: w.a.p.vanriel@tudelft.nl

j.g.langeveld@tudelft.nl,

jeroen.langeveld@rhdhv.com

p.m.herder@tudelft.nl

f.h.l.r.clemens@tudelft.nl,

francois.clemens@deltares.nl

Trefwoorden: rioleringsbeheer, intuïtie, informatiegebruik, besluitvorming

Passend rioleringsbeheer is nodig om voldoende dienstlevering te balanceren met investeringskosten. Besluitvorming binnen rioleringsbeheer kan echter bemoeilijkt worden door gebrek aan data en interacties met verschillende actoren. Deze beperkingen zorgen veelal voor niet heldere en niet reproduceerbare besluitvormingsprocessen, die voornamelijk gebaseerd zijn op intuïtie, ofwel het onder riolisten bekende 'gezond boerenverstand'. Het is onduidelijk hoe en welke informatiebronnen gebruikt worden in vervangingsbeslissingen, en in hoeverre deze besluiten beïnvloed worden door intuïtie. Het doel van deze studie is dan ook het analyseren van de beschikbaarheid en het gebruik van informatie en intuïtie in besluitvorming voor rioolvervanging. Daarnaast wordt ook het succes van intuïtieve besluitvorming onder de loep genomen. Achttien interviews zijn afgenomen in zeven Nederlandse gemeenten, samen met een analyse van de betreffende GRP's. Sommerende inhoudsanalyse is toegepast als voornaamste analysetechniek. Eenentwintig informatiebronnen zijn aangeduid, die gebruikt worden in intuïtieve risicoanalyses betreffende de volgende aspecten: buisinstorting, onvoldoende hydraulische prestatie, overlast voor bewoners en gerelateerd reputatie van de organisatie, kosten voor graafwerkzaamheden en bovengrondreconstructie en overlast voor verkeer. Het is aannemelijk dat intuïtieve besluitvorming verkozen wordt boven rationeel redeneren, vanwege de complexe context van rioleringsbeheer en gelimiteerde databeschikbaarheid en -kwaliteit. Een conclusie is dat aan de voorwaarden die gelden voor vakkundige intuïtie (regelmaat en kansen om te leren) niet wordt voldaan. Het is daarom moeilijk om besluiten te reproduceren in vergelijkbare omstandigheden, te rechtvaardigen of te evalueren.

1. INLEIDING

Passend rioleringsbeheer is nodig om voldoende dienstlevering te balanceren met investeringskosten. De basis voor passend rioleringsbeheer ligt bij deugdelijke besluitvorming gebaseerd op betrouwbare data en informatie. Deze besluitvorming is echter gecompliceerd, omdat deze plaatsvindt in een complex sociaaltechnisch systeem. Dit is gedefinieerd als 'een geheel aan fysiektechnische elementen en netwerken van onderling afhankelijk actoren, allemaal sterk met elkaar verbonden' (Bar-Yam, 1997; De Bruijn & Herder, 2009). Rioleringsbeheerders worden met deze complexiteit geconfronteerd via verschillende belemmeringen. Hieronder drie voorbeelden.

De relatie tussen systeemprestatie en benodigd beheer is onduidelijk. De rioleringsbeheerinspanning kan

daarmee niet worden gedefinieerd. The Europese standaard EN 752 'Buitenriolering' verschaft het kader voor ontwerp en beheer van riolering, maar beschrijft geen prestatie-eisen en refereert ook niet naar documenten die deze wel bevatten. In de praktijk worden deze dan ook lokaal opgesteld. De standaard beschrijft echter wel dat systeemprestatie beoordeeld en vergeleken moet worden met prestatie-eisen om vervolgens beheerplannen op te stellen. Kortom, een generiek kader is afwezig.

Ten tweede, de huidige beschikbare data voor rioleringsbeheerders om vervangingsbeslissingen op te baseren, zijn niet toereikend om systeemprestatie te voorspellen. Het voorspellen van systeemprestatie, zowel structureel als hydraulisch, is essentieel voor preventief beheer. Hiertoe zijn voorspellingsmodellen en data nodig. Voor structurele prestatie zijn gedragsmodellen ontwikkeld, maar deze hebben een beperkte voorspellingswaarde ondanks het tot nu toe uitgevoerde onderzoek, omdat buisaantasting een complex proces is, afhankelijk van veel variabelen (Ana & Bauwens, 2010; Ana et al., 2009; Chughtai & Zayed, 2008). Omdat zowel het analytisch gereedschap als de benodigde data gelimiteerd zijn in kwantiteit en kwaliteit, worden onzekerheden geïntroduceerd voor besluitvorming (Dirksen et al., 2013; Korving, 2004).

Ten derde, vervangingsbeslissingen worden beïnvloed door belangen van andere actoren binnen of buiten de organisatie waar de rioleringsbeheerder werkt. Bijvoorbeeld reputatie richting bewoners en politici, beleid voor waterbeheerstrategieën, budget bepalingen of macht en bedrijfscultuur.

Rioleringsbeheerders worden door deze belemmeringen gedwongen om intuïtieve besluiten te nemen, die de transparantie van het besluitvormingsproces verlagen. Intuïtie kan gezien worden als het onder riolers bekende 'gezond boerenverstand'. Intuïtie is gelijk aan expert judgement, voor beiden vormt impliciete kennis de basis gevormd door ervaringen. Intuïtie wordt als succesfactor beschouwd binnen het raamwerk van 'Naturalistic Decision Making (NDM)' (Klein, 2008), of als bron van onbetrouwbaarheid binnen het kader van 'Heuristics and Biases (HB)' (Tversky & Kahneman, 1974). De overeenkomst tussen beide kaders is dat intuïtief denken en besluiten gebaseerd zijn op ervaringen en het maken van cognitieve patronen (Gobet & Chassy, 2009; Simon, 1983; Zsombok & Klein, 1997). Deze intuïtieve besluiten en oordelen ontstaan vanzelf, zonder expliciete bewustwording of evaluatie van hun validiteit. Een brandweerman voelt aan dat een huis gevaarlijk is en een schaakmeester ziet een veelbelovende zet (Kahneman & Klein, 2009, p. 519). Wanneer besluiten voor riolering gebaseerd zijn op impliciete kennis, is het dus moeilijk om de onderliggende afwegingen en argumentatie te achterhalen en of budgetten goed zijn besteed. Juist dit laatste is cruciaal in het huidige doelmatigheidsvraagstuk.

Verskillende onderzoekers hebben methoden beschreven voor rationeel rioleringsbeheer, aangaande risicobeheer (Johansen, Sørensen, Jacobsen, Adeler, & Breinholt, 2007), ontwikkeling van prestatie-indicatoren (Alegre, 2000; Ashley & Hopkinson, 2002; Le Gauffre et al., 2007) of beslissingsondersteunende rioleringsbeheersystemen (Ferreira, Matos, Galvão, & Cardoso, 2011; Marzouk & Omar, 2012; Særgrov, 2006). Literatuur over rioleringsbeheer van een organisatorisch perspectief, inclusief interactie met andere actoren, is echter schaars. Het proefschrift van Oomens (1992) is tot nu de enige bron die rioleringsbeheer vanuit dit perspectief benadert, waarin een uiteenzetting wordt gegeven van alle activiteiten van het beheerproces. Deze beschrijving is vrij rationeel en objectief van aard en is ook toegepast op de actorinteracties. Hiermee is de invloed van waardeoordelen en intuïtief handelen weggelaten in dit werk, dat juist van invloed is in rioleringsbeheer (Johansen et al., 2007) of ander complexe socio-technische systemen (Gough & Ward, 1996; Westmacott, 2001).

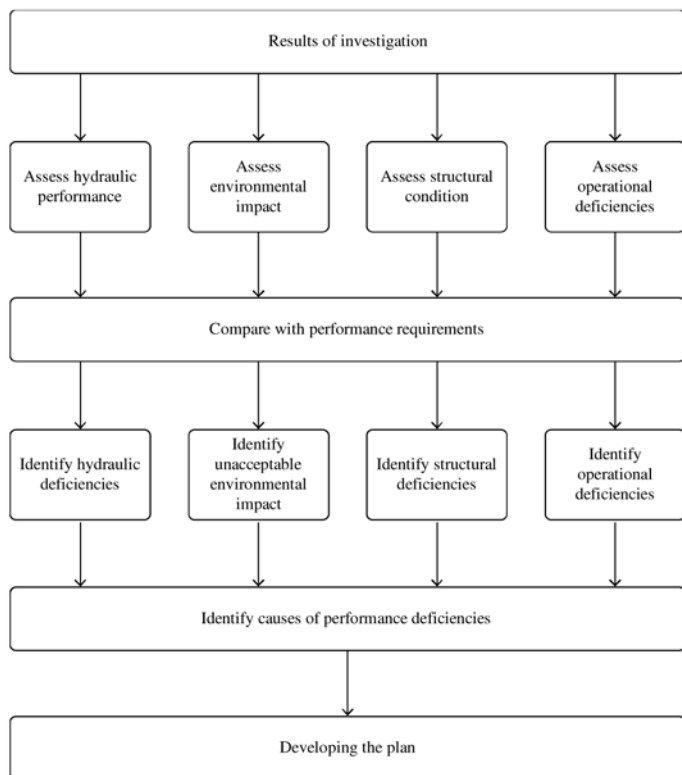
Als intuïtie voor een groot deel is gebaseerd op ervaringen en het maken van cognitieve patronen, rijst de vraag of rioleringsbeheerders hun beslissingen baseren op 'juiste' ervaringen en patronen, en of daarmee vakkundige of gebrekkige intuïtie wordt toegepast. Het is onduidelijk hoe en welke informatiebronnen gebruikt worden in besluiten voor rioolvervangingen, en in hoeverre deze besluiten beïnvloed worden door intuïtie. Deze observatie is niet wezenlijk anders dan voor ieder ander besluitvormingsproces, maar om het huidige rioleringsbeheer te kunnen verbeteren, is het doel van deze studie dan ook het analyseren van de beschikbaarheid en het gebruik van informatie en intuïtie in besluitvorming voor rioolvervanging.

2. Complexe systemen en intuïtieve besluitvorming en relatie met rioleringsbeheer

2.1. Complexe systemen

Rioleringsbeheer is een proces dat plaatsvindt in een complex sociaaltechnisch systeem, dat wordt gedefinieerd als een 'een geheel aan fysiektechnische elementen en netwerken van onderling afhankelijke actoren, allemaal sterk met elkaar verbonden' (Bar-Yam, 1997; De Bruijn & Herder, 2009). Om het gedrag van het complexe systeem te begrijpen, is het belangrijk om niet alleen het gedrag van de individuele onderdelen te doorgronden, maar ook hoe deze interacteren (Bar-Yam, 1997; Bijker, Hughes, & Pinch, 1987).

Besluitvorming in rioleringsbeheer is een proces van interacties waarbij de fysieke systeemgrenzen dynamisch zijn. Huidige ondersteuning voor beslissers, in de vorm van standaarden, richtlijnen of beslissingsondersteunende modellen, beschrijven besluitvorming vanuit een rationeel systeemperspectief (De Bruijn & Herder, 2009). Deze ondersteunende gereedschappen stellen voor om beslissingen vooral te baseren op 'harde' informatie van de riolering (bijvoorbeeld buisleeftijd, inspectiebeelden of hydraulische modellen).



Figuur 1: Proces voor analyse van systeemprestatie (CEN, 2008).

sche modellen). Figuur 1 geeft dit weer, die het proces toont van prestatiebeoordeling van riolering uit de Europese standaard EN 752 (CEN, 2008). Dit proces is vrij rationeel ingestoken, waarbij vier harde informatiebronnen vergeleken dienen te worden met referentiewaarden om zo tekortkomingen aan te wijzen en een plan op te stellen. De standaard stelt voor om hydraulische prestatie en milieubelasting door hydrodynamische rioolmodellen te analyseren en structurele condities met inspectiebeelden. De analyse van operationele tekortkomingen is niet geformuleerd. Interacties met andere actoren, onderdeel van het actor-perspectief (De Bruijn & Herder, 2009), wordt nauwelijks beschreven in de standaard,

evenals het punt van gelimiteerde databeschikbaarheid en- kwaliteit.

In situaties van interacties en het maken van waardeoordelen, lijkt harde informatie van ondergeschikt belang, dat vervolgens gelegenheid biedt voor besluitvorming gedreven door belangen, gebaseerd op emotie en impliciete kennis (De Bruijn & Herder, 2009). Deze opvatting wordt nader bekeken voor rioleringsbeheer.

2.2. Intuïtieve besluitvorming

Intuïtie is een onderwerp dat reeds verschillende decennia intensief bestudeerd is, en voorkomt uit de psychologie (zie bijvoorbeeld Jung, 1928). Intuïtieve besluitvorming is diep geworteld in de evolutionaire historie van de Homo sapiens, dat hoogstwaarschijnlijk de dominantste vorm is van risico inschatting en overleven (Slovic, Finucane, Peters, & MacGregor, 2004). Vanwege de grote invloed in besluiten, kan het niet worden weggelaten in de besluitvormingsanalyse. Twee aspecten van intuïtie worden voor deze studie belangrijk geacht: condities waarbij intuïtie verkozen wordt boven analytisch redeneren, en condities die het succes bepalen van intuïtieve besluitvorming.

Simon (1947) relateerde intuïtief denken aan organisatorisch gedrag en concludeerde dat de perfect rationeel denkende Homo economicus vervangen dient te worden door iemand met gelimiteerde kennis en informatieverwerkingscapaciteit, Homo stultitia, ofwel begrensde rationaliteit. Simon (1992, p. 155) beschreef intuïtie als besluitvorming die snel is en waarvoor de beslisser niet in staat is de redenering tot de keuze of het proces dat daartoe leidde te beschrijven. Hij beschreef het als (vrij vertaald) "niets meer en niets minder dan herkenning". Naar de mening van Simon (1983), wordt intuïtie gevormd door leren door ervaring en vervolgens opgeslagen in het langetermijngeheugen. Dit betekent dat intuïtie zich moet ontwikkelen. Simon benadrukte de voordelen van intuïtieve besluitvorming, die later werden opgenomen in het raamwerk van 'Naturalistic Decision Making (NDM)' dat beschreven werd in 1989 (Klein, 2008). NDM veronderstelt dat experts goede besluiten kunnen nemen onder condities van tijdsdruk, dubbelzinnigheid en wijzigende omstandigheden, zonder dat daarbij bewuste en uitgebreide multivariabele analyses moeten worden uitgevoerd. Dit wordt uitgelegd via het 'recognition-primed-decision (RPD) model' (vrij vertaald: herkenning gestuurd besluitvormingsmodel) (Klein, 1989; Zsombok & Klein, 1997), dat beschrijft dat mensen succesvolle intuïtieve besluiten kunnen nemen door hun ervaringen te raadplegen om problemen te herkennen die men eerder ervoer. Een tegenovergestelde denkwijze werd geïnitieerd door 'Heuristics and Biases (HB)' van Tversky and Kahneman (1974). Zij toonden aan dat systematische denkfouten worden geïntroduceerd door te vertrouwen op vuistregels of versimpelde redeneringsstrategieën (heuristiek). Dit wordt veroorzaakt door een aantal drogredenen en rekenfouten die inherent zijn aan menselijke informatieverwerking. Dergelijke intuïtieve besluiten komen voort uit het vereenvoudigen van heuristiek en niet van specifieke ervaring. Derhalve, dergelijke intuïtieve oordelen hebben een kleinere kans accuraat te zijn en zijn gevoelig voor systematische onbetrouwbaarheden (Kahneman & Klein, 2009, p. 519). De gemeenschappelijke gedachte van NDM en HB is dat intuïtieve oordelen geproduceerd worden door 'systeem 1 activiteiten' in onze hersenen. Deze gebeuren automatisch, onwillekeurig en bijna zonder inspanning. 'Systeem 2 activiteiten' zijn daarentegen gecontroleerd, vrijwillig en vereisen cognitieve inspanning. Deze tegenovergestelde visies over intuïtief succes brengt ons bij de vraag hoe vakkundige intuïtie kan worden onderscheiden van heuristische intuïtie (Kahneman & Klein, 2009).

Wanneer is het waarschijnlijk dat intuïtie wordt gebruikt in besluitvorming? Orasanu and Connolly (1993, p. 7) beschreven acht factoren die intuïtieve oordelen oproepen. Niet alle acht de factoren zullen zich even zichtbaar voordoen binnen rioleringsbeheer, maar zijn hier wel beschreven om de lijst te complementeren.

- Slecht gestructureerde problemen. Het besluitprobleem presenteert zich niet in een nette en complete vorm, waardoor er geen eenduidig antwoord te geven is.
- Onzekere en dynamische omgeving. Besluitvorming vindt plaats in een wereld van incomplete en

onvolmaakte informatie en veranderende omgevingen.

- Verschuivende, slecht gedefinieerde of tegenstrijdige doelen. De beslisser wordt waarschijnlijk gedreven door meerdere doelen die niet allemaal duidelijk zijn, of tegenstrijdig zijn met andere.
- Actie reactie mechanismen. Traditionele beslissingsmodellen gaan uit van een gebeurtenis, een moment in de tijd waarop één besluit wordt genomen dat een zeker effect bewerkstelligt. Het komt echter vaker voor dat een reeks aan besluiten wordt genomen in een tijdsperiode. Daarbij kan het zijn dat resultaten van de ondernomen actie moeilijk zichtbaar zijn, waardoor het moeilijk is een oorzaak-effect relatie aan te duiden.
- Tijdsdruk. Beslissers onder tijdsdruk kunnen een hoog niveau van stress ervaren, waardoor hun denkstrategie verschuift naar vereenvoudigde redeneringen (Payne, Bettman, & Johnson, 1988).
- Grote belangen.
- Meerdere actoren. Bij veel besluitvormingsproblemen zijn meerdere individuen betrokken, die elk een bepaalde rol en belang in het besluitvormingsproces hebben.
- Doelen en normen van de organisatie. De waarden en doelen die vanuit de organisatie gehanteerd worden hoeven niet te stroken met de persoonlijke waarden en doelen.

Wanneer is intuïtie vakkundig? Intuïtie werd door Simon (1992, p. 155) gedefinieerd als niets meer en niets minder dan herkenning. Volgens Kahneman and Klein (2009, p. 520) moet het herkenningsmodel voldoen aan twee voorwaarden voordat een intuïtief oordeel echt vakkundig kan worden genoemd. Ten eerste, vakkundige intuïtie kunnen zich alleen ontwikkelen in een omgeving met voldoende regelmaat, waarin valide signalen worden afgegeven over de situatie. Bijvoorbeeld poker of schaken. In deze situaties is er een relatie te observeren tussen een besluit en het effect van het besluit. Hoe verhoudt dit zich tot rioleringsbeheer? Voor verschillende besluiten is een relatie tussen besluit en effect eenvoudig te constateren. Bijvoorbeeld, het veranderen van de hydraulische kenmerken van een rioolstelsel door het verkleinen van de diameter van enkele buizen, of het sluiten van een gemengd overstort. Dit zal leiden tot een verandering in hydraulisch gedrag, merkbaar vanaf de eerste regenbui. Voor rioolvervangings is deze relatie afwezig, omdat de tijd tussen een vervangingsbeslissing en het effect hiervan langer is dan de duur van de carrière van een rioleringsbeheerder. Daarnaast wordt, tijdens vervangingswerkzaamheden, de fysieke toestand van rioolbuizen die vervangen worden niet gecheckt.

Een tweede voorwaarde voor vakkundige intuïtie is dat mensen voldoende mogelijkheid moeten hebben om van de relevante signalen uit de omgeving te kunnen leren. Bijvoorbeeld, een schaakmeester of muzikant hebben jaren van toegewijde oefening nodig om een expert te kunnen worden om de complexe taken uit te kunnen voeren op basis van intuïtief handelen (Ericsson, 2006). Het leren kan zowel inhoudelijk zijn als procesmatig. In rioleringsbeheer zou leren moeten plaatsvinden via evaluaties van de gehanteerde vervangingsstrategie. De EN 752 zegt echter niets over een evaluatiefase. In de praktijk wordt de gehanteerde vervangingsstrategie niet geëvalueerd, waardoor de kans op leren kleiner is.

Net zoals vakkundige intuïtie komt incorrecte intuïtie ook voort uit het geheugen, en wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld het niet controleren van intuïtieve keuzes of door attribuutsubstitutie (= een moeilijke vraag wordt vervangen door een eenvoudige, zonder dat daar een hoge correlatie tussen zit) (Kahneman & Klein, 2009, p. 522). Incorrecte intuïtie zal waarschijnlijk ontstaan in 'wicked' situaties (\approx complex) (zie Rittel & Webber, 1973), door gelimiteerde regelmatigheid (Hogarth, 2001). Sterker nog, experts zouden zelfs een te groot zelfvertrouwen kunnen opbouwen over hun oordelen, dat leidt tot een illusie van vakkundigheid (Arkes, 2001).

Het gebruik van algoritmen of andere beslissingsondersteunende gereedschappen kunnen de kwaliteit van besluiten verbeteren. Deze gereedschappen moeten echter veelvuldig gecontroleerd worden om de prestatie hiervan te monitoren. Dit blijft moeilijk, omdat mensen de neiging hebben passiever en minder kritisch te worden wanneer dergelijke gereedschappen voor een groot deel verantwoordelijk zijn voor besluitvorming. Dit heet 'automatiseringsvooringenomenheid' (automation bias) (Skitka, Mosier, & Burdick, 1999).

Samenvattend, intuïtieve besluitvorming is snel, omdat het brein conclusies trekt uit herkenning van een aantal observaties. Intuïtie, impliciete kennis, onbewuste patroonherkenning, samen vaak omschreven als gezond boerenverstand assisteren mensen als hun 'mentale bedienden', omdat deze weinig cognitieve inspanning vereisen (Bargh & Chartrand, 1999, p. 476), en daarmee de besluit- en handelingssnelheid verhogen. Hieruit kunnen succesvolle besluiten voortkomen, onder omstandigheden van voldoende regelmaat en leerkanalen.

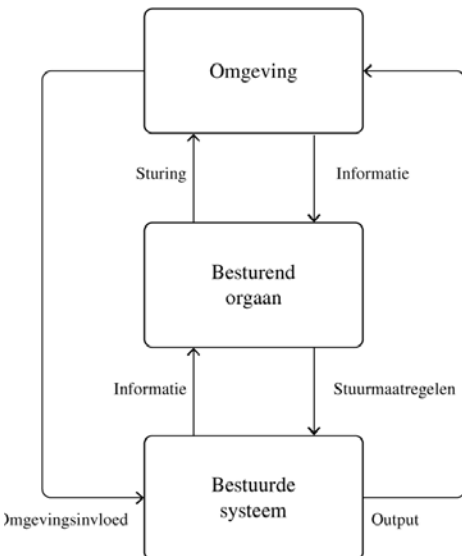
3. AANPAK

Het doel van deze studie is inzicht verhogen in de besluitvormingsprocessen voor rioolvervangingen. Onderzoek met casestudies is hiervoor geschikt, gezien het verkennende en praktische karakter van deze studie.

3.1. Casestudies en dataverzameling

Het besluitvormingsproces en het gebruik van informatie is onderzocht bij zeven Nederlandse gemeenten. Het volgende tekstvak introduceert de ontwikkeling van het Nederlandse rioleringsbeheer.

Het Nederlandse rioleringsbeheer heeft zich anders ontwikkeld vergeleken met andere landen om een belangrijke reden. Nederland was in de jaren tachtig een van de eerste landen waar het belang van rioleringsbeheer aanzienlijk groeide, vanwege een accentverschuiving van infrastructuuronderhoud naar -dienstlevering (Thissen & Oomens, 1991). Deze verschuiving werd geïnitieerd doordat een aansluitingsgraad van 90 % werd bereikt in de jaren tachtig, waardoor de behoefte voor verdere netwerkuitbreiding verminderde. Een passende organisatorische structuur en strategie was destijds echter nog niet voldoende ontwikkeld, alsmede een plan voor bekostiging. Dit is grotendeels opgelost door het verplichten van een GRP, waarin beheerbeleid en gerelateerde financiën worden gepresenteerd. De kosten voor rioleringszaken worden gedekt door het heffen van gemeentelijke belasting, de rioolheffing. De opzet voor een organisatorische structuur is onder meer beschreven in het werk van Oomens (1992), waarin voor rioleringsbeheer het besturingsparadigma van De Leeuw is toegepast (De Leeuw, 1974, zie figuur 2). Dit theoretisch kader komt uit de bestuurskunde en is een model voor de besturing van systemen.



Figuur 2: De Leeuw's besturingsparadigma (De Leeuw, 1974).

Achttien interviews zijn afgenomen bij zeven gemeenten, met inwoneraantallen variërend van ongeveer 50.000 tot meer dan 750.000. Deze gemeenten bedragen ongeveer 15% van het totale inwoneraantal in Nederland (CBS, 2012) en hebben ongeveer 9% van de totale lengte riolering (vrijverval) van Nederland (Stichting RIONED, 2009). Tabel 1 toont enkele karakteristieken van de opgenomen gemeenten.

De geïnterviewden zijn als volgt geselecteerd: eerst werden de afdelingshoofden riolering per gemeente benaderd op basis van bereidwilligheid mee te werken aan een interview. De afdelingshoofden wezen vervolgens één of twee extra medewerkers aan (afhankelijk van de stafgrootte van de gemeente) die zij relevant achtten om geïnterviewd te worden. Een persoonlijk interview met een semigestructureerd interviewschema is gebruikt om de data te verzamelen. De reden hiervoor is het verkennende karakter van het onderzoek en de complexiteit van

Gemeente	Aantal inwoners op 01-01-2011 (CBS, 2012)	Bevolkingsdichtheid(CBS , 2009)	Lengte riolering *	Beschikbaar budget voor 2012 *	Beschikbaar budget per inwoner	Beschikbaar budget per km riolering
	(-)	(inw./km ² land)	(km)	(M Euro)	(Euro/inw.)	(K Euro/km)
Almere	190.655	1.469	1.100	8,7	45,6	7,9
Amsterdam	779.808	4.700	3.811	64,9	83,2	17,0
Barneveld	52.490	298	624	9,1	173,4	14,6
Breda	174.599	1.379	1.050	13,5	77,3	12,9
Ede	108.285	340	986	9,6	88,7	9,7
Rotterdam	610.386	2.987	2.906	51,2	83,9	17,6
Den Haag	495.083	6.046	1.439	33,3	67,3	23,1

Tabel1: Karakteristieken van opgenomen gemeenten.

* Data is overgenomen uit betreffende GRP's, exclusief drukriolering en persleidingen

het onderwerp. Semigestructureerde interviews voorzien in flexibiliteit, omdat de te behandelen inhoud, structuur en vragen vooraf worden opgezet, maar niet in beton worden gegoten zoals bij een enquête. Een persoonlijk interview is gekozen, vanwege de complexiteit van het onderwerp en om diversiteit in antwoorden toe te laten.

De interviews werden geleid met hulp van de twee stroomschema's in figuur 3 om het besluitvormingsproces en informatiegebruik te bespreken. De stroomschema's zijn gebaseerd op vier eerder uitgevoerde verkennende interviews met experts in de rioleringssector. Het startpunt per stroomschema is gekoppeld aan de informatiestromen in het eerder beschreven besturingsparadigma. Zoals Figuur 2 weergeeft, kunnen twee informatiestromen onderscheiden worden: van systeem naar besturend orgaan en van omgeving naar besturend orgaan. Deze zijn gerelateerd aan een interne of externe impuls voor rioolvervangings.

Bestuurde systeem naar besturend orgaan

- 1 Bepaal vervangingsbehoefte stelsel
- 2 Bepaal welke onderdelen in aanmerking komen voor vervanging
- 3 Bepaal prioriteiten voor vervanging
- 4 Bepaal vervangingsprojecten
- 5 Lokaliseer andere openbare werken
- 6 Opzetten en voorbereiden vervangingsproject
- 7 Uitvoer project

Omgeving naar besturend orgaan

- 1 Lokaliseer andere openbare werken
- 2 Bepaal vervangingsbehoefte op locaties uit stap 1
- 3 Bepaal welke systeemonderdelen uit stap 2 in aanmerking komen voor vervanging
- 4 Bepaal vervangingsprojecten
- 5 Opzetten en voorbereiden vervangingsproject
- 6 Uitvoer project

Figuur 3: Stroomschema's voor interviews.

Via de stroomschema's zijn de volgende onderwerpen besproken: correctheid en volledigheid van stroomschema's, informatiebronnen per stap, budgetallocatie en identificatie van organisatorische niveaus. De geïnterviewden beschreven deze onderwerpen in algemene zin (niet voor individuele projecten) gebaseerd op hun kennis en ervaring.

Zeventien van de achttien interviews zijn digitaal opgenomen, met goedkeuring van de geïnterviewden. De opnamen zijn volledig uitgewerkt. De tekst van het niet opgenomen interview is voorgelegd ter goedkeuring.

Daarnaast is het huidige GRP van iedere gemeente geanalyseerd. Ieder van deze plannen bevat een stuk tekst specifiek over rioolvervanging. Data over beslissingsargumentatie is uit deze secties gehaald.

3.2. Data-analyse

Drie typen data zijn geanalyseerd: interviewdata over het besluitvormingsproces, interviewdata over het gebruik van informatie in dat proces en tekst uit het GRP over het gebruik van informatie in het besluitvormingsproces.

De eerste data is geanalyseerd door open codering, zowel in-vivo als beschrijvend. Het open coderen is voldoende, omdat het doel is om het besluitvormingsproces te beschrijven door middel van stroomschema's.

De tweede data, interviewdata over het gebruik van informatie in het besluitvormingsproces, is geanalyseerd door inhoudsanalyse. Inhoudsanalyse is gedefinieerd als "een onderzoekstechniek om reproduceerbare en valide conclusies te trekken uit tekst of ander betekenisvol materiaal" (Krippendorff, 2004, p. 18). De stappen bij inhoudsanalyse zijn coderen, codes categoriseren en abstractie, met het doel een fenomeen te beschrijven (Elo & Kyngäs, 2008). Dit type analyse is meestal geschikt als beschikbare theorie of onderzoek nog gelimiteerd is. Een specifieke vorm van inhoudsanalyse, sommerende inhoudsanalyse, is hier toegepast. Dit type start met het identificeren en kwantificeren van woorden en inhoud om het gebruik daarvan te analyseren. Vervolgens wordt hieraan de onderliggende betekenis gehangen (Hsieh & Shannon, 2005, p. 1283). De steekwoorden om te coderen worden voorafgaand en tijdens analyse gevormd, afgeleid uit eerder onderzoek (Hsieh & Shannon, 2005, p. 1286). Sommerende inhoudsanalyse is hier geschikter dan reguliere inhoudsanalyse, omdat deze studie zich specifiek richt op het gebruik van informatie en intuïtie in besluitvorming voor rioolvervanging. De volgende stappen zijn genomen:

1. Open coderen. De interviewverslagen zijn doorgelicht en in-vivo en beschrijvend coderen is toegepast op de woorden en zinnen om iedere beschreven informatiebron en intuïtief oordeel te identificeren in het besluitvormingsproces. Het gebruik van intuïtie is geanalyseerd door het coderen van expressies die intuïtieve denkprocessen reflecteren, zoals gevoel, interpreteren, gezond verstand en intuïtie. Alle codes zijn vervolgens gesommeerd.
2. Axiaal coderen (groeperen). De relatie tussen codes werd geïdentificeerd om groepen en categorieën te maken.
3. Betekenis interpreteren. De onderliggende betekenis van de codes, codegroepen en categorieën werd geïnterpreteerd.

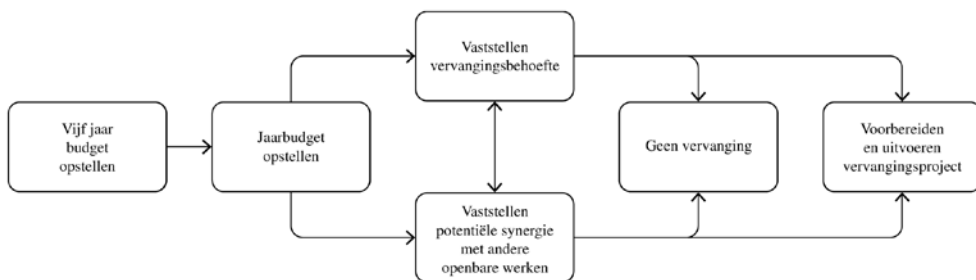
Na het aanwijzen van de informatiebronnen en hun betekenis, werd het eigenlijke gebruik ervan geconfronteerd met literatuur over intuïtieve besluitvorming (paragraaf 0). De reden hiervoor is om een analyse te maken van de balans tussen rationeel redeneren en intuïtief oordelen, en daarnaast het succes van intuïtieve oordelen aan te duiden.

De derde data, de secties uit de GRP over vervangingsargumentatie, is geanalyseerd met in-vivo coderen van steekwoorden in de tekst, om hieruit expliciet genoemd informatiebronnen te halen.

4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1. Het besluitvormingsproces

De geïnterviewden gaven aan dat het besluitvormingsproces voor rioolvervanging, getoond door Figuur 4, een combinatie is van de twee stroomschema's (Figuur 3) die hen werden voorgelegd. Het startpunt van het proces is het vaststellen van het budget voor vijf jaar, een strategische activiteit. Volgens de GRP-secties over vervangingen is deze budgetallocatie voornamelijk gebaseerd op buisleeftijd en inspectiebeelden. De geïnterviewden gaven aan dat het vijfjaarbudget gebaseerd is op de kosten voor de geraamde jaarlijkse vervangingsinspanning in km per jaar (totale lengte stelsel gedeeld door verwachte levensduur). Het jaarbudget wordt toegekend als een vijfde van het vijfjaarbudget. Vanuit dit jaarbudget worden individuele vervangingsprojecten geïnitieerd, gebaseerd op de vervangingsbehoefte van het stelsel (hydraulisch of structureel) en de potentiële synergie door samenwerking met andere openbare werken (werk-met-werk).

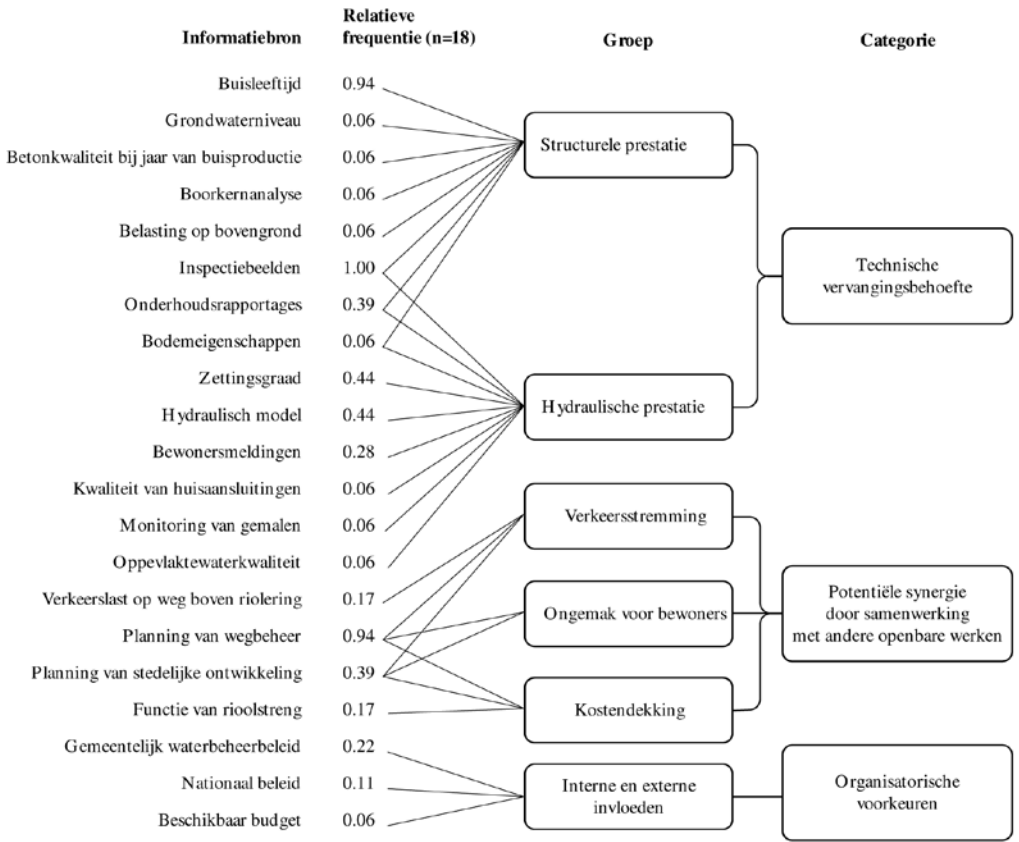


Figuur 4: Besluitvormingsproces voor rioolvervanging.

Het besluitvormingsproces in Figuur 4 vertoont een discrepantie tussen strategische en operationele besluitvorming. Het budget wordt toegekend vóór en op basis van andere gronden dan de operationele activiteiten. Op strategisch niveau stuurt buisleeftijd en -kwaliteit besluitvorming, terwijl voor operationele activiteiten additionele informatie ook sturend is, waaronder synergie door werk-met-werk. Samenwerking met andere publieke werken, vooral wegbeheer, creëert mogelijkheden om overlast en kosten te reduceren door werkzaamheden te delen voor onder andere graafwerkzaamheden en reconstructie van de bovengrond. De discrepantie wordt veroorzaakt doordat buisleeftijd en inspectiebeelden de enige 'kwantitatieve' informatiebronnen zijn, die rioleringsbeheerders kunnen gebruiken als referentie in besluitvorming voor het vijfjaarbudget. Dit geldt niet voor mogelijkheden voor synergie uit werk-met-werk. Paragraaf 4.2.2. gaat hier verder op in.

4.2. Het gebruik van informatie in het besluitvormingsproces

Open codering van de interviewverslagen resulteerde in eenentwintig informatiebronnen, weergegeven in Figuur 5. De bronnen zijn gegroepeerd (axiaal coderen) op basis van het bredere onderwerp waarde individuele informatiebronnen iets over zeggen. De buisleeftijd wordt bijvoorbeeld gebruikt als indicator voor structurele staat; niet voor hydraulische prestatie. Inspectiebeelden kunnen bijvoorbeeld zowel iets zeggen over de structurele staat (scheuren in de buiswand) als over de hydraulische presentatie (aanwezigheid wortels of objecten). De groepen zijn vervolgens gecategoriseerd door een verdere abstractie toe te voegen en te relateren aan het besluitvormingsproces in Figuur 4. Figuur 5 toont de zes geïdentificeerde groepen informatie, die in drie categorieën kunnen worden geplaatst: de technische vervangingsbehoefte, potentiële synergie door samenwerken in openbare werken, en organisatorische voorkeuren. Een aantal individuele informatiebronnen wordt in de volgende paragrafen beschreven.



Figuur 5: Geïdentificeerde informatiebronnen (in groepen en categorieën) aangehaald voor rioolvervanging, verkregen uit achttien interviews.

4.2.1. Beslissen over vervangingsbehoefte

Zoals Figuur 5 toont, is de technische vervangingsbehoefte gebaseerd op twee aspecten (groepen): beoordeling van de structurele en hydraulische prestatie van het systeem. Elk van deze twee aspecten wordt beoordeeld op basis van verschillende informatiebronnen, waarvoor gemeenten data verzamelen. De structurele prestatie wordt gezien als een belangrijk element in het beoordelen van de technische vervangingsbehoefte. Ook wordt deze aangehaald bij het vaststellen van het vijfjaarbudget, zoals beschreven in paragraaf 4.1.

Buisleeftijd en inspectiebeelden worden het meest genoemd ten aanzien van structurele prestatie. Buisleeftijd wordt gezien als een benadering voor de faalkans van een buis, als proportie van de aangenomen technische levensduur (vaak zestig tot tachtig jaar). Buisleeftijd wordt daarom veelal gebruikt als een eerste indicator voor de technische vervangingsbehoefte. Gerelateerd aan buisleeftijd is inzicht in de betonkwaliteit ten tijde van buisproductie die varieerde de afgelopen decennia.

Inspectiebeelden worden gebruikt om de binnenkant van rioolbuizen te observeren. Elk geobserveerd defect, bijvoorbeeld scheuren of blokkades, worden door een inspecteur genoteerd volgens een coderingssysteem uit de Europese Standaard EN 13508-2 (European Committee for Standardization (CEN), 2003)). De inspecteur beoordeelt ook de ernst van ieder individueel defect met een classificatie van één (geen schade) tot vijf (ernstige schade), die ook beschreven is in de EN 13508-2. Na afloop van de inspectie wordt de complete schade van een streng beoordeeld en worden potentiële maatregelen bepaald. Een nadeel van deze inspectietechniek is dat het moeilijk is om geobserveerde defecten op

objectschaal te vertalen naar fysieke status en prestatiebeoordelingen op netwerk- tot systeem-schaal. Daarnaast zijn tijdseries meestal niet beschikbaar, wat de voorspellende kracht van de observaties verkleint. Dirksen et al. (2013) concludeerde bovendien dat analyse van inspectiebeelden algehele onzekerheid introduceert in de beoordeling van de fysieke status.

Negen informatiebronnen zijn gekoppeld aan de hydraulische prestatie van de riolering. Hydraulische modellering wordt gebruikt om na te gaan in hoeverre de hydraulische prestatie voldoet aan de gestelde systeemeisen. Clemens (2002) en Korving (2004) toonden echter dat significante onzekerheden kunnen worden geïntroduceerd via hydraulische modelleren. De mate van zetting wordt ook gebruikt voor het bepalen van de vervangingsbehoefte, vooral bij gemeenten met slappe bodems, omdat zetting het hydraulisch functioneren van niet onderheide vrijvervalsysteem beïnvloedt. Dirksen, Baars, Langeveld, and Clemens (2012) beschreven de relatie tussen zetting en systeemprestatie. Een referentiemodel om rioleringsbeheerders te ondersteunen ontbreekt echter, wat de beoordeling van de ernst van de zetting verhindert en daarmee het bepalen van de vervangingsbehoefte.

Bewonersmeldingen betreffen meldingen of klachten van bewoners over wateroverlast, stank of andere aan riolering gerelateerde zaken. Deze meldingen geven een indicatie voor een verminderde hydraulische prestatie wanneer meerdere klachten over langere tijd worden geregistreerd. Data uit onderhoudsrapportages is de terugkoppeling van een aantal operationele activiteiten, zowel proactief als reactief. Na onderhoudswerkzaamheden worden potentiële defecten en oorzaken gerapporteerd, waarna deze rapportages informatie kunnen verschaffen over de staat van één of meerdere objecten. Zowel data uit bewonersmeldingen als onderhoudsrapportages zijn vaak geen directe redenen om riolen te vervangen, maar dragen bij aan de vervangingsbehoefte wanneer meerdere calamiteiten worden geregistreerd.

4.2.2. Beslissen over synergie door samenwerking met andere openbare werken

Zoals eerder beschreven, proberen rioleringsbeheerders werk-met-werk te maken om op drie wijzen voordeel te kunnen behalen: verminderen van verkeerstremming, verminderen van overlast voor bewoners en verminderen van kosten voor graven en reconstructie van de bovengrond. Overlast voor bewoners wordt gezien als een verminderde bereikbaarheid tot de woning en het wonen naast een bouwplaats. De potentiële synergie is niet kwantitatief uit te drukken, behalve voor kostenreductie, maar wordt door de rioleringsbeheerder kwalitatief gewogen.

Figuur 5 toont dat planning van wegbeheer en stedelijke ontwikkelingsprojecten het meest worden genoemd voor het beoordelen van de synergie. De geïnterviewden gaven aan dat planningsprocedures voor het combineren van rioleringswerkzaamheden met andere publieke werken meestal niet gedocumenteerd zijn, maar eerder deel uitmaken van de organisatiecultuur, gebaseerd op gezond verstand. Dit klopt voor sommige vervangingsprojecten, maar kan niet gegeneraliseerd worden door de variabiliteit in vervangingswerken. Sommige geïnterviewden ervoeren vruchtbare samenwerking, simpelweg omdat hun bureaus in dezelfde kamer stonden als de wegbeheerder. Aan de andere kant kan niet altijd een goede samenwerking worden gevonden, omdat zowel de ruimtelijke als tijdsschaal verschillen waarop beide beheerders werken. De potentiële synergie wordt dan afgewogen tegen de technische vervangingsbehoefte.

Overlast voor bewoners werd omschreven als een belangrijk aspect om werk-met-werk te maken. De onderliggende argumentatie is dat bewoners het niet prettig vinden wanneer het wegdek het ene jaar wordt vervangen, en kort daarop opnieuw wordt opengemaakt om riolering te vervangen. De geïnterviewden omschreven dit als een aspect van communicatie naar de burger en reputatie van de organisatie. Omdat er geen handvatten beschikbaar zijn die in deze afwegingen hulp kunnen bieden, zijn rioleringsbeheerders genoodzaakt ad hoc oplossingen te bedenken die passen bij de lokale situatie. Deze mate van flexibiliteit wordt echter wel gewaardeerd.

Het besluiten over de potentiële synergie van werk-met-werk is ongedocumenteerd en een weinig gestuurde afweging, ook al zijn de initiële uitgangspunten ervan positief. Dit belemmert herhaling van acties in vergelijkbare omstandigheden, waardoor het moeilijk is om beslissen te rechtvaardigen of te evalueren.

Een verschuiving van ‘het beheren van riolering’ naar ‘het beheren van openbare ruimte’ resulteert in dynamische systeemgrenzen voor zowel het besturend orgaan als bestuurd systeem (zie Figuur 2). Het is vanuit theoretisch oogpunt de vraag of het besturingsparadigma geschikt is als raamwerk voor rioleringsbeheer. De reden hiervoor is dat het besturingsparadigma uitgaat van een strikte scheiding van besturend orgaan en bestuurd systeem. In andere woorden, is het mogelijk, en gewenst, om rioleringsbeheer te observeren en analyseren geïsoleerd van andere activiteiten in de openbare ruimte? Een mogelijke oplossing voor dit punt ligt in Mintzberg’s organisatorische structurering (Mintzberg, 1980), en specifiek, de divisie organisatie. Dit houdt kort in: een organisatie met meerdere divisies die elk redelijk autonoom zijn. Het cruciale aspect is het implementeren van een mechanisme dat de doelen en prestaties coördineert van de afzonderlijke divisies in lijn met die van de gehele organisatie (Mintzberg, 1980, p. 335). Vertaald naar gemeenten, een coördinatiemechanisme dient te worden gevonden dat planning en uitvoering van openbare werken in ruimte en tijd reguleert.

4.2.3. Organisatorische voorkeuren

Drie informatiebronnen zijn gecategoriseerd als organisatorische voorkeuren. Deze zijn gemeentelijk waterbeheerbeleid, nationaal beleid en beschikbaar budget. Nationaal beleid refereert aan richtlijnen over oppervlaktewaterkwaliteit en gerelateerde basisinspanning. Gemeentelijk waterbeheerbeleid en nationaal beleid zijn informatiebronnen (of gevormde randvoorwaarden) over de voorkeuren van de gemeente inzake systeemtype en -ontwerp en de wijze waarop de gemeente het systeem beheert. Bijvoorbeeld, verschillende gemeenten hebben de strategie om gemengde stelsels te vervangen door gescheiden stelsels. Het beschikbare budget is ook een organisatorische voorkeur en gaat over de wens waarop het budget wordt besteed. De informatiebronnen over organisatorische voorkeuren zijn meestal geen directe redenen om riolering te vervangen, maar dragen bij aan het algehele wegingsproces in besluitvorming.

4.2.4. Intuïtie in het besluitvormingsproces

In ieder interviewverslag zijn steekwoorden gemarkeerd die het gebruik van intuïtie reflecteren. Intuïtief denken wordt gebruikt om de verzamelde informatie te interpreteren en te vertalen naar oordelen en beslissingen over de technische vervangingsbehoefte en potentiële synergie van werk-met-werk.

Vervangingsbeslissingen zijn in feite gebaseerd op vijf impliciete risicoanalyses, waarbij risico is gedefinieerd als het product van kans en gevolg. Impliciet in deze zin betekent dat de analyse niet een aparte en bewuste stap is in het besluitvormingsproces, waarbij kans en gevolg gekwantificeerd worden om een basis te vormen voor beslissingen. De impliciete risicoanalyses zijn gekoppeld aan de informatiegroepen uit Figuur 5. De volgende risicogevolgen zijn te onderscheiden.

- Bezwijken buis (onvoldoende structurele prestatie)
- Onvoldoende hydraulische prestatie
- Overlast of ongemak voor bewoners en gerelateerde reputatie van de gemeente
- Kosten voor graafwerkzaamheden en reconstructie van de bovengrond
- Verkeerstremming door graafwerkzaamheden

De kans op het optreden van deze gevolgen wordt intuïtief geschat, meestal door één of twee personen per gemeente, op de volgende wijze.

Data over buisleeftijd en inspectiebeelden worden vertaald naar een kwalitatieve schatting van de technische restlevensduur en kans op bezwijken van de buizen. Sommige geïnterviewden gaven aan dat het aannemelijk is dat hun oordelen over vervangingsbehoefte, gebaseerd op buisleeftijd en inspectiebeelden, kan wisselen van dag tot dag. Daarbij heeft onderzoek heeft aangetoond dat buisleeftijd en inspectiebeelden onvoldoende zijn om conclusies te trekken over restlevensduur, omdat kennis over verouderingsprocessen nog sterk gelimiteerd is (Ana et al., 2009; Baur & Herz, 2002; Chughtai & Zayed, 2008; Dirksen et al., 2012; Stone et al., 2002).

Ook de kans en ernst van overlast voor bewoners en verkeerstroming wordt intuïtief ingeschat. Kwantificering hiervan is wellicht onmogelijk, maar ook is er geen eenduidig beeld dat ernstige overlast of stremming van mild onderscheid. Het is natuurlijk logisch dat verkeerstroming bij het openbreken van een drukke driebaansweg groter is dan bij een afgelegen doodlopende straat. Het is echter moeilijk om te oordelen over het grijze middengebied. Hetzelfde geldt voor het beoordelen van overlast voor bewoners.

Omdat accurate en reproduceerbare risicoanalyses nu niet zijn te maken, hebben rioleringsbeheerders een risicomijdende vervangingsstrategie. Dit houdt in: het is beter om te vroeg te zijn, dan te laat. Dit betekent praktisch gezien dat rioolbuizen vervangen worden zonder een accurate inschatting te hebben van de restlevensduur. De dienstlevering wordt hiermee gegarandeerd en calamiteiten, zoals buisinstortingen, komen nauwelijks voor. Dit wordt mede veroorzaakt door het beschikbare budget, dat groot genoeg is voor proactieve vervanging van riolering, zonder dat buizen instorten.

4.4. Confrontatie met literatuur

Intuïtieve besluitvorming is te verwachten, gegeven de condities die hieraan ten grondslag liggen (zie 0). Een aantal van deze condities van Orasanu and Connolly (1993, p. 7) worden beschreven in het licht van deze studie.

- Slecht gestructureerde problemen. Het besluitprobleem presenteert zich niet in een nette en complete vorm, waardoor er geen eenduidige antwoord te geven is. Vanuit de verzamelde data is het moeilijk om in te schatten wat de eigenlijke structurele en hydraulische prestatie van het systeem is, en of er een technische vervangingsbehoefte is. Bovendien is het moeilijk om in te schatten wat de extra verkeerstroming en overlast voor bewoners is als er geen werk-met-werk wordt gemaakt.
- Onzekere en dynamische omgeving. Besluitvorming vindt plaats in een wereld van incomplete en onvolmaakte informatie en veranderende omgevingen. De beschikbare informatie is gelimiteerd in kwantiteit en kwaliteit, waardoor intuïtie nodig is om deze informatie te vertalen in beslissingen.
- Verschuivende, slecht gedefinieerde of tegenstrijdige doelen. De beslisser wordt waarschijnlijk gedreven door meerdere doelen die niet allemaal duidelijk zijn, of tegenstrijdig zijn met andere. Een voorbeeld is de situatie wanneer een gebied wordt herontwikkeld, terwijl de huidige riolering nog voldoende functioneert. Aan de ene kant is vervanging technisch niet nodig. Aan de andere kant kan de kostenreductie door werk-met-werk te maken opwegen tegen de kapitaalvernietiging van het huidige systeem.
- Actie reactie mechanismen. Buisverouderingsprocessen worden nog niet volledig begrepen, waardoor oorzaak en gevolg moeilijk zijn te koppelen. Daarnaast is het moeilijk om na te gaan in hoeverre de daadwerkelijke vervanging van riolering bijdraagt aan een betere systeemprestatie, omdat er simpelweg nauwelijks calamiteiten zijn. Ten derde, leiden verschillende veranderingen in organisatorische voorkeuren voor systeemontwerp en –eisen tot verschillende opeenvolgende beheerstrategieën.
- Meerdere actoren. Een rioleringsbeheerder moet overleggen met verschillende actoren binnen en buiten de gemeente, die mogelijk verschillende doelen nastreven en een andere informatiebehoefte hebben. Dit maakt het maken van compromissen en subjectieve afwegingen noodzakelijk.

De complexiteit van het sociaaltechnisch systeem waarin rioleringsbeheer zich bevindt, manifesteert zich door het grote aantal interacties en relaties dat de rioleringsbeheerder heeft met zijn omgeving. Hij of zij verzamelt data uit verschillende bronnen, maar moet omgaan met de gebreken van de data zelf en de belangen van andere actoren en invloeden. Dit betekent dat harde informatie van gering belang is, waardoor intuïtieve besluitvorming wordt verkozen boven rationeel redeneren.

Het tweede aspect over intuïtie dat wordt geconfronteerd met literatuur zijn de succeskansen. Paragraaf 0 beschreef twee voorwaarden voor vakkundige intuïtie: voldoende regelmaat en kansen om te leren. Aan beide voorwaarden wordt niet voldaan. Ten eerste heeft de omgeving niet voldoende regelmaat en produceert geen valide signalen over de situatie, omdat de verzamelde en beschikbare data onvoldoende

in staat stelt systeemprestatie te beoordelen, evenals synergie door werk-met-werk. Hierdoor is de relatie tussen beslissing en prestatie nauwelijks te observeren, vooral voor rioolvervangings. Ten tweede, er zijn nauwelijks leeransen, omdat er nauwelijks calamiteiten optreden. Dit betekent dat een rioleringsbeheerder niet in staat is om relevante ervaring op te doen (als het gaat om faalgedrag), omdat een risicomijdende vervangingsstrategie wordt toegepast. Dit is positief vanuit de visie van dienstlevering, maar resulteert waarschijnlijk ook in een te hoge systeemprestatie gezien vanuit een visie van doelmatigheid. Daarbij wordt het effect van een vervangingsstrategie niet geëvalueerd. Hiermee ontnemen rioleringsbeheerders zichzelf het recht om te leren.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het doel van dit onderzoek was het analyseren van de beschikbaarheid en het gebruik van informatie en intuïtie in besluitvorming voor rioolvervangings. De volgende conclusies worden getrokken.

Rioleringsbeheerders gebruiken hun best beschikbare kennis om de dienstlevering van de riolering zo goed mogelijk te houden. Dit is een moeilijke taak, vanwege de complexiteit van het sociaaltechnische systeem dat rioleringsbeheer omringt. Het beschermen van de dienstlevering betekent dat buizen vervangen moeten worden om verschillende mogelijke redenen. Het besluiten over waar en wanneer dit moet gebeuren, verlangt informatie uit verschillende bronnen, zoals onder meer buiskwaliteit, buisleeftijd, zetting, planning van wegbeheer, waterbeheerstrategie en beschikbaar budget. Deze bronnen stellen rioleringsbeheerders echter niet in staat systeemprestatie te voorspellen of potentiële synergie van werk-met-werk te beoordelen. Onder dergelijke omstandigheden van onzekerheid, dynamische omgevingen, gebrekkige data en meerdere actoren, is het waarschijnlijk dat intuïtieve besluiten worden verkozen boven rationeel redeneren. Intuïtie wordt gebruikt om de vervangingsbeslissingen te nemen en daarmee de dagelijkse gang van zaken voort te zetten. Dit kan leiden tot situaties waarin rioolbuizen vervangen worden zonder kennis van de restlevensduur, wat gezien kan worden als een risicomijdende strategie (voorzorgsbeginsel). Omdat dergelijk intuïtieve besluiten en de onderliggende redeneringen niet gedocumenteerd zijn, verhindert het rechtvaardiging, verantwoording, herhaling en evaluatie van beslissingen.

Het gebruik van intuïtie in rioleringsbeheer is niet vakkundig, omdat aan de twee gestelde voorwaarden voor vakkundige intuïtie niet wordt voldaan. De reeds ontwikkelde intuïties hebben zelfs een grote kans incorrect te zijn, vanwege de geringe regelmaat van de omgeving waarin het beheer zich bevindt (Hogarth, 2001). Een drijvende kracht hierachter is wellicht het sterke vertrouwen in en afhankelijkheid van buisleeftijd en inspectiebeelden, die in beslissingen vertaald worden.

Een eerste aanbeveling richting rioleringsbeheerders is om te starten met het documenteren van de beslissingsargumentatie voor vervangingswerken. Dit creëert de mogelijkheid inzicht te krijgen en te leren van de afwegingen en waardeoordelen die gemaakt worden in het besluitvormingsproces. Een tweede aanbeveling is de opzet en gebruik van een storingsdatabase voor hoofdriolen. Hiermee wordt het mogelijk een systematische analyse te maken van systeemprestatie en de effectiviteit van storingsafhandeling. Twee voorbeelden van dergelijke databases zijn de uniforme registratie van storingsafhandeling in afvalwatersystemen (SUF-SAS) (Korving, Langeveld, Palsma, & Beenen, 2007) en de USTORE database voor waterdistributienetwerken, dat opgezet is door KWR Watercycle Research Institute. Het gebruik van dergelijke databases creëert de mogelijkheid om ervaring op te doen, te leren en uiteindelijk intuïties te ontwikkelen die vakkundig zijn. Een derde aanbeveling is om het gehele besluitvormingsproces voor rioolvervangings te documenteren en te evalueren na enkele jaren, geholpen door observaties van het fysieke systeem, om de kansen om te leren en ervaring op te doen te verhogen.

Een vervolgstap van dit onderzoek is het nagaan van het gewicht van iedere afzonderlijke informatiebron binnen besluitvorming, met als doel het analyseren van de relevantie van (investeringen in) betere informatiekwaliteit van de riolering.

DANKWOORD

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het 'Kennisprogramma Urban Drainage'. De betrokken partijen zijn: ARCADIS, Deltares, Gemeente Almere, Gemeente Breda, Gemeente 's-Gravenhage, Gemeentewerken Rotterdam, Gemeente Utrecht, GMB Rioleringsstechniek, Grontmij, KWR Watercycle Research Institute, Platform Water Vallei en Eem, Royal HaskoningDHV, Stichting RIONED, STOWA, Tauw, vandervalk+degroot, Waterschap De Dommel, Waternet.

REFERENTIES

1. Alegre, H. (2000). *Performance Indicators for Water Supply Services*. London, United Kingdom: IWA Publishing.
2. Ana, E. V., & Bauwens, W. (2010). Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes: The state-of-the-art in statistical methods. *Urban Water Journal*, 7(1), 47-59. doi: 10.1080/15730620903447597
3. Ana, E. V., Bauwens, W., Pessemier, M., Thoeve, C., Smolders, S., Boonen, I., & De Gueldre, G. (2009). An investigation of the factors influencing sewer structural deterioration. *Urban Water Journal*, 6(4), 303-312. doi: 10.1080/15730620902810902
4. Arkes, H. R. (2001). Overconfidence in judgmental forecasting. In J. S. Armstrong (Ed.), *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners* (pp. 495-516). Boston USA: Kluwer Academic.
5. Ashley, R., & Hopkinson, P. (2002). Sewer systems and performance indicators--into the 21st century. *Urban Water*, 4(2), 123-135. doi: 10.1016/s1462-0758(02)00010-9
6. Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of complex systems*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
7. Bargh, J. A., & Chartrand, T. L. (1999). The unbearable automaticity of being. *American psychologist*, 54(7), 462-479. doi: 10.1037/0003-066X.54.7.462
8. Baur, R., & Herz, R. (2002). Selective inspection planning with ageing forecast for sewer types. *Water Science & Technology*, 46(6-7), 389-396.
9. Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, USA: MIT Press.
10. CBS. (2009). *Demografische kerncijfers per gemeente 2009* (pp. 68). Den Haag en Heerlen.
11. CBS. (2012). *Statline* (Online database). <http://statline.cbs.nl/>
12. CEN, European Committee for Standardization. (2008). *EN 752 Drain and sewer systems outside buildings*. Brussels, Belgium.
13. Chughtai, F., & Zayed, T. (2008). Infrastructure condition prediction models for sustainable sewer pipelines. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 22(5), 333-341. doi: 10.1061/(ASCE)0887-3828(2008)22:5(333)
14. Clemens, F. H. L. R. (2002). *Hydrodynamic models in urban drainage: application and calibration*. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
15. De Bruijn, H., & Herder, P. M. (2009). System and actor perspectives on sociotechnical systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 39(5), 981-992. doi: 10.1109/tsmca.2009.2025452
16. De Leeuw, A. C. J. (1974). *Systeemleer en organisatiekunde. Een onderzoek naar mogelijke bijdragen van de systeemleer tot een integrale organisatiekunde*. PhD, Eindhoven University of Technology, H.E. Stenfert Kroese b.v., Leiden, The Netherlands.
17. Dirksen, J., Baars, E. J., Langeveld, J. G., & Clemens, F. H. L. R. (2012). Settlement as a driver for sewer rehabilitation. *Water Science and Technology*, 66(7), 1534-1539. doi: 10.2166/wst.2012.347
18. Dirksen, J., Clemens, F. H. L. R., Korving, H., Cherqui, F., Le Gauffre, P., Ertl, T., . . . Sntarse, C. T. M. (2013). The consistency of visual sewer inspection data. *Structure and Infrastructure Engineering*, 9(3), 214-228. doi: 10.1080/15732479.2010.541265
19. Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of advanced nur-*

sing, 62(1), 107-115. doi: 10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x

20. Ericsson, K. A. (2006). The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 683-703). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
21. European Committee for Standardization (CEN). (2003). EN 13508-2 Conditions of drain and sewer systems outside buildings - Part 2: Visual inspection coding system.
22. Ferreira, F., Matos, J., Galvão, A., & Cardoso, M. (2011). Assessing the environmental performance of urban wastewater systems using the INSA model: Application to the Algés-Alcântara wastewater system, in Portugal. *Journal of Environmental Management*, 92(11), 2944-2952. doi: 10.1016/j.jenvman.2011.07.007
23. Gobet, F., & Chassy, P. (2009). Expertise and intuition: A tale of three theories. *Minds and Machines*, 19(2), 151-180.
24. Gough, J. D., & Ward, J. C. (1996). Environmental Decision-Making and Lake Management. *Journal of Environmental Management*, 48(1), 1-15. doi: 10.1006/jema.1996.0063
25. Hogarth, R. M. (2001). *Educating intuition*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
26. Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288. doi: 10.1177/1049732305276687
27. Johansen, N. B., Sørensen, S., Jacobsen, C., Adeler, O. F., & Breinholt, A. (2007). Risk assessment of Sewer Systems. Paper presented at the 7th International Conference - Sustainable techniques and strategies in urban water management, Lyon, France.
28. Jung, C. G. (1928). Psychological types. In C. L. Cooper & L. A. Pervin (Eds.), *Personality: Critical concepts in psychology* (pp. 28-39). London, UK: Routledge & Kegan Paul.
29. Kahneman, D., & Klein, G. (2009). Conditions for intuitive expertise: a failure to disagree. *American Psychologist*; *American Psychologist*, 64(6), 515. doi: 10.1037/a0016755
30. Klein, G. (1989). Recognition-primed decisions. In W. B. Rouse (Ed.), *Advances in Man Machine Systems Research* (Vol. 5, pp. 47-92). Greenwich, USA: JAI Press.
31. Klein, G. (2008). Naturalistic decision making. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 456-460. doi: 10.1518/001872008X288385
32. Korving, H. (2004). Probabilistic Assessment of the Performance of Combined Sewer Systems. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
33. Korving, H., Langeveld, J. G., Palsma, A. J., & Beenen, A. S. (2007). Uniform registration of failures in wastewater systems (SUF-SAS). Paper presented at the NOVATECH 2007, Lyon, France.
34. Krippendorff, K. (2004). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. Thousand Oaks, USA: SAGE Publications.
35. Le Gauffre, P., Joannis, C., Vasconcelos, E., Breyse, D., Gibello, C., & Desmulliez, J. (2007). Performance Indicators and Multicriteria Decision Support for Sewer Asset Management. *Journal of Infrastructure Systems*, 13(2), 105-114. doi: doi:10.1061/(ASCE)1076-0342(2007)13:2(105)
36. Marzouk, M., & Omar, M. (2012). Multiobjective optimisation algorithm for sewer network rehabilitation. *Structure and Infrastructure Engineering*, 1-9. doi: 10.2166/wst.2012.347
37. Mintzberg, H. (1980). Structure in 5's: A Synthesis of the Research on Organization Design. *Management science*, 322-341.
38. Oomens, A. (1992). *Rioleringsbeheer: het structureren van het beheerproces aan de hand van de voorwaarden voor effectieve besturing*. PhD, Delft University of Technology.
39. Orasanu, J., & Connolly, T. (1993). The reinvention of decision making. In G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision making in action: models and methods*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
40. Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1988). Adaptive Strategy Selection in Decision Making. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(3), 534-552.

41. Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy sciences*, 4(2), 155-169. doi: 10.1007/BF01405730
42. Sægrov, S. (2006). *Computer Aided Rehabilitation of sewer and storm water networks*. London, UK: IWA Publishing.
43. Simon, H. A. (1947). *Administrative Behavior, a Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. New York, USA: The Macmillan Co.
44. Simon, H. A. (1983). *Reason in Human Affairs*. Stanford, California: Stanford University Press.
45. Simon, H. A. (1992). What is an "explanation" of behavior? *Psychological Science*, 3(3), 150-161. doi: 10.1111/j.1467-9280.1992.tb00017.x
46. Skitka, L. J., Mosier, K. L., & Burdick, M. (1999). Does automation bias decision-making? *International Journal of Human-Computer Studies*, 51(5), 991-1006. doi: 10.1006/ijhc.1999.0252
47. Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2004). Risk as analysis and risk as feelings: Some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. *Risk analysis*, 24(2), 311-322. doi: 10.1111/j.0272-4332.2004.00433.x
48. Stichting RIONED. (2009). *Riool in cijfers* (pp. 45). Ede.
49. Stone, S. L., Dzuray, E. J., Meisegeier, D., Dahlborg, A. S., Erickson, M., & Tafuri, A. N. (2002). *Decision-support tools for predicting the performance of water distribution and wastewater collection systems*. Cincinnati, USA: US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development.
50. Thissen, W. A. H., & Oomens, A. J. (1991). *Systems Engineering for Sewer Management*. Paper presented at the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 'Decision Aiding for Complex Systems', 1991.
51. Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157), 1124-1131. doi: 10.1126/science.185.4157.1124
52. Westmacott, S. (2001). Developing decision support systems for integrated coastal management in the tropics: is the ICM decision-making environment too complex for the development of a useable and useful DSS? *Journal of Environmental Management*, 62(1), 55-74. doi: 10.1006/jema.2001.0420
53. Zsombok, C. E., & Klein, G. A. (1997). *Naturalistic decision making*. Mahwah, USA: L. Erlbaum Associates.