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

Bedrijfstakonderzoek
BTO 2023.070 | December 2023

Zicht op aansluitelingen

Is een indeling in cohorten mogelijk?

Rapport

Zicht op aansluitleidingen, Is een indeling in cohorten mogelijk?

BTO 2023.070 | December 2023

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045.356

Projectmanager

I. (Ina) Vertommen MSc

Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Distributie

Auteur(s)

Ir. R.H.S. (Ralph) Beuken, Dr. Ir. A. (Amitosh) Dash, A.(Aulia) Galama-Tirtamarina MSc

Kwaliteitsborger(s)

Dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Keywords

Assetmanagement, aansluitleidingen, vervanging, storingsregistratie

Jaar van publicatie
2023

Meer informatie
Ralph Beuken
T +31 (0)30 60 69 758
E ralph.beuken@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

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

KWR

December 2023 ©

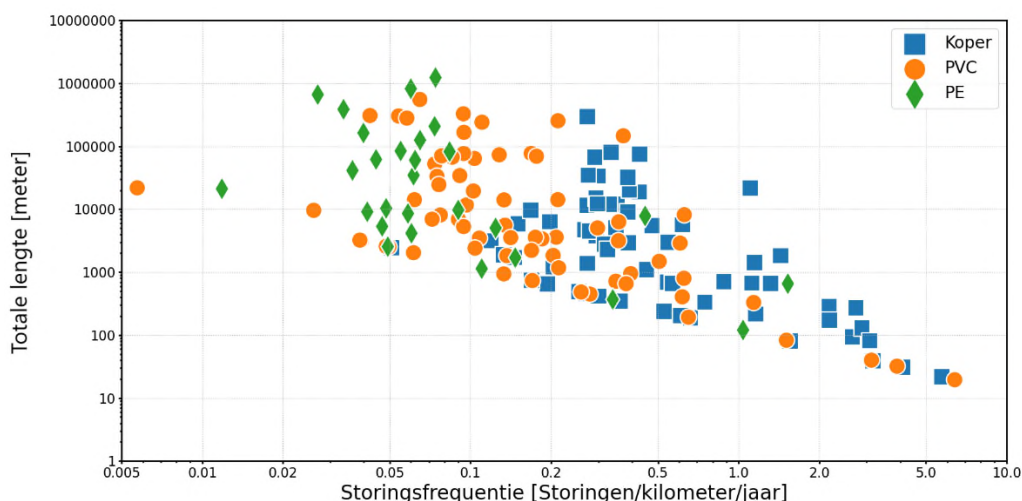
Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen,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

Managementsamenvatting

Aansluitleidingen krijgen weinig aandacht als assetgroep en veroorzaken relatief weinig problemen, maar monitoring is aanbevolen vanwege de grote omvang van de groep

Auteur(s) Ir. R.H.S. (Ralph) Beuken, Dr. Ir. A. (Amitosh) Dash, A. (Aulia) Galama-Tirtamarina MSc.

Aansluitleidingen krijgen beperkt aandacht in het assetmanagementbeleid van drinkwaterbedrijven en in het BTO. Het huidige functioneren van aansluitleidingen geeft daartoe ook geen aanleiding. Omdat de gezamenlijke omvang en vervangingswaarde van aansluitleidingen aanzienlijk is, is het van belang om deze assetgroep beter in het vizier te krijgen. Daarom is kennis over aansluitleidingen bijeengebracht en zijn aanbevelingen geformuleerd als het vervangingsbeleid meer structureren, door uniforme registratie van storingen beter inzicht krijgen in het functioneren van aansluitleidingen en slecht presterende groepen identificeren.



Combinaties aansluitleidingen van aanlegjaar en diameter, uitgetzet als lengte versus de spontane storingsfrequentie.

Belang: meer inzicht in conditie van de 6,5 miljoen aansluitleidingen gevraagd

Aansluitleidingen krijgen als asset relatief weinig aandacht. Als ze falen, levert dat meestal maar overlast op voor één klant. De omvang van de assetgroep aansluitleidingen is echter aanzienlijk: de bij het BTO aangesloten drinkwaterbedrijven hebben samen naar schatting 6,5 miljoen technische aansluitingen; de geschatte vervangingswaarde voor de Nederlandse bedrijven is 9,5 miljard euro. Daarom heeft de BTO-themagroep Distributie in het Zesjarenplan van 2018 de wens uitgesproken meer zicht te krijgen op aansluitleidingen en te onderzoeken of kennis over de technische

levensduur van aansluitleidingen kan leiden tot een beter assetmanagement van aansluitleidingen.

Aanpak: literatuur, praktijk, en storingsdata in perspectief geplaatst

Eerder is in BTO-verband voor transport- en distributieleidingen een generieke cohortindeling vastgesteld, met daaraan gekoppelde levensduurverdelingen. Om te onderzoeken of het mogelijk is ook voor aansluitleidingen een dergelijke indeling op te stellen, is eerst gekeken naar de bestaande literatuur over de levensduur van aansluitleidingen. Zowel nationaal als internationaal blijkt maar zeer beperkt literatuur beschikbaar. Verder is de drinkwaterbedrijven een vragenlijst

voorgelegd over de eigenschappen en het beheer van hun aansluitleidingen om witte vlekken in het assetbeheer van aansluitleidingen te identificeren. Daarnaast zijn storingsgegevens geanalyseerd van Brabant Water en zijn praktijkervaringen verzameld via een workshop met experts van meerdere drinkwaterbedrijven.

Resultaten: geen sprake van urgentie ...

Uit de reacties van de drinkwaterbedrijven en de geanalyseerde gegevens blijkt dat de kennis over het functioneren van aansluitleidingen beperkt is. Gegevens van de verschillende bedrijven zijn onder andere door verschillen in de gebruikte definities en uitgangspunten niet goed vergelijkbaar. Informatie over het aanlegjaar en de ligging van aansluitleidingen is minder goed bekend dan bij distributieleidingen. Daarom is het op dit moment niet mogelijk om te komen tot een generieke cohortindeling van aansluitleidingen zoals als bij transport- en distributieleidingen.

De dominante leidingmaterialen in aansluitleidingen zijn koper, PVC en PE. Kijkend naar de storingen bij Brabant Water blijkt dat koper gemiddeld drie keer zo vaak stoort als PVC en zes keer zo vaak als PE. Deze gegevens van Brabant Water laten ook zien dat bepaalde groepen aansluitleidingen (combinaties van materiaal, aanlegperiode en diameter) zijn te identificeren die bovengemiddeld vaak storen. De grootte van die vaker storende groepen blijkt bij Brabant Water beperkt te zijn.

Het vervangen van aansluitleidingen is meestal niet gekoppeld aan het functioneren van aansluitleidingen zelf, maar vooral aan initiatieven van derden of het eigen initiatief om een distributieleiding te vervangen. Bedrijven kunnen dan 'meegaan' met het vervangen van aansluitleidingen. Mochten deze initiatieven zich voordoen, dan worden aansluitleidingen meestal alleen vervangen als zij van een ongewenst materiaal zijn, een kleine diameter hebben die aanleiding kan zijn voor drukproblemen of meerdere woningen voorzien (zogenoemde meervoudige aansluitingen). Deze besluitvorming leidt tot een laag vervangingspercentage. Gemiddeld wordt jaarlijks

0,33% van de aansluitingen vervangen. Hoewel per kilometer leiding het aantal storingen hoger is dan bij distributieleidingen, is het effect van die storingen meestal beperkt tot één woning. Storingen op aansluitleidingen dragen daarom maar beperkt bij aan de ongeplande OLM (ondermaatse leveringsminuten). Daarnaast is een aanzienlijk deel van de storingen terug te voeren op problemen met een hoofdkraan, wat in de regel eenvoudig kan worden gerepareerd en dus geen algehele vervanging vereist.

Toepassing: ... maar meer aandacht is gewenst

Op dit moment lijken aansluitleidingen geen probleem te vormen, op enkele specifieke groepen na. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de relatief lage OLM. Dat kan gezien worden als een rechtvaardiging van het relatief lage vervangingspercentage. Omdat de totale vervangingswaarde van deze assetgroep aanzienlijk is, bevelen de onderzoekers wel aan het functioneren van deze assetgroep te monitoren. Bij voorkeur door (1) op bedrijfsniveau te komen tot uniformering van het vervangingsbeleid en bijvoorbeeld specifieke prioritaire groepen aan te wijzen die bij gelegenheid vervangen dienen te worden. Daarnaast dienen criteria te worden opgesteld om vast te stellen wanneer de risico's van niet-meegaan onaanvaardbaar hoog zijn en wanneer niet-meegaan tot kostenvoordelen leidt.

Verder wordt aanbevolen om gericht kennis op te bouwen over het presteren van groepen aansluitleidingen. Een eerste stap hierin is het verbeteren van de datakwaliteit, met name het ontbreken van jaar van aanleg en ligging. Tevens zal een systeem van storingsregistratie bedrijven helpen de prestatie van groepen aansluitleidingen te monitoren. In een eerder onderzoek is door Moerman en Dilven een voorstel gedaan voor een uniform systeem van storingsregistratie dat hiervoor als startpunt kan dienen.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Zicht op aansluitleidingen, Is een indeling in cohorten mogelijk?* (BTO-2023.070).

Inhoud

Rapport	2
<i>Managementsamenvatting</i>	1
Inhoud	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doel	3
1.3 Aanpak en leeswijzer	4
2 Inventarisatie aansluitleidingen en vervangingsbeleid	5
2.1 Definitie aansluitleiding	5
2.2 Aantallen en lengten aansluitleidingen	6
2.3 Omvang vervangingen van aansluitleidingen	7
2.4 Overwegingen voor het vervangen van aansluitleidingen	8
2.5 Kosten vervanging	10
2.6 Registratie van storingen en conditieonderzoek	10
2.7 Kennisbehoefte voor het beter onderbouwen van vervangingsbeslissingen	12
2.8 Reflectie op reacties van drinkwaterbedrijven	13
3 Literatuur	14
3.1 Kiwa Mededeling Nummer 5	14
3.2 Schadeonderzoek naar messing appendages	14
3.3 DPW-onderzoek naar storingen op aansluitleidingen	15
3.4 Permeatie van benzeen van gaslekken naar leidingen	16
4 Kennis aansluitleidingen op basis van data	17
4.1 Doel en aangeleverde data	17
4.2 Analyse voor vier bedrijven	17
4.2.1 Toegepast leidingmateriaal	17
4.2.2 Leidingmateriaal en leeftijd	18
4.2.3 Storingsgedrag	19
4.3 Aanvullende analyse gegevens van Brabant Water	21
4.3.1 Ontwikkeling aansluitleidingen als gevolg van aanleg en vervanging	21
4.3.2 Storingsgedrag van groepen aansluitleidingen op basis van materiaal, leeftijd en diameter	23
4.3.3 Storingsgedrag op basis van oorzaak, assettype en verschijningsvorm	24

4.4	Synthese	28
5	Van data-analyse naar assetmanagementvragen	29
5.1	Storingen per lengte eenheid of per aantal aansluitingen	29
5.2	Assetmanagementbeleid aansluitleidingen bij Brabant Water	30
5.3	Datagedreven groepenindeling	32
5.4	Selecteren van aansluitingen voor vervanging	35
5.5	Effecten van falen	40
5.6	Assetmanagementvragen voor aansluitleidingen	40
6	Zicht op aansluitleidingen, een beschouwing en aanbevelingen	42
6.1	Het belang van aansluitleidingen	42
6.2	Het functioneren van aansluitleidingen	43
6.3	Vervangingsbeleid en uitvoering	43
6.4	Aanbeveling 1: uniformiteit in vervangingsbeleid	45
6.5	Aanbeveling 2: kennisopbouw	46
6.6	Bedrijfsparagraaf	47
7	Literatuur	49
I	KWR 2016.110: Registratieprotocol storingen van aansluitingen	50
II	Vragenlijsten over aansluitleidingen	52
III	Aangeleverde storingsgegevens Brabant Water	53
IV	Gegevens aansluitleidingen Brabant Water	56
V	Groepen op basis van storingsfrequentie	59

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Aansluitleidingen zijn een assetgroep die bij drinkwaterbedrijven en in het distributie-onderzoek van het BTO relatief weinig aandacht krijgen. Het vervangen van loden aansluitleidingen was een van de weinige aanleidingen voor verhoogde aandacht. In het Zesjarenplan van de themagroep distributie wordt de vraag gesteld, hoe drinkwaterbedrijven met deze assetgroep om moeten gaan (Laarhoven, 2023). In het algemeen kan gezegd worden dat aansluitleidingen relatief weinig problemen opleveren en als er falen optreedt beperkt de overlast zich in de meeste gevallen tot één klant. Als we echter de totale omvang van de aansluitleidingen beschouwen dan zien we dat het aantal aansluitleidingen groot is en dat daardoor de bijbehorende totale vervangingsopgave ook groot is. Nederlandse drinkwaterbedrijven hebben 8.429.000 administratieve aansluitingen¹ (Vewin, 2022) en De Watergroep heeft er 1.473.000 (De Watergroep, 2022). De totale lengte van de aansluitleidingen in Nederland is geschat op circa 59.000 km (zie paragraaf 2.1). Dit komt overeen met de helft van de totale lengte van het transport- en distributienetwerk. Bij een gemiddelde vervangingswaarde van €1.220 per aansluiting bedraagt de totale vervangingsomvang in Nederland 9,5 miljard € (zie paragraaf 2.5). Dit komt overeen met ongeveer een derde van de geschatte vervangingswaarde van het transport- en distributienet (geschat op 30 miljard €). Vanuit financieel oogpunt is het daarom verstandig om meer kennis over (falen van) aansluitleidingen op te doen.

In het BTO wordt al decennia onderzoek gedaan naar de conditie, de faalkans en de restlevensduur van transport- en distributieleidingen. Aansluitleidingen hebben enige aandacht gekregen in het DPW-onderzoek (onderzoek voor Dunea, PWN en Waternet) van 2016. Moerman (2016) onderzocht de beschikbaarheid van informatie over storingen van aansluitleidingen en constateerde dat een vergelijking van storingen tussen bedrijven niet goed mogelijk was door beperkte uniformiteit en incomplete data. In een vervolgonderzoek constateerden Moerman en Dilven (2016) dat het vervangen van aansluitingen vooral gebeurde naar aanleiding van lekkages, drukproblemen en geur- of smaakklachten. Moerman en Dilven hebben een uniform registratieprotocol opgesteld om kennis op te bouwen waarmee drinkwaterbedrijven betere beslissingen kunnen nemen over het vervangen van aansluitingen (zie Bijlage I).

Drinkwaterbedrijven geven aan dat aansluitleidingen een grote diversiteit hebben aan materialen, diameters en uitvoerings- en registratiewijzen. Storingen worden geregistreerd, waarbij elk bedrijf zijn eigen methodiek volgt. Een algemeen gevoel dat bij medewerkers van drinkwaterbedrijven leeft, is dat het vervangingspercentage aansluitleidingen vergeleken met distributieleidingen relatief laag is. Om zicht te kunnen houden op de conditie van deze assetgroep en om toekomstige investeringen tijdig te kunnen signaleren is meer kennis noodzakelijk over aansluitleidingen in het algemeen, het faalgedrag van de belangrijkste componenten en de restlevensduur.

1.2 Doel

Gezien de omvang van de assetgroep aansluitleidingen is het wenselijk meer kennis te genereren over het functioneren om zo beter onderbouwde assetmanagementbeslissingen te kunnen nemen. Het doel van dit project is bestaande kennis over aansluitleidingen bijeen te brengen, kennislacunes te identificeren en aanbevelingen te doen voor effectieve en efficiënte vervolgcacties. Een bijkomende vraag bij dit onderzoek is of het mogelijk is om cohorten op te stellen van aansluitleidingen, waarmee net als bij transport- en distributieleidingen

¹ Zie paragraaf 2.1 voor een toelichting op het begrip administratieve aansluiting.

levensduurverdelingen (driehoeksverdelingen) kunnen worden opgesteld zoals beschreven in Beuken en Mesman (2015).

1.3 Aanpak en leeswijzer

Voor aansluitleidingen geldt dat er in het algemeen weinig informatie beschikbaar is en dat het uitvoeren van conditiemetingen niet kostenefficiënt is. De meeste kennis zal komen van storingsdata, schadeonderzoek en ervaringen van experts. Nog meer dan dat geldt bij distributieleidingen, speelt de vraag hoe de beperkt beschikbare informatie zo effectief mogelijk in te zetten. In dit rapport wordt met het begrip aansluitleiding de fysieke aansluiting (van dienstkraan tot en met de hoofdkraan) genoemd en niet de administratieve aansluiting. Zie paragraaf 2.1 voor de definitie.

Het begrip cohort is afkomstig uit de statistiek dat veel wordt toegepast in demografische of epidemiologische analyses. Een cohort² is een groep individuen die een gemeenschappelijk kenmerk of ervaring delen binnen een bepaalde tijdsperiode. Door het bestuderen van cohorten, krijgt men inzicht hoe een bepaalde groep zich gedraagt over de tijd. In dit rapport wordt het begrip cohort toegepast op groepen leidingen van een bepaald materiaal die zijn aangelegd in een gedefinieerde periode. De vraag die dan gesteld moet worden is of er voor een cohort een betrouwbare en eenduidige uitspraak kan worden gedaan over de restlevensduur en het te verwachten storingsgedrag. Voor andere indelingen van aansluitleidingen, zoals op basis van storingsfrequenties, wordt het begrip groep aangehouden.

Om een overzicht te krijgen van de aansluitleidingen bij drinkwaterbedrijven en het bijbehorende assetmanagementbeleid zijn twee vragenlijsten verstuurd (zie Bijlage II). De eerste vragenlijst was algemeen inventariserend van aard en werd verstuurd bij het opstellen van het projectplan. De tweede lijst betrof een verdere verdieping met oog op faalkansen en vervangingsbeleid. De resultaten zijn besproken in een workshop (van 5-7-2023) over aansluitingen met experts van drinkwaterbedrijven. In Hoofdstuk 2 zijn de reacties van drinkwaterbedrijven op de vragenlijsten beschreven en zijn de bevindingen besproken.

Er heeft een beperkte literatuurstudie plaatsgevonden naar eigenschappen die de conditie van aansluitleidingen beschrijven, zie Hoofdstuk 3. In tegenstelling tot distributieleidingen is er relatief weinig literatuur beschikbaar over aansluitleidingen. De beschikbare literatuur is afkomstig uit het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten en heeft beperkte betekenis voor Nederlandse en Vlaamse drinkwaterbedrijven. Dit komt doordat de toegepaste leidingmaterialen (meer metalen leidingen) en de liggingssituatie (het overdrachtpunt is meestal op de perceelgrens) sterk verschillen.

In hoofdstuk 4 is een analyse beschreven van data over aansluitleidingen en storingen van Brabant Water. Brabant Water registreert storingen vanaf 2014 op uniforme wijze en baseert haar assetmanagementbeslissingen op deze data. Deze data is waar mogelijk vergeleken met data van Dunea, PWN en Waternet uit het DPW-onderzoek van Moerman (2016). Het doel van deze analyse is om kennis te ontsluiten uit deze storingsgegevens en na te gaan of deze als basis kan dienen voor cohortvorming. Voor een beschrijving van de uitgevoerde data-analyse van de gegevens van Brabant Water wordt verwezen naar Bijlage III.

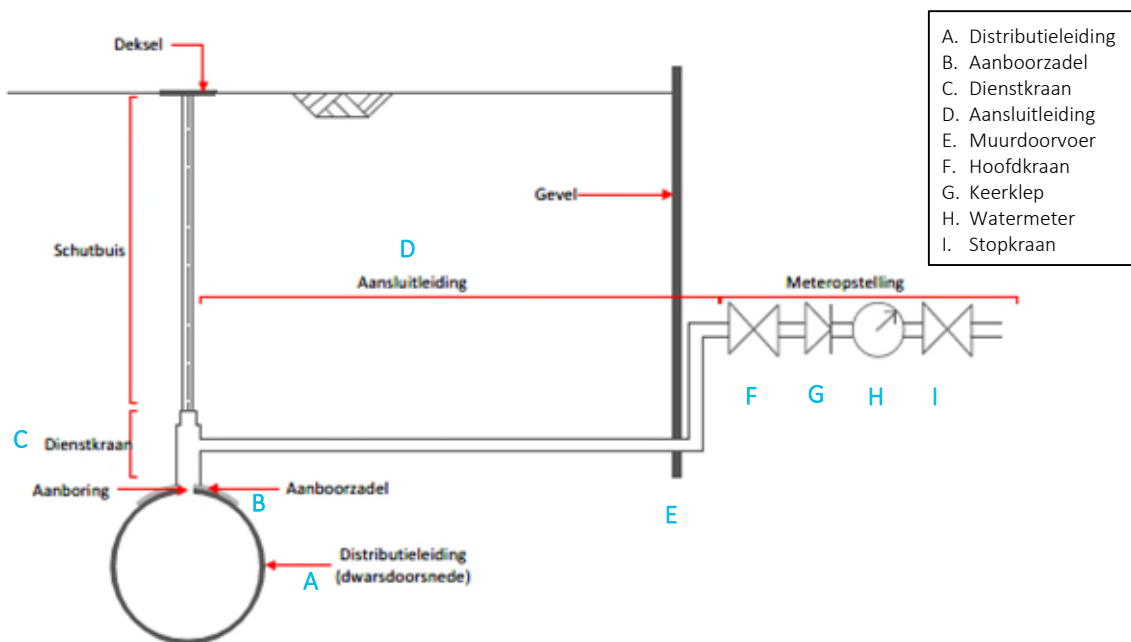
In hoofdstuk 5 wordt een voorbeeld uitgewerkt hoe data kan worden ingezet voor onderbouwing van besluitvorming over het vervangen van aansluitleidingen. Deze uitwerking is mede gebaseerd op de gevoerde discussie in de workshop van 5-7-2023. Hoofdstuk 6 bevat een beschouwing over hoe drinkwaterbedrijven om kunnen gaan met aansluitleidingen. Literatuurverwijzingen zijn opgenomen in hoofdstuk 7.

² Beschrijving afkomstig van https://en.wikipedia.org/wiki/Cohort_study

2 Inventarisatie aansluitleidingen en vervangingsbeleid

2.1 Definitie aansluitleiding

Voor de duiding van dit onderzoek is het van belang onderscheid te maken tussen de begrippen aansluitleiding en aansluiting. Vewin definieert een aansluiting volgens de VEWIN Model Aansluitvoorwaarden Drinkwater 2011 (VEWIN, 2011) als: 'de leiding van het bedrijf die de drinkwaterinstallatie met de hoofdleiding verbindt, met inbegrip van de meetinrichting en alle andere door of vanwege het bedrijf in of aan die leiding aangebrachte apparatuur, meterput zoals dienstkraan, hoofdkraan, keerklep, begrenzer'. Vewin betreft in het begrip aansluiting dus ook de meetinrichting. Drinkwaterbedrijven onderscheiden twee typen aansluitingen, namelijk administratieve en fysieke aansluitingen. Administratieve aansluitingen hebben betrekking op het aantal verbruiksadressen waaraan drinkwater wordt geleverd en die een rekening ontvangen. Fysieke aansluitingen hebben betrekking op de aansluitleiding en bijbehorende appendages. Bijvoorbeeld in het geval van appartementsgebouwen kan één fysieke aansluiting meerdere administratieve aansluitingen bevatten. Moerman (2016) geeft de aansluiting visueel weer in Figuur 1, waarbij de aansluitleiding dus specifiek de leiding is tussen dienstkraan en hoofdkraan.



Figuur 1 Schematische weergave distributieleiding (dwarsdoorsnede), aansluitleiding en de bijbehorende appendages en onderdelen. De tekening is niet op schaal (bron: Moerman, 2016)

Uit de vragenlijst blijkt dat drinkwaterbedrijven verschillende definities van aansluitleidingen hanteren. Van de acht bedrijven die hierop een reactie gaven, definiëren er vier (Brabant Water, De Watergroep, Oasen en Waterbedrijf Groningen) een aansluitleiding als die onderdelen vanaf de dienstkraan tot aan de hoofdkraan (traject C-F). PWN en WML definiëren dit als vanaf het aanboorzadel tot en met de watermeter (traject B tot I). Evides hanteert eenzelfde definitie, maar geeft tevens aan dat deze niet bedrijfsbreed wordt gehanteerd. De definitie van aansluitleiding volgens Dunea is de leiding vanaf de distributieleiding tot aan de watermeter (traject B tot H) of tot keerklep bij flats (traject B tot G). De gehanteerde definities van de drinkwaterbedrijven zijn dus verschillend en de

verschillen zitten in het wel of niet meenemen van het aanboorzadel en de watermeteropstelling. Dit kan invloed hebben op bij het onderling vergelijken van bijvoorbeeld de storingsen en kosten van aansluitleidingen.

Dit project richt zich op aansluitleidingen vanaf het aanboorzadel tot en met de hoofdkraan, anders gezegd vanaf punt C tot direct voor G. Opgemerkt wordt dat in de storingsregistratie volgens USTORE, storingsen aan het aanboorzadel (B) niet worden toegekend aan distributieleidingen. Daarmee vallen aanboorzadels buiten de storingsregistratie van zowel distributie- als aansluitleidingen.

Voor wat betreft de ligging van de aansluitleiding zijn er drie situaties te onderscheiden:

- in publieke (openbare) grond;
- in grond in privaat eigendom, bijvoorbeeld in tuinen van eigenaren;
- in een gebouw, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen gebouwen waarbij het drinkwaterbedrijf geen directe toegang heeft (zoals in particuliere woningen) en gebouwen waarbij het drinkwaterbedrijf wel directe toegang heeft (zoals kan voorkomen in appartementen of bij grote verbruikers).

2.2 Aantallen en lengten aansluitleidingen

De bedrijven is gevraagd naar het aantal en de totale lengte van aansluitleidingen. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 1. Van Vitens zijn geen gegevens over de aantallen verkregen. De overige tien bedrijven gaven op in totaal van 5.648.000 te hebben. In Tabel 1 zijn voor de Nederlandse bedrijven ook de aantallen administratieve aansluitingen opgenomen (per ultimo 2020), zoals vermeld in de Waterleidingstatistiek (Vewin, 2022). Op basis van de verhouding aansluitleidingen en administratieve aansluitingen is een schatting gemaakt van het aantal aansluitleidingen van Vitens. Op basis van deze schatting is het aantal fysieke aansluitingen in Nederland geschat op 6.379.000 en inclusief de Watergroep op 7.667.000.

Tabel 1 Aantal aansluitleidingen, totale lengte en gemiddelde lengte per aansluitleiding

Bedrijf	Aantal fysieke aansluitingen *1000	aantal Adm. aansluitingen *1000	Verhouding	Lengte aansluitleidingen (m)	Gemiddelde lengte (m/aansluiting)
Brabant Water	1.082	1.246	0,87	8.964.447	8,3
De Watergroep	1.288			11.592.000	9,0
Dunea	447	644	0,69	3.300.000	7,4
Evides	662	1.104	0,60	4.765.000	7,2
Oasen	234	362	0,65		
PWN	717	824	0,87	6.381.522	8,9
Vitens	**2.019	2.668			
WbG	297	294	1,01	2.914.000	9,8
Waternet	200	528	0,38		
WMD	205	206	1,00	3.180.000	15,5
WML	515	554	0,93	5.686.480	11,0
Alle bedrijven	** 7.667			** 59.269.000	9,3
Alle bedrijven NL	** 6.379	8.429	0,76	** 71.236.000	

** Geschatte waarde

De verhouding tussen fysieke en administratieve aansluitingen verschilt sterk. Bij Waternet, het meest stedelijke drinkwaterbedrijf is dit 0,38, wat betekent dat er meerdere woningen zijn aangesloten op één aansluitleiding. Voor Dunea en Evides, die overwegend stedelijk zijn, is deze waarde respectievelijk 0,69 en 0,60. Bij overwegend landelijke bedrijven, zoals WbG, WMD en WML, benadert de verhouding de waarde 1.

De gemiddelde lengte per bedrijf bedraagt 9,3 m/aansluiting (Tabel 1, op basis van acht bedrijven). Grotendeels stedelijke bedrijven zoals Dunea en Evides hebben gemiddeld kortere aansluitingen (ca. 7 m/aansluiting) dan grotendeels landelijke bedrijven (10-15 m/aansluiting). Op basis van de gemiddelde lengte per aansluiting en het totaal aantal fysieke aansluitingen, is de totale lengte van alle aansluitleidingen in Nederland geschat op 59.000 km en inclusief de Watergroep op 71.000 km.

2.3 Omvang vervangingen van aansluitleidingen

Tabel 2 geeft schattingen van bedrijven over het jaarlijks aantal vervangen aansluitleidingen in de laatste drie à vijf jaar. Gemiddeld worden jaarlijks 0,33% van de aansluitleidingen vervangen, met een maximum van 0,81% (Waternet) en een minimum van 0,06% (Dunea).

Tabel 2 Vervanging per jaar, in de laatste drie à vijf jaar

Bedrijf	Aantal aansluitingen * 1000	Geschatte vervangingen per jaar	%	Info van bedrijf
Brabant Water	1.082	3500	0,32%	Gemiddeld 2015-2019
De Watergroep	1.288	4000	0,31%	
Dunea	447	250	0,06%	250 loden aansluitleidingen zijn per jaar vervangen
Evides	662	4000	0,60%	Indicatief circa 2019 (4900), 2020 (4200) en 2021 (2600). Gedurende 2021 zijn er minder door beperkingen als gevolg van Corona
Oasen	234	406	0,17%	Gemiddeld 2009-2021, alleen in combi met hoofdleiding
PWN	717	2000	0,28%	
Vitens	**2.019	4500		
Waterbedrijf Groningen	297	1500	0,51%	
Waternet	200	1621	0,81%	
WMD	205	200	0,10%	
WML	515	3000	0,58%	Gemiddeld tot 5 jaar geleden en ambitie (tussen 2020 - 2022 afgenomen naar 600 -1500 aansluitleidingen)
Alle bedrijven	** 7.667	20977	0,33%	

** Geschatte waarde

Gevraagd is hoeveel aansluitingen men wenselijk acht om jaarlijks te vervangen. De antwoorden moeten vooralsnog gezien worden als zijnde inschattingen van experts. Zij geven aan dat een toename wenselijk is, maar dat dit wordt bemoeilijkt door beperkingen van het beschikbare budget en de capaciteit van aannemers en eigen personeel. De volgende antwoorden zijn relevant te melden, waarbij een beeld naar voren komt waarbij men voor de komende jaren denkt aan een verdubbeling van het aantal vervangingen:

- Brabant Water: een toename van 3500 naar 4800 per jaar (december 2023: huidig aantal is 5100 per jaar);
- De Watergroep: een toename van 4000 naar 10.000 per jaar in 2028;
- Dunea: een toename naar 4500 per jaar in 2040;
- Evides: van 4.000 naar 5.000-10.000 per jaar;
- PWN: van 2.000 naar 9.000 per jaar;
- Vitens: 4500 per jaar lijkt nu voldoende maar op langere termijn zal een hoger aantal nodig zijn;
- WML: van 3.000 naar 4.000-6.000 per jaar.

Zoals hierboven aangegeven verwachten alle experts dat het volume aan vervangingen van aansluitleidingen aanzienlijk zal toenemen, maar door het ontbreken van kennis over de veroudering en levensduur van aansluitleidingen vinden zij het lastig om vervangingsinvesteringen te onderbouwen. Tijdens de workshop van 5 juli 2023 werd aangegeven dat gasbeheerders in het kader van hun brosse aansluitleidingen, een vervangingstempo hanteren dat drinkwaterbedrijven niet altijd bij kunnen houden.

2.4 Overwegingen voor het vervangen van aansluitleidingen

Tabel 3 laat de redenen zien van vervanging van aansluitleidingen per waterbedrijf. De meest genoemde redenen voor het vervangen van aansluitleidingen zijn een te kleine diameter of een slechte conditie.

Tabel 3 Redenen van vervanging van aansluitleidingen

Reden vervanging		Drinkwaterbedrijven									
Te kleine diameter	8										
Slechte conditie	8										
Te veel storingen	4										
Ongewenst materiaal	7										
Te hoge leeftijd	2										
overig	8										

Bedrijven hanteren lijsten met ongewenste materialen en/of ongewenste diameter die worden vervangen als zich een mogelijkheid voordoet, zoals het vervangen van een distributieleiding. PWN hanteert hier bij koper en PE ook criteria voor de periode van aanleg. Het overzicht in Tabel 4 laat overeenkomsten en verschillen zien.

Tabel 4 Overzicht van typen aansluitleidingen die worden vervangen als zich een vervanging van een distributieleiding voordoet.

Materiaal	Bedrijf	Subgroep
Koper	BW, Evides, Vitens, WMD	diameter ≤ 15 mm
	Dunea	diameter ≤ 15 mm en lengte > 5 m
	Oasen, WbG	alle diameters
	PWN	voor 1995
PE	BW, Evides, Oasen, WMD	diameter ≤ 16 mm
	Dunea	diameter ≤ 16 mm en lengte > 5 m
	PWN	ZPE van voor 1960
	WbG	diameter < 25 mm
PVC	BW, Evides, WMD	diameter ≤ 16 mm
	Dunea	diameter ≤ 20 mm
	Oasen, PWN, WbG	alle diameters
	Vitens	diameter < 25 mm of in slechte staat

Aansluitleidingen die zijn vervaardigd van grijs gietijzer, staal of AC worden in de regel vervangen als zich een mogelijkheid voordoet. In het zeer incidentele geval dat (onderdelen van) loden aansluitleidingen worden aangetroffen, worden deze altijd vervangen. Ook worden in geval van een vervanging van een distributieleiding

(onderdelen van) aansluitleidingen vervangen als er appendages aanwezig zijn van een verdachte kwaliteit, zoals dienstkranen of knelkoppelingen met messing.

Brabant Water en Vitens geven aan dat als bij vervangingsprojecten van distributieleidingen meervoudige aansluitingen worden aangetroffen (die meerdere individuele woonhuizen voorzien), deze worden vervangen door enkelvoudige aansluitingen. WML geeft aan dat dit ook haar beleid is, maar dat dit door beperkte capaciteit bij aannemers niet altijd mogelijk is.

Een slechte conditie wordt door 8 bedrijven genoemd als belangrijke reden van vervangen. Er lijkt hier geen normconditie te zijn om dit aan te toetsen. Ook wordt het onderscheid tussen een slechte conditie en het optreden van een storing niet altijd gemaakt. Een te hoge storingsfrequentie werd door vier bedrijven genoemd als reden van vervanging genoemd waarbij geen van de drinkwaterbedrijven een goed gedefinieerde norm hanteert (een maximale storingsfrequentie voor een groep aansluitleidingen of een bepaald aantal storingen in een bepaald gebied).

Andere redenen die door drinkwaterbedrijven worden genoemd zijn bepaalde materiaalsoorten (bijvoorbeeld lood) en leeftijd. De Watergroep geeft aan dat aansluitleidingen worden vervangen in combinatie met de aanleg van digitale watermeters. PWN geeft aan dat 50% van de aansluitleidingen wordt vervangen vanwege werkzaamheden in de buurt. Waternet geeft als belangrijke overweging voor het vervangen van aansluitleidingen het gecombineerd vervangen van distributieleidingen. Brabant Water geeft aan dat aansluitleidingen worden vervangen in het geval er rioolwerkzaamheden plaatsvinden, met name kruisingen. De meeste vervangingen van aansluitleidingen vinden plaats in samenhang met het vervangen van distributieleidingen, zie Tabel 5. De Watergroep en Waterbedrijf Groningen geven geen percentage. Zij geven aan dat meer dan 50% van hun aansluitleidingen gezamenlijk wordt vervangen met distributieleidingen.

Tabel 5 Schattingen hoe vaak wordt meegegaan met het vervangen van distributieleidingen.

Bedrijf	Meegaan met vervangen distributieleidingen	Apart project
Brabant Water	80%	20%
Evides	90%	10%
PWN	80%	20%
Vitens	80%	20%
Waternet	60%	40%
WMD	50%	50%
WML	90%	10%

Gevraagd is of bedrijven een levensduur hanteren voor aansluitleidingen. Bedrijven antwoordden dat, in tegenstelling tot wat enkele bedrijven aangegeven in Tabel 3, leidingen niet op basis van een levensduur worden vervangen. Wel worden voor analyses over vervangingsbeleid enkele aannamen gehanteerd voor de levensduur. Brabant Water heeft hiervoor driehoeksverdelingen gemaakt, zie Figuur 2. Dunea schat de gemiddelde levensduur op 70 jaar en PWN op 80 jaar.

Cohort	t1 [jaar]	t2 [jaar]	t3 [jaar]
AL Koper 14 en 15	60	70	90
AL Koper overig	80	90	100
AL PVC 16	60	70	90
AL PVC Overig	80	90	100
AL PE 16	60	70	90
AL PE Overig	80	90	100
AL Overig	80	90	100

Figuur 2 Levensduurschattingen voor aansluitleidingen zoals verstrekt door Brabant Water op basis van driehoeksverdelingen (zie ook Beuken en Mesman, 2015).

2.5 Kosten vervanging

De kosten voor het vervangen van aansluitleidingen variëren van € 800 tot € 1600 per aansluitleiding (zie Tabel 6). De verschillen worden deels veroorzaakt door verschillende definities en berekeningswijzen. De totale kosten worden beïnvloed door de kostenposten die het bedrijf eraan toekent (vergunningen, onderzoek naar bodemverontreiniging, bestrating, enz.) en door gemaakte afspraken met aannemers. De gegevens uit Tabel 6 moeten daarom vooral als indicatief worden beschouwd. Het gewogen gemiddelde bedraagt € 1.220 per aansluiting, wat inhoudt dat de gezamenlijke vervangingsinvesteringen van de elf bedrijven is geschat op 9,5 miljard Euro.

Tabel 6 Kosten van vervanging van aansluitleidingen (2022)

Bedrijf	Kosten (€) per aansluitleiding
Brabant Water	925
De Watergroep	1.091
Dunea	1.400
Evides	1.000
Oasen	800-1.000
PWN	1.000
Vitens	1.600
Waterbedrijf Groningen	1.600
Waternet	1.300
WMD	900
WML	1.080

2.6 Registratie van storingen en conditieonderzoek

Tien bedrijven geven aan dat ze de storingen op aansluitleidingen registreren. Dunea registreert geen storingen, maar houdt wel een overzicht bij van reparatie-opdrachten voor storingen. De tien bedrijven geven aan dat storingen binnen het bedrijf op een uniforme wijze worden geregistreerd, meestal op basis van een gestandaardiseerde vragenlijst in het digitale werkordersysteem gelinkt aan reparaties. Figuur 3 geeft weer in welk jaar de tien bedrijven zijn begonnen met het registreren van storingen. Tijdens de workshop van 5 juli 2023 gaven bedrijven aan moeite te hebben met het uitvoeren van meerjarige analyses vanwege veranderingen in hun registratiemethodiek. Zo geeft WMD aan dat het al vanaf 2010 storingen op aansluitleidingen registreert maar dat dit pas vanaf 2022 op gestandaardiseerde wijze plaatsvindt. WML meldt dat ze al geruime tijd storingen registreert

maar dat oudere gegevens van beperkte kwaliteit zijn en dat pas recentelijk volgens een uniform protocol wordt geregistreerd.



Figuur 3 Het jaar waarin bedrijven begonnen met het registreren van storings op aansluitleidingen.

Brabant Water, Oasen, Waternet en WbG geven aan dat de storingsregistratie hen helpt om meer gericht en proactiever aansluitleidingen te vervangen. Als belangrijkste verbeterpunten voor de registratie noemen bedrijven:

- beter registreren welk onderdeel van aansluitleiding heeft gefaald. (Brabant Water en Oasen);
- verder vergroten van het aantal registratie-items (PWN);
- het verkrijgen van meer faaldata om meer robuuste conclusies te trekken (DWG, PWN, Vitens);
- beter borgen van volledigheid en correctheid (Evides, Vitens, Waternet, WbG en WMD);
- verder automatiseren van het registratieproces (Waternet).

Eén van de bedrijven heeft op basis van zijn storingsregistratie een onderverdeling gemaakt naar probleem (in USTORE verschijningswijze genoemd) en oorzaak, zie Tabel 7. Problemen zijn onderverdeeld in vier categorieën, namelijk lekkage, defect, onjuiste waterdruk en onbereikbaarheid. Deze categorieën zijn verantwoordelijk voor respectievelijk 54%, 38%, 3% en 1% van de storings. Dus lekkages en defecten (vaak vast zittende of onbedienbare appendages) komen het meest voor, en drukproblemen, vaak veroorzaakt door te kleine diameters, hebben slechts een klein aandeel. Kijkend naar de onderdelen waar problemen optreden, dan valt op dat bij dit bedrijf de meeste problemen optreden op de hoofdkraan (49%), en de aansluitleiding (40%) en beperkt op de dienstkraan/zadel/aanboring (3%). Een mogelijk voorbehoud is te maken bij het relatief beperkte aantal storings op de dienstkraan/zadel/aanboring, in het geval niet alle storings op deze onderdelen aan aansluitleidingen wordt toegekend.

Van 60% van de storings zijn oorzaken gegeven. Van de storings met opgegeven oorzaak wordt 42% toegeschreven aan corrosie of aantasting³, 22% aan zetting, zakking of grondwerkzaamheden, 14% aan externe oorzaken, 8% aan een materiaalfout of defecte montage en 8% aan een afwezige of defecte handel of spindel.

³ Berekend als: (14,0+6,1+4,8)/0,6

Tabel 7 Rapportage van problemen en oorzaken van storingen bij één van de bedrijven (rapportage ingezien door KWR).

Problemen		Oorzaken	
Lekkage aansluitleiding	39,2%	Onbekend	38,6%
Defecte hoofdkraan	36,5%	Corrosie inwendig	14,0%
Lekkage hoofdkraan	11,8%	Grondzetting/zakking	12,9%
Onjuiste waterdruk	3,1%	Schade direct derden	7,6%
Lekkage dienstkraan	1,8%	Corrosie uitwendig	6,1%
Defect aansluitleiding	1,3%	Aantasting uitwendig	4,8%
Lekkage aanboring/zadel	1,2%	Hendel/spindel defect of afwezig	4,8%
Hoofdkraan onbereikbaar	0,7%	Onjuiste druk toevoerwater	3,0%
Defecte dienstkraan	0,4%	Materiaalfout	2,6%
Onbereikbare aansluitleiding	0,4%	Onjuiste aanleg/montage	2,3%
Overig	3,7%	Asset is niet toegankelijk	1,2%
		Schade door grondwerkzaamheden	0,6%
		Overig	1,5%

Met oog op de registratie van storingen, merkt dit bedrijf op dat het de voorkeur heeft om storingen (lekkages) op het zadel en op de dienstkraan te registreren als storing op een distributieleiding en niet als storing op een aansluitleiding. Het argument hiervoor is dat bij reparatie van een zadel of een dienstkraan de distributieleiding afgesloten dient te worden en dat de onderbreking daarmee de gehele afsluitersectie treft. Reparaties na de dienstkraan hebben alleen betrekking op de individuele aansluiting.

Conditieonderzoek op aansluitleidingen wordt over het algemeen niet uitgevoerd. Incidenteel worden expertsessies georganiseerd om faalgedrag bij geconstateerde trends te duiden. Oasen meldt dat voorafgaand aan een vervangingsproject voor distributieleidingen er wordt onderzocht of als gevolg van ongelijkmatige zettingen aansluitleidingen 'strak' staan. Wanneer dat zo is, worden aansluitleidingen meegenomen in het vervangingswerk.

2.7 Kennisbehoefte voor het beter onderbouwen van vervangingsbeslissingen

Bijna alle bedrijven gegeven aan meer inzicht te wensen in de levensduur van leidingen. Men wil onderzoeken of indeling in cohorten hierbij kan helpen, waarbij nog onbekend is welke factoren onderscheidend zijn voor een dergelijke indeling.

Bedrijven stelden daarnaast de volgende kennisvragen:

- Is er een relatie tussen bodemeigenschappen en de storingsfrequentie van aansluitleidingen?
- Zijn er criteria om af te wegen of in vervangingsprojecten voor distributieleidingen ook de vervanging van aansluitleidingen mee moet worden genomen en hoe dit door te voeren in beslissingsondersteunende software?
- Hoe kan optimaal geanticipeerd worden bij de vervanging van aansluitleidingen op de verplichte verwijdering van brosse gasaansluitleidingen?
- De meeste bedrijven richten hun vervangingen op specifieke type aansluitleidingen of op specifieke gelegenheden, zoals het vervangen van een distributieleiding of het slopen van een woning. Is dit reactieve beleid op de langere termijn handhaafbaar of zal dit leiden tot een merkbare toename van het aantal storingen op aansluitleidingen?
- Wat zijn de onderdelen van aansluitleidingen die het vaakst storen?
- In hoeverre worden storingen veroorzaakt door externe omstandigheden (graafschades of ongelijkmatige zettingen) en welke mitigerende maatregelen zijn mogelijk?

2.8 Reflectie op reacties van drinkwaterbedrijven

De vervanging van aansluitleidingen krijgt doorgaans relatief beperkte aandacht bij drinkwaterbedrijven. In het verleden lag de aandacht vooral bij de vervanging van loden aansluitleidingen, maar deze operatie is inmiddels voltooid. Aansluitleidingen krijgen pas extra aandacht wanneer zich concrete problemen voordoen, meestal als gevolg van klachten over een te beperkte diameter of storingen door ondeugdelijk leidingmateriaal of bijbehorende appendages. In bepaalde bedrijven of gebieden worden leidingen (gedeeltelijk) vervangen als gevolg van ongelijkmatige zettingen.

Storingen aan aansluitleidingen treden vaak op aan de appendages, met name op de hoofdkraan (zie Tabel 7). Dit falen wordt hoogstwaarschijnlijk vooral opgemerkt bij het vervangen van watermeter. Indien een defect eenvoudig hersteld kan worden, bijvoorbeeld door het herstellen van de hoofdkraan, hoeft dit geen aanleiding te zijn om de gehele aansluitleiding te vervangen. Als de registratie van storingen als basis dient voor het plannen van aansluitleidingvervangingen, is het cruciaal onderscheid te maken tussen herstelbare storingen en storingen die aanleiding zijn tot vervanging.

Het vervangingspercentage van aansluitleidingen wordt geschat op 0,33% per jaar. Deskundigen verwachten dat dit percentage de komende jaren zal toenemen als gevolg van toenemende storingen en werkzaamheden door derde partijen. Om vervangingen systematisch uit te voeren en een beleid te hanteren waarbij de slechtst presterende leidingen als eerste worden vervangen, is kennis nodig over zowel het faalgedrag van aansluitleidingen als de meest efficiënte methoden voor vervanging.

De meeste drinkwaterbedrijven geven de voorkeur aan het vervangen van aansluitleidingen in combinatie met de vervanging van distributieleidingen en andere openbare werken. Dit heeft tot doel overlast voor klanten en omwonenden te minimaliseren en kosten te besparen. Vaak wordt ook druk uitgeoefend door de gemeente om vervangingswerken zoveel mogelijk te combineren. Om adequaat te kunnen anticiperen op initiatieven van derden en te beoordelen of aansluitleidingen in een bepaald project ook moeten worden vervangen, is kennis nodig over de conditie en resterende levensduur van de aansluitleidingen.

3 Literatuur

Zoals aangegeven in paragraaf 1.3, is er geen internationale literatuur gevonden die relevant is voor Nederlandse en Vlaamse drinkwaterbedrijven.

3.1 Kiwa Mededeling Nummer 5

In Kiwa Mededeling Nummer 5 (van der Zande, 1966) staat een statistische analyse beschreven van lekken op aansluitleidingen (in de mededeling aangeduid als dienstleidingen, dit is zonder appendages), die door elf waterleidingbedrijven zijn verzameld. In Tabel 8 zijn per leidingmateriaal het aantal geregistreerde lekken bij de elf bedrijven weergegeven, de totale lengte in Nederland en het berekende aantal lekken per 1000 aansluitingen. Het gezamenlijk aantal lekken bedroeg 6,3 per 1000 aansluitingen per jaar (exclusief lood is dit 4,1 per 1000 aansluitingen), waarbij de meeste lekken optraden bij loden en stalen aansluitleidingen en de minste bij koperen aansluitleidingen. Tabel 8 geeft ook een overzicht van de oorzaken van storingen. Deze blijken voor de metalen materialen vooral betrekking te hebben op materiaaleigenschappen. Voor alle leidingmaterialen bedroeg het aandeel storingen door derden 12%. Bij PVC vallen storingen door derden en storingen door vorst op. Bij PE was het aandeel storingen door derden erg hoog.

Tabel 8 Geregistreerde lekkages in Kiwa Mededeling Nummer 5 (van der Zande, 1966).

materiaal	aantal lekken	aantal aansluitleidingen in Nederland (1963)	lekken per 1000 aansluitleidingen per jaar	Materiaal-eigenschappen	Derden	Vorst	Overig
lood	2.198	1.300.000	8,5	77%	5%	5%	13%
koper	184	550.000	1,7	42%	17%	10%	31%
staal	299	175.000	8,5	97%	1%	0%	2%
PVC	502	480.000	5,2	0%	38%	32%	30%
PE	79	95.000	4,2	0%	69%	11%	20%
Totaal	3.262	2.600.000	6,3	64%	12%	9%	16%

Van der Zande (1966) rapporteerde een verschil tussen stedelijke bedrijven en zogenaamde streekbedrijven, met een gemiddeld lekkagegetal van respectievelijk 5 en 11 lekken per jaar per 1000 aansluitleidingen. Verder werd geconstateerd dat in twee voorzieningsgebieden met een slappe ondergrond en een hoge grondwaterstand het hoogste aantal lekken werd gerapporteerd, namelijk 20 en 26 lekken per jaar per 1000 aansluitleidingen.

3.2 Schadeonderzoek naar messing appendages

Voor diverse bedrijven is door KWR schadeonderzoek uitgevoerd naar appendages met onderdelen van messing. Deze onderzoeken zijn niet openbaar. Veelal valt dit buiten de scope van het huidige onderzoek aangezien het appendages betreft die deel uitmaken van de meetopstelling of de binneninstallatie. Er is één voorbeeld van schadeonderzoek dat binnen de scope valt en dat betrekking heeft op dienstkranen van messing (referentie bekend bij auteurs). Hier trad ontzinking op waardoor het materiaal sterkte verloor. Ontzinking kan optreden door contact tussen verschillende onderdelen met een verschillende materiaalsamenstelling (galvanische corrosie) of door te strakke montage (spanningscorrosie). Galvanische corrosie kan worden tegengegaan door het toepassen van ontzinkingsbestendig messing en dit te isoleren (verpakken) op die plekken waar contact kan optreden met het buitenmilieu of andere materialen. Storingsregistraties en schadeonderzoek kunnen uitwijzen in welke groepen aansluitleidingen, onderdelen voorkomen waar meer lekkages zijn te verwachten als gevolg van ontzinking.

3.3 DPW-onderzoek naar storingen op aansluitleidingen

In 'Storingen van aansluitleidingen' verkent Moerman (2016) de situatie van aansluitleidingen en de beschikbare informatie bij Dunea, PWN en Waternet. In 'Registratieprotocol storingen van aansluitingen' doen Moerman en Dilven (2016) een voorstel voor een registratieprotocol voor aansluitleidingen. Hier worden de belangrijkste bevindingen uit deze rapporten samengevat. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de kengetallen. Net als hier geconstateerd, geeft ook Moerman aan dat er in 2016 nauwelijks (internationale) literatuur is over faalmechanismen van specifieke soorten aansluitleidingen.

Moerman constateert dat de kwaliteit van de voor zijn onderzoek aangeleverde data van beperkte kwaliteit is. Moerman noemt als belangrijkste tekortkomingen:

- incompleetheid: veel data is niet ingevuld of aantoonbaar onjuist (bijvoorbeeld aanlegjaar 1850);
- inconsistentie: er worden verschillende notaties gebruikt voor dezelfde termen (bijvoorbeeld 'onbekend' en 'onbek');
- Onvergelijkbaarheid: data afkomstig uit een database over storingen zijn niet direct herleidbaar tot data uit een database voor aansluitleidingen.

Bovenstaande tekortkomingen maakte het onmogelijk om op efficiënte wijze een betrouwbare analyse uit te voeren. Om die reden is in Moerman en Dilven (2016) een voorstel gedaan voor een uniforme storingsregistratie. Dit voorstel is nooit omgezet naar een landelijk format storingsregistratie van aansluitleidingen. Diverse drinkwaterbedrijven hebben er onderdelen van uitgevoerd en het rapport is een inspiratiebron geweest voor verbeterde registraties bij bedrijven.

Na diverse databewerkingen heeft een analyse van aansluitleidingen en storingen plaatsgevonden met als meest relevante conclusies (Moerman, 2016):

- de materialen PE, PVC en koper vormen het grootste aandeel (86 tot 96%) van alle aansluitleidingen van de onderzochte bedrijven;
- de storingsfrequentie van PE aansluitleidingen bedraagt 0,5 - 1 st/1000 al/jr⁴ die van koperen en PVC aansluitleidingen (2 - 4 st/1000 al/jr)⁵;
- op basis van deze data is er geen correlatie tussen storingsfrequentie en leeftijd van aansluitleidingen.

Moerman en Dilven (2016) hebben workshops georganiseerd met monteurs en assetmanagers als basis voor een voorstel voor uniforme storingsregistratie. Relevante conclusies uit de workshops zijn:

- het vervangen van aansluitleidingen gebeurt vooral reactief, dus na optreden van een storing of klacht;
- monteurs geven als meest voorkomende problemen corrosie en activiteiten van derden;
- aansluitleidingen zijn relatief kwetsbaar doordat zij relatief minder robuust zijn en haaks liggen op distributieleidingen waardoor zij bij graafwerkzaamheden eerder kapot getrokken worden;
- de liggingsinformatie van aansluitleidingen is minder goed dan die van distributieleidingen.

Relevante aanbevelingen die voortkomen uit beide onderzoeken uit 2016 zijn:

- het invoeren van een uniforme storingsregistratie voor aansluitleidingen;
- het doorvoeren van dataverbeteringen, waarbij als concrete voorbeelden worden genoemd het maken van een onderverdeling in verschillende PE-klassen, het beter intekenen/registreren van de volledige lengte van de aansluitleidingen (met name in publiek terrein);
- nader onderzoek naar de impact van verschildzettingen op storingen;

⁴ Verkorte notatie voor storingen/1000 aansluitleidingen/jaar.

⁵ Storingsfrequentie op PVC bij Waternet buiten beschouwing gelaten vanwege een te beperkte omvang

- aandacht te hebben voor een juiste registratie van leidingmateriaal en appendages zodat deze in de toekomst terugvindbaar zijn in het geval dat blijkt dat deze slecht functioneren.

3.4 Permeatie van benzeen van gaslekken naar leidingen

In onderzoek dat in afronding is, is een risico-evaluatie en zijn handelingsperspectieven beschreven over de mogelijke permeatie van benzeen door drinkwaterleidingen bij gaslekken (Hockin en van der Schans, 2023). Uit dit onderzoek blijkt dat PE en met name PE40 kwetsbaar is voor permeatie van benzeen afkomstig uit lekkage van een gasleiding. Op basis van opgaves van drinkwaterbedrijven wordt geschat dat ongeveer een derde van de PE-aansluitingen bestaat uit PE40. Dit onderzoek zou aanleiding kunnen zijn om aansluitleidingen van PE40, met name op locaties die gevoelig zijn voor een hogere blootstelling, niet meer toe te passen of eerder voor vervanging in aanmerking te laten komen.

4 Kennis aansluitleidingen op basis van data

4.1 Doel en aangeleverde data

Meerdere drinkwaterbedrijven registreren storingen op aansluitleidingen. Brabant Water registreert sinds 2014 op uniforme wijze en baseert assetmanagement beslissingen hierop. Stgingsgegevens van Brabant Water zijn door KWR geanalyseerd en waar mogelijk vergeleken met bevindingen van Dunea, PWN en Waternet uit het DPW-onderzoek van Moerman (2016). Doel van deze analyse is om kennis te ontsluiten uit deze storingsgegevens en na te gaan of deze als basis voor cohortvorming kan dienen. Voor een beschrijving van de uitgevoerde data-analyse van de gegevens van Brabant Water wordt verwezen naar Bijlage III. Voor de beschrijving van de uitgevoerde analyse voor Dunea, PWN en Waternet wordt verwezen naar Moerman (2016).

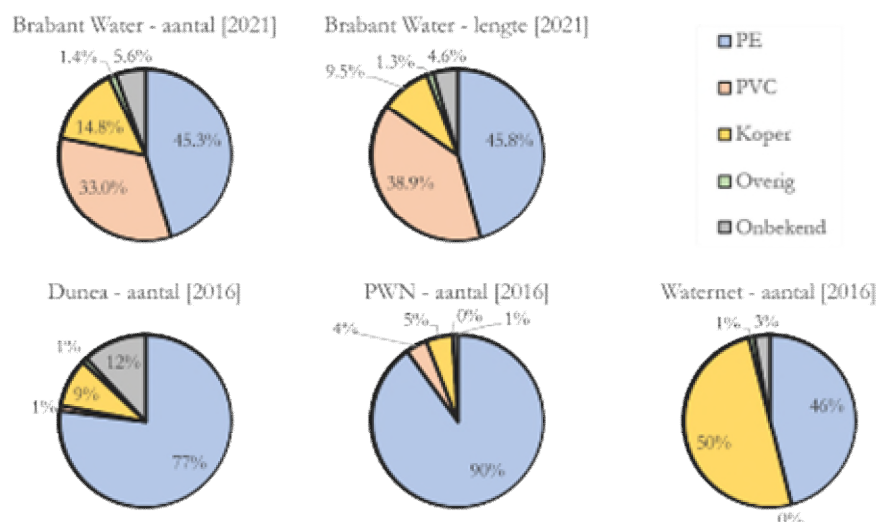
4.2 Analyse voor vier bedrijven

In deze subparagraaf is nagegaan in hoeverre de gegevens over aansluitleidingen verschillen tussen drinkwaterbedrijven. De data van Brabant Water (aangeleverd in dit project, data 2021) is vergeleken met de DPW-bedrijven (Dunea PWN en Waternet, data 2015) [1].

4.2.1 Toegepast leidingmateriaal

Ten eerste is gekeken naar de verdeling van aansluitleiding materialen per drinkwaterbedrijf. Bij Brabant Water is data aangeleverd op het niveau van aansluitleidingonderdelen (zie Bijlage III). Dit is tegenstelling tot de andere drinkwaterbedrijven waar de informatie op aansluitleiding niveau is aangeleverd. Voor Dunea en Waternet worden alle soorten PE meegenomen (inclusief PE-SLA). Bij Brabant Water en PWN valt dit type onder "overig". In Figuur 4 geeft een overzicht van de verdeling naar leidingmateriaal:

- koper, PE en PVC zijn de drie dominante materialen wat betreft aansluitleidingen, zij vertegenwoordigen ruim 85% van alle materialen;
- Dunea en PWN hebben meer PE (>75%) dan Waternet en Brabant Water (<50%);
- Brabant Water gebruikt meer PVC (33%) dan de andere drinkwaterbedrijven (<5%);
- Waternet heeft meer koperen aansluitleidingen (50%) dan de andere drinkwaterbedrijven (5-15%).

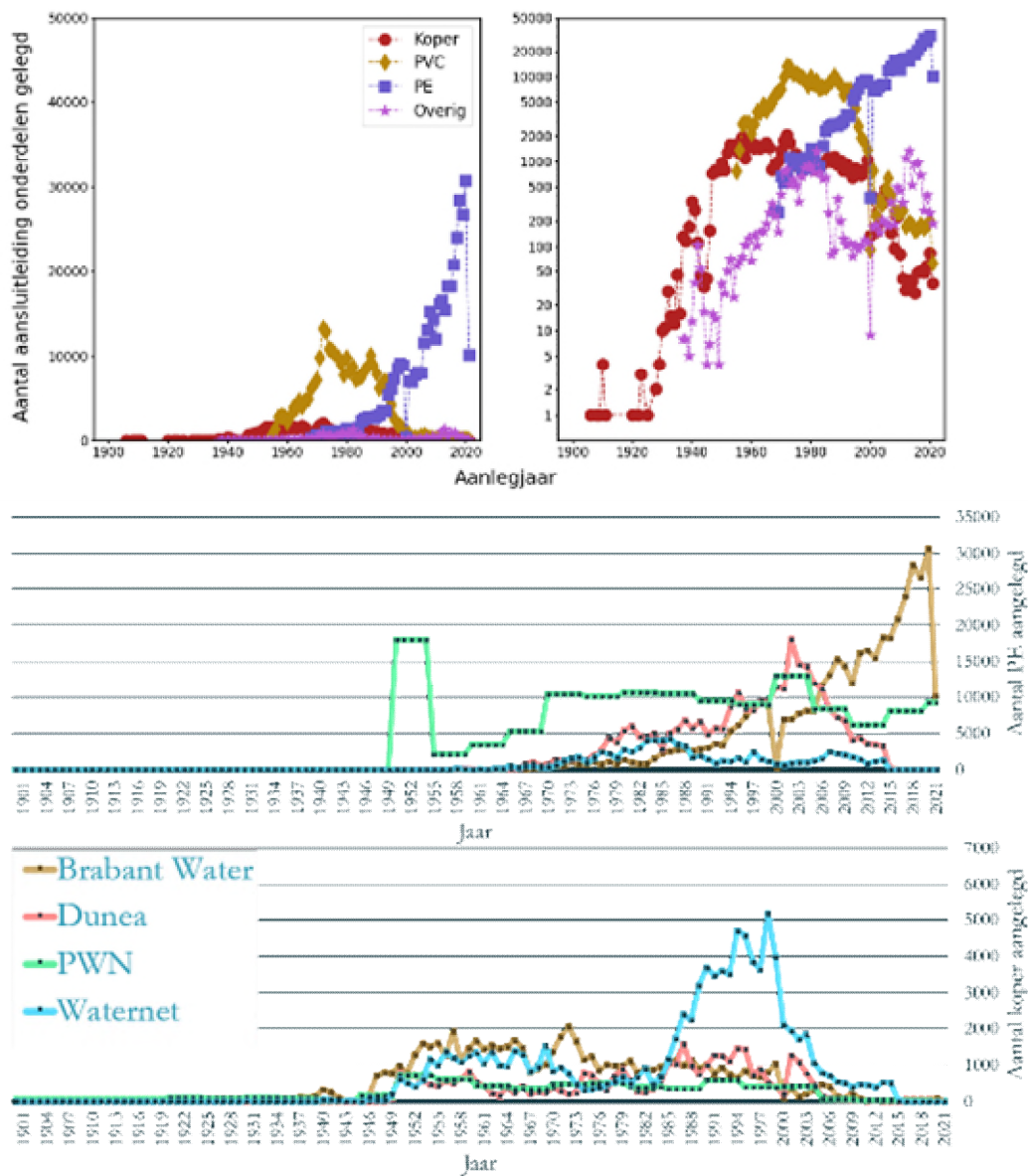


Figuur 4: Verdeling van leidingmaterialen van aansluitleidingen in bedrijf bij Brabant Water in 2021 in (links boven) aantal (rechts boven) lengte. Verdeling van aansluitleiding materialen bij andere drinkwaterbedrijven [1].

Uit Figuur 4 kan worden geconcludeerd dat de drie leidingmaterialen een verschillende gemiddelde leidinglengte hebben. Bij Brabant Water vertegenwoordigen PVC aansluitleidingonderdelen 33,0% van het totale aantal en 38,9% van de lengte, wat neerkomt op een gemiddelde lengte van 8,9 m. Voor PE is dit respectievelijk 45,3% en 45,8%, wat neerkomt op gemiddeld 7,6 m. Voor koper is dit respectievelijk 14,8% en 9,5%, wat neerkomt op gemiddeld 4,8 m. De kortere gemiddelde lengte voor koper wordt verklaard doordat dit vooral in oudere stadswijken is toegepast, waar vaak geen voortuinen zijn.

4.2.2 Leidingmateriaal en leeftijd

Figuur 5 geeft het aanlegjaar van de aansluitleidingen weer. De data voor Dunea en Waternet komt uit Moerman (2016). PWN heeft in 2023 een herziene dataset aangeleverd voor perioden van 5 jaar.



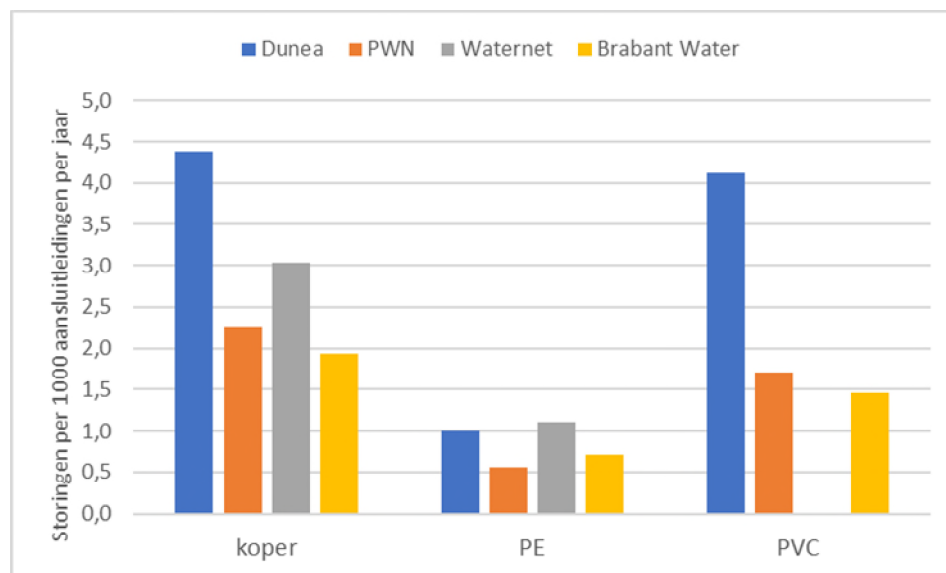
Figuur 5: (Boven) Verdeling van aanlegjaren van in bedrijf zijnde aansluitleidingen bij Brabant Water in 2021, links met een verticale as op een lineaire schaal en rechts op een logaritmische schaal. (Midden) Verdeling van aanlegjaren voor PE aansluitleidingen bij vier drinkwaterbedrijven. (Onder) Verdeling van aanlegjaren voor koperen aansluitleidingen bij vier drinkwaterbedrijven.

Uit Figuur 5 volgt:

- De bestaande koperen leidingonderdelen van Brabant Water zijn grotendeels aangelegd tussen 1940 en 2000, met een piek tussen 1950 en 1965. De leeftijd van de meeste leidingen varieert dus tussen 58-73 jaar.
- De meeste van de PVC aansluitleidingonderdelen bij Brabant Water zijn aangelegd tussen 1960 en 2000 met een piek in de jaren 70. De meeste leidingen zijn tussen 1960 en 1980 aangelegd zodat de meeste leidingen een leeftijd tussen 43 en 63 jaar hebben.
- De toepassing van PE verschilt per bedrijf. PWN heeft vrij veel oud PE en lijkt vanaf 1970 een gelijkblijvende hoeveelheid aan te leggen. Bij Dunea is een piek in de aanleg te zien tussen 1995 en 2010. Voor Waternet is die piek tussen 1980-1990. Brabant Water is vanaf 1970 steeds meer PE gaan gebruiken.
- De perioden waarin vooral koper is aangelegd varieert per bedrijf. Bij PWN lijkt een gelijkmatige toepassing te zijn van koper van 1950 tot en met 2005. Daarna wordt het niet meer toegepast. Bij Dunea is er een piek tussen 1985 en 1995 en bij Waternet tussen 1990-2005.

4.2.3 Storingsgedrag

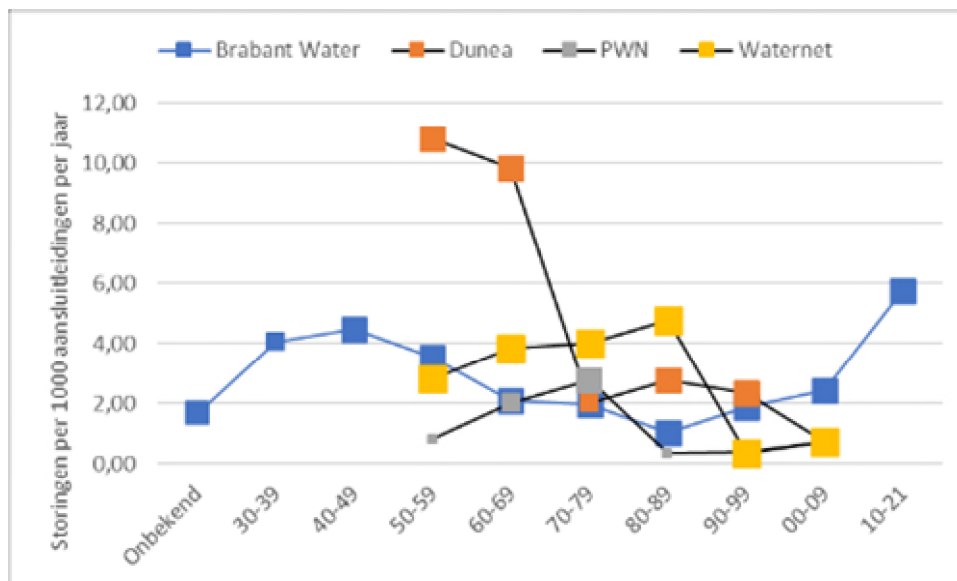
Ook de storingsfrequentie van de vier bedrijven is geanalyseerd. Omdat Moerman (2016) alleen het totaal aantal storingen (spontaan en veroorzaakt door derden) analyseerde, is dit hier ook voor Brabant Water gedaan. In Figuur 6 zijn de storingsfrequenties voor de drie materialen vergeleken. Voor Waternet is geen storingsfrequentie weergegeven van PVC, aangezien het aantal storingen te beperkt is voor een betrouwbare bepaling. In Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9 worden deze per leidingmateriaal en per periode van aanleg getoond. Opgemerkt wordt dat bij de DPW bedrijven een groot aantal aansluitingen een onbekend jaar van aanleg heeft. Moerman (2016, geeft aan dat storingen op aansluitleidingen bij Dunea, PWN en Waternet voor respectievelijk 83%, 30% en 81% een onbekend aanlegjaar hebben.



Figuur 6: Vergelijking van storingsfrequenties per 1000 aansluitingen voor diverse materialen, gegevens van Brabant Water zijn recent verkregen en van DPW-bedrijven uit Moerman (2016).

Uit Figuur 6 volgt:

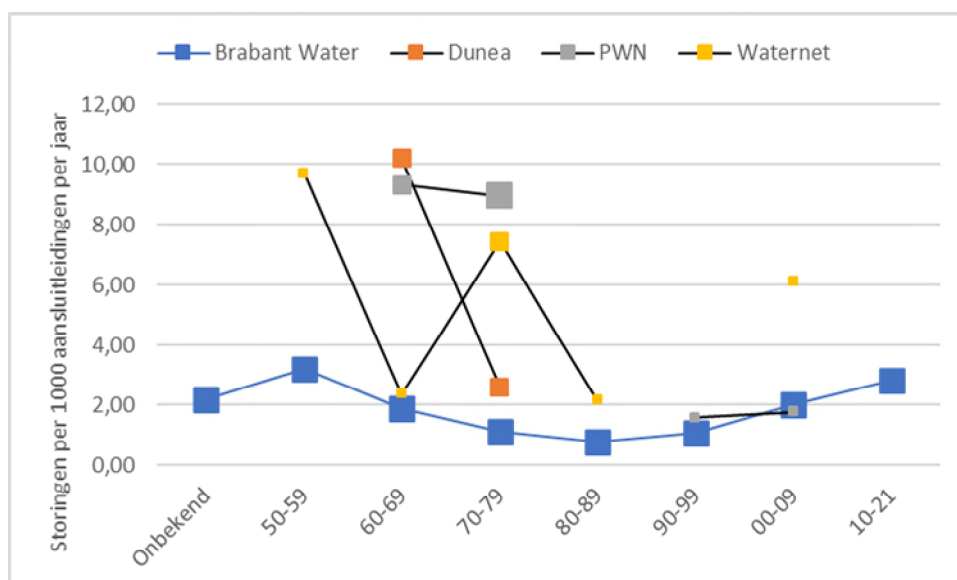
- koper, PE en PVC hebben ongeveer vergelijkbare storingsfrequenties bij Brabant Water en PWN, dit geldt bij PE ook voor Dunea en Waternet waar de storingsfrequenties wat hoger zijn;
- PE heeft bij alle bedrijven een storingsfrequentie die varieert van 0,5 tot 1 storingen per 1000 aansluitleidingen per jaar;
- bij alle bedrijven geldt dat PE de laagste storingsfrequentie heeft, PVC de middelste (met uitzondering van Waternet) en koper de hoogste.



Figuur 7: Storingsfrequentie voor koperen aansluitleidingen aangelegd in diverse decennia bij Brabant Water en DPW-bedrijven (uit Moerman, 2016). De markergrootte representeert het aantal storings per tijdvak: klein minder dan 5; middelgroot 5-19; groot 20 of meer.

Uit Figuur 7 blijkt voor koperen aansluitleidingen:

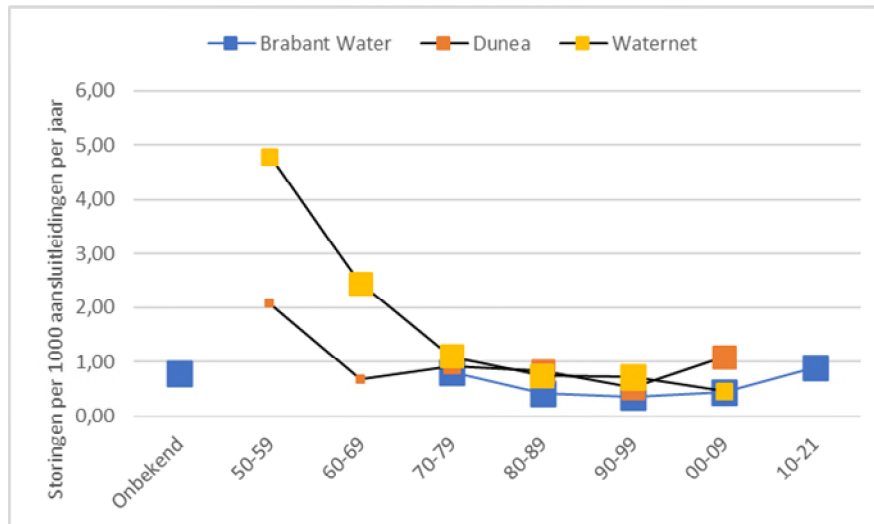
- bij Brabant Water zijn de storingsfrequenties het hoogst bij nieuw aangelegde leidingen (2010 – 2021) of bij oudere leidingonderdelen (1930 - 1959), de lage waarde tussen 1980 – 1989 is opmerkelijk;
- bij Dunea hebben oudere koperen aansluitleidingen (aangelegd tussen 1950 en 1969) een aanzienlijk hogere storingsfrequentie;
- PWN dat slechts een kleine hoeveelheid koperen aansluitleidingen heeft, heeft relatief weinig geregistreerde storings, de hoogste waarden betreffen leidingen aangelegd tussen 1960 en 1979;
- bij Waternet zijn de storingsfrequenties het hoogste voor aansluitleidingen aangelegd voor 1999.



Figuur 8: Storingsfrequentie voor PVC aansluitleidingen aangelegd in diverse decennia bij Brabant Water en DPW-bedrijven (uit Moerman, 2016). De markergrootte representeert het aantal storings per tijdvak: klein minder dan 5; middelgroot 5-19; groot 20 of meer.

Uit Figuur 8 volgt voor PVC aansluitleidingen:

- bij Brabant Water is een vergelijkbaar beeld te zien als bij koperen aansluitleidingen: oudere leidingen (aangelegd tussen 1955 en 1959) en nieuwere leidingen (aangelegd tussen 2010 en 2021) hebben een hogere storingsfrequentie en aansluitleidingen aangelegd tussen 1980 en 1989 hebben de laagste storingsfrequentie;
- bij Dunea, PWN en Waternet hebben veel minder PVC aansluitleidingen dan Brabant Water (zie ook Figuur 4). Voor veel aanlegperiodes is de storingsfrequentie hoger dan bij Brabant Water. Duidelijke conclusies zijn niet te trekken.



Figuur 9: Storingsfrequentie voor PE aansluitleidingen aangelegd in diverse decennia bij Brabant Water en DPW-bedrijven (uit Moerman, 2016). De markergrootte representeert het aantal storings per tijdvak: klein minder dan 5; middelgroot 5-19; groot 20 of meer.

Uit Figuur 9 blijkt voor PE aansluitleidingen:

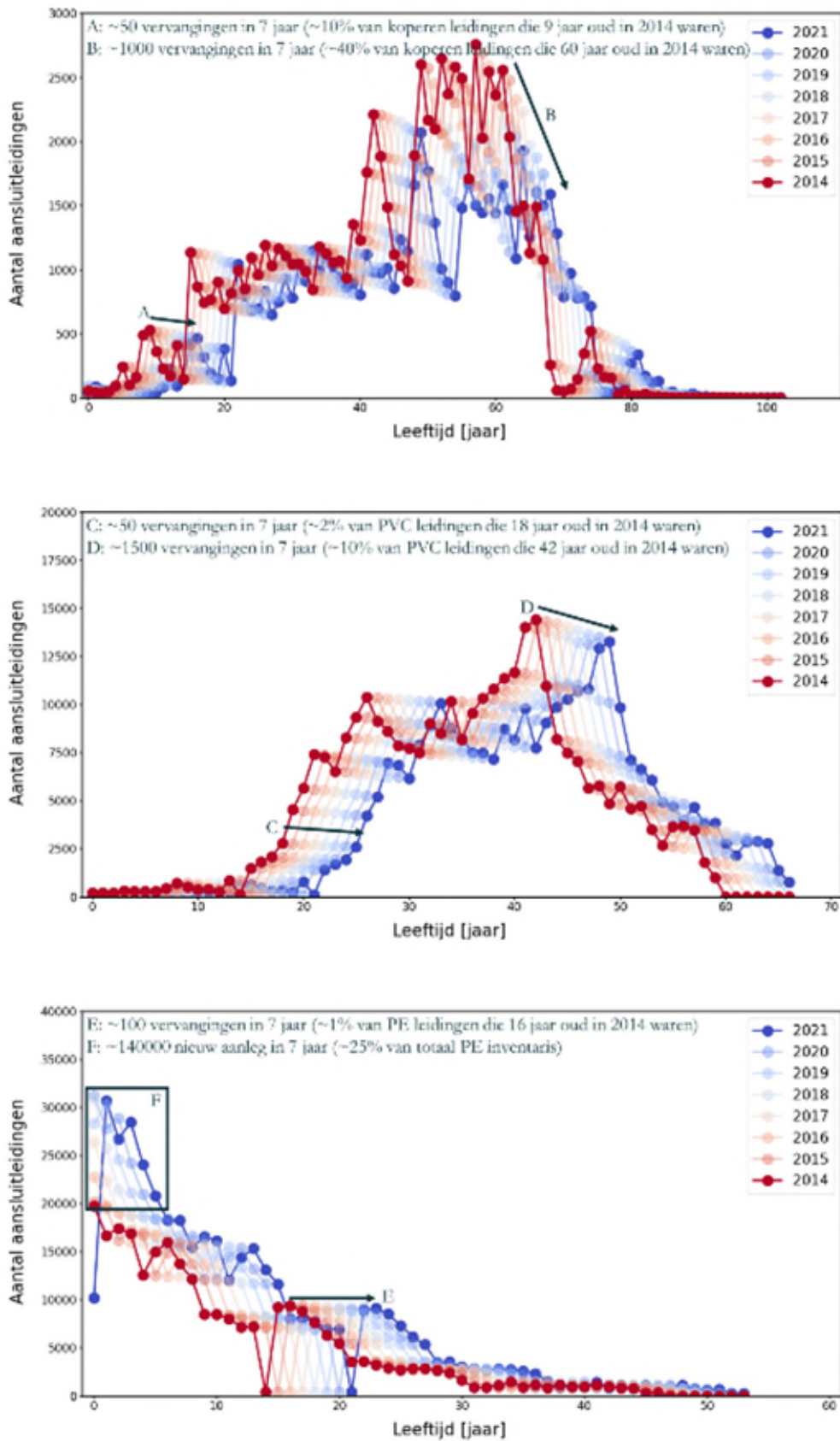
- hoewel minder uitgesproken is bij Brabant Water een vergelijkbaar beeld te zien als bij koperen en PVC aansluitleidingen, relatief hoge storingsfrequenties voor jongere (aangelegd na 2010) en oudere aansluitleidingen (aangelegd voor 1980), de laagste storingsfrequentie treden op bij onderdelen die tussen 1980 en 2009 zijn aangelegd;
- net als bij Brabant Water is de storingsfrequentie bij Dunea vrij constant, met een lichte verhoging van nieuwer aangelegde aansluitleidingen;
- de storings bij PWN zijn hier niet weergegeven, omdat deze door een grote piek in de periode 1970-1979 onbetrouwbaar lijken⁶;
- bij Waternet lijkt de trend hoe ouder de aansluitleidingen hoe hoger de storingsfrequentie.

4.3 Aanvullende analyse gegevens van Brabant Water

4.3.1 Ontwikkeling aansluitleidingen als gevolg van aanleg en vervanging

Door leidingbestanden van verschillende jaren te vergelijken, kunnen trends in beeld worden gebracht over aanleg en vervanging. In Figuur 10 is dit weergegeven voor de drie dominante materialen. De donkerrode bollen geven leidinglengten aan per leeftijd in 2014. De donkerblauwe bollen geven dit aan voor 2021. Een leidingonderdeel met een leeftijd van 40 jaar in 2014, heeft in 2021 een leeftijd van 47 jaar. Een horizontale pijl betekent dat de volledige groep leidingen zeven jaar ouder is geworden. Een pijl naar beneden duidt erop dat een deel is vervangen en hoe schuiner hoe meer is vervangen. Een pijl omhoog betekent nieuwe aanleg.

⁶ Uit analyse van de data blijkt dat voor storings op aansluitleidingen vaak de waarde 1970 is gehanteerd, wat tot een onbetrouwbaar hoge piek in dit tijdvak leidt.



Figuur 10: Evolutie van de leeftijd van aansluitleiding onderdelen van 2014 t/m 2021: (boven) koper (midden) PVC en (beneden) PE. De pijlen duiden op ontwikkelingen in de tijd. De letters A t/m F worden hieronder toegelicht.

Uit Figuur 10 kan worden afgeleid dat:

- zowel jonge koperen aansluitleidingen (pijl A) als oude koperen aansluitleidingen (pijl B) worden vervangen, echter hoe ouder de koperen aansluitleiding, hoe meer vervangingen;
- relatief jong PVC (< 40 jaar oud) vrijwel wordt niet vervangen (pijl C loopt horizontaal) en dat de mate van vervanging is hoger bij de oudere onderdelen (pijl D);
- PE nauwelijks wordt vervangen (pijl E is horizontaal) en dat het aandeel PE de laatste jaren toeneemt (zie de toegenomen aantallen in blok F).

4.3.2 Storingsgedrag van groepen aansluitleidingen op basis van materiaal, leeftijd en diameter

Voor het analyseren van storingsgedrag van onderdelen van aansluitleidingen zijn in Bijlage IV plots weergegeven voor de materialen koper, PVC en PE, waarbij de periode van aanleg is uitgezet tegen de diameter.

Voor koperen aansluitleidingonderdelen geldt dat:

- 63% heeft een onbekend aanlegjaar en 1% heeft een onbekende diameter (op basis van aantal).
- De meest voorkomende diameters zijn in afnemende lengte: 22 mm, 15 mm, 28 mm en 14 mm. Van de 63% koperen aansluitleidingen met een onbekend jaar van aanleg is dat voor de vier meest voorkomende diameters respectievelijk 77%, 34%, 53% en 85%.
- De meeste aansluitleidingonderdelen zijn tussen 1950 en 1979 aangelegd. De meeste 22 mm leidingen met een bekend aanlegjaar zijn tussen 1970 en 1999 aangelegd. Voor de 15 mm leidingen is dit tussen 1950 en 1969.
- In de periode 1980-2009 is er relatief meer 35 mm aangelegd.
- De spontane storingsfrequentie voor alle koperen aansluitleidingen bedraagt 0,342 storingen per kilometer per jaar. De hoogste storingsfrequentie treedt op bij de diameterklassen 14 mm (1,177 s/k/j) en 25 mm (0,858 s/k/j).
- Zoals eerder gemerkt is de storingsfrequentie voor relatief jonge en relatief oude leidingen hoger. Voor leidingen aangelegd tussen 1930 en 1939 bedraagt deze 0,473 s/k/j en voor leidingen aangelegd tussen 2010 en 2021 bedraagt deze 1,542 s/k/j.
- Aansluitleidingonderdelen met een onbekend aanlegjaar hebben in het algemeen een vergelijkbare storingsfrequentie als leidingen met een bekend aanlegjaar.
- Uit deze plot kunnen groepen met een hoge storingsfrequentie worden geselecteerd, zoals 32 mm aangelegd tussen 1960 en 1969 en 22 mm aangelegd tussen 2010 en 2021.

Voor PVC aansluitleidingonderdelen geldt dat:

- 25% heeft een onbekend aanlegjaar en 0,6% heeft een onbekende diameter (op basis van aantal).
- De meest voorkomende diameters zijn in afnemende lengte: 20 mm, 25 mm, 32 mm en 40 mm. Van de 25% met een onbekend jaar van aanleg is dat voor de vier meest voorkomende diameters respectievelijk 22%, 24%, 35% en 53%.
- De meeste onderdelen zijn aangelegd tussen 1970 en 1989. De meeste 20 mm leidingen met een bekend aanlegjaar zijn aangelegd tussen 1960 en 1989. Dit is in tegenstelling tot 22 mm leidingen met een bekend aanlegjaar die vooral tussen 1970 en 1999 zijn aangelegd.
- Tussen 2010 en 2021 zijn relatief veel aansluitleidingen aangelegd met een diameter van 63 mm. Dit is ook te zien voor 110 mm tussen 2000 en 2009. Deze grotere diameters zijn waarschijnlijk aangelegd bij grootverbruikers.
- De spontane storingsfrequentie voor alle PVC aansluitleidingen is 0,106 storingen per kilometer per jaar. De storingsfrequenties van de vier grootste diameterklassen zijn dezelfde orde grootte (in afnemende omvang 0,104; 0,106; 0,102 en 0,090 s/k/j). Bij twee diameterklassen met zeer beperkte omvang komt een zeer hoge storingsfrequentie voor. Dit betreffen 15 mm (5,092 s/k/j voor 5 aansluitingen) en 90 mm (2,603 s/k/j voor 2 aansluitingen). Ook voor 22 mm is relatief hoge storingsfrequentie te zien (0,579 s/k/j voor 2673 aansluitingen).

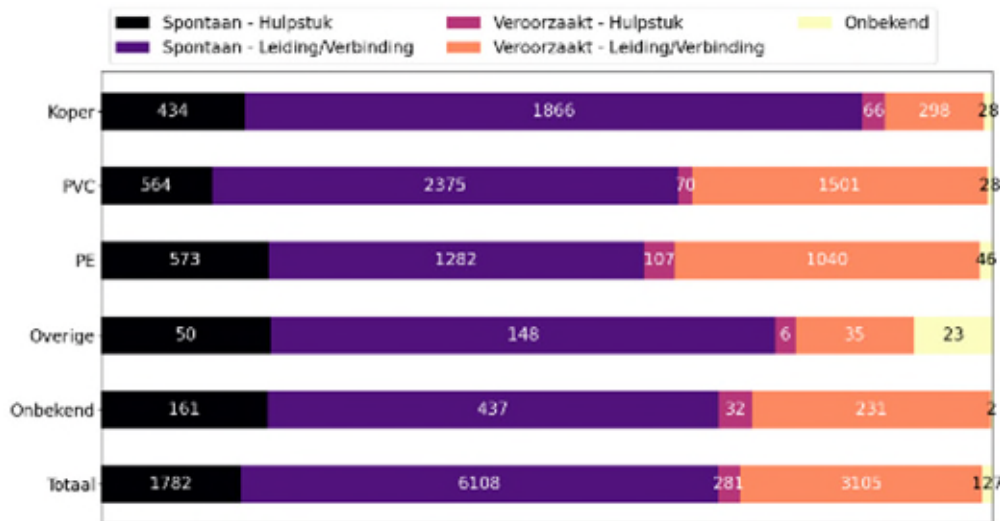
- Zoals eerder opgemerkt is de storingsfrequentie voor relatief jonge en relatief oude leidingen hoger. Voor leidingen aangelegd tussen 1955 en 1959 is deze 0,155 s/k/j en voor leidingen aangelegd tussen 2010 en 2021 0,136 s/k/j.
- Leidingen met een onbekend aanlegjaar hebben een twee keer zo hoge storingsfrequentie als een gemiddelde PVC aansluitleiding.
- Uit deze plot kunnen groepen met een hoge storingsfrequentie worden geselecteerd, zoals 75 mm aangelegd tussen 1955 en 1959 en 110 mm aangelegd tussen 1960 en 1969.

Voor PE aansluitleidingonderdelen geldt dat:

- 22% heeft een onbekend aanlegjaar en 0,2% heeft een onbekende diameter.
- De meest voorkomende diameters zijn in afnemende lengte: 25 mm, 32 mm en 40 mm. Van de 22% een onbekend jaar van aanleg is dat voor de drie meest voorkomende diameters respectievelijk 22%, 16% en 19%.
- PE wordt de laatste decennia steeds vaker toegepast. De groep van 25 mm is verreweg het grootste en snelst groeiende. Er is een toenemend gebruik van 63 mm te zien tussen 2000 en 2021, waarschijnlijk voor grootverbruikers. In de periode tussen 1968 en 1979 zijn er veel 16 mm leidingen aangelegd.
- De spontane storingsfrequentie voor alle PE aansluitleidingen is 0,057 storings per kilometer per jaar. De storingsfrequenties van de drie grootste diameterklassen zijn dezelfde orde grootte (in afnemende omvang 0,055; 0,061 en 0,059 s/k/j). Bij de diameterklasse 15 mm met zeer beperkte omvang komt een relatief hoge storingsfrequentie voor (1,506 s/k/j voor 104 aansluitingen). Ook voor 16 mm is verhoogde storingsfrequentie te zien (0,305 s/k/j voor 1741 aansluitingen).
- De storingsfrequentie voor relatief jonge en relatief oude leidingen is hoger. Voor leidingen met een onbekend aanlegjaar of aangelegd tussen 1968 en 1989 is deze 0,06 s/k/j en voor leidingen aangelegd tussen 2010 en 2021 0,072 s/k/j. Leidingen aangelegd tussen 1990 en 2009 hebben een spontane storingsfrequentie van 0,03 s/k/j.
- Uit deze plot kunnen groepen met een hoge storingsfrequentie worden geselecteerd, zoals 15 mm aangelegd met onbekend aanlegjaar en 16 mm aangelegd tussen 2000 en 2009.

4.3.3 Storingsgedrag op basis van oorzaak, assettype en verschijningsvorm

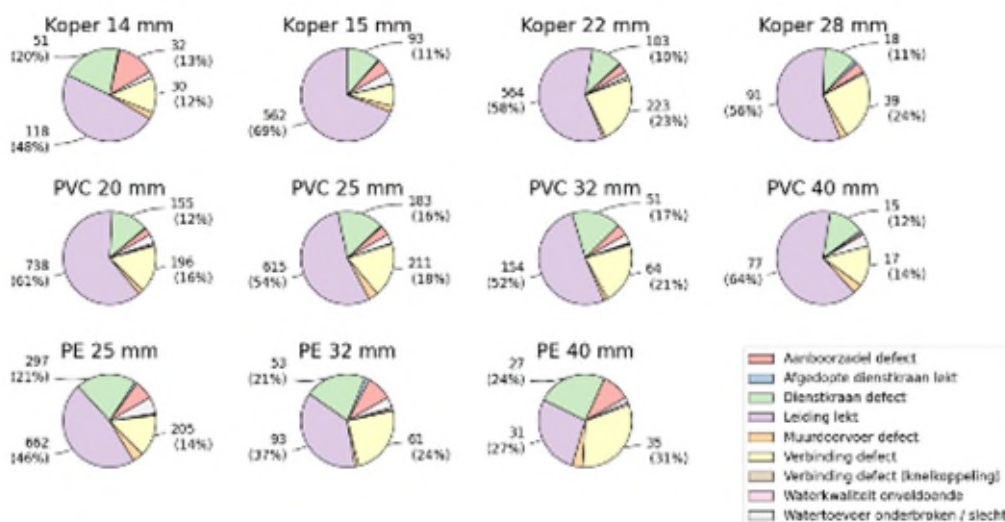
Figuur 11 geeft een overzicht van storingsen bij Brabant Water uitgesplitst naar storingsoorzaak (spontaan of veroorzaakt) en naar onderdeel (hulpstuk of leiding/verbinding). Van alle storingsen op aansluitleidingen is bij Brabant Water 69% geregistreerd als spontaan en 28% als veroorzaakt. Het aandeel spontaan is hoger bij koper en overige materialen. Storingsen op hulpstukken (dienstkranen, hoofdkraan, muurdoorvoer) bedragen 18% en storingsen op leidingen en verbindingen 81%. Het totaal aandeel storingsen op leidingen en verbindingen is hoger bij PVC (85%) en lager bij PE (76%).



Figuur 11: Storingen onderverdeeld naar hoofdoorzaak (spontaan en veroorzaakt) en assettype (leiding /verbinding en hulpstuk).

Figuur 12 geeft voor Brabant Water de verschijningsvorm van spontane storingen weer voor de belangrijkste diameterklassen van koper, PVC en PE. Uit deze gegevens blijkt:

- voor koper:
 - o vergeleken met de andere diameterklassen heeft 14 mm een aanzienlijk hoger percentage storingen op dienstkransen en aanboorzadels;
 - o voor de diameters 15 mm, 22 mm en 28 mm geldt, hoe groter de diameter, hoe meer storingen op verbindingen;
 - o 15 mm heeft een iets hoger aandeel storingen door onderbreking van de watertoevoer;
- voor PVC geldt dat 20 mm en 40 mm een soortgelijke verdeling hebben naar verschijningsvorm, wat ook geldt voor 25 mm en 32 mm;
- voor PE geldt hoe groter de diameter, hoe meer storingen op verbindingen.



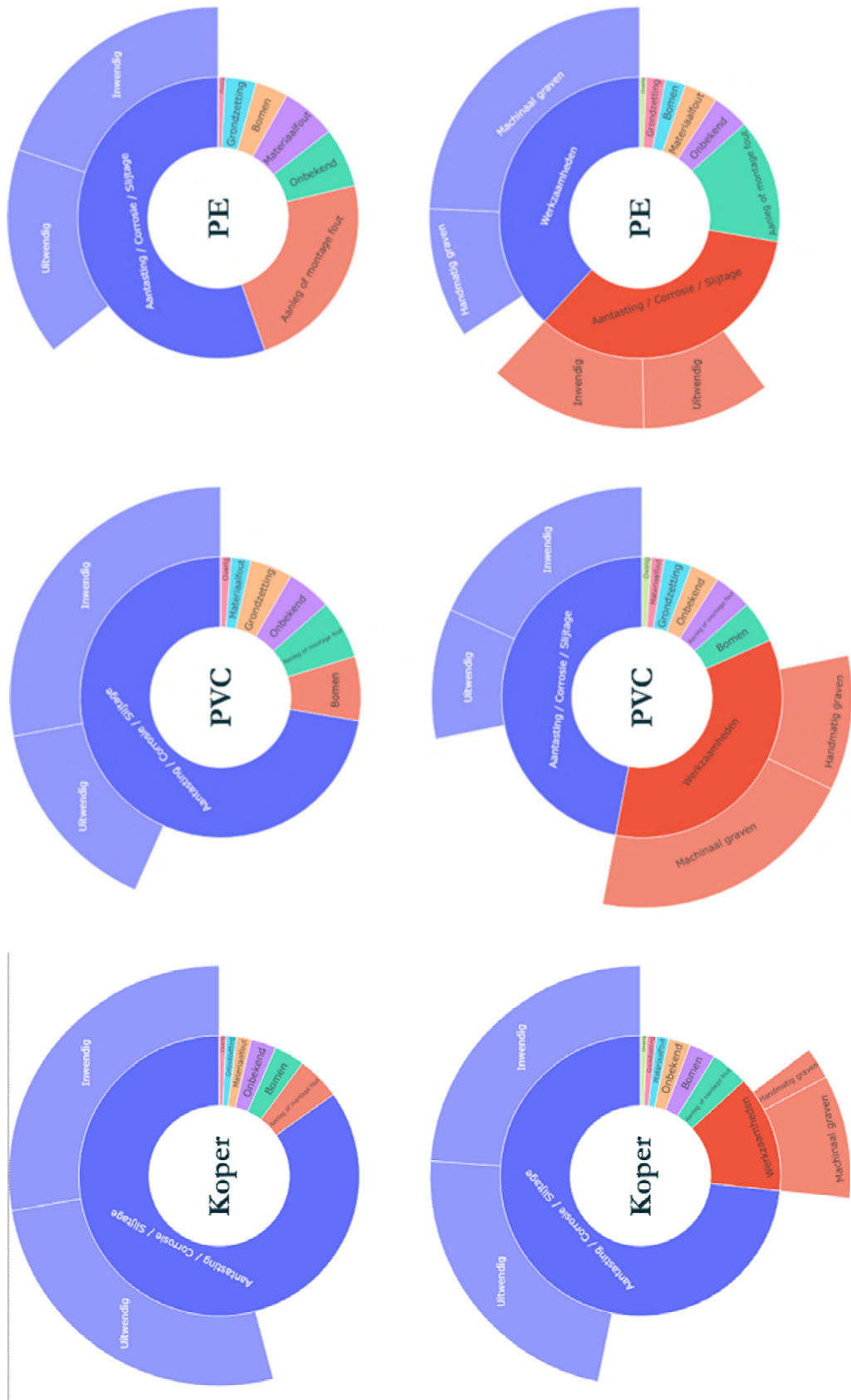
Figuur 12: Verschijningsvorm van spontane storingen voor de meest voorkomende diameter- materiaal klassen.

In Figuur 13, wordt voor de drie materialen en de grootste diameterklassen⁷ de verdeling van de storingsoorzaken weergegeven. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen spontane storingen en alle storingen en zijn de oorzaak aantasting/corrosie/slijtage en werkzaamheden verder onderverdeeld. Uit Figuur 13 blijkt voor storingen bij Brabant Water:

- op koperen aansluitleidingen:
 - ruim driekwart van de spontane storingen is te wijten aan aantasting/corrosie/slijtage, waarbij het aandeel inwendig en uitwendig ongeveer gelijk is;
 - aanleg-/montagefouten en bomen de tweede en derde meest gerapporteerde oorzaak zijn bij spontane storingen;
 - storingen door werkzaamheden een relatief kleine rol spelen, waarbij machinaal graven vaker tot problemen leidt dan handmatig graven;
- op PVC aansluitleidingen:
 - ongeveer driekwart van de spontane storingen is te wijten aan aantasting/corrosie/slijtage, waarbij het aandeel inwendig groter is dan uitwendig;
 - bomen en aanleg-/montagefouten de tweede en derde meest gerapporteerde oorzaak zijn bij spontane storingen;
 - storingen door werkzaamheden én het aandeel handmatig graven aanzienlijk hoger zijn dan bij koper;
- op PE aansluitleidingen:
 - ongeveer helft van de spontane storingen zijn te wijten aan aantasting/corrosie/slijtage, waarbij het aandeel inwendig hoger is dan uitwendig;
 - aanleg-/montagefouten zijn de tweede meest geregistreerde oorzaak bij spontane storingen;
 - storingen door werkzaamheden hoger zijn dan bij koper en bij PVC.

Aangezien PE het materiaal is dat de laatste decennia het meest wordt toegepast, is het te verwachten dat hier ook de meeste storingen als gevolg van aanlegfouten en werkzaamheden derden worden geregistreerd.

⁷ Dit betreffen Koper 14, 15, 22 en 28 mm; PVC 20, 25, 32 en 40 mm en PE 25, 32 en 40 mm.



Figuur 13: Gemelde storingsoorzaak aansluitleidingonderdelen Brabant Water: spontane storingen (links) en alle storingen (rechts).

4.4 Synthese

Uit vergelijking van de karakteristieken van aansluitleidingen en van storingsfrequenties tussen Brabant Water, Dunea, PWN en Waternet komt een beeld naar voren dat de toepassing van aansluitleidingen en het storingsgedrag verschilt per bedrijf. Bij PWN is het aandeel PE ongeveer 90%. Brabant Water heeft relatief veel aansluitleidingen van PVC en Waternet relatief veel van koper. Brabant Water legt na 1990 voornamelijk nog PE aansluitleidingen aan, Dunea doet dit vanaf 2003. Waternet heeft in de periode tussen 1985 en 2000 een groot aantal koperen leidingen aangelegd. Voor wat betreft de storingsfrequentie, is deze lager bij Brabant Water en PWN en hoger bij Dunea en Waternet. Verder lijken 'uitschieters' voor wat betreft de storingsfrequentie een oorzaak te hebben in gebrekkige datakwaliteit. Gegevens van Brabant Water duiden op een verhoogde storingsfrequentie bij net aangelegde leidingen en oudere leidingen of leidingen met een onbekend jaar van aanleg.

De overzichten zoals weergegeven in Bijlage IV kunnen een basis zijn voor een prioriteitsstelling voor het vervangen van aansluitleidingen. Dit is mogelijk door groepen te vormen op basis van materiaal, diameter en aanlegjaar, en deze te clusteren op basis van de storingsfrequentie. Uit Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9 blijkt dat oudere leidingen en de meest recent aangelegde leidingen de hoogste storingsfrequentie hebben. Een aanzienlijk probleem bij het analyseren van gegevens op basis van aanlegjaar is dat een groot aandeel van de aansluitleidingen een onbekend jaartal heeft, bij Brabant Water is dit 30%. In Bijlage V is een mogelijke uitwerking gegeven voor een indeling in groepen. Hierbij is een indeling gemaakt op basis van de storingsfrequentie (vandaar dat we spreken over groepen) van de meest voorkomende combinaties van periode van aanleg en diameter uit Bijlage IV. Deze maken 93% uit van de totale lengte aan aansluitleidingen. Hierbij zijn zes groepen onderscheiden: één voor alle koperen aansluitleidingen, drie voor PVC aansluitleidingen en twee voor PE aansluitleidingen.

Bij Brabant Water treden ongeveer 20% van alle storingen op bij een hulpstuk. Dit komt niet overeen met bevindingen bij het andere bedrijf (zie Tabel 7) waar ongeveer de helft van de storingen wordt toegeschreven aan de hoofdkraan. Brabant Water geeft echter aan de hoofdkraan onderdeel uitmaakt van de meteropstelling en niet als onderdeel van de aansluitleiding wordt geregistreerd. Een ander opmerkelijk verschil tussen de gegevens van Brabant Water en het andere bedrijf is dat bij Brabant Water 28% van de storingen wordt veroorzaakt door derden (zie Figuur 11). In Tabel 7 is dit 14%.

5 Van data-analyse naar assetmanagementvragen

5.1 Storingen per lengte eenheid of per aantal aansluitingen

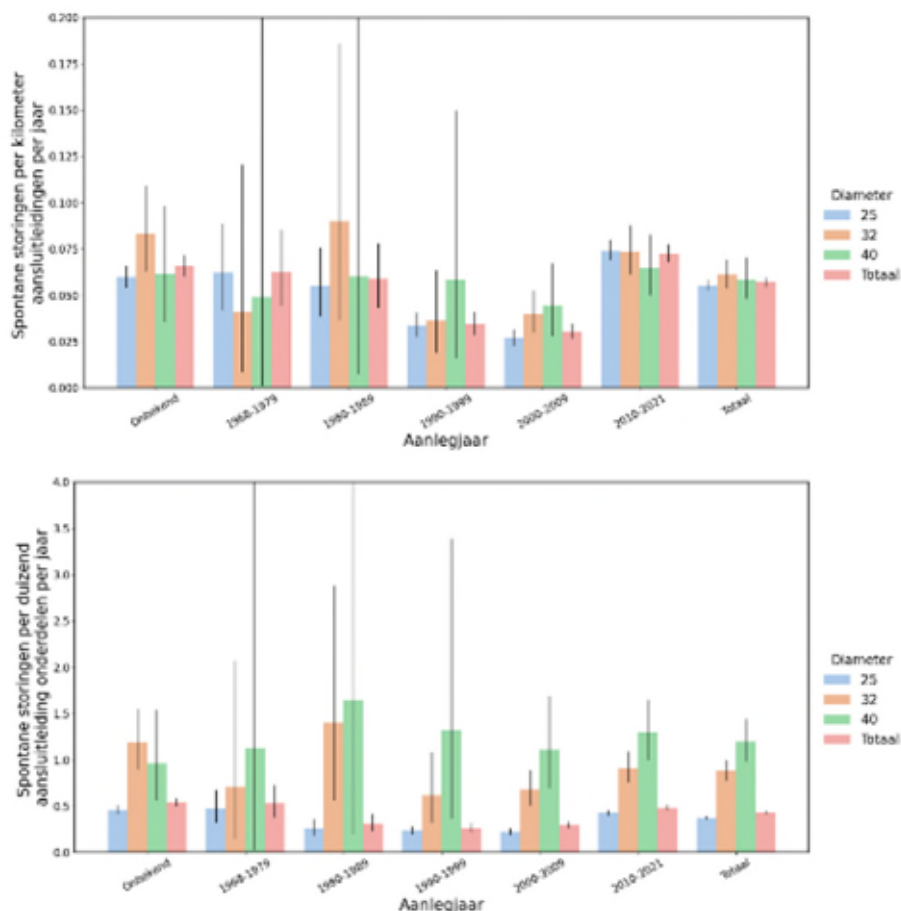
De storingsfrequentie kan worden uitgedrukt (genormaliseerd) op basis van het aantal kilometers aansluitleidingen per jaar en per aantal aansluitingen per jaar. De keuze is afhankelijk van de aard van de data en het type beheervraag dat men wil beantwoorden. Bij distributieleidingen wordt de storingsfrequentie per km leiding uitgedrukt. Hiermee wordt kennis verzameld hoe vaak een bepaalde leiding met bepaalde karakteristieken (materiaal, diameter, wanddikte, etc.) faalt. Een leidingnet bestaat voor het overgrote deel uit leidingen en kennis over het storingsgedrag van leidingen levert een goede voorspelling op van het te verwachten aantal storingen in een specifiek onderdeel van het leidingnet (bijvoorbeeld een wijk).

Voor aansluitleidingen is dit anders vanwege de grotere diversiteit aan materialen en appendages. Een aansluitleiding kan een variabele lengte hebben, maar zal altijd uit één dienstkraan en één hoofdkraan bestaan en deze appendages maken een aanzienlijk deel uit van het aantal storingen (zie Tabel 7). Vervangingsbeslissingen voor aansluitleidingen worden veelal niet genomen per lengte-eenheid maar per aantal en ook kosten worden uitgedrukt in aantallen (zie Tabel 6), waarbij soms een opslag wordt gehanteerd voor langere aansluitleidingen. Een veel gebruikte eenheid hierbij is storingen per 1000 aansluitleidingen per jaar.

Men kan concluderen dat het logisch is te kiezen voor:

- storingsfrequentie per 1000 aansluitingen per jaar, bij het uitdrukken van:
 - het storingsdrag van aansluitingen in zijn geheel;
 - het storingsgedrag van appendages;
 - de kosten voor standaard aansluitingen;
- storingsfrequentie per kilometer aansluitleiding per jaar, bij het uitdrukken van:
 - het storingsgedrag specifiek voor het leidingmateriaal van aansluitleidingen;
 - de kosten voor langere aansluitingen.

In Figuur 14 is een voorbeeld gegeven dat de invloed van de wijze van normalisatie (per km of per 1000 aansluitingen) toont. Bij een storingsfrequentie per kilometers leidingen hebben in de kolom 'Totaal' de drie diameterklassen 25 mm, 32 mm, 40 mm een vergelijkbare storingsfrequentie die ook gelijk is aan de storingsfrequentie voor alle PE leidingen. Op basis hiervan kan men concluderen dat het maken van onderscheid in diameter niet noodzakelijk is bij vervangingsbeslissingen. Als de storingsfrequentie per 1000 aansluitingen wordt bekeken, blijkt dat 40 mm het vaakst stoort, vervolgens 32 mm en daarna 25 mm. Een verklaring hiervoor is dat grotere diameters naast afnemers met een hoog verbruik, ook worden toegepast bij langere aansluitingen. De gemiddelde lengte van PE-aansluitleidingonderdelen bij Brabant Water van 25 mm is 6,6 m, van 32 mm 13,8 m en van 40 mm 19,6 m. Wil men dus informatie verschaffen over de kans op falen van de aansluiting en de overlast voor bewoners dan is een storingsfrequentie per 1000 aansluitingen per jaar het meest geschikt. Wil men daarentegen informatie verschaffen over het functioneren van het leidingmateriaal dan is hier een storingsfrequentie per kilometer per jaar het meest geschikt. Bij voorkeur dienen in het laatste geval de storingen op appendages eruit gefilterd te worden.



Figuur 14: Invloed van keuze voor uitgedrukte storingsfrequentie op mogelijke conclusies. Het voorbeeld is voor PE aansluitleidingonderdelen: boven storingen per km per jaar, onder storingen per 1000 aansluitingen per jaar.

5.2 Assetmanagementbeleid aansluitleidingen bij Brabant Water⁸

Brabant Water heeft een actief vervangingsbeleid voor aansluitleidingen. Zij streeft naar een vervangingstempo van 0,5% per jaar (momenteel 0,32%, zie Tabel 2). Aan dit beleid zijn de volgende doelen gekoppeld:

- een ongeplande OLM van 0,4 minuten per aansluiting (geldt voor alle assetgroepen);
- jaarlijks maximaal 1.200 spontane lekkages op aansluitleidingen;
- verwijderen van materiaal dat de waterkwaliteit negatief beïnvloedt (lood en PE in verontreinigde grond).

Brabant Water heeft een analyse uitgevoerd naar het storingsgedrag van aansluitleidingen. Het onderliggende doel is een betere inschatting van te verwachten storingen op aansluitleidingen en daarmee een beter beeld van de te verwachten vervangingskosten. Naast het vervangen bij storingen en het meegaan met vervangingsprojecten van distributieleidingen, voert Brabant Water ook een actief vervangingsbeleid. Aansluitleidingen kunnen proactief worden vervangen indien:

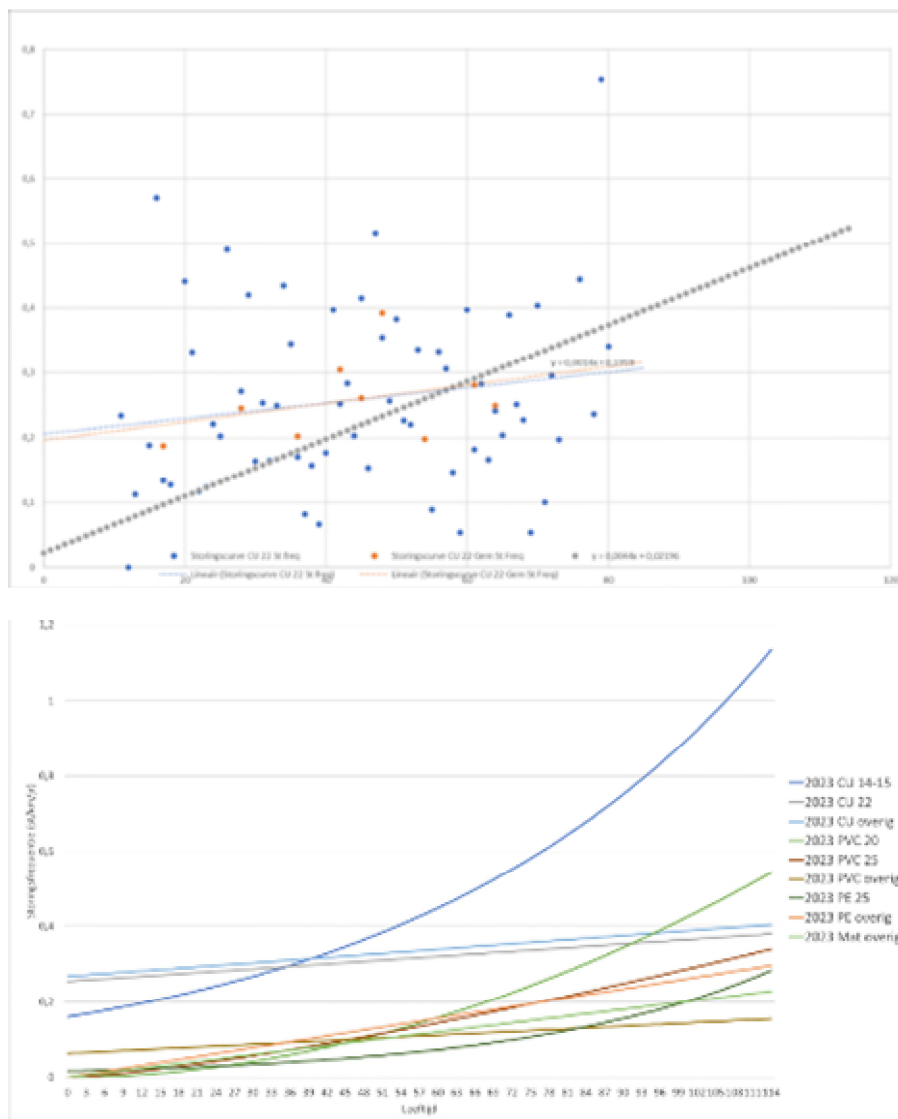
- in Rasmariant⁹ op basis van storingscurves en impact, een OLM-reductie wordt berekend;
- in een clusteranalyse van storingen, geografische clusters van storingen zijn te identificeren;
- er kans is op permeatie door PE leidingen;

⁸ Informatie uit deze paragraaf is afkomstig van een presentatie van Brabant Water tijdens de workshop over aansluitleidingen op 5-7-2023.

⁹ Het softwarepakket dat Brabant Water gebruikt om beslissingen te ondersteunen voor het vervangen van transport- en distributieleidingen.

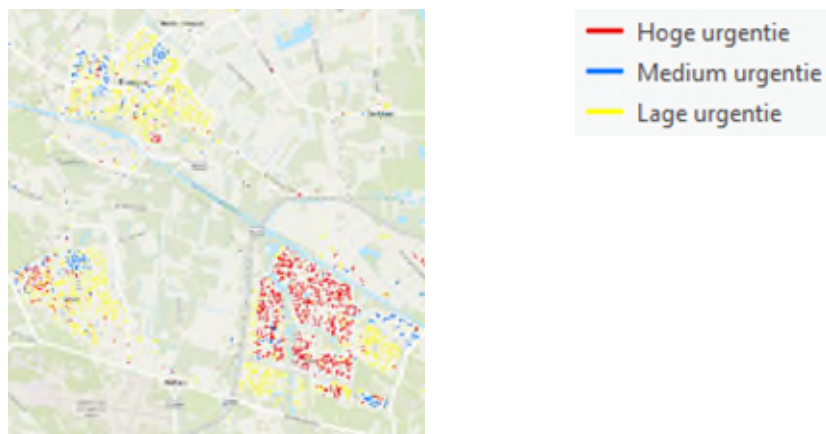
- een hydraulische analyse aantoonde dat in een gebied lage drukken optreden bij klanten en dit is te herleiden naar aansluitleidingen met een kleine diameter (vaak <20 mm).

In een analyse van storingen op aansluitleidingen heeft Brabant Water een relatie gelegd tussen leeftijd en storingsfrequentie, de zogenaamde storingscurves. In Figuur 15 zijn deze storingscurves weergegeven, alsmede de onderliggende registraties voor Koper 22 mm. Brabant Water heeft storingscurves opgesteld voor negen groepen aansluitleidingen. Voor vijf groepen gaat men uit van een lineaire toename van het aantal storingen per jaar (koper 22 mm, koper overig, PVC overig, PE overig en overige materialen) en voor vier groepen (koper 14 - 15 mm, PVC 20 mm, PVC 25 mm en PE 25 mm) gaat men uit van een meer dan lineaire toename van het aantal storingen per jaar. Met name bij koper 14 en 15 mm en in mindere mate bij PVC 20 mm wordt een aanzienlijke toename van het aantal storingen gebruikt. In Figuur 15 (boven) zijn de geregistreerde storingsfrequenties weergegeven die de basis vormen van storingscurve van Koper 22 mm (Figuur 15-onder). Deze figuur laat een grote spreiding zien van de storingsfrequenties, wat enerzijds aangeeft dat er geen duidelijke veroudering is waar te nemen en anderzijds dat de hiervan afgeleide storingscurve een grote onzekerheid heeft. N.B. van de koperen 22 mm aansluitleidingen 77% een onbekende leeftijd heeft (zie Figuur 27 in Bijlage IV).



Figuur 15 Storingscurves voor aansluitleidingen gebruikt in Rasmariant (onder). Registraties die de basis vormen voor de storingscurve van Koper 22 mm (boven), met de storingsfrequentie (st/km/jr) op de y-as. . Afbeeldingen verkregen van Brabant Water.

Brabant Water selecteert werkzaamheden voor het vervangen van aansluitleidingen mede aan de hand van de ligging van aansluitleidingen. Figuur 16 geeft een voorbeeld van de locatie van aansluitleidingen waarbij Brabant Water urgente groepen heeft weergegeven. Deze urgente groepen zijn in dit geval terug te voeren op specifieke appendages die bovengemiddeld falen.



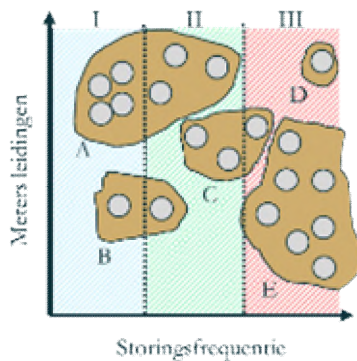
Figuur 16 Clustering van groepen aansluitleidingen op basis van urgentie (Brabant Water).

5.3 Datagedreven groepenindeling

Het definiëren van cohorten is in het verleden gedaan op basis van expertmeningen die zijn aangescherpt met behulp van storingsanalyses (Beuken en Mesman, 2015). De onderliggende veronderstelling is dat er een zekere logica is achter indeling van de cohorten. Bijvoorbeeld, oudere leidingen zijn vaker gefabriceerd onder minder strikte productie-eisen en behoren daarom tot een ander cohort dan jongere leidingen. In deze paragraaf onderzoeken we een indeling alleen op basis van de aangeleverde data over leidingen en storingen en zonder onderliggende veronderstelling. Daarom spreken we van een datagedreven groepenindeling. De groepen zijn gebaseerd op storingsfrequenties en de verdeling lijkt niet altijd logisch. Deze aanpak komt overeen met de resultaten uit Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9, waaruit blijkt dat oudere leidingen niet altijd een hogere storingsfrequentie hebben.

Voor een datagedreven groepenindeling moeten enkele afspraken en aannames worden gemaakt. Ten eerste moeten we bepalen welke eigenschappen van aansluitleidingen worden vergeleken. In het geval van twee eigenschappen kan gebruik worden gemaakt van een grafische representatie zoals weergegeven in Figuur 17, waarin de storingsfrequentie is uitgezet tegen de lengte. Hiervoor is gekozen omdat de storingsfrequentie en de lengte belangrijke variabelen zijn voor beslissingen over vervanging. Voor meer uitgebreide analyses kunnen meerdere dimensies worden gebruikt, hoewel dit grafisch moeilijk is weer te geven, is dat geen probleem voor een data-analist. Ten tweede moeten we overwegen welke basisclustering wordt toegepast. In Figuur 17 representeren de grijze bollen aansluitleidingen met gelijk materiaal, diameter en periode van aanleg. De onderliggende aanname is dat elke bol aansluitleidingen representeert met een vergelijkbare hoeveelheid storingen. Ten derde is het van belang om een praktische en logische clustering te creëren. Voor vervangingsbeleid is het onpraktisch om met een groot aantal groepen te werken en deze elk aparte eigenschappen toe te kennen. In Figuur 17 worden twee voorbeelden gegeven. Er is gekozen voor een indeling op basis van storingsfrequentie (gestippelde verticale zwarte lijnen) wat hier resulteert in de groepen I, II, III. Een andere benadering is een indeling op basis van clusters (bruine gebieden), wat resulteert in de groepen A, B, C, D, E. Het is ook mogelijk om bollen in vier kwadranten in te delen en aan elk kwadrant een specifiek vervangingsbeleid te koppelen, zie Figuur 18.

De weergave in Figuur 17 is een bondige vorm van visualisatie, waarin de storingsfrequentie en de omvang (in aantallen of lengte aansluitleidingen) in één oogopslag worden weergegeven. Bij toepassing van bovenstaande stappen en het opstellen van een indeling volgens Figuur 17 en ook volgens Figuur 18 is het belangrijk om te beseffen dat, mede door het gebrek aan betrouwbare data, keuzes over de te hanteren indelingen en grenzen subjectief zijn. Het combineren van deze gegevens met andere data en expertkennis zal noodzakelijk blijven. Verder geldt dat, om te kiezen voor een groter aantal groepen, er meer data en kennis vereist zullen zijn om dit onderscheid te onderbouwen.



Figuur 17: Vrijheid en subjectiviteit om grenzen van groepen te definiëren. De horizontale as is de storingsfrequentie en de verticale as is de aantal meters leidingen. Elke grijze bol is een groep met een bepaalde diameter en aanlegjaarperiode.

Lengte	Groot	Geen actief vervangingsbeleid, repareren van storingen en monitoren of storingsfrequentie in bepaalde groepen toeneemt	Bij voorkeur zitten er hier geen (nauwelijks) aansluitleidingen, indien dit wel het geval is verdienen zij specifieke aandacht
	Beperkt	Geen actief vervangingsbeleid, repareren van (beperkt aantal) storingen	Toepassen van actief vervangingsbeleid
		Laag	Hoog
		storingsfrequentie	

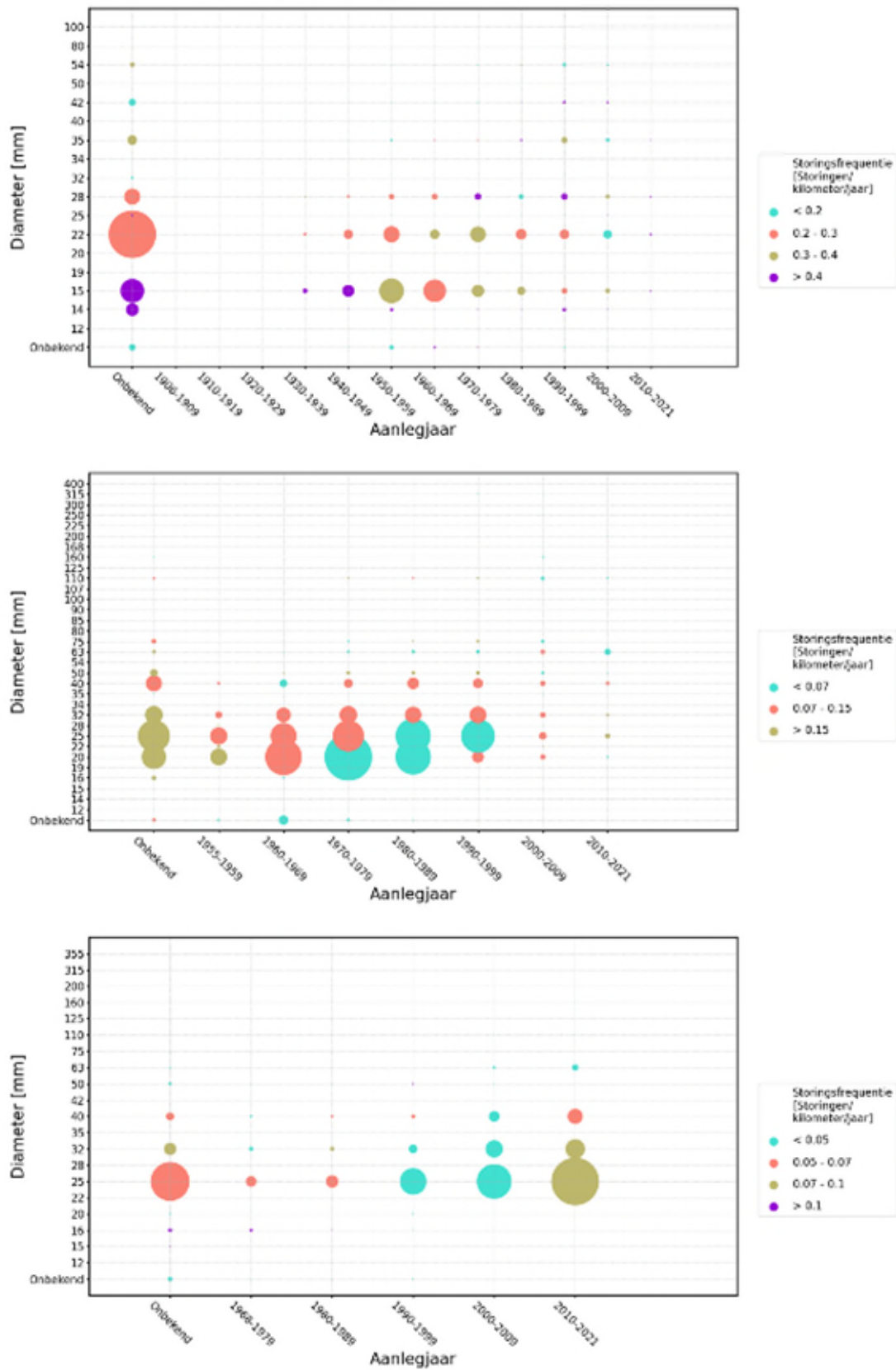
Figuur 18: Indeling in kwadranten met bijbehorend vervangingsbeleid voor aansluitleidingen.

In de verdere uitwerking van dit hoofdstuk is er gekozen om groepen te definiëren op basis van storingsfrequenties (de verticale lijnen in Figuur 17). Omdat de analyse zich richt op materiaalsoorten van aansluitleidingen is als dimensie storingen per km per jaar wordt aangehouden. In dit rapport is voor verdere uitwerking de volgende arbitraire indeling gekozen van groepen:

- Koper: 4 groepen: $< 0,20$; $0,20 - 0,30$; $0,30 - 0,40$; $> 0,40$ spontane storingen per kilometer per jaar;
- PVC: 3 groepen: $< 0,07$; $0,07 - 0,15$; $> 0,15$ spontane storingen per kilometer per jaar;
- PE: 4 groepen: $< 0,05$; $0,05 - 0,07$; $0,07 - 0,15$; $> 0,15$ spontane storingen per kilometer per jaar.

De grenzen tussen groepen zijn op arbitraire wijze gekozen en de indeling is gebaseerd op de optredende storingsfrequenties van de verschillende leidingmaterialen. De grenzen zijn dus niet hetzelfde voor de drie materialen, anders gezegd bepaalde goed presterende koperen leidingen hebben een storingsfrequentie die voor PE leidingen als slecht zouden gelden. Drinkwaterbedrijven kunnen op basis van hun eigen storingsregistraties en expertkennis de meest geschikte indeling kiezen.

Een overzicht van groepen aansluitleidingen is in Figuur 19 weergegeven. Elke bol geeft een combinatie van aanlegperiode en diameter (zie ook zie bijlage IV, Figuur 27, Figuur 28 en Figuur 29). De kleur is gebaseerd op bovenstaande groepenindeling. De grootte van de bol geeft de totale lengte van de combinatie. Een dergelijke figuur kan drinkwaterbedrijven ondersteunen met het grafisch weergeven van een groot aantal verschillende soorten aansluitleidingen en kan helpen bij selecteren van groepen voor vervanging.



Figuur 19: Visualisatie van een groepeerindeling op basis van spontane storingen per km per jaar. Elke bol heeft een kleur gebaseerd op de hier gekozen groepeerindeling. De grootte van de bol representeert de leidinglengte. (Boven) Koper (Midden) PVC (Beneden) PE.

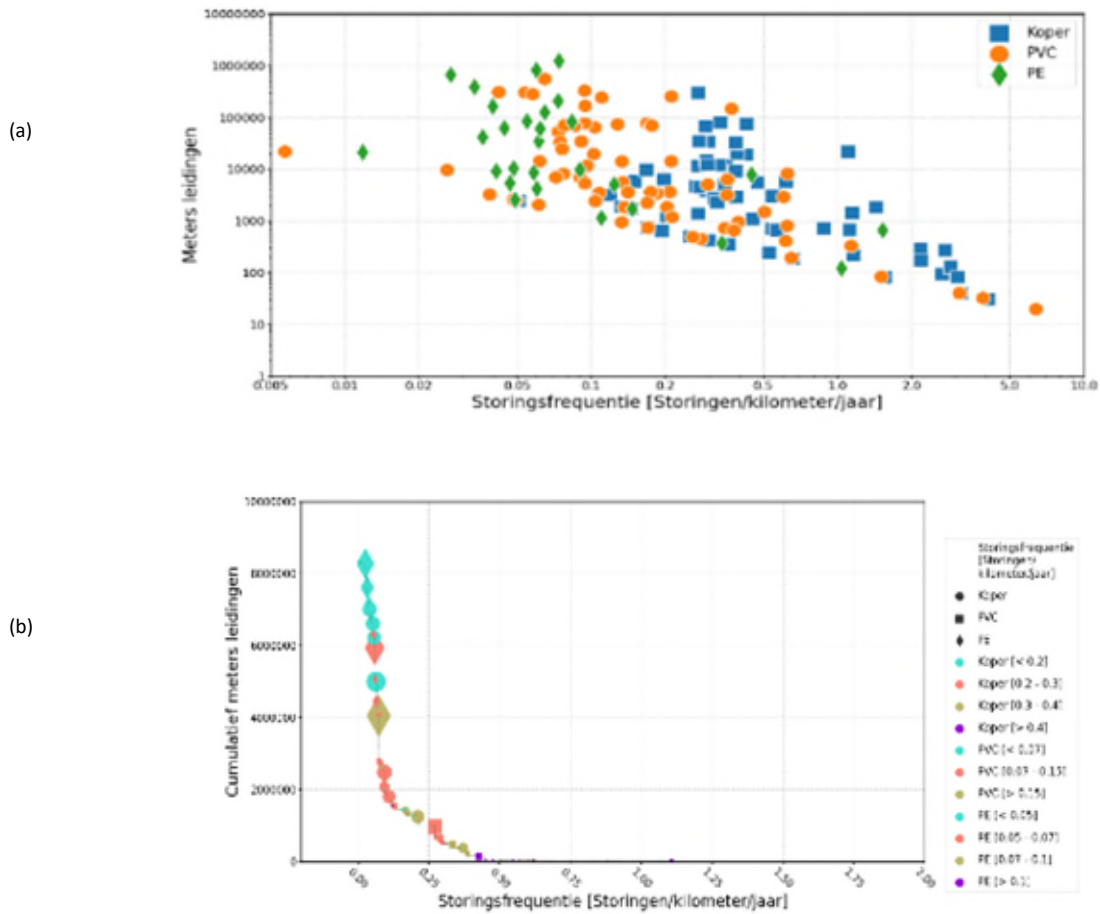
Op basis van Figuur 19 zou een assetmanager de volgende conclusies kunnen trekken:

- Combinaties aanlegjaar-diameter met de grootste lengte vallen niet in de categorieën met de hoogste storingsfrequenties (wellicht met uitzondering van de jongste PE-aansluitleidingen, maar dit betreffen naar verwachting vooral storingen in de aanlegfase);
- voor koperen aansluitleidingonderdelen komen de volgende combinaties in beeld voor proactief vervangen: 14 mm/Onbekend, 15 mm/Onbekend, 15 mm/1940-1949, 28 mm/1970-1979, 28 mm/1990-1999;
- er zijn relatief veel combinaties koper met een storingsfrequentie tussen 0,3 en 0,4 stor/km/jr, de grootste groep (22 mm/Onbekend) lijkt op basis van storingen geen acuut probleem te vertegenwoordigen;
- voor PVC komen vooral de leidingen met onbekend aanlegjaar in aanmerking voor proactief vervangen (vooral de diameters 20 mm, 25 mm, 32 mm), daarnaast verdienen leidingen 20 mm/1955-1959 nadere aandacht;
- voor PE zijn er geen zichtbare uitschieters met een hoge storingsfrequenties, behalve 16 mm/Onbekend en 16 mm/1968-1979 (merk op dat een combinatie met een storingsfrequentie van 0,15 stor/km/jr zich in de slechtste groep bevindt in het geval van PE-aansluitleidingen en in de beste groep in het geval van koper);
- om bovenstaande conclusies te verfijnen, kan het zinvol zijn om het aanlegjaar te bepalen van de aansluitleidingen waarvan dit onbekend is (bijvoorbeeld door op basis van het aanlegjaar van de distributieleiding of het BAG-jaar van het aangesloten gebouw). Het is te verwachten dat er hiermee een beter onderscheid ontstaat naar periode van aanleg. Dit is met name relevant voor groepen met een relatief hoge storingsfrequentie.

5.4 Selecteren van aansluitingen voor vervanging

Bij het selecteren van aansluitingen voor vervanging speelt een groot aantal vragen een rol. Bedrijven willen vervangingen het liefst mogelijk gecombineerd uitvoeren. In deze paragraaf worden enkele stappen toegelicht om informatie over aansluitingen en hun storingen om te zetten naar een prioritering voor het proactief vervangen van aansluitleidingen.

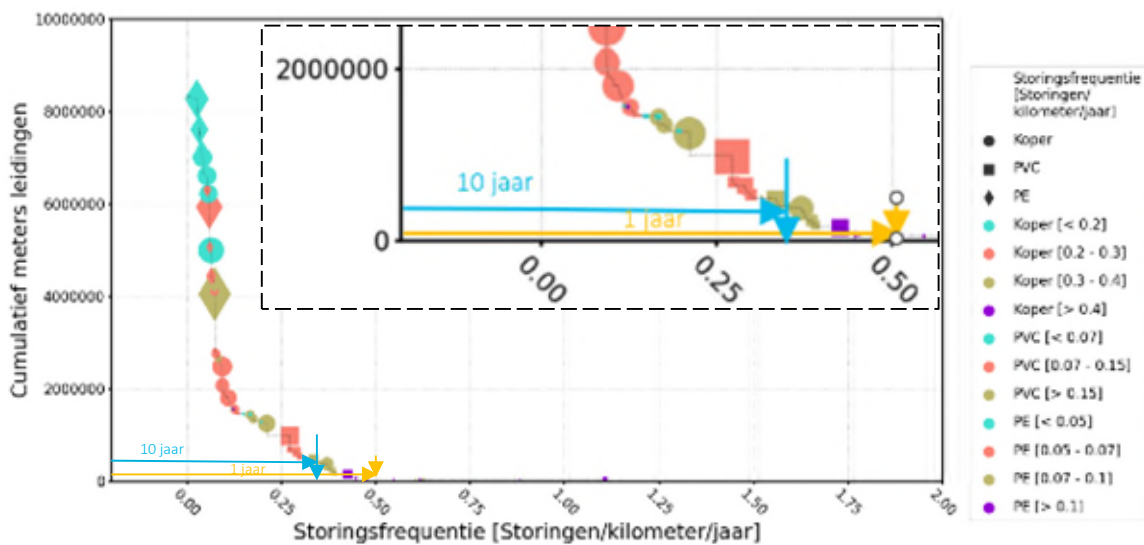
Door groepen leidingen te sorteren op basis van de storingsfrequentie, ontstaat inzicht in welke groepen de grootste kans op storingen hebben. In het geval elke aansluitleiding één administratieve aansluiting betreft, maakt dit ook inzichtelijk welke groepen aansluitleidingen de hoogste OLM opleveren. In Figuur 20-a komt elke marker overeen met een combinatie diameter-aanlegperiode. In Figuur 20-b zijn deze markers gesorteerd van hoge naar lage storingsfrequentie en zijn de bijbehorende lengtes opgeteld (gecumuleerd). In Figuur 20-b is te zien dat voor Brabant Water de hoogste storingsfrequentie optreedt bij een beperkte lengte aansluitleidingen. Hier blijkt dat de aansluitleidingen met een storingsfrequentie hoger dan bijvoorbeeld 0,25 storingen/km/jaar, in totaal zo'n 1.000 km uitmaken (of ongeveer 11% van de totale lengte aansluitleidingen). De uitwerking in Figuur 20 kan op verschillende wijzen worden omgezet naar vervangingsbeleid.



Figuur 20: Plot van leidinglengte en storingsfrequentie per materiaalgroep (a); Gesorteerde verdeling van storingsfrequentie en gecumuleerde lengte (b)

1. Omvang van vervangingen op basis van beschikbaar budget

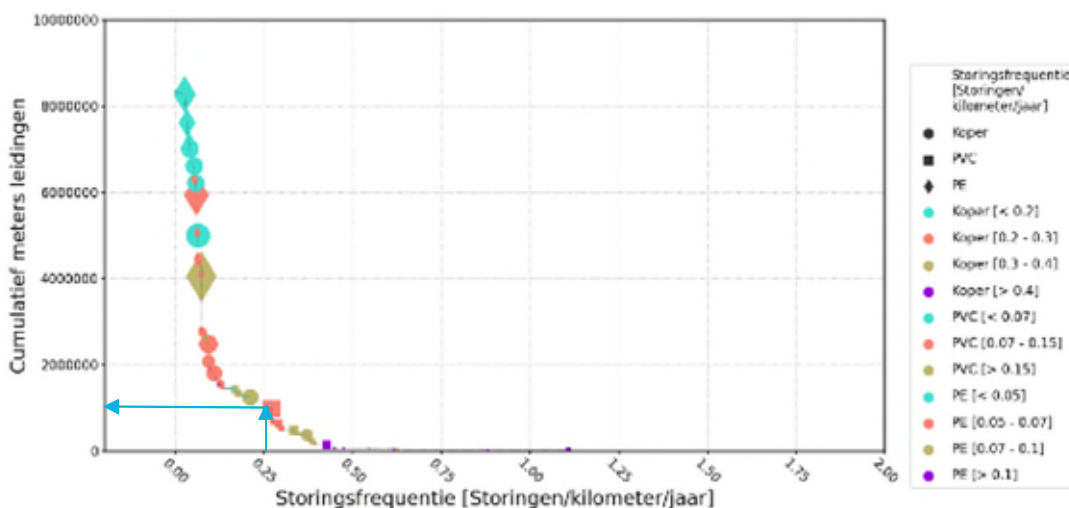
Stel een drinkwaterbedrijf heeft een budget voor vervanging van aansluitleidingen van 5 M€ per jaar. Het doel is om de (toekomstige) storingsfrequentie zo laag mogelijk te houden. Bij gemiddelde vervangingskosten van aansluitleidingen van € 1.100/aansluitleiding en een gemiddelde lengte van 10 m/aansluitleiding (zie Hoofdstuk 2) bedragen de gemiddelde vervangingskosten € 110 /m. Jaarlijks kan het drinkwaterbedrijf dan 45 km vervangen. Als het vervangingsbeleid alleen bestaat uit de aansluitleidingen met de hoogste storingsfrequentie, blijkt uit Figuur 21 dat in jaar 1 alle aansluitleidingen met een storingsfrequentie hoger dan 0,5 storings/km/ jaar kunnen worden vervangen. In de komende 10 jaar kunnen alle aansluitleidingen met een storingsfrequentie hoger dan 0,35 storings/km/ jaar worden vervangen. Deze aanpak kan worden gekozen als alle aansluitleidingen vergelijkbare vervangingskosten hebben.



Figuur 21 Omvang vervangingen op basis van beschikbaar budget, waarbij in een jaar aansluitleidingen kunnen worden vervangen met storingsfrequentie hoger dan 0,5 storings/ km/ jaar en na 10 jaar met een storingsfrequentie hoger dan 0,35 storings/ km/ jaar.

2. Toelaatbare storingsfrequentie

Stel een drinkwaterbedrijf heeft als doelstelling dat de storingsfrequentie voor aansluitleidingen niet hoger mag zijn dan 0,25 storings/km/jaar. Uit Figuur 22 blijkt dat er 1.000 km aansluitleidingen zijn met een storingsfrequentie hoger dan 0,25 storings/km/jaar. Het bedrijf kan vervolgens bepalen op welke termijn deze 1.000 km aansluitleidingen te vervangen, bijvoorbeeld door de komende 10 jaar 100 km/jaar te vervangen.

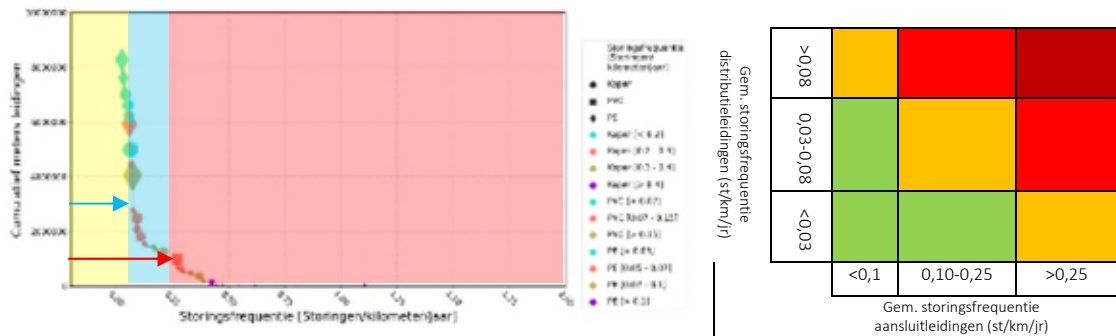


Figuur 22 Omvang vervangingen bepalen op basis van toelaatbare storingsfrequentie. Er zijn 1.000 km aansluitleidingen met een (huidige) storingsfrequentie hoger dan 0,25 storings/km/jaar.

3. Combinatie van afweging tussen distributieleidingen en aansluitleidingen

Een drinkwaterbedrijf kan kiezen om het vervangen van aansluitleidingen zo veel mogelijk te combineren met het vervangen van distributieleidingen. De afwegingsmethodiek moet dan beide assetgroepen meenemen. Met een GIS-analyse kan worden bepaald welke distributieleidingen en welke aansluitleidingen zich in dezelfde cluster (straat, afsluitersectie of wijk) bevinden. Gecombineerde besluitvorming is mogelijk door per cluster een score te bepalen voor distributieleidingen en aansluitleidingen, én een onderlinge waardering toe te kennen van het belang van distributieleidingen versus aansluitleidingen. Als voorbeeld van een waardering, zou een drinkwaterbedrijf de storingsfrequentie (st/km/jaar) van distributieleidingen 3 keer zo zwaar mee laten tellen als die van

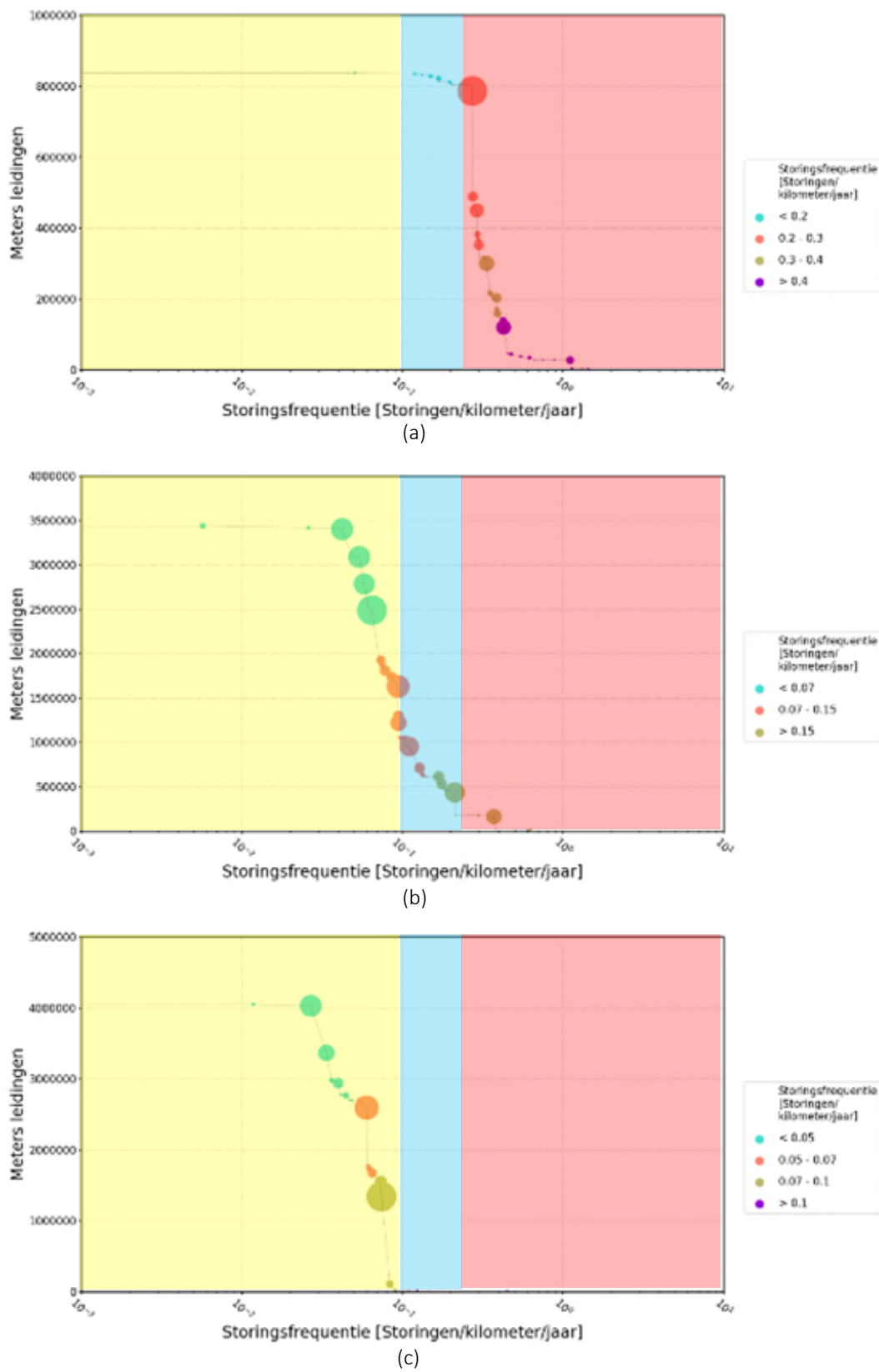
aansluitleidingen. In Figuur 23 zijn drie groepen aansluitleidingen onderscheiden op basis van hun storingsfrequentie met grenzen bij 0,1 en 0,25 st/km/jaar. Op basis van de gekozen waardering zouden voor distributieleidingen ook drie groepen leidingen kunnen worden onderscheiden op basis van hun storingsfrequentie met grenzen bij 0,03 en 0,08 st/km/jaar. Vervolgens kunnen voor clusters een gemiddelde storingsfrequentie worden bepaald voor distributieleidingen en aansluitleidingen, en deze worden gerangschikt in een prioriteringsmatrix.



Figuur 23 Voorbeeld groepen met verschillende prioriteit naar aanleiding van de storingsfrequentie (hoog: roze, blauw: midden en geel: laag) voor het vervangen van aansluitleidingen (links) en deze vertaald naar een prioriteringsmatrix (rechts).

4. Verdere uitsplitsing naar leidingmateriaal

De indeling naar storingsfrequentie uit Figuur 23, links, is in Figuur 24 uitgesplitst naar materiaalsoort. Aangezien koperen aansluitleidingen de hoogste storingsfrequenties hebben, bevinden deze zich vrijwel allemaal in de groep met de hoogste storingsfrequentie. Van de PVC aansluitleidingen valt ongeveer 200 km in de groep met de hoogste prioriteit, 800 km met middelhoge prioriteit en 2.500 km met lage prioriteit. Meer dan 90% van de PE aansluitleidingen hebben een lage prioriteit.



Figuur 24 Voorbeeld groepen met verschillende prioriteit (hoog: roze; blauw: midden; geel: laag) voor het vervangen van aansluitleidingen, uitgesplitst naar materiaalsoort (Koper: a; PVC: b; PE: c).

5.5 Effecten van falen

Drinkwaterbedrijven hanteren een risicogerichte aanpak bij vervangingsvraagstukken. Dat betekent dat naast de kans op falen (storing of ondermaatse druk) ook het effect hiervan wordt meegenomen. Kijkend naar aansluitleidingen als assetgroep, zal het effect van falen bij reguliere aansluitingen relatief laag zijn, aangezien in de meeste gevallen slechts één administratieve aansluiting wordt getroffen. Dit betekent dat het directe effect veel lager is dan bij een distributieleiding, transportleiding of een productielocatie. Met uitzondering van storingen op de dienstkraan of de aanboring, zal ook bij reparatie slechts één aansluiting worden getroffen. Het beperkte effect van falen van een aansluiting komt tot uitdrukking in de berekende ongeplande OLM. Het aandeel OLM veroorzaakt door falen van aansluitleidingen bedraagt orde grootte 5% van de totale OLM (Martin Meerkerk, 2023).

Bij het beoordelen van effecten van falen zijn de volgende kanttekeningen te maken:

- Drinkwaterbedrijven kunnen effecten waarden door effectklassen in te richten om zo effecten van falen te vergelijken en af te wegen. Hogere effectklassen kunnen worden toegepast bij bijvoorbeeld ziekenhuizen, scholen, wooncomplexen met meerdere administratieve aansluitingen, industriële grootverbruikers, etc. Ook het optreden van lekkage in een aansluiting in of nabij een BEEL-object kan een hogere effectwaardering krijgen. Hierbij is het belangrijk dat de effectwaardering aansluit op het assetmanagementbeleid.
- Ook kunnen verschillende soorten van falen anders worden gewaardeerd. Waterkwaliteitsproblemen worden dan hoger gewaardeerd dan drukproblemen, en gebreken die leiden tot een leveringsonderbreking hoger dan gebreken waar dat niet het geval is (zoals een vastzittende hoofdkraan).
- Ook kan een hogere waardering van het effect bij falen worden gehanteerd in het geval er een geografische cluster is van faalgebeurtenissen. Als in een geografisch cluster (zie ook Figuur 16) een hoog aantal storingen optreedt, zal dat waarschijnlijk eerder leiden tot imagoproblemen.

5.6 Assetmanagementvragen voor aansluitleidingen

Besluitvorming over aansluitleidingen kan worden uitgesplitst naar de volgende assetmanagementvragen:

1. Welke aansluitleidingen repareren?
Dit zijn aansluitleidingen waar een repareerbaar defect is geconstateerd en waarvoor geen complete vervanging noodzakelijk is, bijvoorbeeld een defecte of lekkende hoofdkraan. De uitvoering van werkzaamheden is meestal op korte termijn en zal mede afhangen van de mate van overlast.
2. Welke aansluitleidingen reactief vervangen?
Dit zijn aansluitleidingen waar een defect is geconstateerd en waarbij reparatie niet mogelijk of niet wenselijk is en die dus geheel vervangen worden. Dit kan optreden bij een lekkage waarvoor de leiding ontgraven moet worden of bij drukkachten. De uitvoering van werkzaamheden is meestal op korte termijn en zal mede afhangen van de mate van overlast.
3. Welke aansluitleidingen wanneer op eigen initiatief vervangen?
Selectie van deze aansluitleidingen vindt plaats op basis van onderbouwde besluitvorming over groepen die voor vervanging in aanmerking komen. Hierbij speelt het verwachte verouderingsproces van groepen aansluitleidingen een rol en daarmee de te verwachte toekomstige storingsfrequentie. Informatie is veelal verkregen door extrapolatie van registraties van reparaties (groep 1 en groep 2), in combinatie met observaties in het veld, gedeelde ervaringen met experts en een analyse van effecten van falen.
4. Welke aansluitleidingen wel of juist niet vervangen in het geval van een bestaand initiatief?
Hierbij zijn er de volgende soorten initiatieven denkbaar:

1. het drinkwaterbedrijf wil actief distributieleidingen vervangen, al dan niet in combinatie met vervangingen van andere ondergrondse en bovengrondse infrastructuur;
2. een andere beheerder van ondergrondse infrastructuur wil aansluitleidingen (of kabels) vervangen;
3. er worden woningen gerenoveerd, dit kan zijn op individuele (bijvoorbeeld bij een particuliere huiseigenaar), maar meestal op collectieve basis (bijvoorbeeld door een woningbouwvereniging).

Gezamenlijk vormen deze vragen de overkoepelende beheervraag voor aansluitleidingen:

5. Hoe aansluitleidingen optimaal te beheren in samenhang met een veranderende omgeving?
Hierbij spelen vragen als wat is, gezien de te verwachten levensduur van (groepen) aansluitleidingen, het optimale vervangingspercentage en in welke gebieden zijn initiatieven te verwachten om werkzaamheden gezamenlijk, en daarmee efficiënt en met beperkte overlast voor omwonenden, uit te voeren.

6 Zicht op aansluitleidingen, een beschouwing en aanbevelingen

6.1 Het belang van aansluitleidingen

Drinkwaterbedrijven willen meer zicht op het huidig en toekomstig presteren van aansluitleidingen. De omvang van deze assetgroep is groot en de investeringswaarde is aanzienlijk. Drinkwaterbedrijven hebben echter geen of een beperkt beeld van de conditie en restlevensduur van aansluitleidingen. Dit maakt het moeilijk voor hen om goed onderbouwde beslissingen te nemen over het vervangen van aansluitleidingen. In dit project is een aanzet gegeven om te komen tot een beter zicht op aansluitleidingen. Dit is gedaan door achtereenvolgens kennis op te halen bij drinkwaterbedrijven (hoofdstuk 2), literatuuronderzoek (hoofdstuk 3), het analyseren van data van aansluitleidingen, in het bijzonder van storingsgedrag (hoofdstuk 4) en door richtingen uit te werken hoe analyses van deze data kunnen leiden tot besluitvorming over het vervangen van aansluitleidingen (hoofdstuk 5).

Dit alles beschouwend, blijft het beeld overeind dat de kennis over aansluitleidingen en het functioneren daarvan beperkt is. Dit maakt het op dit moment lastig om eenduidige aanwijzingen te geven welke cohorten aansluitleidingen een kortere levensduur hebben en daarom als eerste in aanmerking komen voor vervanging. Het opstellen van cohorten met driehoeksverdelingen zoals is uitgevoerd voor transport- en distributieleidingen is (nog) niet mogelijk. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

1. De (basis-)registratie van aansluitleidingen is van een lagere kwaliteit dan die van distributieleidingen. Bijvoorbeeld, bij Brabant Water zijn er veel aansluitleidingen met onbekende aanlegjaar (30%) of waarvan de volledige lengte niet bekend is (20%). Er zijn geen aanwijzingen dat deze situatie bij andere bedrijven beter is.
2. Aansluitleidingen zijn in verhouding tot distributieleidingen complexer qua opbouw (een relatief groot aantal verschillende onderdelen) en liggingssituaties (in publieke grond, voortuintjes en binnen gebouwen).
3. Er lijken aanzienlijke verschillen tussen gebruikte materialen en appendages bij bedrijven, wat een eenduidige kennisopbouw bemoeilijkt.
4. Het effect van falen van aansluitleidingen in verhouding tot de kosten van vervanging is in het algemeen zeer laag. In geval van het falen van een hoofdkraan is reparatie mogelijk tegen beperkte kosten. Met andere woorden, falen leidt tot relatief beperkte overlast en er kan meestal tegen beperkte kosten gerepareerd worden. Mitigatie brengt daarentegen hoge vervangingskosten met zich mee. Dit verklaart de relatief beperkte aandacht voor aansluitleidingen en bijbehorende bedrijfsprocessen en het feit dat zij relatief zijn ondervertegenwoordigd in het vervangingsbeleid.

De beperkte aandacht voor aansluitleidingen komt ook omdat het aandeel in de gehele systeemprestatie relatief beperkt is. De totale ongeplande OLM van het transport- en distributienet is grofweg een factor 20 hoger dan die van aansluitleidingen (zie paragraaf 5.5). De berekende vervangingskosten van aansluitleidingen zijn geschat op 9,5 miljard € (zie paragraaf 2.5). De vervangingswaarde van het transport- en distributienet wordt vaak geschat op 30 miljard €¹⁰, een factor 2,5 hoger dan aansluitleidingen. Deze verhoudingen geven een indicatie dat een euro besteed aan het transport- en distributienet een grotere impact zal hebben op de systeemprestatie.

In paragraaf 1.3 is aangegeven dat het begrip cohort dat, afkomstig is uit de demografie en epidemiologie, vooral is te relateren aan groepen leidingen van een bepaald materiaal en uit een bepaalde periode. Het terugvoeren van storingsgedrag aan leidingen bijvoorbeeld van een bepaalde periode of met een bepaalde diameter lijkt vooralsnog

¹⁰ Berekend volgens een totale lengte van 120.000 km en gemiddelde kosten vervanging 250 €/m.

niet goed mogelijk. Het begrip cohort is daarom niet geheel passend. Om die reden wordt bijvoorbeeld in paragraaf 5.3 gesproken over een datagedreven groepenindeling en niet over een cohortindeling.

6.2 Het functioneren van aansluitleidingen

Dit rapport brengt gegevens samen over aansluitleidingen vanuit verschillende bronnen. Ondanks dat er weinig coherente gegevens beschikbaar zijn over aansluitleidingen en hun functioneren, en het daardoor niet mogelijk is te komen tot generieke cohorten met levensduurvoorspelling, biedt de verzamelde informatie enkele waardevolle inzichten. De gemiddelde storingsfrequentie bedraagt orde grootte 1,0 storing per 1.000 aansluitingen per jaar, of 0,1 storing per km per jaar. In vrijwel alle gevallen betreft deze storing een lekkage, terwijl in slechts een beperkt aantal gevallen, ongeveer 3%, er sprake is van druk- of kwaliteitsproblemen. Dit storingsfrequentie is aanzienlijk lager dan de in 1966 gerapporteerde 6,3 storings per 1.000 aansluitingen per jaar. Deze verbetering is grotendeels toe te schrijven aan de grootschalige vervanging van loden leidingen en het toenemend gebruik van kunststof, met name PE. PE-aansluitleidingen hebben een relatief laag aantal storings, maar hebben een relatief hoog aandeel recente storings als gevolg van aanlegfouten of incidentele belasting tijdens het bouwproces.

Bij registratie bij het andere drinkwaterbedrijf (zie Tabel 7) blijkt dat ongeveer de helft van de storings wordt toegeschreven aan de hoofdkraan. Er zijn meerdere voorbeelden van falende appendages die kunnen worden toegeschreven aan specifieke batches (fabrikanten, typen, periode van aanleg, etc.). Om jaren later nog te kunnen achterhalen waar deze specifieke batches zijn geïnstalleerd en om deze kennis te delen met andere bedrijven, is het van essentieel belang om de fabrikant en het typenummer vast te leggen.

Storingsdata van Brabant Water laat zien dat koper gemiddeld drie keer zo vaak stoort als PVC en zes keer zo vaak als PE. Ongeveer 70% van de geregistreeerde storings is spontaan en 30% is veroorzaakt door derden. Dit betekent dat het aandeel storings door derden ongeveer twee keer zo hoog is als bij distributieleidingen. De storingsfrequentie van aansluitleidingen is hoger dan die van distributieleidingen, waarvoor meerdere mogelijke verklaringen zijn. Aansluitleidingen hebben vaak meer appendages die juist vatbaar zijn voor storings. Aansluitleidingen bevinden zich minder diep, kruisen vaker andere ondergrondse infrastructuur en kunnen extra spanningen ondervinden bij muurdoorvoeren. Bovendien zijn distributieleidingen over het algemeen robuuster, vooral in vergelijking met het minder flexibele koper, dat verantwoordelijk is voor een relatief groot aantal storings.

Bij Brabant Water is van circa 20% van de aansluitleidingen niet de volledige lengte opgenomen. Als van deze groep slechts de helft van de lengte is opgenomen, betekent dat dat de feitelijke storingsfrequentie per km 10% hoger is dan berekend. Hoewel er nog ruimte voor verbetering is in de dataregistratie bij Brabant Water, met name met betrekking tot aansluitleidingen waarvan het aanlegjaar onbekend is of de lengte niet volledig is geregistreerd, is het wel mogelijk om groepen te identificeren die vaker storen en daardoor eerder voor vervanging in aanmerking kunnen komen. Het is echter onduidelijk of deze geïdentificeerde groepen representatief zijn voor andere drinkwaterbedrijven.

6.3 Vervangingsbeleid en uitvoering

Op dit moment vervangen drinkwaterbedrijven jaarlijks gemiddeld ongeveer 0,33% van hun aansluitleidingen. Dit percentage kan worden gerechtvaardigd op basis van het aantal storings dat zich voordoet. Het gegeven dat het met dit vervangingstempo 300 jaar zal duren voordat alle aansluitleidingen zijn vernieuwd, maakt dat assetmanagers de verwachting hebben dat dit percentage de komende jaren zal toenemen. Een toename van de van het aantal storings bij toenemende leeftijd van aansluitleidingen lijkt te voldoen aan de verwachtingen, maar blijkt (nog) niet uit de in dit rapport geanalyseerde storings. Het lijkt daarom gerechtvaardigd om in eerste instantie de focus te leggen op het monitoren van de conditie van de aansluitleidingen door middel van

storingsregistratie om zo in een latere fase onderbouwd te kunnen besluiten welke aansluitleidingen als eerste voor vervanging in aanmerking komen.

Gezien transitievraagstukken, zoals de energietransitie, de nieuwbouwopgave, stedelijke vergroening, het afkoppelen van rioleringen, is het waarschijnlijk dat activiteiten in (met name de stedelijke) ondergrond zullen toenemen. Drinkwaterbedrijven zullen daarom in toenemende mate geconfronteerd worden met werken van derden. Het is daarom belangrijk dat drinkwaterbedrijven gefundeerd kunnen beslissen wel of niet mee te gaan vanuit een perspectief van effectief vervangingsbeleid, niet alleen voor distributieleidingen, maar ook voor aansluitleidingen.

Het besluit om al dan niet aansluitleidingen te vervangen bij werkzaamheden van derden of bij eigen vervangingsprojecten is een complexe afweging. Het vervangen van huisaansluitingen leidt in veel gevallen tot meer overlast dan het vervangen van distributieleidingen. Aansluitleidingen liggen loodrecht op de straat en het vervangen zal eerder leiden tot storingen aan kabels voor elektra of data. Ook zal het vaak nodig zijn om werkzaamheden uit te voeren in voortuinen en in woningen. Verder geeft een muurdoorvoer extra complexiteit, met name als voorzieningen nodig zijn vanwege zettingsverschillen.

Bij het meegaan met derden of met het vervangen van distributieleidingen spelen ook praktische afwegingen. Bij veel drinkwaterbedrijven vallen aansluitleidingen onder een aparte afdeling en heeft men voor aansluitleidingen aparte contractafspraken met aannemers. In de praktijk wordt het vervangen van distributieleidingen en aansluitingen niet altijd gelijktijdig en door dezelfde aannemer uitgevoerd, wat synergievoordelen teniet kan doen. Ook kunnen praktische omstandigheden spelen, bijvoorbeeld dat de gemeenten rioolaansluitingen alleen vervangen in openbare grond en dat in oudere woningen de watermeter zich niet altijd in de meterkast bevindt.

Uit de reacties van bedrijven blijkt dat de gehanteerde begrippen over vervangingsbeleid voor aansluitingen niet altijd eenduidig toegepast worden. Zo worden de begrippen reparatie en vervanging, en bij vervanging de begrippen reactief, proactief op initiatief van derden en proactief vervangen, niet eenduidig toegepast. Om te komen tot effectief vervangingsbeleid en het monitoren daarvan, worden de volgende definities voorgesteld:

- reparatie: werkzaamheden na een storing waarbij onderdelen van een aansluiting worden vervangen, vaak een dienstkraan of hoofdkraan of een toegankelijk deel van een aansluitleiding;
- reactief vervangen: het vervangen van een gehele aansluitleiding als direct gevolg van een storing;
- proactief vervangen op initiatief van derden: het vervangen van meerdere aansluitingen naar aanleiding van een initiatief van derden (gemeenten, energiebedrijf, etc.);
- proactief vervangen van aansluitleidingen: het vervangen van aansluitleidingen (en geen distributieleidingen) vanwege het (verwacht) slecht functioneren van deze aansluitingen;
- proactief vervangen van aansluit- en distributieleidingen: het in combinatie vervangen van aansluit- en distributieleidingen vanwege het (verwacht) slecht functioneren.

In Hoofdstuk 5 zijn analyses beschreven om op basis van de huidige data en kennis over aansluitleidingen te komen tot beter onderbouwde besluitvorming. Brabant Water neemt aansluitleidingen mee in haar ondersteunende besluitvorming met Rasmariant. Hiervoor zijn op basis van de huidige data storingscurves opgesteld die een ontwikkeling van de storingsfrequentie in de tijd geven. Het voordeel van deze aanpak is dat aansluitleidingen expliciet en op uniforme wijze worden meegenomen in besluitvorming. De kwaliteit van de storingsdata houdt echter in dat het voorspeld aantal storingen en daarmee de geselecteerde vervangingskandidaten een grote onzekerheid kent.

Drinkwaterbedrijven vervangen aansluitleidingen het liefst in combinatie met vervangingen van distributieleidingen en werkzaamheden van andere ondergrondse infrastructuur (zoals gas, riolering en warmte). In de praktijk blijkt het vaak moeilijk om daadwerkelijk combivoordeel (lagere kosten en/of minder overlast) te verwezenlijken.

Hiervoor noemden bedrijven tijdens de workshop een aantal redenen:

- de omvang van de te vervangen gasaansluitleidingen is in sommige gebieden zo groot dat drinkwaterbedrijven niet de mogelijkheid hebben om altijd mee te gaan;
- rioolaansluitingen worden vaak niet vervangen, en als ze worden vervangen betreft dat alleen het deel van de aansluiting in openbare grond;
- vervangingen van distributieleidingen vindt vaak plaats op een ander moment dan dat aansluitleidingen worden vervangen en in sommige gevallen door een andere aannemer.

Bij besluiten over het vervangen van aansluitleidingen speelt ook de wijze van aanleg een rol. Aansluitleidingen kunnen vervangen worden in open sleuf of zij kunnen worden ingetrokken of geschoten. Intrekken van aansluitleidingen leidt tot minder overlast voor bewoners. Dit gebeurt door een metalen kabel door de oude leiding te halen en hier een trekkop aan te bevestigen die de nieuwe PE-leiding intrekt en de oude leiding uit de grond trekt. Deze methode heeft als nadeel dat inmeten niet mogelijk is en dat er door forse trekkrachten kans is op ondergrondse schade. Verder mag een getrokken leiding geen bochten bevatten, aangezien deze 'strakgetrokken' worden. Brabant Water en PWN geven aan het trekken van aansluitleidingen veelvuldig toe te passen. WML geeft juist aan dat in veel gevallen het trekken van aansluitleidingen niet goed realiseerbaar is.

6.4 Aanbeveling 1: uniformiteit in vervangingsbeleid

Zoals hiervoor aangegeven is er te weinig kwantitatieve, eenduidige en betrouwbare informatie voor een sectorbrede indeling van cohorten. Het is echter mogelijk om een meer op kwalitatieve leest geschoeide prioritering op te stellen voor het vervangen van aansluitleidingen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van het MOSCOW principe (Wikipedia, 2023), zie ook Tabel 9. In deze tabel zijn mogelijke prioriteiten aangegeven gebaseerd op bevindingen uit voorgaande hoofdstukken. Het voordeel van een dergelijke aanpak is een meer eenduidig vervangingsbeleid en een meer gerichte monitoring of genomen beleidsbesluiten bijdragen aan een verbeterde prestatie, bijvoorbeeld minder storingen.

Tabel 9 Voorbeeld van vervangingsystematiek voor aansluitleidingen volgens MOSCOW.

Must (M)	Deze aansluitleidingen moeten gerepareerd of vervangen worden	
	Reparaties of reactief vervangen:	<ul style="list-style-type: none"> als gevolg van lekkages of drukklachten
	Proactief vervangen:	<ul style="list-style-type: none"> loden aansluitleidingen of kans op permeatie bij verontreinigingen als er een specifiek budget is gereserveerd voor het vervangen van een bepaalde groep leidingen (bijvoorbeeld bij Brabant Water: Koper 14- 15 mm ouder dan 1950 of onbekende leeftijd)
Should (S)	Om te veel toekomstige storingen te voorkomen en/of te veel slechte leidingen in bedrijf te hebben, worden deze leidingen vervangen en is hiervoor een vervangingsbudget beschikbaar	
	Proactief vervangen bij Initiatief van derden of bij vervangen distributieleiding:	<ul style="list-style-type: none"> bij onaanvaardbaar risico op schade door werkzaamheden (1) aansluitleiding behoort tot ongewenste leidingmaterialen (2) aansluitleiding hebben een korte te verwachten restlevensduur of een hoge storingsfrequentie (bijvoorbeeld bij Brabant Water: Koper 14- 15 mm jonger dan 1950 of Koper 22 mm tussen 1960 en 1980) aansluitleiding in een regio met een verhoogde storingsfrequentie aansluitleiding in zettingsgevoelig gebied waar regelmatig ophoging plaatsvindt
Could (C)	Deze aansluitleidingen worden vervangen als dit tot een aantoonbaar voordeel leidt	
	Proactief vervangen bij Initiatief van derden of bij vervangen distributieleiding:	<ul style="list-style-type: none"> bij aantoonbaar kostenvoordeel aansluitleiding met een hoog effect bij falen
Won't (W)	Deze aansluitleidingen hoeven de komende decennia niet vervangen te worden (tenzij dit niet anders kan)	
	Initiatief derden of DL	<ul style="list-style-type: none"> leidingen niet vallend onder bovenstaande groepen

1: Optie alleen vervangen over beperkte lengte.

2: Onder ongewenste leidingmaterialen vallen bijvoorbeeld staal of AC, of een te kleine diameter, zie ook Tabel 4.

Vervolgens wordt aanbevolen om eenduidige criteria op te stellen om in Tabel 9 genoemde situaties nader te specificeren, zoals:

- wat kan leiden tot een onaanvaardbaar risico op schade bij werkzaamheden?
- wat zijn ongewenste leidingmaterialen?
- van welke typen aansluitleidingen is de te verwachten levensduur zo kort dat besloten wordt tot vervanging in geval van werkzaamheden door derden?
- wat is een onaanvaardbaar hoge storingsfrequentie?
- hoe is een aantoonbaar kostenvoordeel te bepalen?
- Hoe te komen tot betrouwbare kostenkennallen?
- welke aansluitleidingen worden gekenmerkt als hoog effect bij falen?

6.5 Aanbeveling 2: kennisopbouw

In dit onderzoek wordt aanbevolen om aansluitleidingen die eerder in aanmerking komen om te vervangen vooral te baseren op data en minder op expertmeningen (er vanuit gaande dat verdergaande dataverbetering zal plaatsvinden). Vervolgens is een werkwijze aangegeven voor prioritering met behulp van cumulatieve frequentieverdelingen, is aandacht gegeven aan geografische clustering en effecten van falen en wordt een vertaling gegeven naar beheervragen voor aansluitleidingen. Om dergelijke analyses effectief uit te voeren is meer inzicht nodig in het (dis-) functioneren van aansluitleidingen. Op basis van de bevindingen in dit rapport, waarvoor

met name data van Brabant Water als uitgangspunt heeft gediend, worden hiertoe de volgende stappen voorgesteld:

1. Verbeter van de huidige data over aansluitleidingen.
 - a. Achterhaal het aanlegjaar van aansluitleidingen. In de workshop werd opgemerkt dat dit kan door aansluitleidingen te relateren aan het jaar van aanleg van distributieleidingen of aan het BAG-jaar van het gebouw.
 - b. Zorg dat gegevens van aansluitleidingen volledig zijn en met de juiste ligging.
 - c. Houd gegevens bij van appendages (hoofdkranen en dienstkransen) over fabrikanten, typen en periode van aanleg.
2. Stel een storingsregistratie op van aansluitleidingen.
 - a. Zet een methodiek voor registratie op van beperkte omvang, waarin de belangrijkste onderdelen van aansluitleidingen, faalwijzen en faaloorzaken zijn opgenomen en die bedrijfsbreed (en dus ook door aannemers) wordt toegepast.
 - b. Ontwikkel een uniforme werkwijze en definities zodat gegevens en ervaringen onderling zijn te delen. Het registratieprotocol dat is opgesteld door Moerman en Dilven (2016), zie Bijlage I, kan hiervoor als startpunt dienen.
 - c. Stel een sectorbrede definitie op van een aansluitleiding en wat de bijbehorende appendages zijn.
 - Laat de systeemgrens goed aansluiten op die van USTORE, zodat duidelijk is of aanboringen en dienstkransen onder aansluitingen of onder distributieleidingen vallen.
 - Maak vergelijkbare afspraken over de hoofdkraan.
 - d. Maak onderscheid tussen faalwijzen (problemen) zodat een eenduidige analyse mogelijk is. Voorgesteld wordt om vier faalwijzen (hoe falen zich manifesteert) te hanteren, namelijk:
 - lekkage;
 - onvoldoende druk;
 - waterkwaliteitsklachten, bijvoorbeeld kleur-, geur- of smaakklachten;
 - overige faalwijzen, bijvoorbeeld een kapotte spindel van een dienstkraan.
 - e. Maak een jaarlijkse opgave van het bestand aan aansluitleidingen. Dit waarborgt dat storingen uit een bepaald jaar ook aan het aansluitleidingnet van dat betreffende jaar zijn te relateren.
3. Nadat bovenstaande verbeteringen zijn doorgevoerd, onderzoek de meerwaarde om (al dan niet gezamenlijk) cohorten met een levensduurvoorspelling op te stellen die de basis kunnen vormen voor toekomstig vervangingsbeleid.

6.6 Bedrijfsparagraaf

Door Richard Peerboom – WML:

We zien als drinkwatersector dat de omvang van vervangingen van aansluitleidingen sterk achterblijft bij die van distributieleidingen. Ieder bedrijf heeft hiervoor zijn eigen redenen, zoals een verschillende samenstelling van het aansluitleidingnet of een andere vervangingsstrategie en -beleid. Het storen van één aansluitleiding is in het algemeen geen groot probleem, maar wanneer de lekkages dermate oplopen dat extra monteurs nodig zijn of dat lekken niet dezelfde dag gemaakt kunnen worden, dan zal dit tot nieuwe uitdagingen leiden die verder onderzocht dienen te worden.

Dit onderzoek heeft voor deze uitdagingen geen directe oplossing of richting geboden, wat wel was gehoopt. Indirect zijn wel inzichten en richtingen geboden waar we als bedrijven mee aan de slag kunnen en waarmee we beleid opnieuw kunnen vaststellen. De visie om beleid te gaan vaststellen op basis van een datagedreven groeppenindeling is mijns inziens de juiste richting. De eerste stap is het eenduidig definiëren van de onderdelen van de gehele aansluitconstructie en het beoordelen of de juiste zaken worden geregistreerd. De hoop is om dit via een

samenwerkingsverband tussen de bedrijven zoals USTORE verder te stroomlijnen. De te ontwikkelen storingscurves (of regressiecurves) kunnen dan regelmatig worden verbeterd met meer en betere data. Dat raakt echter aan een belangrijke beperkende factor, namelijk de datakwaliteit van het aansluitleidingnet. Betrouwbare data is essentieel voor betrouwbare analyses waaronder scenario-simulaties. Drinkwaterbedrijven moeten hierbij blijven afwegen welke inspanningen om te komen tot betere en meer gedetailleerde informatie over aansluitleidingen de hiervoor noodzakelijke investeringen rechtvaardigt.

7 Literatuur

Beuken R.H.S. en G.A.M. Mesman (2015): Actualisatie driehoeksverdelingen voor onderbouwing investeringsprognoses leidingen, BTO 2015.223(s), KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

De watergroep (2022): Jaarverslag 2021, <https://jaarverslag2021.dewatergroep.be/drinkwater/drinkwater-in-cijfers/>

Hockin, A. en M.L. van der Schans (2023): nog niet afgerond onderzoek naar permeatie van benzeen door drinkwaterleidingen bij gaslekken, KWR Water Research Institute, Nieuwegein.

Laarhoven, van Karel (2023): Zesjarenplan 2024-2029 Onderzoeksthema Distributie, BTO 2023.022, KWR Water Research Institute, Nieuwegein.

Meerkerk, Martin (2023): Mondelings mededeling op basis van de berekende OLM van drinkwaterbedrijven uit 2019, KWR Water Research Institute, Nieuwegein.

Moerman, A.(2016): Storingen van aansluitleidingen. Een verkennende studie naar beschikbaarheid van data en probleemrelevantie, KWR 2016.007, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Moerman A. en B.A.S. Dilven (2016): Registratieprotocol storingen van aansluitingen. Naar een uniforme registratie van storingen van aansluitingen, KWR 2016.110, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Vewin (2011): Model Aansluitvoorwaarden Drinkwater 2011, Vewin, Den Haag, <https://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Aansluitvoorwaarden.pdf>

Vewin (2022): Drinkwaterstatistieken 2022, Vewin, Den Haag, <https://vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Cijfers/Vewin-Drinkwaterstatistieken-2022-NL-WEB.pdf>

Wikipedia (2023): MoSCoW method, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=MoSCoW_method&oldid=1176284125, geraadpleegd 15-11-23.

Zanden, P. J. van der (1966): Resultaten en bespreking van een enquête over lekken in dienstleidingen, Mededeling Nr 5 Commissie Waterverlies van het Kiwa, Moormans Periodieke Pers N.V., Den Haag.

I **KWR 2016.110: Registratieprotocol storingen van aansluitingen**

In dit rapport is in afstemming met de DPW-bedrijven een protocol voorgesteld voor de registratie van storingen op aansluitleidingen. Dit protocol kan als inspiratie gelden in het geval drinkwaterbedrijven overgaan tot een uniforme wijze van registratie van aansluitleidingen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Moerman A. en B.A.S. Dilven (2016).

II Vragenlijsten over aansluitleidingen

Bij het opstellen van het projectplan zijn op 14-9-2022 onderstaande vragen gestuurd naar de drinkwaterbedrijven. Deze vragen zijn door alle bedrijven beantwoord.

1. Hoeveel aansluitleidingen hebben jullie vervangen in 2021?
2. Wat is de gemiddelde kostprijs die jullie hanteren voor het vervangen van aansluitleidingen?
3. Wat is de gemiddelde lengte van alle aansluitleidingen?
4. Registreren jullie storings op aansluitingen?
5. Vanaf welk jaar registreren jullie?
6. Vind registratie plaats op basis van uniform format?
7. Vind dit plaats voor alle aansluitingen in jullie leveringsgebied?
8. Welke verbeteringen mbt registratie achten jullie wenselijk?
9. Zijn er lessen getrokken uit deze registraties, zo ja welke?
10. Welke kennisvragen spelen er bij jullie bedrijf over aansluitleidingen?

Bij de start van het project is op 22-12-22 een aanvullende vragenlijst gestuurd. De eerste twee vragen zijn door acht bedrijven beantwoord. De overige door alle bedrijven.

1. Wat is jullie definitie van aansluitleidingen? (distributie leiding tot aan het muur, distributie leiding tot aan de dienstkraan achter de muur, etc)
2. Hoeveel aansluitleidingen hebben jullie in totaal (km en aantal)
3. Hanteren jullie een schatting voor de levensduur van de aansluitleidingen? Zo ja hoeveel jaar? Eventueel verschillende leeftijden per materiaal benoemen
4. Hoeveel aansluitleidingen hebben jullie in de afgelopen 3 - 5 jaar jaarlijks vervangen ?
5. Hoeveel aansluitleidingen per jaar achten jullie dat wenselijk is te vervangen o.b.v. de huidige kennis?
6. In geval van een verschil tussen 2 en 3, wat zijn hiervoor de belangrijkste oorzaken?
7. Wat zijn de redenen van het vervangen van de aansluitleidingen? Kunnen jullie per reden een globale schatting maken welk aandeel van de aansluitingen het betreft (bijvoorbeeld: conditie van aansluitleidingen 2/5de deel, te kleine diameter 1/5de deel, etc)
8. Hoe vaak vervangen jullie aansluitleidingen tegelijkertijd met het vervangen van de distributie leidingen, graag een schatting maken
9. Doen jullie ook onderzoek naar de conditie van aansluitleidingen ? Zo ja, hoe vaak en in welke situatie doen jullie dit onderzoek?
10. Welke type aansluitleidingen vervangen als zich een goede gelegenheid voordoet (ook wel exoten incurante aansluitleidingen genoemd)? (bijvoorbeeld aansluitleidingen van een bepaald materiaal, van een bepaalde diameter of andere typering)

III Aangeleverde storingsgegevens Brabant Water

Onderstaand overzicht geeft een algemene beschrijving van de door Brabant Water aangeleverde data.

1. De data voor leidinginformatie is in vier bestanden gesplitst (koper, PVC, PE, overige materialen). Elk bestand geeft de stand van de leidinginventaris in juli 2021. Het is mogelijk om ook de bestanden te reconstrueren van voorgaande jaren.
2. In elk bestand is er per leidingonderdeel informatie onder andere over het aanlegdatum¹¹, diameter, lengte¹² beschikbaar. Opgemerkt wordt dat van een deel van de aansluitleidingen geregistreerde lengte onvolledig is, omdat lengtegegevens ontbreken in private grond, dit wordt geïllustreerd in Figuur 25. Brabant Water schat dat dit speelt bij ongeveer 20% van de aansluitleidingen¹³. Binnen het kader van dit project was het niet mogelijk hiervoor een correctie toe te passen. Dit betekent dat de berekende storingsfrequenties per kilometer leiding een onderschatting zijn.
3. Elke leidingrecord is per materiaal en diameter apart aangeleverd en het was niet mogelijk om hieruit gehele aansluitleidingen te reconstrueren. Dat wil zeggen dat als een leiding is samengesteld uit meerdere materialen en /of diameters deze als aparte records zijn meegenomen. Het reconstrueren van aansluitingen op basis van deze afzonderlijke records vergt een uitgebreide GIS-analyse die buiten de scope van dit onderzoek valt. Om die reden spreken we in hoofdstuk 4 over leidingonderdelen als we het hebben over data van Brabant Water.
4. Er is informatie beschikbaar over de status van de leiding (of de leiding in bedrijf is of niet) en over de laatste statusverandering. Hiermee kan bepaald worden welke leidingen gedurende de analyseperiode zijn vervangen.
5. De storingsdata is in één tabel opgeleverd. Per storing zijn onder andere de reparatiedatum, de aanlegdatum, de diameter, probleem en oorzaak beschikbaar. 'Probleem' is een combinatie van 'storend object' en 'verschijningsvorm' zoals gehanteerd in USTORE. In de huidige dataset is het niet mogelijk om individuele storingen te linken aan de betreffende aansluitleiding.



Figuur 25: Voorbeeld van missende lengtes bij aansluitleidingen van Brabant Water. De lijnen moeten tot de huizen doorgetrokken worden.

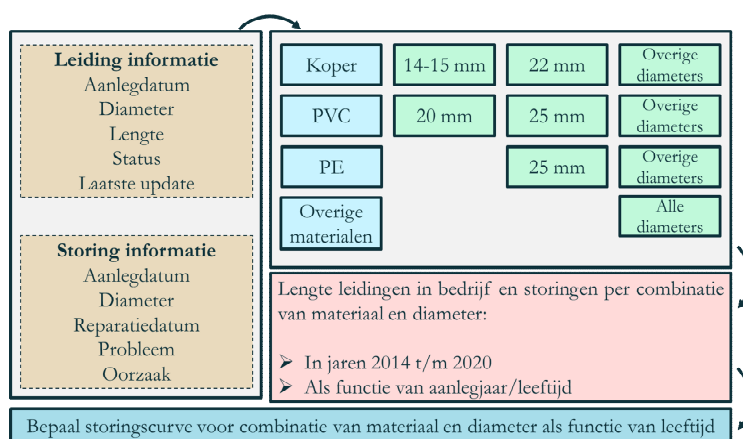
Door Brabant Water is een analyse uitgevoerd, waarvan de belangrijkste stappen hieronder zijn beschreven.

¹¹ Omdat Brabant Water is ontstaan uit meerdere drinkwaterbedrijven is informatie over aanlegdata vaak niet beschikbaar. Als default worden 1-1-1870 en 1-1-2000 gebruikt.

¹² Leidinglengtes worden minder betrouwbaar geacht, vooral degene die veel korter zijn.

¹³ Mededeling Joren Rombouts, workshop 5-7-2023.

1. Brabant Water heeft een indeling gemaakt van de meest voorkomende combinaties van diameter en materiaal. Hierdoor ontstaan er 9 combinaties (groene vakjes in Figuur 26).
2. Voor elk van de 9 combinaties is voor elk aanlegjaar de leidinglengte bepaald met behulp van status en laatste update van 2014 t/m 2021 bepaald. Bijvoorbeeld, als een object een status van 2 heeft, dan is dat in 2021 in bedrijf geweest. Maar mocht het status een andere waarde hebben, en een laatste update van 2017, dan is dat object in bedrijf van 2014 t/m 2017 geweest en daarna niet. Hiermee kunnen leidinglengtes in 2014 t/m 2021 voor alle aanlegjaren¹⁴ geschat worden.
3. Hiermee kunnen leeftijden van de leidingen ook bepaald worden. Dus, bijvoorbeeld, in het jaar 2018 zijn er 506 meter koperen aansluitleidingen met een diameter van 14 of 15 mm in bedrijf. Maar in 2020, is dit getal maar 476 m. Dus, voor koperen aansluitleidingen met diameter 14 of 15 mm, was er in 2017 506 m leiding met een leeftijd van 12 jaar en in 2020 476 m met een leeftijd van 15 jaar.
4. Voor elk van de 9 groepen zijn de aantallen storingen en aantallen kilometer leiding bekend. Alleen spontane storingen worden meegenomen. Omdat de analyse zich toespitst op leidingen en niet op appendages, zijn storingen die bij de dienstkraan horen genegeerd¹⁵. Niet voor elk leidingobject en elke storing is het aanlegjaar betrouwbaar. Voor elke combinatie leidinglengte versus storingsaantal zijn twee correctiefactoren bepaald. Als voorbeeld, van de 768 storingen op koperen aansluitleidingen met diameter 14 of 15 mm hebben er 471 een betrouwbaar aanlegjaar. De toegepaste correctiefactor voor storingen is daarom $768/471=1.63$. In de zelfde groep is de totale lengte 528,927 m. Hiervan heeft 376,118 m onbetrouwbaar aanlegjaar. Hiermee wordt de correctiefactor voor de leidinglengte $528927/376118=1.41$.
5. Hierna worden de storingsfrequentie (storingen per kilometer aansluitleiding per jaar) bepaald. Van 2014 t/m 2020 zijn er totaal 13 storingen (2 in 2015 en 2020, 3 in 2016, 2017, 2018) bij koperen leidingen met diameter 14 of 15 mm geweest. De totale leidinglengte is 45.5 km (11.7 km in 2014, 13.9 km in 2015, ... 2.2 km in 2019, en 2.3 km in 2020)¹⁶. Hiermee wordt een storingsfrequentie van 0.286 storingen per kilometer per jaar berekend. Met behulp van de correctiefactoren wordt de storingsfrequentie bepaald als $0.286*1.63/1.41=0.332$ storingen per kilometer per jaar.
6. Daarna zijn door Brabant Water de leeftijden gegroepeerd om minstens 70 storingen per groep te bevatten. Dan wordt er per leeftijdsklasse een storingsfrequentie bepaald. Met behulp van regressiefits kan een relatie tussen storingsfrequentie en leeftijd gelegd worden. De zogenaamde storingscurves kunnen verder gebruikt worden om proactief vernieuwingsstrategieën te onderbouwen.



Figuur 26: Schematisch overzicht van aanpak van Brabant Water in het bepalen van storingscurves.

¹⁴ Voor het aanlegjaar 2000 is het gemiddelde van 1999 en 2001 genomen.

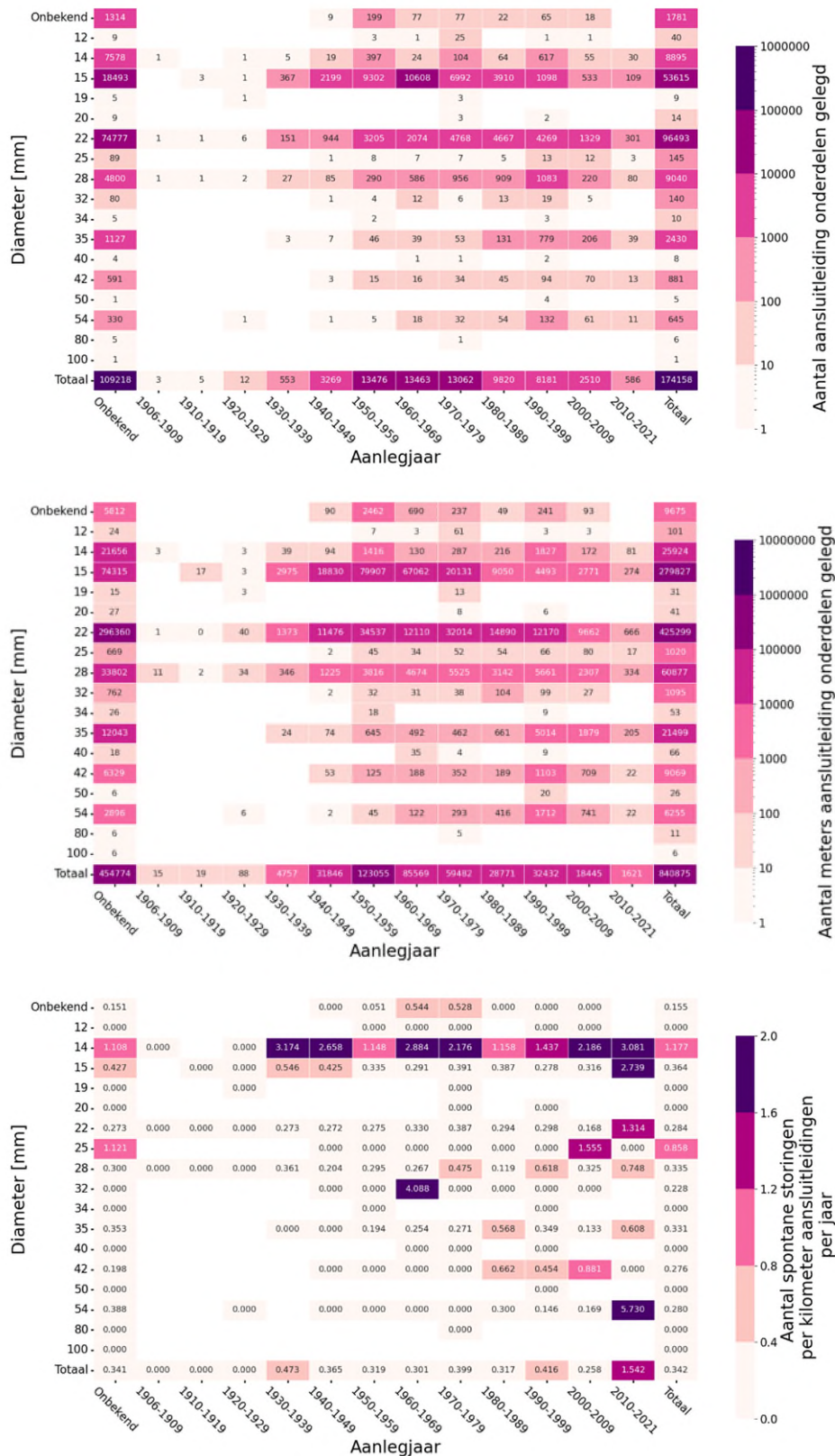
¹⁵ Dit is in tegenstelling met de definitie van een aansluitleiding zoals gehanteerd door Brabant Water.

¹⁶ Als aanvullende aanscherping zouden er gewichten kunnen gegeven worden aan de storingen aan de hand van de totaal lengte van de leidingen.

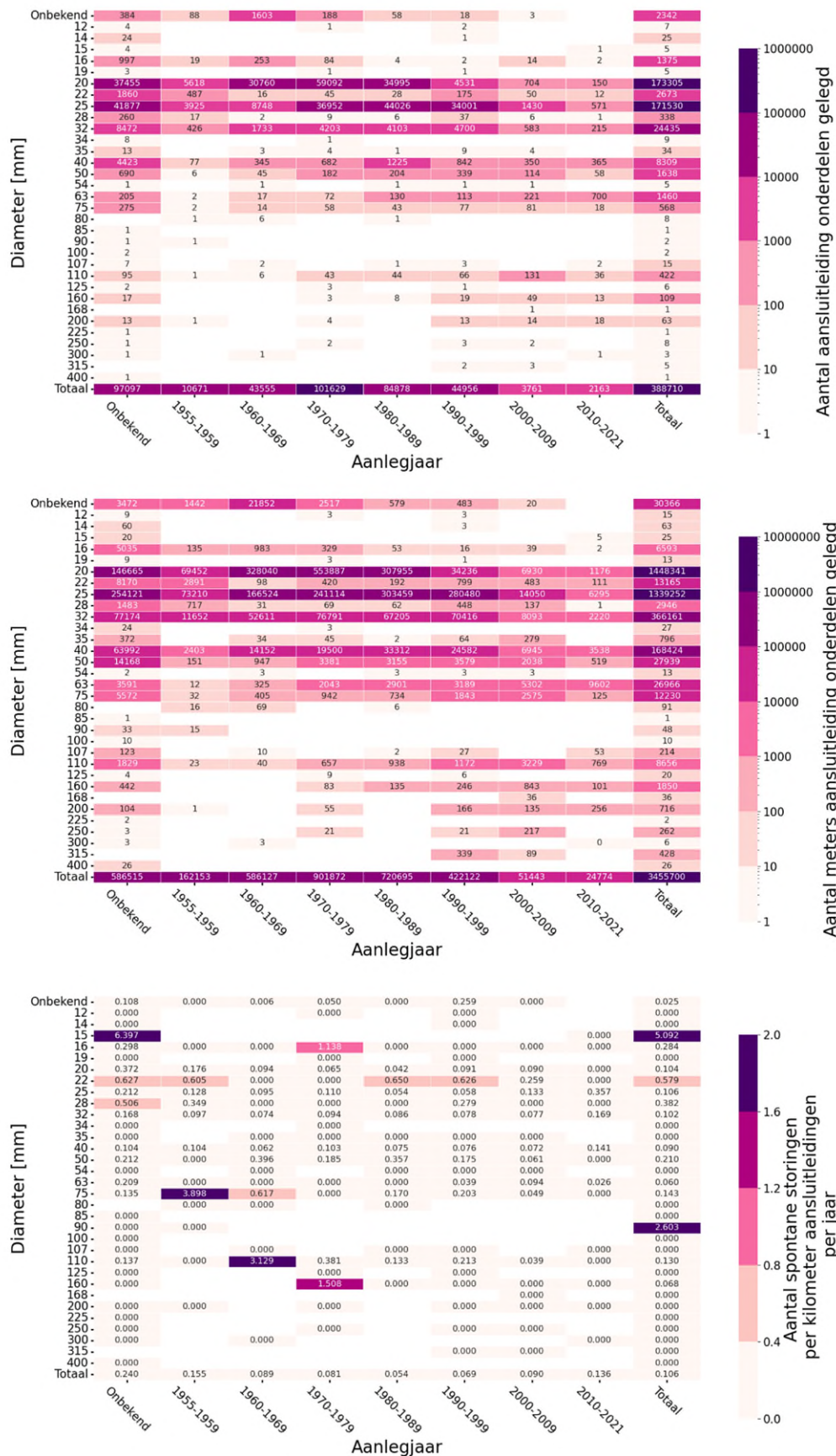
In aanvulling op de analyse van Brabant Water die is uitgevoerd in Microsoft Excel, heeft KWR een analyse met behulp van Python uitgevoerd. Dit heeft als voordeel dat grote datasets makkelijk gemanipuleerd en geanalyseerd kunnen worden. Hierbij is het van belang de onderstaande aspecten te vermelden.

1. De data had rijen die grotendeels leeg waren. Wellicht zijn ze bedoeld als placeholders. Deze rijen zijn verwijderd.
2. Aanlegjaren die lager dan een threshold waarde was, is naar “-1” (of onbekend) gezet. De thresholds zijn gekozen per materiaal als volgt: 1906 voor koper, 1955 voor PVC, 1968 voor PE, 1935 voor overige materialen.
3. Aanlegjaren waar het bijbehorende aanlegdatum 1-1-2000 is, is naar “-1” gezet. Dit is een default datum voor registraties waarvoor het aanlegdatum onbekend is.
4. Bij de laatste update heeft er een aanpassing plaatsgevonden van het dataformat. Er is data met format “2020-01-27 10:46:56”, “1-1-1870”, “1-1-1870 09:09:23”. Het verschil tussen de tweede en de derde is duidelijk – het registreren van de tijdstip. Het verschil tussen de eerste en de tweede is niet slechts de datumstijl. In Microsoft Excel kunnen data voor het jaar 1900 niet als een datum verwerkt worden. Dus terwijl de eerste als een “DateTime” object (een object die makkelijk in datum en tijd gesplitst kan worden) in Python ingelezen wordt, wordt de tweede en derde als “Strings” (een verzameling van letters) ingelezen. Deze twee types moeten apart behandeld worden. Als het jaar van laatste update onbetrouwbaar is of het datum van laatste update 1-1-2000 is, dan wordt het jaar van laatste update als “-1” gezet.
5. De storingsen database bevatte informatie over zowel aansluitleidingen als distributieleidingen. Als eerste stap zijn alle storingsen verwijderd waar de locatie niet “Aansluitleiding” was.
6. Het jaar van aanleg en jaar van reparatie zijn als Strings ingelezen. Sommigen hadden een tijdstip erachter hangen. Het jaar is geïsoleerd.
7. Het jaar van reparatie en jaar van aanleg als “-1” gezet als het bijbehorende datum of 1-1-2000 is of het jaar lager dan de threshold voor het bijbehorende materiaal is.
8. Als het aanlegdatum betrouwbaar is, dan wordt de leeftijd van de gestoorde leiding in dagen berekend (datum van reparatie – datum van aanleg). Er zijn een aantal gevallen waarin het reparatiedatum vóór het aanlegdatum is. In deze gevallen zijn de leeftijden naar “-1” gezet.
9. Gefaalde leidingen waar de diameter onbekend is, is de diameter als een string “<Null>” ingelezen. Bij zulke plekken is de diameter naar “-1” gezet.
10. Slechts leidingen in bedrijf worden meegenomen om zicht op het laatste snapshot van de aansluitleidingnet te krijgen.

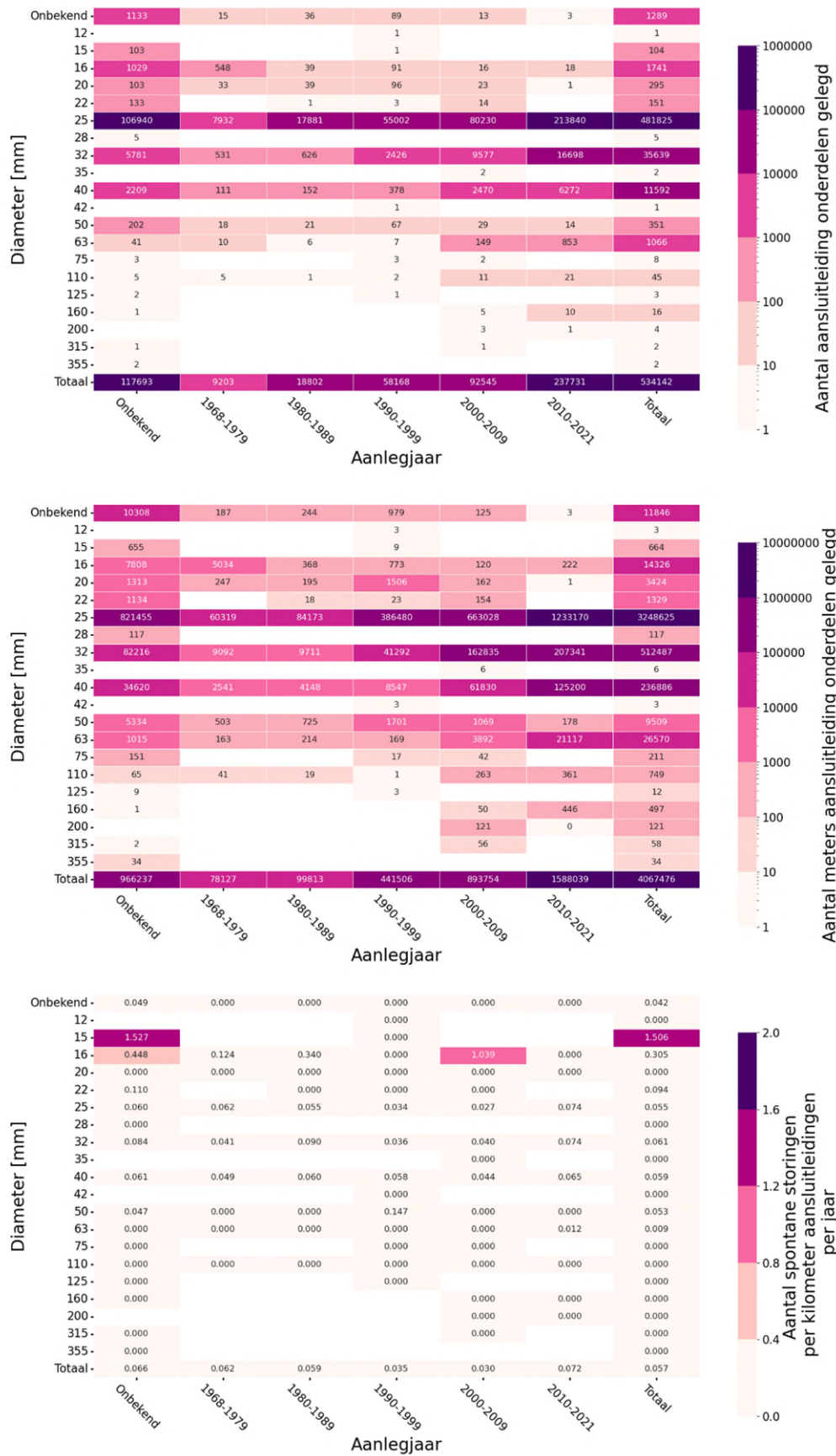
IV Gegevens aansluitleidingen Brabant Water



Figuur 27: Plots voor koperen aansluitleidingen, uitgesplitst naar periode van aanleg en diameter, (boven) aantallen aansluitleidingonderdelen, (midden) totale lengte en (onder) de spontane storingsfrequentie (aantal spontane storingen per kilometer per jaar).



Figuur 28: Plots voor PVC aansluitleidingen, uitgesplitst naar periode van aanleg en diameter, (boven) aantallen aansluitleidingonderdelen, (midden) totale lengte en (onder) de spontane storingsfrequentie (aantal spontane storingen per kilometer per jaar).



Figuur 29: Plots voor PE aansluitleidingen, uitgesplitst naar periode van aanleg en diameter, (boven) aantallen aansluitleidingonderdelen, (midden) totale lengte en (onder) de spontane storingsfrequentie (aantal spontane storingen per kilometer per jaar).

V Groepen op basis van storingsfrequentie

Koper	jva aantal		onbek	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	som		som alle koper				
	15	22	18493	2199	9302	10608	6992	3910	1098	147306	174158	85%				
			74777	944	3205	2074	4768	4667	4269							
	jva lengte		onbek	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	som		som alle koper				
	15	22	74315	18830	79907	67062	20131	9050	4493	687345	840875	82%				
			296360	11476	34537	12110	32014	14890	12170							
	stfreq-L		onbek	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	gem SF		0,342 st/km/jr				
	15	22	0,427	0,425	0,335	0,291	0,391	0,387	0,278							
			0,273	0,272	0,275	0,33	0,387	0,294	0,298							
	factor-SF		onbek	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99							
	15	22	1,2	1,2	1,0	0,9	1,1	1,1	0,8							
			0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	0,9	0,9							
PVC	jva aantal		onbek	'60-69	70-79	80-89	90-99			som		som alle PVC				
	20	25	37455	30760	59092	34995	4531			363201	388710	93%				
		32	41877	8784	36952	44026	34001									
		40	8472	1733	4203	4103	4700									
			4423	345	682	1225	842									
		jva lengte		onbek	'60-69	70-79	80-89	90-99			som		som alle PVC			
	20	25	146665	328040	553887	307995	34236			3116256	3455700	90%				
		32	254121	166524	241114	303459	280480									
		40	77174	52611	76791	67205	70416									
			63992	14152	19500	33312	24582									
		stfreq-L		onbek	'60-69	70-79	80-89	90-99			gem SF		0,106 st/km/jr			
	20	25	0,372	0,094	0,065	0,042	0,091									
	32	0,212	0,095	0,11	0,054	0,058										
	40	0,168	0,074	0,094	0,086	0,078										
		0,104	0,062	0,103	0,075	0,076										
	factor-SF		onbek	'60-69	70-79	80-89	90-99			slechtst		37455 10% 146665 4%				
20	25	3,5	0,9	0,6	0,4	0,9			slecht	50349	13%	331295	10%			
	32	2,0	0,9	1,0	0,5	0,5			gem	162375	42%	1746362	51%			
	40	1,6	0,7	0,9	0,8	0,7			goed	113022	29%	891934	26%			
		1,0	0,6	1,0	0,7	0,7					93%		90%			
PE	jva aantal		onbek	'68-79	80-89	90-99	00-09	10-21			som		som alle PE			
	25	32	106940	7932	17881	55002	80230	213840								
		40	5781	531	656	2426	9577	16698		529576	534142	99%				
			2209	111	152	378	2470	6762								
		jva lengte		onbek	'68-79	80-89	90-99	00-09	10-21			som		som alle PE		
	25	32	821455	60319	84173	386480	663028	1233170								
		40	82216	9092	9711	41292	162835	207341		3997998	4067476	98%				
			34620	2541	4148	8547	61830	125200								
		stfreq-L		onbek	'68-79	80-89	90-99	00-09	10-21			gem SF		0,057 st/km/jr		
	25	32	0,060	0,062	0,055	0,034	0,027	0,074								
		40	0,084	0,041	0,090	0,036	0,040	0,074								
			0,061	0,049	0,060	0,058	0,044	0,065								
	factor-SF		onbek	'68-79	80-89	90-99	00-09	10-21			slechtst		6437 1% 91927 2%			
25	32	1,1	1,1	1,0	0,6	0,5	1,3		gem	145366	27%	1211925	30%			
	40	1,5	0,7	1,6	0,6	0,7	1,3		goed	377773	71%	2694146	66%			
		1,1	0,9	1,1	1,0	0,8	1,1				99%		98%			
groepen				Aantal	Lengte											
Koper	Koper			174158	16%	687345	8%									
PVC-I	PVC jaar van aanleg onbek			87804	8%	477960	6%									
PVC-II	PVC 20 80 jaren en 25 mm			113022	10%	891934	11%									
PVC-III	PVC rest			162375	15%	1746362	21%									
PE-I	PE 25-32 mm, vanaf 90 jar			151803	14%	1303852	16%									
PE-II	PE rest			377773	34%	2694146	32%									
				1066935	97%	7801599	93%									
totaal				1097010	8364051											

Figuur 30 Mogelijke indeling van aansluitleidingen Brabant Water in zes groepen met een vergelijkbare storingsfrequentie.

Toelichting bij Figuur 30

- Voor de materialen koper, PVC en PE zijn de combinaties diameter en periode van aanleg geïdentificeerd die het meeste voorkomen. Dit betreft hier op basis van de lengte 82% van de koperen aansluitleidingen, 90% van de PVC aansluitleidingen en 98% van alle PE aansluitleidingen.
- Van deze combinaties zijn de spontane storingsfrequenties opgezocht. Deze zijn gedeeld door de gemiddelde storingsfrequentie van het leidingmateriaal, dit is de factor-SF genoemd.
- Op basis van deze factor-SF zijn groepen bepaald.
 - Voor koper: 1 groep met een factor variërend van 0,8 tot 1,2
 - Voor PVC: 4 groepen met een factor variërend van respectievelijk 0,4 tot 0,5; 0,6 tot 1,0; 1,6 tot 2,0 en 3,5.
 - Voor PE: 3 groepen met een factor variërend van respectievelijk 0,5 tot 0,7; 0,8 tot 1,1; 1,5 tot 1,6.
- Voor PE zijn aan de groep met de laagste storingsfrequenties ook de combinaties 25 en 32 mm na 2010 toegevoegd. Deze hebben weliswaar een verhoogde storingsfrequentie, verwacht mag worden dat deze vooral zijn opgetreden na aanleg en dat het aantal storingen in de komende tijd gelijk zal zijn aan leidingen in de periode 1990-2010.
- Per groep is nagegaan wat de totale lengte is. Groepen met een kleine totale lengte zijn samen gevoegd met andere groepen. Dit leidt ertoe dat er voor koper 1 groep is, voor PVC 3 groepen en voor PE 2 groepen. Opgemerkt wordt dat we op basis van de aangeleverd data geen onderscheid konden maken tussen PE40, PE80 of PE100.
- Dit resulteert in de volgende 6 groepen die 93% uitmaken van de totale lengte aansluitleidingen bij Brabant Water:

Groep	Omschrijving	Lengte (km)	Aandeel lengte
Koper	Koper	687.345	8%
PVC-I	PVC jaar van aanleg onbekend	477.960	6%
PVC-II	PVC 20 80 jaren en 25 mm, 80-90 jaren	891.934	11%
PVC-III	PVC rest	1746.362	21%
PE-I	PE 25-32 mm, vanaf 90 jaren	1303.852	16%
PE-II	PE rest	2694.146	32%
		7801.599	93%
	Totale lengte aansluitingen	8.364.051	