

BTO 2018.047 | April 2018

BTO rapport

Vergelijken
vervangingsstrategieën
AC-leidingen

BTO

Vergelijken vervangingsstrategieën AC-leidingen

BTO 2018.047 | April 2018

Opdrachtnummer

402020

Projectmanager

dr. J. (Jojanneke) van Vossen

Opdrachtgever

BTO - Speerpuntonderzoek

Kwaliteitsborger(s)

dr. P. (Peter) van Thienen

Auteur(s)

dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera en dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.
Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie
2018

Meer informatie
dr. ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera
T (030 60 69) 587
E claudia.agudelo-vera@kwrwater.nl

Keywords

Vervangingsstrategieën, sanering

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



BTO 2018.047 | April 2018 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

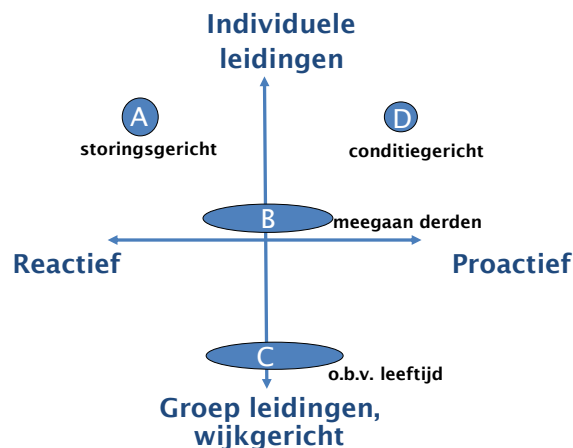
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

Kosten en ondermaatse leveringsminuten voor verschillende mogelijke vervangingsstrategieën bepalen ruimte voor inspectietechnieken

Auteur(s) dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera en dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Vitens verwacht de komende 50 jaar alle AC-leidingen te vervangen. Er zijn verschillende strategieën denkbaar om deze vervanging uit te voeren, die alle leiden tot verschillende kosten en ondermaatse leveringsminuten (OLM). Kosten en OLM zijn gekwantificeerd voor vier strategieën: volledig reactief vervangen, volledig proactief vervangen, wijkgerichte vervanging volledig door derden bepaald en wijkgerichte vervanging volledig op basis van de leeftijd van de wijken. Twee statistische verdelingen zijn gebruikt voor de voorspelling van storingen op basis van de storingsregistratie van Vitens. De resultaten voor pilotgebied Amersfoort en Leusden toonden dat de reparatiekosten minder dan 15% van de vervangingskosten zijn. De wijkgerichte aanpak biedt een groot kostenvoordeel omdat per project in een keer langere lengtes worden aangepakt. De gebruikte verdeling voor de storingsprognose heeft vooral gevolgen voor de OLM, nauwelijks voor de kosten. De geanalyseerde strategieën beschrijven (extreme) punten van het spectrum. In werkelijkheid worden 'hybride' strategieën toegepast. Aanbevolen wordt om meerdere vervangingsstrategieën door te rekenen en de resultaten te gebruiken als basis voor de keuze van saneringsprojecten.



Schematische representatie van de vier geselecteerde vervangingsstrategieën.

Belang: expliciet maken van maximale kosten en baten van inspectietechnieken voor AC-leidingen
Vitens is van plan in de komende 50 jaar alle AC-leidingen te vervangen. Daarbij kunnen verschillende strategieën worden gevolgd. Een strategie is om de kosten zo laag mogelijk te houden door wijkgericht te saneren, al dan niet samen met derden. Een andere strategie is om die leidingen te vervangen die de grootste kans op

storingen en dus leveringsonderbreking vertonen
Door de kosten en prestaties van het leidingnet bij verschillende vervangingsstrategieën onderling te vergelijken, kan de vervangingsstrategie onderbouwd worden gekozen en is het mogelijk te kwantificeren wat een inspectietechniek voor AC-leidingen zou kunnen opleveren en maximaal zou mogen kosten.

Aanpak: stochastisch model om kosten en OLM voor reparatie en kosten te berekenen

Er is een stochastisch model ontwikkeld dat in stappen van tien jaar bepaalt welke leidingen gaan storen en welke secties zullen worden vervangen. Als pilotgebied is Amersfoort - Leusden geselecteerd, waar relatief veel AC-leidingen liggen. Vitens heeft besloten deze AC-leidingen binnen een periode van 50 jaar te vervangen. Tijdens die 50 jaar neemt de storingskans toe volgens een onderbouwde voorspelling van het storingsverloop.

Voor dit gebied zijn vier mogelijke vervangingsstrategieën en hun gevolgen opgesteld:

- Vervangen na storingen: leidingen worden eerst gerepareerd (en veroorzaken ongeplande OLM) en daarna worden de betreffende secties vervangen (geplande OLM).
- Just-in-time-vervangen: leidingen (plus omliggende sectie) worden een dag voordat ze zouden storen vervangen (geplande OLM). Dit scenario is gelijk aan het vorige minus de reparatiekosten en ongeplande OLM. Dit scenario veronderstelt dat de conditie van de leidingen bekend is (bijvoorbeeld door inspecties).
- Wijkgericht vervangen van secties op basis van leidingleeftijd. Er zijn voor deze strategie twee uiterste opties gebruikt: proactief werken (storingen, in de geselecteerde wijken, worden voorkomen door op tijd saneren) of reactief werken (storingen leiden tot reparatiekosten en -OLM naast de vervangingskosten en -OLM).
- Wijkgericht vervangen van secties op initiatief van derden, willekeurige volgorde van wijken. Ook hier zijn twee uiterste opties gebruikt: proactief werken (storingen worden voorkomen door op tijd saneren) of reactief werken (storingen leiden tot reparatiekosten en -OLM naast de vervangingskosten en -OLM).

Voor elk van de scenario's zijn de kosten bepaald, waarbij onderscheid is gemaakt tussen reparatie- en vervangingskosten. Vervangingskosten zijn lager wanneer langere lengtes per werk worden gesaneerd. De OLM zijn bepaald, met onderscheid tussen geplande en ongeplande OLM.

Resultaten: vervangingskosten zijn leidend en wijkaanpak is voordelig

De OLM als gevolg van storingen vallen in het niet bij de OLM als gevolg van vervangingen. De kosten voor reparaties zijn 15% of minder dan de kosten voor vervangingen. De wijkgerichte aanpak levert grote kostenvoordelen op doordat langere lengtes in één keer worden vervangen. Door verschillende scenario's met elkaar te vergelijken en ook binnen een scenario de beste en slechtste resultaten uit de stochastische benadering te vergelijken is een oordeel te vormen over hoeveel goed onderbouwde informatie over de toestand van AC-leidingen kan opleveren, in termen van OLM, en hoeveel deze informatie mag kosten, in termen van uitgespaarde reparatiekosten.

Er zijn twee verschillende statistische verdelingen toegepast op de toekomstige storingen te voorspellen. De resultaten verschillen in het totaal aantal storingen en dus in de kosten en OLM voor reparatie. Om een goede inschatting te kunnen maken voor de reservering van deze kosten, is het van belang om de keuze voor toekomstig storingsverloop beter te onderbouwen.

Implementatie: bepaal langetermijnkosten en OLM van vervangingsstrategieën

De geanalyseerde strategieën beschrijven (extreme) punten van het spectrum. In werkelijkheid worden 'hybride' strategieën toegepast. Aanbevolen wordt meerdere vervangingsstrategieën door te rekenen en een optimale strategie met een goede balans tussen kosten en OLM te kiezen op basis van de resultaten. Dat zou bijvoorbeeld een wijk- en storingsgerichte strategie kunnen zijn. De hier beschreven situatie is bijzonder door het besluit alle AC-leidingen in 50 jaar te vervangen. Deze aanpak is alleen geschikt om langetermijnstrategieën te vergelijken bij het prioriteren van projecten, tijdens overleg met gemeentes en andere infrastructuurbeheerders over gecombineerde werken en bij het plannen van de transitie naar streefstructuren.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Vergelijken vervangingsstrategieën AC-leidingen* (BTO-2018.047).

Inhoud

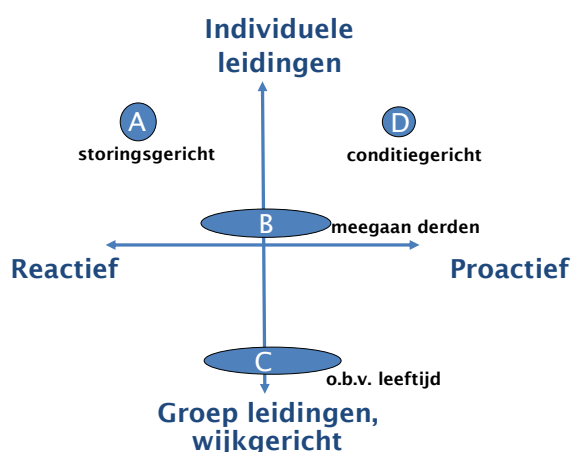
Inhoud	3
1 Inleiding	4
1.1 Achtergrond	4
1.2 Aanpak	5
2 Vervangingsstrategieën	6
2.1 Inleiding	6
3 Storingsfrequentiecurve	7
3.1 Inleiding	7
4 Prestatie-indicatoren en kosten	8
4.1 Inleiding	8
4.2 Berekening van de kosten	8
4.3 Berekening van de OLM	8
5 Aanpak Casestudie	10
5.1 Inleiding	10
5.2 Uitgangspunten	10
5.3 Aanpak	11
6 Resultaten en discussie case studie	13
6.1 Inleiding	13
6.2 Vergelijking storingsprognose	13
6.3 Vergelijking van vervangingsstrategieën per periode	13
6.4 Vergelijking van vervangingsstrategieën voor de 50 jarige tijdshorizon	20
6.5 Algemene discussie en aanbevelingen	21
7 Conclusies	23
8 Referenties	24

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Vitens verwacht de komende 40-50 jaar alle AC-leidingen te vervangen. Er zijn verschillende strategieën denkbaar om deze vervanging in de loop van deze periode uit te voeren. Er zijn samen met Vitens vier strategieën geselecteerd om te analyseren. Vervangen wanneer een leiding (a) het einde van zijn technische levensduur heeft bereikt (reactief, storingsgericht per leiding), of (b) het einde van zijn maatschappelijke levensduur heeft bereikt (bijv. sanering op initiatief van de gemeente of netbeheerder per leiding en soms per wijk; denk ook aan de energietransitie waarin in 2050 Nederland gasloos is), of (c) meer proactief een wijkgerichte aanpak waar alle leidingen in een wijk ongeacht hun conditie worden vervangen (op basis van leeftijd bijvoorbeeld). Een andere strategie (d) is dat de leidingen worden vervangen voordat ze stuk gaan (*just in time*), zodat de prestatie van het net niet achteruit gaat (proactief, conditiegericht per leiding).

In geval (a) kan het zijn dat de vervangingen allemaal in een kort tijdsbestek gedaan moeten worden (de saneringsbult), wat financieel en ook uitvoeringstechnisch moeilijk kan worden. Dit kan ook leiden tot een verslechtering van de prestatie-indicatoren (PI's, zoals ondermaatse leveringsminuten - OLM, aantal onderbrekingen per jaar, etc.). In geval (b) maakt Vitens zich afhankelijk van derden voor wat betreft de planning, maar zijn kostenvoordelen te behalen door samen in de ondergrond te werken. In geval (c) is een kostenvoordeel te halen en zijn de mogelijkheden voor het implementeren van een verbetering van het net (streefstructuur) eenvoudiger. Een laatste variant van strategieën (d) is dat de leidingen worden vervangen voordat ze stuk gaan (*just in time*), zodat de prestatie van het net niet achteruit gaat (proactief, conditiegericht per leiding). Hiervoor is een goede toestandsbepaling en voorspelling van de restlevensduur op het niveau van individuele leidingen noodzakelijk.



FIGUUR 1-1 SCHEMATISCHE REPRESENTATIE VAN DE VIER GESELECTEERDE VERVANGINGSSTRATEGIEËN.

De gevolgen voor de PI's zijn in alle gevallen niet direct evident; deze hangen af van het toekomstige storingsverloop. De schatting van het toekomstige storingsverloop kent verscheidene onzekerheden, die deels samenhangen met onzekerheden in het model (bijv. storingsverloop over de tijd als lognormale verdeling) en deels met onzekerheden in de

kennis van het net (bijv. de werkelijke wanddikte bij aanleg) en de omgeving (bodembewegingen, verkeersbelasting). Het in kaart brengen van die onzekerheden en het effect daarvan op de verwachte prestatie is dan ook een belangrijk onderdeel van het project. Daarmee wordt een belangrijk deel van het in het BTO ontwikkelde UKNOW-concept toegepast (1). Door de verschillende strategieën met elkaar te vergelijken, op basis van kosten en prestatie, kan worden bepaald wat het oplevert om het “optimale moment van vervanging” te kunnen bepalen en welke strategie daarbij het meest effectief is. Daarmee levert dit model input voor wat het mag kosten om te investeren in onderzoek (het doen van exitbeoordelingen, én ook het ontwikkelen van inspectietechnieken en modellen) naar betere voorspelling van de restlevensduur van AC. Het doel van dit project is de business case te voeden waarmee Vitens de keuze voor een optimale vervangingsstrategie van AC-leidingen kan onderbouwen. Vitens maakt dus zelf de afweging tussen kosten en prestatie.

1.2 Aanpak

In nauw overleg met Vitens zijn de vier strategieën beschreven en de PI's vastgesteld. Op basis van de storingsdata van AC-leidingen van Vitens, zonder vooralsnog onderscheid te maken in cohorten, wordt een storingsprognose gemaakt volgens twee standaardmodellen (verloop volgens lognormale verdeling, en verloop volgens Weibull verdeling) door deze te fitten op de data. Er is een stochastisch model ontwikkeld dat in stappen van tien jaar bepaalt welke leidingen gaan storen en welke secties zullen worden vervangen. Als pilotgebied is Amersfoort - Leusden geselecteerd, waar relatief veel AC-leidingen liggen. Vitens heeft besloten deze AC-leidingen binnen een periode van 50 jaar vervangen. Tijdens die 50 jaar neemt de storingskans toe volgens een onderbouwde voorspelling van het storingsverloop. Voor elk van de scenario's zijn de kosten bepaald, waarbij onderscheid is gemaakt tussen reparatie- en vervangingskosten. De OLM zijn bepaald, met onderscheid tussen geplande en ongeplande OLM. De resultaten zijn geanalyseerd per periode en voor de hele 50-jarige periode.

2 Vervangingsstrategieën

2.1 Inleiding

Er zijn vier vervangingsstrategieën geselecteerd in deze studie. Het uitgangspunt is bovendien dat het aantal saneringen enigszins gelijkmatig over de tijd gebeurt. Dat betekent dat soms toch eerder wordt vervangen dan strikt voorgeschreven door de strategie. Hiervoor is een goede toestandsbepaling en voorspelling van de restlevensduur op het niveau van individuele leidingen noodzakelijk. In Tabel 2-1 wordt kwalitatief beoordeeld wat voor- en nadelen van de strategieën zijn.

TABEL 2-1 VOOR- EN NADELEN VAN DE STRATEGIEËN

Strategie	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
A. Storingsgericht individueel	<p>Reactief en gericht op individuele leidingen.</p> <p>De leidingen die storen worden gesaneerd</p>	<ul style="list-style-type: none"> - De slechtste leidingen worden vervangen, goede leidingen blijven. - Het kan zijn dat niet alle leidingen die storen kunnen worden vervangen of dat leidingen die niet gestoord hebben moeten worden vervangen door de conditie van een vast aantal km per jaar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toename van storingen, OLM (Ondermaatse Leverings Minuten) en CI.(Customer interruptions) d.w.z. aantal storingen per jaar per klant. - Niet mogelijk om locaties van tevoren te weten en dus niet mogelijk om mee te gaan met derden, mogelijke problemen met gemeentes - één op één vervanging, niet mogelijk om verbeteringen aan het ontwerp (streefstructuur) aan te brengen - concentratie van storingen op één dag/periode is mogelijk
D. Conditiegericht* individueel	<p>Proactief (Just-in-time) en gericht op individuele leidingen.</p> <p>De leidingen worden 'just-in-time' voor dat ze storen gesaneerd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - De slechtste leidingen worden vervangen, goede leidingen blijven. - Het kan zijn dat niet alle leidingen die storen kunnen worden vervangen door de restrictie van een vast aantal km per jaar - Aantal storingen, OLM, CI dalen. 	<ul style="list-style-type: none"> - één op één vervanging, niet mogelijk om verbeteringen aan het ontwerp (streefstructuur) aan te brengen - geconcentreerde vervanging op één dag/periode is mogelijk
B. Meegaan derden	<p>Wijkgericht met derden onafhankelijk van storingen en conditie.</p> <p>Leidingen worden vervangen volgens de werkzaamheden van derden</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Goedkoper door mee te gaan met derden - Het ontwerp kan worden aangepast - Er is kostenvoordeel door het werken op één locatie 	<ul style="list-style-type: none"> - Minder regie - Het kan zijn dat de slechtste leidingen niet eerst aan de beurt komen.
C. Wijkgericht o.b.v. leeftijd	<p>De slechtste wijken worden eerst aangepakt</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Het ontwerp kan worden aangepast - Proactief vervangen van leidingen - Er is kostenvoordeel door het werken op één locatie 	<ul style="list-style-type: none"> - Het kan zijn dat de slechte leidingen in verder goede wijken lang op sanering moeten wachten en onderwijl veel CI/OLM opleveren.

* Kosten van inspecties of andere technieken worden hier niet meegenomen

3 Storingsfrequentiecurve

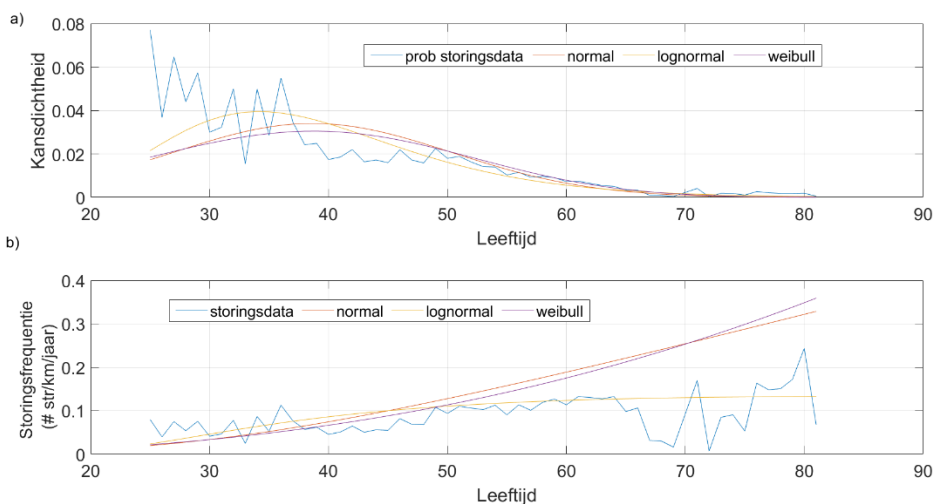
3.1 Inleiding

Anno 2017 heeft Vitens 9488 km AC-leidingen. Om het storingsverloop te kunnen voorspellen heeft Vitens de storingsregistratie van AC-leidingen van de laatste vijf jaar toegestuurd. De gegevens van de lengte per leeftijd zijn berekend per jaar van analyse. Hiervoor is de lengte per leeftijd nodig. Lengtes per leeftijd variëren per jaar. Om een constante waarde te kunnen hanteren (gebruikmakend van de huidige gegevens) is alleen de storingsregistratie van de laatste vijf jaar meegenomen in deze analyse, d.w.z. 2012 t/m 2016. Tabel 3-1 toont het aantal AC-storings voor de geselecteerde periode voor Vitens. Gemiddeld zijn er 976 storings per jaar. Met de aangegeven lengte betekent dit een storingsfrequentie van 0,10 st.-km/jaar. Er zijn twee filters toegepast: 1) zonder aanlegjaar, 2) met aanlegjaar na 1992.

TABEL 3-1 AANTAL AC-STORINGEN PER JAAR

Jaar	2012	2013	2014	2015	2016	Gem.
Totaal storings	936	1012	974	980	978	976
Storingsfrequentie (str/(km.j))	0,099	0,107	0,103	0,103	0,103	0,103

Voor elk storing wordt de datum van de storing geregistreerd samen met het jaar van aanleg. Figuur 3-1a toont de verdeling van de storingsleeftijd van AC-leidingen van de laatste vijf jaar als functie van leeftijd. Met behulp van MATLAB zijn drie storingscurves bepaald: een normale, lognormale en Weibullverdeling. Figuur 3-1b toont de vertaling naar storingsfrequentie per km per jaar berekend met Figuur 3-1a. Figuur 3-1b toont een klein verschil voor de verschillende prognosefuncties tot een leeftijd van 50 jaar, daarna worden de verschillen significant groter met de toename van de leeftijd. Voor de storingsprognose in de casestudie worden twee verdelingen gebruikt: 1) de Weibullverdeling en 2) de lognormale verdeling. De normale verdeling wijkt beperkt af van de Weibullverdeling. Voor meer informatie zie (2).



FIGUUR 3-1 A) DATASET MET WAARSCHIJNLIJKHEIDSVERTDELING VAN FALEN, EN FIT MET VERSCHILLENDE VERDELINGSDISTRIBUTIECURVES EN B) HAZARDFUNCTIES OM STORINGSFREQUENTIES TE BEPALEN VOOR DE STORINGSDATA VAN AC-LEIDINGEN VAN VITENS VAN 2012 T/M 2016.

4 Prestatie-indicatoren en kosten

4.1 Inleiding

De strategieën worden geëvalueerd op basis van twee prestatie-indicatoren: OLM en Kosten. In overleg met Vitens is de formule voor deze indicatoren vastgelegd. Een maximum aantal storingen per jaar per klant (bijv. 5 storingen in 5 jaar) wordt gehanteerd als trigger voor vervanging.

4.2 Berekening van de kosten

Er wordt onderscheid gemaakt tussen vervangings- en reparatiekosten. Reparatiekosten zijn gedefinieerd o.b.v. materiaal en diameter. Reparatiekosten: op basis van gegevens van Vitens stellen wij een getrapte functie voor. Tabel 4-1 toont de gehanteerde eenmalige reparatiekosten na een storing voor AC-leidingen.

TABEL 4-1 EENMALIGE REPARATIEKOSTEN OP BASIS VAN DIAMETER

D (mm)	Reparatie Kosten (€)
D < 110	1137
110 ≥ D < 160	2058
160 ≥ D < 200	3069
200 ≥ D < 250	3239
250 ≥ D < 315	3454
D ≥ 315	4224

Vitens heeft een kostenfunctie¹ bepaald voor vervangingskosten als functie van lengte en diameter o.b.v. referentieprojecten:

$$\text{Prijs per meter} = 21 * (\text{lengte in m} * \text{diameter in mm})^{0,73}$$

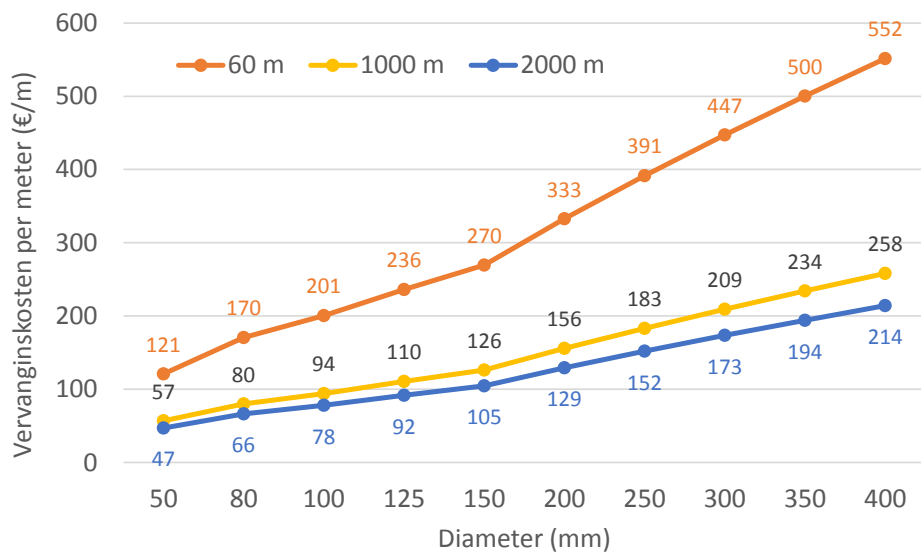
Met deze formule wordt de prijs als functie van de te vervangen lengte meegenomen (schaalvoordeel). In het algemeen is de maximale lengte per project 2 km. Vervangen in een wijk zal goedkoper zijn als gevolg van de grotere lengte, zie Figuur 4-1. Meegaan met derden wordt verondersteld 10% goedkoper te zijn dan alleen vervangen. Voor de casestudie worden de kosten per periode vertaald naar de netto contante waarde, met een rente van 2 %².

4.3 Berekening van de OLM

Dezelfde onderbrekingsduur wordt gehanteerd voor reparatie en voor vervanging. De standaard onderbrekingsduur is afhankelijk van de diameter (D), voor D ≤ 200 mm is er een onderbrekingsduur van 3 uur aangenomen en voor D > 200 mm een onderbrekingsduur van 5 uur. OLM is berekend per periode van 10 jaar i.p.v. per jaar.

¹ Hier geldt dat er zowel aan de onder- als bovenkant relatief weinig waarnemingen zijn. Dus de geldigheid zou wellicht moeten worden gerelativeerd tot projecten van 50 - 650m.

² Deze aannames zijn vastgesteld tijdens de vergadering met Vitens op 5 oktober 2017. De rente van 2 % (Bruto rente minus inflatie) zoals in business case AIR.



FIGUUR 4-1 VERVANGINGSKOSTEN PER METER VOOR DRIE PROJECTLENGTES: 60M, 100M EN 2000M ALS FUNCTIE VAN DE DIAMETER; TER ILLUSTRATIE.

5 Aanpak Casestudie

5.1 Inleiding

Amersfoort en Leusden zijn gekozen als casestudie. In deze studie focussen wij op wijken: alleen AC-leidingen met diameters groter dan 35 mm en kleiner of gelijk aan 400 mm worden meegenomen. De wijken in deze studie zijn allemaal stedelijke en landelijke wijken; er zijn geen 'centrum-stedelijke' wijken. Er is afgesproken om geen onderscheid te maken in landelijk en stedelijk. Voor de casestudie worden alleen de AC-leidingen geanalyseerd. Bij de selectie van AC-leidingen zijn dezelfde filters gebruikt als voor de storingsdata: leidingen zonder aanlegjaar en leidingen aangelegd na 1992 zijn niet meegenomen (omdat na dit jaar geen AC leidingen zouden mogen zijn gelegd). In totaal zijn 275 km AC leidingen in de casestudie beschouwd. Er wordt uitgegaan van een tijdsperiode van 50 jaar om alle AC-leidingen te vervangen; dit betekent een vervangingspercentage van 2% per jaar. De analyse wordt voor een periode van 10 jaar uitgevoerd. Er wordt aangenomen dat elk jaar ca. 5,5 km en in een tijdsperiode van 10 jaar dus ca. 55 km wordt vervangen.

5.2 Uitgangspunten

De benodigde informatie per leiding is: Link ID, Asset ID, diameter, materiaal, lengte, jaar van aanleg, aantal aansluitingen en postcodes PC5. De analyse wordt uitgevoerd per Asset ID. Een Asset ID (zelfde materiaal, diameter, jaar van aanleg) is opgebouwd uit verschillende Link ID's die begrensd worden door een afsluiter, brandkraan of T-stuk en dus kan als een sectie worden beschouwd. De storingsanalyse wordt gemaakt op Link ID, de vervanging wordt gedaan op Asset ID. OLM wordt berekend o.b.v. het aantal aansluitingen van de Asset ID waartoe het Link ID behoort.

In de casestudie zijn de volgende leidingen niet meegenomen: i) 220 m met jaar van aanleg '0', ii) 44 m met jaar van aanleg '2000' en iii) 1631 m met een diameter groter dan 400 mm. In totaal zijn er dan 2059 Asset ID's en 7697 Link ID's van AC met een totale lengte van 275,2 km.

De gemiddelde leeftijd van het net is niet zo hoog en dat betekent dat jaarlijks minder dan 2% van het net zou worden vervangen a.g.v. (voor/na) storingsen. Het uitgangspunt voor deze studie is echter dat jaarlijks 2% wordt vervangen. Dit wil zeggen dat leidingen (Assets ID) zonder storingsen, maar met een relatief hoge storingsfrequentie, zullen worden vervangen, tot het percentage van 2% bereikt wordt.

Alleen AC-leidingen worden meegenomen in de analyse. Er wordt aangenomen dat de leidingen door PVC worden vervangen. Na vervanging worden de leidingen niet meer meegenomen in de analyse en het aantal aansluitingen op AC-leidingen wordt gecorrigeerd voor de OLM-berekeningen. Er wordt ook een maximum van 5 storingsen per klant per 5 jaar vastgelegd.

Een storing wordt altijd eerst gerepareerd, daarna evt. (volgens elke strategie) vervangen. Vervanging is altijd gepland. In strategie A 'storingsgericht' wordt een storing eerst gerepareerd, daarna vervangen. De kosten tellen dus op, en de OLM ook. Voor strategie D treden geen storingsen op vóór de vervanging (met max lengte van 2%). Met deze strategie worden dus alleen kosten en OLM voor het vervangen gemaakt. Er is geen verschil tussen vervanging na reparatie of vervangen zonder dat eerst een storing optrad.

In de wijkaanpak 'meegaan met derden' (B) en 'wijkgericht op basis van leeftijd' (C) wordt aangenomen dat alle leidingen eerst storen en daarna worden vervangen. In werkelijkheid zullen een aantal leidingen worden vervangen vóór het storen. Vervangingen gebeuren op schaal van PC5's. In de scenario's (B) en (C) is onderscheid gemaakt tussen meer proactief werken (d.w.z. de storingen die zouden optreden in de wijken die worden gesaneerd per periode treden niet op, omdat op tijd is gesaneerd) en reactief werken (d.w.z. alle storingen die zouden optreden in de wijken die worden gesaneerd per periode moeten eerst worden gerepareerd). Tabel 5-1 toont het overzicht van de uitgangspunten per strategie.

TABEL 5-1 OVERZICHT VAN UITGANGSPUNTEN PER STRATEGIE

Strategie	Aantal storingen	Reparatie-kosten	OLM ongepland*	Selectie van te saneren leidingen*	Vervangingskosten
Alle strategieën	Vervangingsvolgorde en prognose storingen o.b.v. Lognormale of Weibull-verdeling. Prognose van storingen is met een montecarlo-benadering bepaald (100 simulaties per periode).	o.b.v. aantal storingen en diameter en aantal aansluitingen per Link ID	o.b.v. aantal storingen en diameter en aantal aansluitingen per Link ID.		o.b.v. lengte van de Asset ID of van het project
A: Storingsgericht	Alle mogelijke breuken treden op en worden eerst gerepareerd en daarna vervangen.	Voor alle storingen		Alle gestoorde leidingen per periode. Indien kleiner dan de jaarlijkse 2%, dan leidingen met een hogere faalkans.	o.b.v. lengte van Asset ID
D: Just-in-Time	Er treedt geen breuk op. De leidingen die zouden storen worden just-in-time gerepareerd.	Geen		Dezelfde leidingen als in A, maar er wordt aangenomen dat zij net op tijd vervangen zijn.	
B: Meegaan met derden	Proactief en reactief. In het proactieve scenario worden de leidingen, die in het gekozen PC5-gebied zouden vallen, in de periode vervangen voordat een storing optreedt. In het reactieve scenario worden de leidingen vervangen na een storing.			Random selectie van PC5. Alle leidingen binnen de gekozen PC worden vervangen ongeacht hun leeftijd.	o.b.v. lengte AC per PC5 max. project-lengte 2 km en gemiddelde diameter per PC5.
C: Wijkgericht o.b.v. Leeftijd	De leidingen die storen en bevinden zich in een niet gekozen PC5-gebied worden gerepareerd.			Selectie van PC5 o.b.v. gemiddelde leeftijd per PC5	10% goedkoper niet goedkoper

* Gepland OLM varieert per periode, maar het totaal is gelijk voor alle strategieën. OLM is bepaald o.b.v. diameter en aantal aansluitingen per Link ID. Voor de AC-leidingen in de casestudie veranderen de diameters niet en het is aangenomen dat het aantal aansluitingen niet verandert in de 50 jarige periode.

5.3 Aanpak

1. Bepaal storingsfrequentiecurve(s) per leeftijd o.b.v. AC-storingsregistratie 2012-2017 van Vitens
2. Selecteer alle AC-leidingen in het onderzoeksgebied (Amersfoort en Leusden).

3. Voor de twee geselecteerde storingsfrequentievoorspellingen:
 - a. Bepaal voor elke periode van 10 jaar:
 - leeftijd in het midden van de periode per Link ID;
 - totaal aantal verwachte storingen per Asset ID voor de periode m.b.v. de storingsfrequentiecurve;
 - welke leidingen gaan falen in de periode (o.b.v max. storingsfrequentie per Link ID die gerelateerd is aan leeftijd, de lengte van de Link ID en een montecarlobenadering), zie Tabel 5-1. Hiervoor worden 100 simulaties uitgevoerd
 - b. Per strategie (per periode):
 - bepaal welke leidingen vervangen zullen worden:
 - een maximum aantal storingen per jaar per klant (5 in 5 jaar) wordt gehanteerd als trigger voor vervanging;
 - bereken: storingen, reparatie / overige kosten, OLM gepland en ongepland, CI o.b.v. het gemiddelde van de 100 simulaties.
 - c. Per strategie voor de 50-jarige periode:
 - Bereken het aantal storingen, de netto contante waarde (ncw) van de som van de reparatie- en vervangingskosten en de totale geplande en ongeplande OLM in dagen o.b.v. het gemiddelde van de 100 simulaties. OLM wordt in dagen uitgedrukt, want in elke periode varieert het aantal AC-aansluitingen.

6 Resultaten en discussie case studie

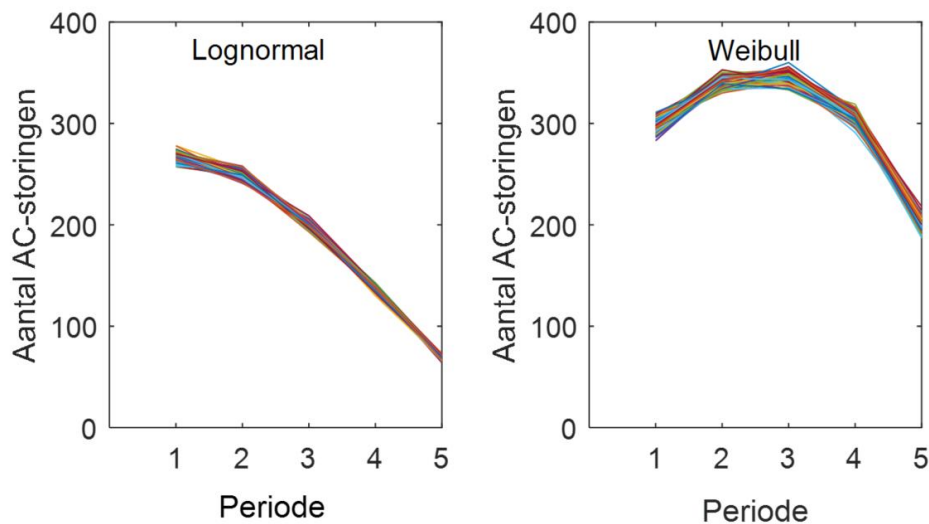
6.1 Inleiding

Honderd berekeningen met random falende leidingen zijn per strategie en per verdelingsprognose uitgevoerd. Hieronder worden de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd. Eerst wordt het verschil tussen de twee verdelingsprognoses, met focus op de storingsgerichte vervangingsstrategie (A), vergeleken. Daarna worden de verschillende strategieën vergeleken o.b.v. de KPI beschreven in hoofdstuk 4.

6.2 Vergelijking storingsprognose

Het aantal storingen per periode varieert o.b.v. de gebruikte functie. In het geval van de storingsgerichte vervangingsstrategieën voor de casestudie daalt vanaf de eerste periode het aantal storingen, van ca. 270 in de eerste periode, tot ca. 70 in de laatste periode. Voor de Weibullverdeling neemt het aantal storingen eerst toe (tot ca. 350) en na de derde periode daalt het aantal tot ca. 200 in de laatste periode, zie Figuur 6-1.

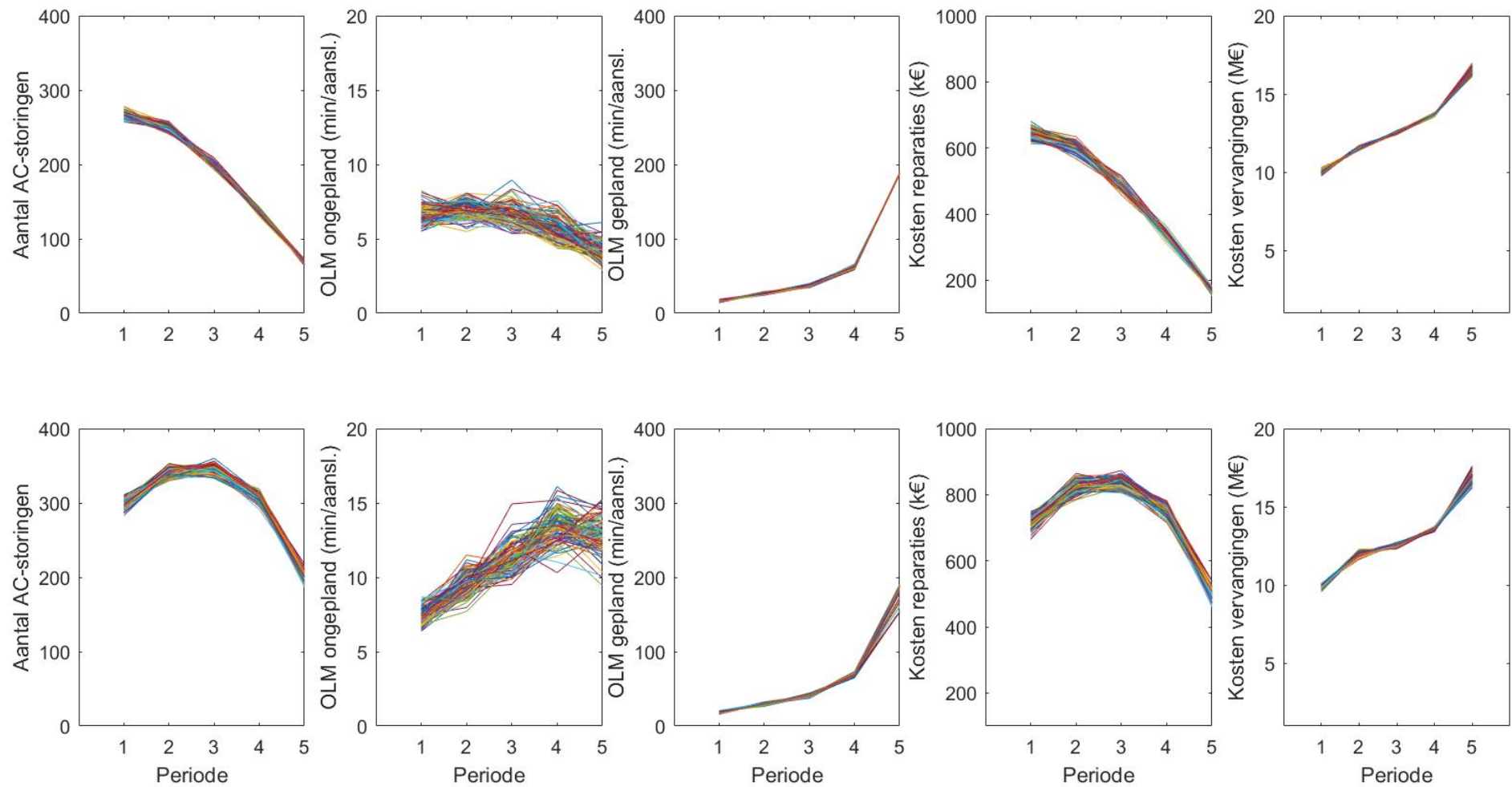
In de geanalyseerde periode van 50 jaar zullen in totaal ca. 925 storingen optreden indien de storingsfrequentie een lognormale verdeling toont of in totaal ca. 1492 storingen indien de storingsfrequentie een Weibullverdeling toont. Het voorgeschreven maximale aantal storingen per klant is hier 6 storingen per 10 jaar, dus de conditie van maximaal 5 storingen per 5 jaar heeft geen invloed op de resultaten van de simulaties.



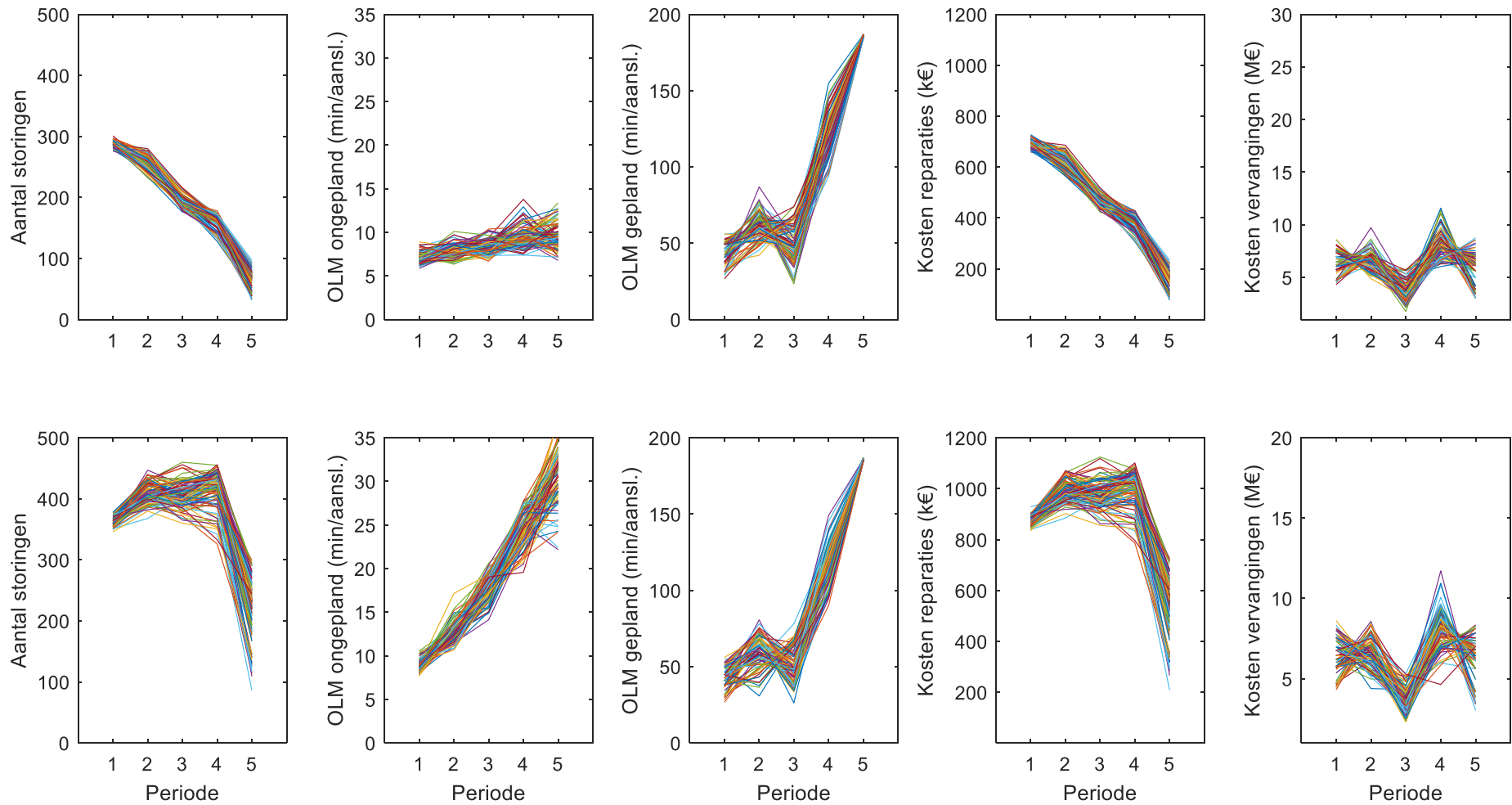
FIGUUR 6-1 VERGELIJKING VAN STORINGSPROGNOSE VOOR DE CASE STUDIE LINKS: LOGNORMALE VERDELING EN RECHTS: WEIBULL VERDELING VOOR 100 ITERATIES

6.3 Vergelijking van vervangingsstrategieën per periode

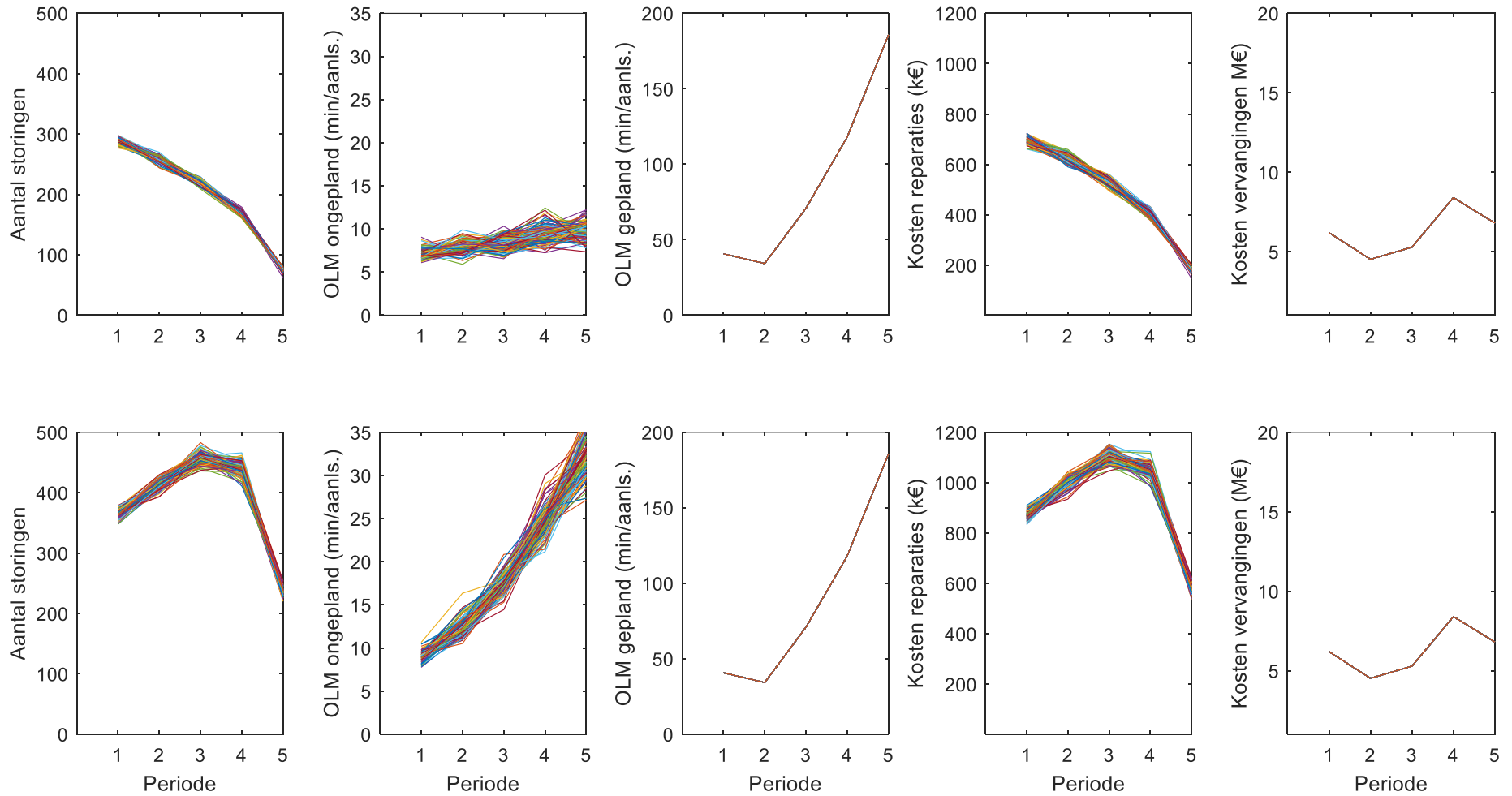
De vier strategie zijn per periode vergeleken o.b.v. aantal storingen, (on)gepland OLM en reparatie- en vervangingskosten Figuur 6-2 t/m Figuur 6-4.



FIGUUR 6-2 OVERZICHT VAN DE PRESTATIE-INDICATOREN PER PERIODE VOOR DE STORINGSGERICHTE VERVANGINGSSTRATEGIEËN. EERSTE RIJ LOGNORMALE VERDELING, TWEEDE RIJ WEIBULL VERDELING. OLM IN MINUTEN.



FIGUUR 6-3 OVERZICHT VAN DE PRESTATIE-INDICATOREN PER PERIODE VOOR DE VERVANGINGSSTRATEGIEËN MEE GAAN MET DERDEN. EERSTE RIJ LOGNORMALE VERDELING, TWEEDE RIJ WEIBULL VERDELING. AANTAL STORINGEN OP AC-LEIDINGEN EN OLM IN MINUTEN



FIGUUR 6-4 OVERZICHT VAN DE PRESTATIEINDICATOREN PER PERIODE VOOR DE STRATEGIE WAAR WIJKEN WORDEN VERVANGEN OP BASIS VAN LEEFTIJD. EERSTE RIJ LOGNORMALE VERDELING, TWEEDE RIJ WEIBULLVERDELING. AANTAL STORINGEN OP AC-LEIDINGEN EN OLM IN MINUTEN.

Figuur 6-2 toont de resultaten voor de KPI's voor de vervangingsstrategie A (storingsgericht) en voor de twee storingsprognoses (Weibull en Lognormal). Er is een verschil tussen de twee prognoses van ca. 567 storingen en daardoor ook in ongeplande OLM en reparatiekosten die proportioneel zijn met het aantal storingen. De reparatiekosten per periode blijken maximaal 6% van de vervangingskosten voor de lognormale verdeling en 7% voor de Weibullverdeling te zijn, zie Tabel 6-1. Deze reparatiekosten kunnen bespaard worden indien de 'just in time' strategie wordt gekozen. In de laatste periode moeten de overgebleven leidingen vervangen worden. Waarschijnlijk zorgen kleine stukken voor een toename in de kosten doordat de kortste leidingen in het netwerk de kleinste kans hebben om te storen, en daarom voor het laatst bewaard worden.

De ongeplande OLM voor de aansluitingen op AC-leidingen is gemiddeld 6 min/jaar/aansluiting voor de lognormale verdeling en 10,9 voor de Weibullverdeling. De geplande OLM neemt toe, want die is gewogen naar het aantal AC-aansluitingen. In de laatste periode zullen alle overblijvende aansluitingen vervangen worden. De totale OLM, d.w.z. niet gedeeld door het aantal aansluitingen, is ook berekend per periode en per strategie, zie Tabel 6-1.

Figuur 6-3 toont de resultaten per periode voor de KPI's voor de vervangingsstrategie B: mee gaan met derden. Hier is een random volgorde van projecten geselecteerd per periode. De gekozen wijken zijn niet per se de wijken met de hoogste storingsfrequentie. Hierdoor is er meer spreiding in het aantal storingen per periode en voor beide verdelingen neemt het aantal met de tijd toe en ook de ongeplande OLM. Voor de wijkaanpak worden de vervangingskosten bijna gehalveerd. Hierdoor worden de reparatiekosten procentueel groter, tot een max. van 27% en de derde periode van de Weibullverdeling.

Figuur 6-4 toont de resultaten voor de KPI's voor de vervangingsstrategie C. Voor de strategie C, waar wijken worden vervangen op basis van leeftijd, is de volgorde van vervanging vast voor alle iteraties. Daardoor zijn de kosten van vervanging en geplande OLM gelijk voor alle 100 iteraties. De locaties van de storingen veranderen wel per iteratie. Oudere wijken worden eerst aangepakt, maar oudere (lange) leidingen die zich bevinden in gemiddeld jongere wijken zullen blijven storen. In deze strategie heeft de gekozen verdeling meer invloed; in het geval van de Weibullverdeling neemt het aantal storingen toe behalve in het laatste periode. Hier geldt ook de reductie van vervangingskosten door de wijkaanpak.

In dit geval is het jaarlijkse percentage van 2% leidend en dit zorgt ervoor dat slechte leidingen snel worden vervangen in de eerste storingsgerichte en 'just in time' strategieën. Voor de wijkgerichte aanpak is o.b.v. leeftijd ook voorkeur gegeven aan gebieden met hogere leeftijden, die gerelateerd zijn aan hogere storingsfrequentie vooral in het geval van de Weibullverdeling. De wijkaanpak heeft een kostenvoordeel, o.b.v. de gebruikte vergelijking met projecten van 2km. Het minst gunstige scenario voor het aantal storingen en OLM is de 'meegaan met derden'-strategie, maar daar zijn wel voordelen voor kosten door de wijkaanpak.

TABEL 6-2 RESULTATEN VOOR DE KPI'S VOOR DE TWEE VERDELINGEN VOOR DE VERVANGINGSSTRATEGIE B: MET DERDEN EN C: WIJK LEEFTIJD - GEMIDDELDEN VOOR 100 ITERATIES

Periode	Lognormal					Weibull				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
B: Met derden (reactief)										
Aantal Storingen	289	254	194	161	66	363	410	406	416	216
Kosten reparatie (k€)	695	616	467	384	162	871	991	975	996	530
Kosten vervanging (M€)	5,9	6,0	3,3	7,4	5,4	5,8	6,0	3,3	7,3	5,7
OLM ongepland (min/ aansl. /jaar)	7	8	8	9	10	9	13	18	24	30
OLM gepland (min/ aansl. /jaar)	43	62	50	121	186	42	60	51	118	186
OLM ongepland totaal in 50 jaar (dagen)	972	816	604	499	186	1207	1316	1292	1298	626
OLM gepland totaal in 50 jaar (dagen)	5847	6377	3586	6377	3595	5733	6235	3738	6282	3794
% OLM ongepland t.o.v. totale OLM	17%	13%	17%	8%	5%	21%	21%	35%	21%	16%
% kosten reparatie t.o.v. kosten vervanging	12%	10%	14%	5%	3%	15%	17%	30%	14%	9%
C: Wijk Leeftijd (reactief)										
Aantal Storingen	289	259	219	169	74	363	414	457	438	236
Kosten reparatie (k€)	696	628	530	406	182	873	1000	1103	1049	578
Kosten vervanging (M€)	6,2	4,5	5,3	8,4	6,8	6,2	4,5	5,3	8,4	6,8
OLM ongepland (min/ aansl. /jaar)	7	8	8	9	10	9	13	18	25	32
OLM gepland (min/ aansl. /jaar)	41	34	71	118	186	41	34	71	118	186
OLM ongepland totaal in 50 jaar (dagen)	959	826	714	523	210	1213	1316	1513	1377	697
OLM gepland totaal in 50 jaar (dagen)	5501	3602	6112	6553	4014	5501	3602	6112	6553	4014
% OLM ongepland t.o.v. totale OLM	17%	23%	12%	8%	5%	22%	37%	25%	21%	17%
% kosten reparatie t.o.v. kosten vervanging	11%	14%	10%	5%	3%	14%	22%	21%	12%	9%

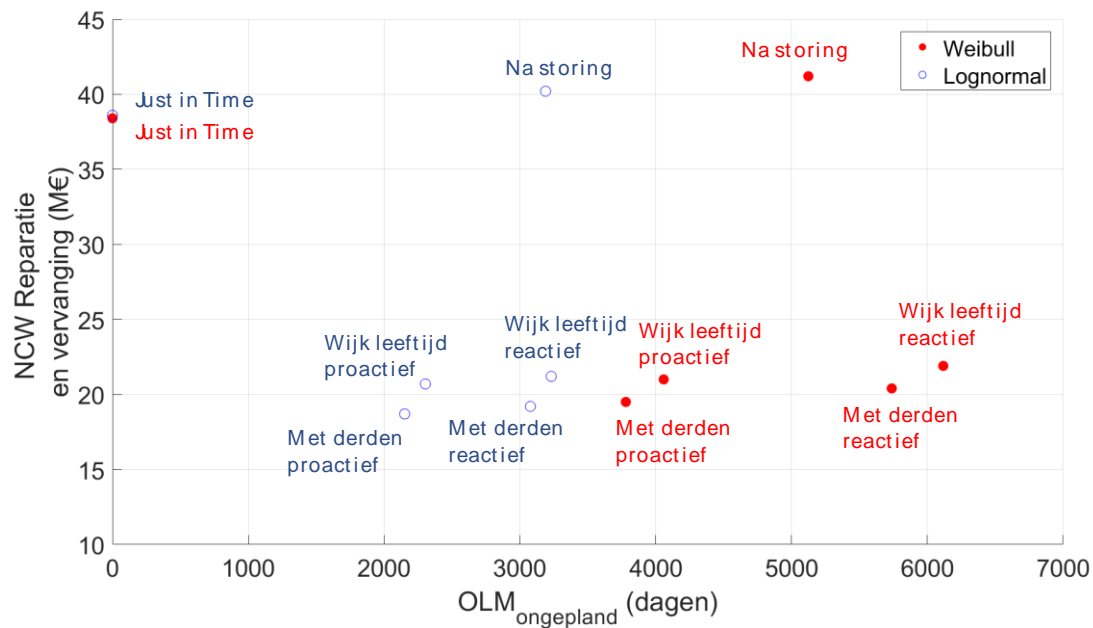
6.4 Vergelijking van vervangingsstrategieën voor de 50 jarige tijdshorizon

Na de evaluatie per periode is een overzicht gemaakt voor de hele periode. Tabel 6-3 toont de gesommeerde resultaten voor de KPI's voor de twee verdelingen en de vier vervangingsstrategieën voor de volledige periode van 50 jaar. Figuur 6-5 toont de kosten (netto contante waarde) van vervanging en reparatie en OLM-berekeningen voor de vier vervangingsstrategieën (incl. proactieve en reactieve wijkaanpak) voor AC-leidingen in Amersfoort en Leusden in de komende 50 jaar; storingsprognoses o.b.v. Weibull en Lognormale verdelingen. In relatie met de NCW-kosten blijkt een wijkgerichte aanpak bijna 2 keer goedkoper dan het vervangen van enkele leidingen. Dit heeft te maken met de grootte van de secties. De OLM is meestal gerapporteerd per aansluiting (per minuut per jaar), maar is in dit geval weergegeven voor het gehele gebied per dag en voor de hele periode van 50 jaar), omdat het aantal aansluitingen op AC per periode varieert. Het gunstigste scenario is vervanging just-in-time met een ongeplande OLM van 0. Voor de andere scenario's heeft de gebruikte verdelingsdistributie voor de prognose een grote impact.

TABEL 6-3 GESOMMEERDE RESULTATEN VOOR DE KPI'S VOOR DE TWEE VERDELINGEN VOOR DE VIER VERVANGINGSSTRATEGIEËN VOOR DE VOLLEDIGE PERIODE VAN 50 JAAR.

PI per verdelingsfunctie	Vervangingsstrategieën					
	A: Storingsgericht (Reactief)	D: Just inTime (Proactief)	B: Met derden		C: Wijk Leeftijd	
			Reactief	Proactief	Reactief	Proactief
Lognormal						
Storingen (potentiële)*	925	925	964	964	1011	1011
Optreden storingen*	925	0	964	674	1011	721
Vermeden storingen	0	925	0	290	0	290
NCW Kosten reparatie (M€)	1,6	0	1,6	1,1	1,7	1,2
NCW Kosten vervanging (M€)	38,6	38,6	17,6	17,6	19,5	19,5
OLM ongepland totaal (dagen)	3189	0	3077	2151,3	5738	4092,0
OLM gepland totaal (dagen)	25782	25782	25782	25782	25782	25782
NCW Totale Kosten (M€)	40,2	38,6	19,2	18,7	21,2	20,7
OLM totaal dagen	28971	25782	28859	27933	31520	29874
Reparatiekosten t.o.v. vervangingskosten %	4%	0%	9%	6%	9%	6%
% ongeplande OLM t.o.v. geplande OLM	11%	0%	11%	8%	18%	14%
Weibull						
Storingen (potentiële)	1492	1492	1811	1811	1908	1908
Optreden storingen	1492	0	1811	1193	1908	1266
Vermeden storingen	0	1492	0	618	0	642
NCW Kosten reparatie (M€)	2,3	0	2,8	1,9	2,9	2,0
NCW Kosten vervanging (M€)	38,9	38,4	17,6	17,6	19,0	19,0
OLM ongepland totaal (dagen)	5124	0	5738	3779,9	2812	1865,8
OLM gepland totaal (dagen)	25782	25782	25782	25782	25782	25782
NCW Totale Kosten (M€)	41,2	38,4	20,4	19,5	21,9	21
OLM totaal dagen	30906	25782	31520	29562	28594	27648
Reparatiekosten t.o.v. vervangingskosten %	6%	0%	16%	11%	15%	11%
% ongeplande OLM t.o.v. geplande OLM	17%	0%	18%	13%	10%	7%

* Potentiële storingen zijn met behulp van de verdelingsprognosecurves per periode berekend; de optredende storingen zijn berekend o.b.v. de vervangingsstrategie.



FIGUUR 6-5 OVERZICHT VAN DE RESULTATEN VOOR DE 50 JARIGE PERIODE VOOR DE VIER VERVANGINGSSTRATEGIEËN (INCL. PROACTIEVE EN REACTIEVE WIJKAANPAK) EN VOOR DE TWEE VERDELINGSDISTRIBUTIES

6.5 Algemene discussie en aanbevelingen

De hierboven geanalyseerde strategieën beschrijven (extreme) punten van het spectrum. In werkelijkheid worden 'hybride' strategieën toegepast. Een *wijk- en storingsgerichte* strategie, dus niet per Asset ID zoals in strategie A, maar per groep van aansluitende gelijksoortige links, kan de bezwaren van A wegnemen en voordelen van D introduceren. Verder onderzoek kan zich richten op het vinden van de optimale vervangingsstrategie m.b.v. meer of andere indicatoren, bv. imago of het vertalen van OLM naar kosten.

Door kosten en prestatie van het leidingnet bij verschillende vervangingsstrategieën met elkaar te vergelijken, is het mogelijk om expliciet te maken wat een inspectietechniek voor AC-leidingen zou kunnen opleveren en dan maximaal mag kosten. Vergelijking van strategie A vs. D toont de maximale opbrengst van de toepassing van inspectietechnieken, omdat strategie A impliceert dat de conditie van alle leidingen bekend is en er dus wellicht op uitgebreide schaal wordt geïnspecteerd. In dit geval toonden de resultaten van de casestudie in Amersfoort en Leusden dat de bespaarde NCW-reparatiekosten tussen M€1,5 (Lognormaal) en M€2,3 (Weibull) liggen. Tussen de 925 (Lognormaal) en 1492 (Weibull) storingen kunnen worden voorkomen in de periode van 50 jaar. In deze analyse is aangenomen dat er geen storing optreedt, terwijl in de praktijk de inspectie plaatsvindt na minstens één storing. Het voordeel van de *just-in-time* strategie is dat 10% tot 17% (Lognormaal en Weibull) van de OLM kan worden voorkomen, dit is 6% van de totale geplande OLM.

Het geanalyseerde gebied heeft jonge leidingen die nog lang zouden kunnen meegaan, maar in dit geval is aangenomen dat alle leidingen worden vervangen binnen 50 jaar. Indien de vervanging alleen getriggerd zou zijn door storingen, zou de vervangingsperiode langer zijn dan de gekozen 50 jaar.

Welke strategie de beste is kan per periode verschillen. Daarom wordt aanbevolen om verschillende strategieën alleen op de lange termijn te vergelijken. Het evalueren over meerdere decennia brengt inzicht in het verloop van de storingen, kosten en OLM. Meerjarenanalyses zijn nodig om de totale kosten en OLM te kunnen vergelijken. Deze informatie kan gebruikt worden om samen met de gemeentes de volgorde van saneren te bepalen. Hiervoor is het nodig dat andere infrastructuurbeheerders ook langetermijnplannen hanteren.

Door het vergelijken van strategieën B en C kunnen de extreme gevallen van een wijkgerichte aanpak in kaart worden gebracht. Het minst gunstige scenario van wijkgericht saneren is strategie B, waar de volgorde door derden wordt bepaald. Indien de waterbedrijven deze wijken kunnen inspecteren en de storingen in deze wijken voorkomen, zullen ca. 640 storingen kunnen worden vermeden, dan wanneer alleen reactief vervangen wordt. De kleinere regie in de planning wordt gecompenseerd door lagere kosten door de grootte van de projecten en in dit geval 10% reductie van de kosten door samen te werken.

De lengte van het project bepaalt grotendeels de kosten, hoe groter de lengte van het vervangingsproject hoe goedkoper de prijs van vervanging per meter. In de casestudie zijn veel leidingen met korte lengtes, ca. 1m. Een analyse zonder deze leidingen is aanbevolen om het effect van deze kleine stukken in kaart te brengen. Daarnaast wordt aanbevolen om de kostenvergelijking te controleren voor kleine projecten en onzekerheden van de formule in kaart te brengen. In de praktijk zijn projecten van 300m tot 800m de norm. In de casestudie is de gemiddelde assetlengte 66m, en de gemiddelde PC5 lengte is 1356m.

In de komende jaren wordt een toename van de projecten 'meegaan met derden' verwacht. De resultaten van deze studie laten zien dat langetermijninzicht nodig is om slim te renoveren. Een wijkaanpak kan ook het verbeteren van het ontwerp van het net faciliteren, bijvoorbeeld door het werken met streefstructuren. Een lange termijn evaluatie van de gevolgen van een bepaalde vervangingsstrategie kan het beslissingsproces ondersteunen als aanvullende informatie naast de huidige saneringsprioritering.

TABEL 6-4 OPMERKINGEN EN AANBEVELINGEN PER AANNAME

Aanname	Opmerkingen	Aanbevelingen
Verdelingscurve	In deze studie zijn twee verdelingscurves gebruikt die resultaten van de twee curves schetsen en bereik waarin de werkelijke storingen zullen plaatsvinden. Prognose is maatgevend voor aantal storingen, in dit geval vooral voor oudere leidingen.	Blijf storingen registreren, idealiter per cohort. Update de curves regelmatig.
Vergelijking om kostenvervanging te bepalen	De vergelijking is bepaald o.b.v. gerealiseerde projecten.	Toetsen of deze vergelijking geldig is voor kleine projecten (ca. 1 m).
50 jarige periode om alle AC-leidingen te saneren	2% vervanging is leidend in dit geval	Evalueer andere scenario's met lagere of hogere vervangingsnelheid
OLM berekening	In deze studie zijn alleen de direct getroffen aansluitingen per Asset ID meegenomen.	Benedenstroomse aansluitingen die ook worden getroffen (door het isoleren van secties) meenemen.
Storingen als surrogaat voor conditie	Storingen worden hier gebruikt als surrogaat voor conditie.	Bepaal ook conditie op basis van lokale omstandigheden, bijvoorbeeld m.b.v. COMSIMA
KPI voor evaluatie	Alleen OLM en kosten zijn hier meegenomen	Bepaal aanvullende indicatoren zoals imago.
Alleen analyse voor AC	De resultaten zijn specifiek voor AC-leidingen.	Aanbevolen is om de aanpak te toe te passen voor andere materialen.

7 Conclusies

Deze studie focust op AC-leidingen, die worden vervangen in de komende 50 jaar. Deze randvoorwaarde is echt bepalend en geldt alleen voor AC. De hier beschreven resultaten zijn case-specifiek, andere gebieden kunnen andere resultaten tonen. De beschreven scenario's zijn onderscheidend en de methodiek is breed toepasbaar voor andere gebieden en ander leidingmateriaal.

Door langetermijncosten en -prestatie van het leidingnet bij verscheidene vervangingsstrategieën met elkaar te vergelijken, kan de keuze voor een strategie onderbouwd worden. Bovendien is het mogelijk om te kwantificeren wat een inspectietechniek voor AC-leidingen zou kunnen opleveren en dan maximaal mag kosten. Daarmee kunnen waterbedrijven de gevolgen van bepaalde vervangingsstrategieën meewegen tijdens prioritering van eigen projecten en ook inbrengen tijdens overleg met gemeentes en andere infrastructuurbeheerders over gecombineerde werken of het plannen van de transitie naar streefstructuren.

Op basis van de beschreven aannames en voor de specifieke casestudie kan het volgende worden geconcludeerd:

- De wijkgerichte aanpak biedt een groot kostenvoordeel omdat per project in één keer langere lengtes worden aangepakt en er is nog meer kostenvoordeel door met derden samen te gaan. Deze vervangingskosten zijn berekend met een kostenfunctie o.b.v. gerealiseerde projecten. Hier geldt dat er zowel aan de onder- als bovenkant relatief weinig waarnemingen zijn. Aanscherping van deze kostenfunctie is gewenst voor een nauwkeurigere kostenberekening.
- Het vervangen voordat de storing plaatsvindt, in plaats van daarna, betekent een 6-17% reductie van de totale OLM en een 6-16% reductie van de totale kosten. Met dit gegeven kan een afweging worden gemaakt hoeveel geld en moeite het mag kosten om storingen te vermijden, bijvoorbeeld door metingen van de toestand en bepalingen van de conditie van de leiding.
- De gebruikte verdeling voor de storingsprognose (lognormaal of exponentieel) heeft vooral gevolgen voor de OLM, nauwelijks voor de kosten. Dit komt doordat de NCW van de reparatiekosten gelijk is aan ongeveer 6-16% van de vervangingskosten.
- Om zowel OLM laag te houden als kosten te besparen wordt aanbevolen een proactieve en wijkgerichte aanpak te volgen.
- Meerjarenanalyses (meerdere decennia) zijn nodig om de totale kosten en OLM te kunnen vergelijken. Deze informatie kan worden gebruikt om samen met de gemeentes de volgorde van saneren te bepalen. Hiervoor is het nodig dat andere infrastructuurbeheerders ook langetermijnplannen hanteren.

8 Referenties

1. Moerman A, van Vossen J, Beuken RHS. 2016. UKNOW. *BTO 2016.031*, KWR, Nieuwegein
2. van Vossen J, van Laarhoven K. 2017. Voorspellen storingsfrequenties: haalbaarheid en methodiek. *BTO 2017.045*