

Rapport

Investeren in de toekomst

Langetermijnoptimalisatie van vervangingsinvesteringen in de
gezamenlijke Nederlandse regionale gasnetten in de periode 2017-2047

Gido Brouns

gido.brouns@enexis.nl

16-11-2017

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Documentbeheer	2
2 Managementsamenvatting	3
3 Inleiding	4
4 Optimaliseringsmodel	4
4.1 Modelinvoer	5
4.1.1 Netopbouw	5
4.1.2 Bedrijfswaardenmodel	6
4.1.3 Faalmodel	6
4.1.4 Beleidsrestricties	8
4.2 Rekenkern	8
5 Gemeenschappelijke scenario's	8
6 Resultaten	10
6.1 Veiligheidsniveau	10
Scenario 0: Geen preventieve vervangingen	11
Scenario 1: Voortzetting huidige vervangingsplannen	12
Scenario 2: Doelmatigheidsoptimum	12
Scenario 3: Handhaving huidige veiligheid	12
Scenario 4: Uitfasering gas	13
6.2 Vervangingsinvesteringen	13
7 Conclusies en aanbevelingen	16
Referenties	17
Lijst van afkortingen	17
Bijlage A	17
Bijlage B	17
Bijlage C	19
Bijlage D	23

1 Documentbeheer

Versie	Datum	Omschrijving
0.1	23-10-2017	Concept
0.2	02-11-2017	Concept
1.1	03-11-2017	Distributie naar netbeheerders Gas
1.2	16-11-2017	Opmerkingen verwerkt en distributie naar TIS

2 Managementsamenvatting

In 2010-2011 is vanuit Netbeheer Nederland een langetermijnstudie van de Nederlandse regionale gasnetten uitgevoerd, door een afvaardiging van experts van alle regionale gasnetbeheerders. Hierbij is een gemeenschappelijk beeld gevormd van de gevolgen van veroudering van componenten en is een model ontwikkeld waarmee het faalgedrag van een gasnetwerk kan worden gesimuleerd. Met dit model kunnen voorspellingen worden gedaan ten aanzien van het toekomstige falen van componenten en de gevolgen voor bedrijfswaarden als Betrouwbaarheid, Veiligheid en Duurzaamheid. Gasnetbeheerders kunnen verschillende maatregelen treffen om bepaalde doelstellingen op bedrijfswaarden te realiseren. Het model simuleert specifiek het effect van vervangingsinvesteringen en kan voor gegeven criteria de optimale vervangingsstrategie bepalen.

Een van de aanbevelingen uit het naar aanleiding van deze studie opgestelde rapport [1] was om de studie tweejaarlijks te actualiseren, waarbij de modelinschattingen aan de voortschrijdende kennis aangepast kunnen worden. Hiertoe zijn in 2013, 2015 en 2017 vervolgstudies uitgevoerd. Door ieders open en kundige inbreng is opnieuw veel kennis over het falen van componenten verzameld en met elkaar gedeeld.

Een simulatie op basis van de huidige geplande vervangingsaantallen geeft het effect van het huidige beleid weer:

- € 246 miljoen (2015: € 289 miljoen) per jaar aan preventieve vervangingen;
- de veiligheid van het gasnet kan hiermee in de toekomst op tenminste het huidige, kwalitatief hoge niveau worden gehandhaafd; er zal zelfs sprake zijn van een verbetering.

Uit de simulatie blijkt voorts dat het niet noodzakelijk is om het huidige investeringsniveau gedurende lange tijd aan te houden om de veiligheid op tenminste het huidige niveau te handhaven. Hiervoor volstaat een niveau van gemiddeld € 134 miljoen per jaar over een periode van 30 jaar. Dit komt overeen met € 24 per klant per jaar ten opzichte van € 43 bij het huidige beleid. De oorzaak hiervan ligt in de vervanging van de brosse leidingmaterialen. Deze resulteert in een dusdanige verbetering van de veiligheid dat daarna substantieel lagere vervangingsinvesteringen volstaan.

Tot slot is de invloed van een uitfasering van het gasnet onderzocht. Een simulatie op basis van het beschouwde scenario resulteert in een benodigd investeringsniveau van gemiddeld € 81 miljoen per jaar over een periode van 30 jaar. Dit komt overeen met € 29 per klant per jaar, gebaseerd op klanten die in dit scenario over 30 jaar nog aangesloten zijn.

Nota bene: bovengenoemde bedragen gelden voor heel Nederland. De consequenties voor individuele netbeheerders (met name de kleinere) kunnen afwijken van het algemene beeld.

3 Inleiding

In dit rapport bespreken we de resultaten van de studie *Langetermijnvisie Vervangingsinvesteringen Gas 2017* die binnen Netbeheer Nederland is uitgevoerd. Voor een uitgebreide uiteenzetting van de achtergronden en strekking van de studie verwijzen we naar [1]. We beperken ons hier tot de organisatie van de studie en de verdere opbouw van het rapport.

De studie maakt deel uit van het project *Lange Termijn Vervangingsinvesteringen*, opgestart in 2010. Er zijn destijds twee werkgroepen opgericht, een voor de regionale gasnetten en een voor de regionale elektriciteitsnetten. De eerste gezamenlijke studie ("2010-studie") naar vervangingsinvesteringen in het gasnet werd afgerond in 2011 en staat beschreven in [1]. In 2013 werd een tweede gezamenlijke studie uitgevoerd en in 2015 een derde gezamenlijke studie ("2015-studie"). De samenstelling van de werkgroep is opgenomen in Bijlage A.

De volgende fasen zijn doorlopen:

- Actualiseren van het als onderdeel van de 2010-studie ontwikkelde model waarmee het faalgedrag van gascomponenten en de gevolgen hiervan kunnen worden gesimuleerd en geoptimaliseerd.
- Actualiseren van de huidige opbouw van het gasnet.
- Actualiseren van het huidige en verwachte toekomstige faalgedrag van assets, waarbij het faalgedrag in het model exact overeenkomt met het huidige gedocumenteerd falen van gascomponenten.
- Vaststellen van door te rekenen scenario's.
- Opleveren en documenteren van de resultaten.

De eerste drie punten worden in meer detail besproken in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 lichten we de gekozen scenario's toe. De corresponderende resultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 6. Tot slot doen we in hoofdstuk 7 een aantal aanbevelingen ten aanzien van verder onderzoek.

4 Optimaliseringsmodel

Voor een uitgebreide beschrijving van het als onderdeel van de 2010-studie ontwikkelde optimaliseringsmodel verwijzen we naar [1]. We richten ons in dit rapport op de aanpassingen die in het model zijn aangebracht na de 2015-studie, waarbij we achtereenvolgens de invoer en de rekenkern van het model bespreken. De peildatum voor afgestemde invoerdata en daarmee ook de startdatum van de zichtperiode is 1-1-2017. Waar gesproken wordt over het heden, wordt uitgegaan van deze datum.

4.1 Modelinvoer

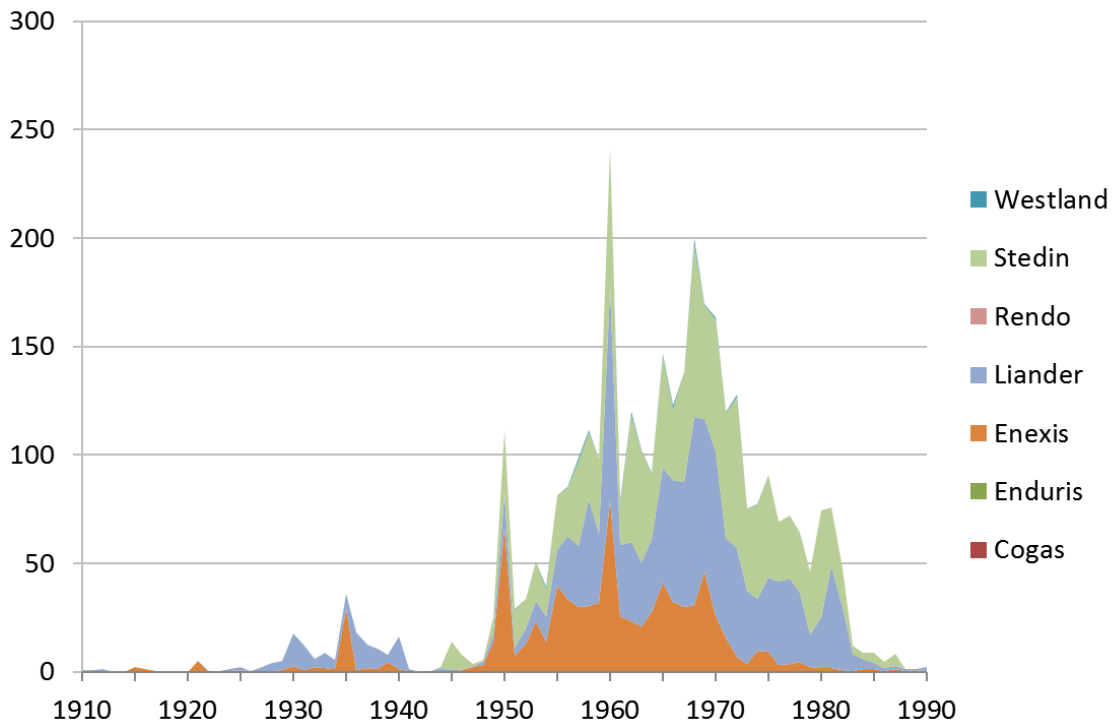
Onveranderd bestaat de invoer van het model grofweg uit 4 onderdelen:

1. Netopbouw
2. Bedrijfswaardenmodel
3. Faalmodel
 - a. Faalgedrag
 - b. Effect van falen
4. Beleidsrestricties

4.1.1 Netopbouw

De opbouw van het net wordt vastgelegd aan de hand van een lijst van asset typen. Er is één wijziging ten opzichte van de 2015-studie, namelijk dat de materiaalsoorten van aansluitleidingen verder zijn uitgesplitst.

Elk asset type heeft een huidige leeftijdsopbouw. Per asset type wordt de leeftijdsopbouw voor het gezamenlijke gasnet gevormd door de leeftijdsopbouw per netbeheerder te sommeren. Aan de hand van door de individuele netbeheerders aangeleverde data is voor elk van de onderscheiden asset typen de leeftijdverdeling van het gezamenlijke net geactualiseerd. Ter illustratie toont Figuur 1 de leeftijdverdeling, op basis van de jaren van aanleg, van de grijs gietijzeren distributieleidingen.



Figuur 1 Leeftijdverdeling Grijs Gietijzer DL

De grafiek toont de cumulatieve aantallen km's, uitgesplitst naar netbeheerder, per aanlegjaar van grijs gietijzeren distributieleidingen die nu (nog) in het net aanwezig zijn. Ter indicatie van de huidige leeftijdsopbouw van het gehele net bevat Bijlage B een overzicht van de huidige aantallen assets en gemiddelde assetleeftijden, uitgesplitst naar asset type en netbeheerder.

4.1.2 Bedrijfswaardenmodel

Het model onderscheidt onveranderd de volgende 4 bedrijfswaarden: *Veiligheid*, *Betaalbaarheid*, *Betrouwbaarheid* en *Duurzaamheid*. Deze worden onderling gewogen door middel van een omrekening naar euro's. Het model beschouwt nominale bedragen, hetgeen als voordeel heeft dat inflatie buiten beschouwing gelaten kan worden.

De bedrijfswaarden Betrouwbaarheid en Duurzaamheid zullen niet actief worden meegenomen in de (numerieke) studie. Met betrekking tot Veiligheid sluiten we wederom aan bij de landelijke systematiek van de VIG [2], waarbij we uitgaan van de meest recente rapportage [3]. Tabel 1 toont de door de VIG gehanteerde classificatie van ongevallen.

Classificatie	Veiligheid ongevallen met lichamelijk letsel	Financieel ongevallen met een financiële component	Maatschappelijk aantal ontruimingsuren
verwaarloosbaar	gevaarlijke situatie	< 1k€	<10
klein	bijna ongeval, geen tot licht letsel	1k€ - 10k€	10 - 100
matig	letsel met verzuim	10k€ - 100k€	100 - 1.000
behoorlijk	ernstig letsel	100k€ - 1M€	1.000 - 10.000
ernstig	één dode	1M€ - 10M€	10.000 - 100.000
catastrofaal	meerdere doden	> 10M€	> 100.000

Tabel 1 Classificatie van ongevallen en incidenten volgens de VIG

Ons model rekent onveranderd met één zogenoemde *referentiegebeurtenis*, waarbij onveranderd gekozen is voor een ongeval met letsel met verzuim equivalent. Dit betreft de classificatie "matig" in de VIG. Deze referentiegebeurtenis komt qua frequentie van optreden overeen met 100 onveilige situaties en met 0,01 dodelijke ongevallen.

4.1.3 Faalmodel

Het faalmodel bestaat uit het faalgedrag enerzijds en het effect van falen anderzijds.

Faalgedrag

De bepaling van het faalgedrag van assets valt uiteen in historisch en huidig falen enerzijds en verwacht toekomstig falen anderzijds. Bij het in kaart brengen van de huidige storingsaantallen zijn we uitgegaan van beschikbare gegevens van de 5-jaars periode 2012 tot en met 2016. Het totale, dat wil zeggen over alle asset typen en netbeheerders

gesommeerde, huidige aantal storingen (exclusief storingen aan gasmeteropstellingen en gasmeters) bedraagt zo'n 16.700 per jaar. Onder storingen verstaan we in dit rapport terechte meldingen van een gaslekage (of gaslucht).

Binnen het model wordt onveranderd rekening gehouden met *leeftijdsafhankelijk* falen, bijvoorbeeld ten gevolge van corrosie, en *leeftijdsonafhankelijk* falen, bijvoorbeeld ten gevolge van graafwerkzaamheden. Voor elk asset type is een curve van faalfrequenties $p(t,i)$ gedefinieerd. Deze incorporeert leeftijdsafhankelijk en leeftijdsonafhankelijk falen en geeft voor een asset van type i met leeftijd t (in gehele jaren) de verwachte faalfrequentie in het eerstkomende jaar. We hebben deze faalcurves geactualiseerd en daarbij opnieuw zodanig geconstrueerd dat voor elk asset type het aantal storingen in het eerstkomende jaar zoals geprojecteerd door het model overeenkomt met het werkelijke, dat wil zeggen huidig gedocumenteerde, aantal storingen.

In de 2015-studie maakten we hierbij voor het eerst gebruik van de resultaten van een statistische analyse, uitgevoerd door Liander [5], naar de leeftijdsafhankelijkheid van het falen van verschillende materiaalsoorten van hoofdleidingen. Een (verdere) verfijning ten opzichte van de 2015-studie is dat we nu ook gebruik hebben gemaakt van de resultaten van eenzelfde studie, uitgevoerd door Liander [6], naar de leeftijdsafhankelijkheid van het falen van verschillende materiaalsoorten van aansluitleidingen. Voor een verdere beschrijving en de resulterende faalcurves verwijzen we naar Bijlage C.

Effect van falen

Het falen van een asset leidt tot een verwacht effect op de bedrijfswaarden Veiligheid en Betaalbaarheid.

Veiligheid

De VIG is gebaseerd op het aantal storingen enerzijds en het risico per storing anderzijds. Op basis van [3] komt het totale, dat wil zeggen over alle asset typen (exclusief gasmeteropstellingen en gasmeters) en netbeheerders gesommeerde, huidige effect uit op afgerond 154 referentiegebeurtenissen per jaar.

Op basis van door KIWA aangeleverde data van de VIG hebben we het risico per storing voor stations en naar materiaalsoort uitgesplitste hoofdleidingen en aansluitleidingen uitgesplitst naar leeftijdsonafhankelijk en leeftijdsafhankelijk falen. Het resultaat van deze exercitie is opgenomen in Bijlage D.

Betaalbaarheid

Per asset type zijn de verwachte faalkosten, in de vorm van herstelkosten, en preventieve vervangingskosten geactualiseerd aan de hand van kengetallen en nacalculaties van gerealiseerde projecten, waaruit vervolgens gewogen gemiddeldes zijn bepaald.

4.1.4 Beleidsrestricties

Per jaar kan een maximale toename of afname van het aantal vervangingen van zowel stations, hoofdleidingen (in km) als aansluitleidingen worden gespecificeerd. Met deze maximale vervangingsdelta's kan een geleidelijke jaarlijkse toename of afname van het werkpakket worden bewerkstelligd. De toepassing hiervan komt terug in Hoofdstuk 5.

4.2 Rekenkern

Het model bestaat uit een integrale simulatie van assetveroudering en optimalisatie van het vervangingsbeleid. Het optimaliseringsvraagstuk is geïmplementeerd als Lineair Programmeringsprobleem (LP). De doelfunctie die hierbij wordt gehanteerd, is een netto contant gemaakte gewogen som van verwachte risicokosten en preventieve vervangingskosten. Aansluitend bij de reële WACC zoals gecommuniceerd door de ACM in het ontwerpmethodebesluit voor de huidige reguleringsperiode voor regionale netbeheerders gas [4], wordt een toekomstige discontovoet van 3,0% gehanteerd.

5 Gemeenschappelijke scenario's

In dit rapport richten we ons op de resultaten voor het geheel van de Nederlandse regionale gasnetten. Door de invoer op enkele punten aan te passen, hoofdzakelijk de leeftijdverdelingen en faalcurves, kan echter op relatief eenvoudige wijze de betekenis voor individuele netbeheerders in kaart worden gebracht. Ook kunnen dan specifieke scenario's worden doorgerekend. De vastlegging van de resultaten van dergelijke exercities kan geschieden via niet-openbare bijlagen bij dit rapport.

Ten behoeve van de gezamenlijke studie worden de in onderstaande tabel vermelde scenario's beschouwd.

scenario	strategie
0	geen vervangingen
1	voortzetting huidige vervangingsplannen
2	theoretisch optimum
3	theoretisch optimum met veiligheidsdoelstelling
4	uitfasering gas

Tabel 2 Gemeenschappelijke scenario's

Scenario 0 is een fictief basisscenario, waarin alle beleid ten aanzien van het preventief of reconstructief vervangen van assets stopgezet wordt. In dit scenario worden falende assets enkel gerepareerd en nooit vervangen.

Scenario 1 rekent de geaggregeerde huidige vervangingsplannen van de verschillende netbeheerders door. Onderstaande tabel toont de voor heel Nederland gewogen gemiddeldes van de geplande jaarlijkse vervangingen in de zichtperiode 2017-2020. De

percentages voor de asset categorieën worden in dit scenario als structureel beschouwd, dat wil zeggen dat ze ook van toepassing zijn op de verdere toekomst.

1 Overslagstation	1,41%	1,47%
2 Districtstation	2,37%	
3 Afleverstation	0,83%	
4 HAS	1,38%	
5 PE 3e gen 8 bar TL	0,11%	0,43%
6 PE 1e gen 1-4 bar TL	1,67%	
7 PE 2e/3e gen 1-4 bar TL	0,18%	
8 Nodulair Gietijzer TL	1,64%	
9 Grijs Gietijzer en AC TL	16,38%	
10 Staal Bitumen bekleed (-1972) TL	0,28%	
11 Staal PE bekleed (1972-) TL	0,15%	
12 PE 1e gen DL	0,27%	0,81%
13 PE 2e/3e gen DL	0,11%	
14 Asbest Cement DL	8,25%	
15 Nodulair Gietijzer DL	2,11%	
16 Grijs Gietijzer DL	10,66%	
17 Staal DL	2,94%	
18 PVC DL	0,79%	
19 Slagvast PVC DL	0,06%	
20 Staal AL	4,00%	1,51%
21 PVC AL	6,43%	
22 Koper AL	1,12%	
23 Slagvast PVC AL	1,79%	
24 PE AL	0,24%	
25 PeKo AL	0,00%	

Tabel 3 Geplande gemiddelde jaarlijkse vervangingen in de periode 2017-2020

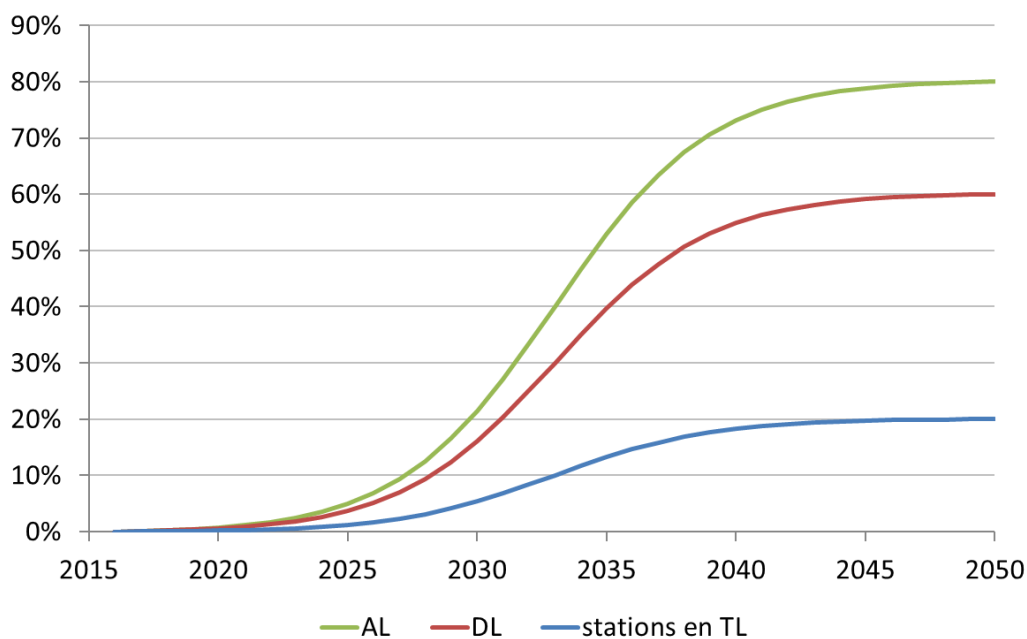
In scenario 2 wordt de optimale vervangingsstrategie berekend, uitgaande van de binnen de VIG gehanteerde waardering van de bedrijfswaarde Veiligheid. Dit resulteert in een zogenoemd doelmatigheidsoptimum.

Scenario 3 beschouwt het effect, ten opzichte van scenario 2, van een veiligheidstarget. Deze belichaamt de missie van de sector om het huidige veiligheidsniveau te continueren in de toekomst. In dit scenario wordt de optimale vervangingsstrategie berekend onder de voorwaarde dat het verwachte aantal referentiegebeurtenissen ieder jaar ten hoogste 154 bedraagt. Dit is het in paragraaf 4.1.3 vastgestelde huidige niveau. Verder wordt in dit scenario uitgegaan van:

- voor zowel stations, hoofdleidingen als aansluitleidingen een jaarlijkse vervanging van ten hoogste 2% van het totaal;
- maximale vervangingsdelta's (ten opzichte van het totaal) van 0,5% voor stations en 0,25% voor hoofdleidingen en aansluitleidingen.

Scenario 4, dat nieuw is ten opzichte van de 2015-studie, beschouwt een geleidelijke, gedeeltelijke uitfasering van het gasnet. Het beschouwde verloop en eindniveau van deze uitfasering staat weergegeven in onderstaande grafiek. De optimale vervangingsstrategie

wordt berekend onder dezelfde voorwaarden als in scenario 3, waarbij het toegestane verwachte aantal referentiegebeurtenissen jaarlijks afneemt op basis van een gewogen gemiddelde van de uitfaseringscurves. Deze weging is gebaseerd op het huidige aantal referentiegebeurtenissen ten gevolge van het falen van stations, hoofdleidingen en aansluitleidingen.



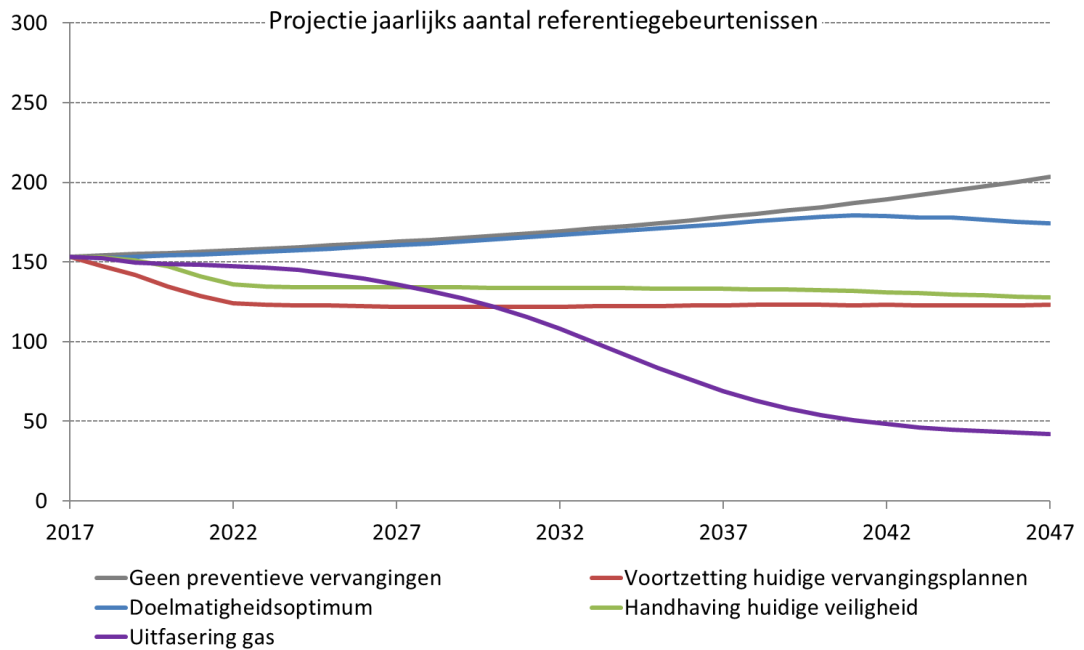
Figuur 2 Geprojecteerde cumulatieve uitfasering gasnet

6 Resultaten

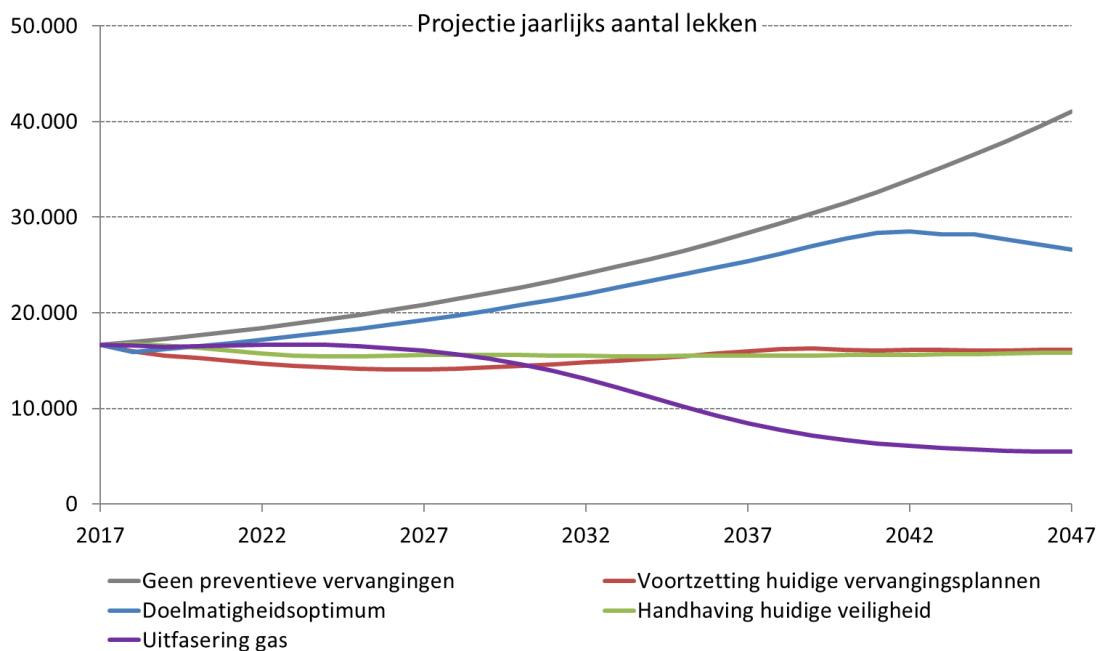
In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten van het doorrekenen van de in het vorige hoofdstuk gespecificeerde scenario's. We bespreken eerst de ontwikkeling van het veiligheidsniveau en vervolgens de vervangingsinvesteringen, in termen van aantallen en bedragen. We merken op dat de getoonde aantallen en bedragen telkens geprojecteerde *verwachte* waarden betreffen.

6.1 Veiligheidsniveau

Onderstaande grafieken schetsen voor elk van de beschouwde scenario's de ontwikkeling gedurende de komende 30 jaar van het veiligheidsniveau in termen van achtereenvolgens het jaarlijks aantal referentiegebeurtenissen op basis van het huidige risico per storing en het jaarlijks aantal storingen. We geven vervolgens per scenario een korte toelichting.



Figuur 3 Verwacht verloop veiligheidsniveau



Figuur 4 Verwacht verloop jaarlijks aantal lekken

Scenario 0: Geen preventieve vervangingen

We zien dat het geheel stopzetten van preventieve vervangingen zal leiden tot een geleidelijk verslechterend veiligheidsniveau. Het toont de noodzaak aan van tijdig vervangen om grootschalig falen voor te zijn.

Scenario 1: Voortzetting huidige vervangingsplannen

We zien dat met het voortzetten van de huidige vervangingsplannen de veiligheid de komende 30 jaar ruimschoots gehandhaafd wordt op het huidige niveau, uitgaande van het huidige risico per storing.

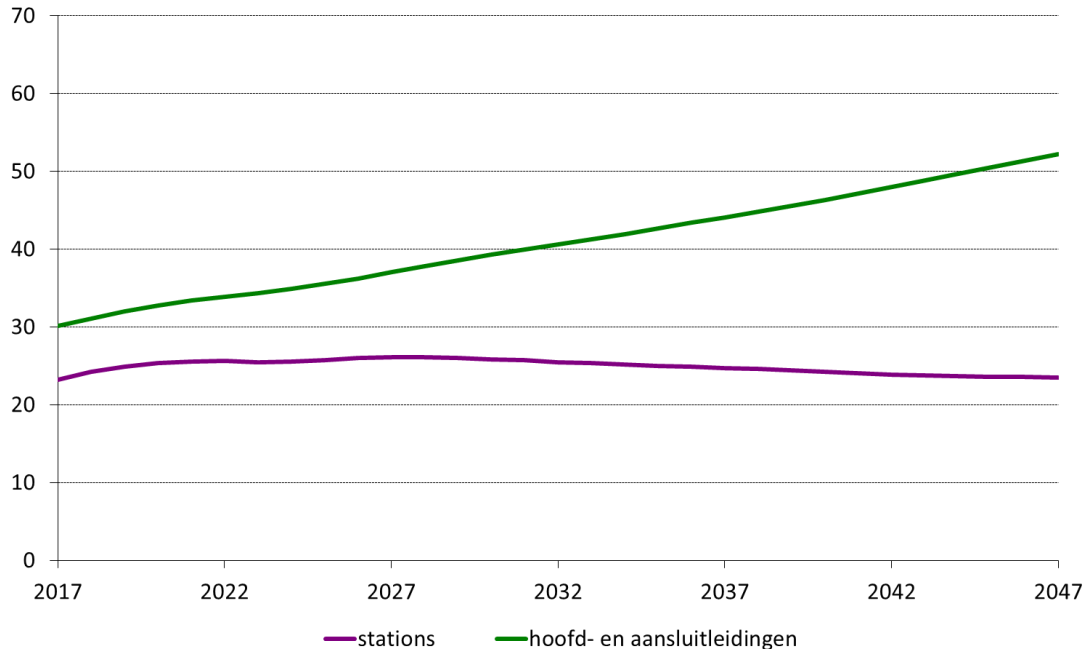
Scenario 2: Doelmatigheidsoptimum

Door het model geen vervangingsaantallen op te leggen, stellen we het in staat om de optimale vervangingsstrategie te berekenen. We zien dat deze strategie een beperkte verslechtering (~15%) van de veiligheid toestaat, uitgaande van het huidige risico per storing. Daar staat tegenover dat er een ruime toename (~70%) van het verwachte jaarlijks aantal lekken wordt geaccepteerd. De verklaring hiervoor is dat de (optimale) vervanging van het resterende asbest cement en grijs gietijzer tot een dusdanig sterke daling van het gemiddelde risico per storing in het resulterende net (vrij van asbest cement en grijs gietijzer) leidt dat een veel groter aantal storingen kan worden geaccepteerd.

Scenario 3: Handhaving huidige veiligheid

We zien dat het resultaat nauwelijks afwijkt van het resultaat voor scenario 1. Dat wil niet zeggen dat er geen verschillen zijn tussen beide scenario's, want de vervangingsinvesteringen kunnen en blijken inderdaad ook te verschillen. De huidige vervangingsplannen zijn weliswaar voldoende, maar voor een groot deel niet noodzakelijk. Zie hiervoor paragraaf 6.2.

Verder toont onderstaande grafiek voor scenario 3 het jaarlijkse verloop van de (verwachte) gemiddelde leeftijd van bovengrondse componenten (in stations) en ondergrondse componenten (leidingen).



Figuur 5 Verwacht verloop gemiddelde leeftijd van bovengrondse en ondergrondse componenten

Voor stations zien we een gemiddelde leeftijd die de komende decennia vrijwel constant blijft. Voor hoofd- en aansluitleidingen zien we de gemiddelde leeftijd gestaag toenemen.

Scenario 4: Uitfasering gas

We zien dat het scenario van een uitfasering van het gasnet tot een steeds verder afnemend jaarlijks aantal referentiegebeurtenissen en lekken leidt. Het verloop sluit aan bij het geprojecteerde verloop van de uitfasering van het gasnet zoals weergegeven in Figuur 2.

6.2 Vervangingsinvesteringen

Onderstaande tabel toont de financiële consequenties voor de komende 30 jaar van de vervangingsprogramma's behorende bij scenario's 1, 3 en 4. Scenario 2 laten we buiten beschouwing.

30 jaar	scenario		
	Voortzetting huidige vervangingsplannen	Handhaving huidige veiligheid	Uitfasering gas
Gemiddelde preventieve vervangingskosten (M€/jr)	246	134	81
Gemiddeld per klant (€/jr)	43	24	29
NCW preventieve vervangingskosten (M€)	4.872	2.810	1.637

Gido Brouns:
voor de klanten die over 30 jaar nog een (operationele) AL hebben

Tabel 4 Samenvatting financiële consequenties per scenario

In het scenario van het voortzetten van de huidige vervangingsplannen wordt dus gemiddeld 246 M€ per jaar, of € 43 per klant per jaar, uitgetrokken voor vervangingen.

Met deze vervangingen wordt de veiligheid ruimschoots gehandhaafd op het huidige niveau (zie paragraaf 6.1).

We zien dat het handhaven van de huidige veiligheid ook met een gemiddelde investering van 134 M€ per jaar, of € 24 per klant per jaar, kan worden gerealiseerd. Dit is een besparing van € 19 per klant per jaar ten opzichte van het scenario van het voortzetten van de huidige vervangingsplannen.

In het geval van een uitfasering van het gasnet (conform Figuur 2) volstaat een gemiddelde investering van 81 M€ per jaar. Dit komt neer op € 29 per klant per jaar voor de klanten die aan het einde van de zichtperiode nog over een operationele aansluiting beschikken, met andere woorden (nog) niet uitgefaseerd zijn.

Hieronder tonen we de gemiddelde jaarlijkse vervangingsaantallen voor de komende 5, 10 en 30 jaar voor scenario's 3 en 4. Hierbij zijn de waarden voor de komende 10 jaar inclusief de eerste 5 jaar en de waarden voor de komende 30 jaar inclusief de eerste 10 jaar.

Jaarlijkse vervangingen	5 jaar		10 jaar		30 jaar	
Stations	880	1,55%	928	1,64%	1.222	2,16%
Hoofdleidingen (km)	839	0,67%	598	0,48%	300	0,24%
Aansluitleidingen	25.096	0,44%	46.596	0,82%	58.078	1,03%

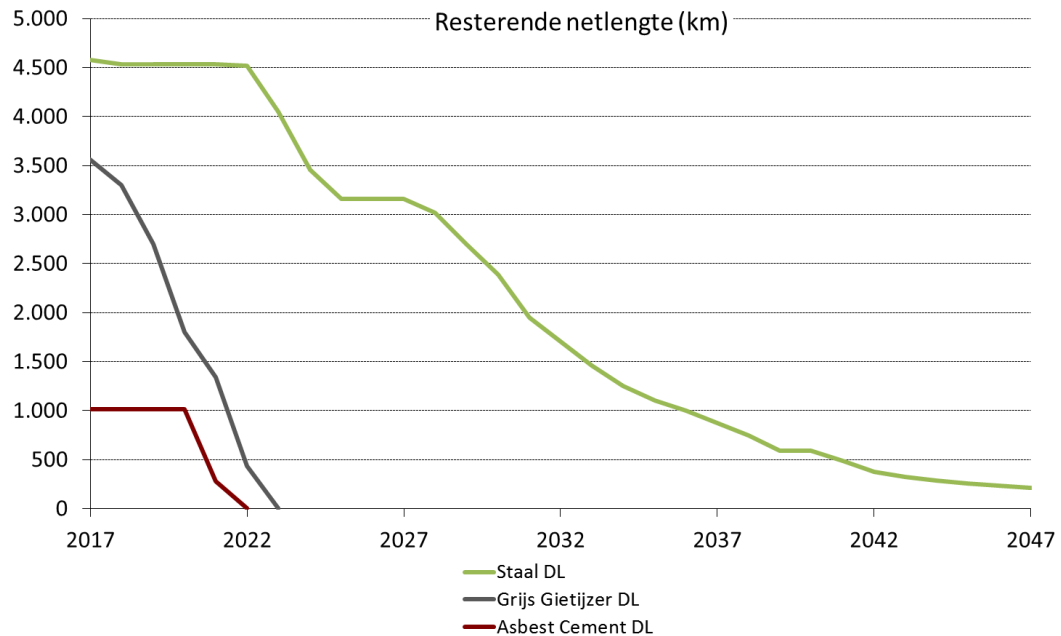
Tabel 5 Jaarlijkse vervangingen scenario 3: Handhaving huidige veiligheid

Jaarlijkse vervangingen	5 jaar		10 jaar		30 jaar	
Stations	880	1,55%	893	1,58%	1.114	1,97%
Hoofdleidingen (km)	227	0,18%	180	0,14%	175	0,14%
Aansluitleidingen	20.585	0,36%	33.079	0,58%	31.647	0,56%

Tabel 6 Jaarlijkse vervangingen scenario 4: Uitfasering gas

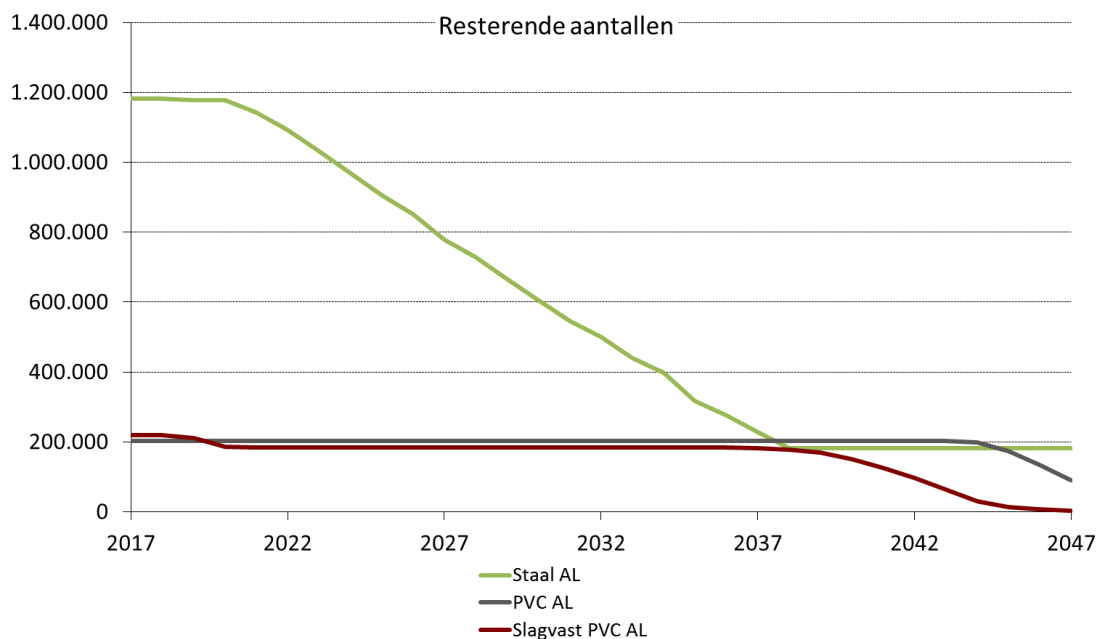
Voor scenario 3 blijkt het vervangingsniveau van hoofd- en aansluitleidingen in de eerste 10 jaar stabiel ten opzichte van het resultaat van de vorige studie (2015: 0,45% voor hoofdleidingen en 0,72% voor aansluitleidingen). In de daaropvolgende jaren ligt het vervangingsniveau van hoofdleidingen echter een stuk lager (2015, 20 jaar: 0,47%). De verklaring hiervoor ligt in de wijze waarop de faalcurves voor hoofdleidingen zijn geconstrueerd. Materialen waarvoor uit de storingsregistratie (nog) geen leeftijdsafhankelijk falen kan worden aangetoond, krijgen een vlakke faalcurve. In de 2015-studie werd nog een maximale levensduur verondersteld. Zie Bijlage C.

Onderstaande grafieken tonen voor scenario 3 het verwachte jaarlijkse verloop van de resterende netlengte aan distributieleidingen en de resterende aantallen aansluitleidingen van de materialen waarvoor de optimale strategie in de zichtperiode een actief vervangingsbeleid hanteert.



Figuur 6 Resterende netlengte distributieleidingen met actief vervangingsbeleid

De optimale strategie behorende bij het handhaven van de huidige veiligheid vervangt binnen nu en 6 jaar alle grijs gietijzer en asbest cement. Voor deze materialen wordt een hoger tempo gehanteerd dan in de huidige vervangingsplannen het geval is (zie Tabel 3). Voor de vervanging van al het resterende staal wordt ruim 30 jaar uitgetrokken, wat over deze zichtperiode goed overeenkomt met de huidige vervangingsplannen (zie Tabel 3).



Figuur 7 Resterende netlengte aansluitleidingen met actief vervangingsbeleid

De optimale strategie behorende bij het handhaven van de huidige veiligheid bouwt het resterende aantal stalen aansluitleidingen geleidelijk af: in 20 jaar wordt 80% vervangen. Dit tempo komt opvallend goed overeen met de huidige vervangingsplannen van 4% per jaar (zie Tabel 3). Pas daarna worden, in hoog tempo, ook (slagvast) PVC aansluitleidingen vervangen. Deze vervangingen worden tot veel later uitgesteld dan in de huidige vervangingsplannen (zie Tabel 3), al gaat het uiteindelijk om gemiddeld 3% per jaar in 30 jaar.

7 Conclusies en aanbevelingen

We hebben in dit rapport de resultaten besproken van de binnen Netbeheer Nederland uitgevoerde studie *Langetermijnvisie Vervangingsinvesteringen Gas 2017*. Aan de hand van een rekenmodel dat:

- de effecten van veroudering van assets op relevante bedrijfswaarden simuleert,
- op basis van ingegeven criteria een optimale vervangingsstrategie bepaalt,
- en bovendien voorzien is van de gezamenlijke kennis, assetleeftijden en storingsaantallen van de regionale gasnetbeheerders,

hebben we een gemeenschappelijk beeld gevormd van de gevolgen van verschillende beleidskeuzes ten aanzien van langetermijn vervangingsinvesteringen.

Uitgaande van de resultaten en de strekking van de studie, handhaven we de aanbevelingen voor verder onderzoek en verdere afstemming zoals gedaan in de 2015-studie:

- verder onderzoek doen naar het faalgedrag van verouderende componenten, in het bijzonder 1^e generatie PE en hard PVC;
- continueren van de aandacht voor datakwaliteit, aangezien de kwantitatieve resultaten in hoge mate afhankelijk zijn van volledige en betrouwbare data;
- over twee jaar evalueren en herijken van de studie, waarbij de modelinschattingen aan de voortschrijdende kennis aangepast kunnen worden.

Tot slot merken we op dat we ons in dit rapport uitsluitend gericht hebben op vervangingen ter instandhouding van de huidige veiligheid. In dit kader is het van belang op te merken dat uit de rapportage van de VIG [3] naar voren komt dat van de huidige 154 referentiegebeurtenissen per jaar (zie ook paragraaf 4.1.3) slechts 21% gerelateerd is aan veroudering. De andere 79% (2015: 73%) betreft hoofdzakelijk graafschade en montagefouten, twee fenomenen waarvoor vervanging over het algemeen geen adequate oplossing is. Een uitzondering hierop vormt de vervanging van de brosse leidingmaterialen.

Referenties

- [1] Gido Brouns & Marco Poorts, *Investeren in de toekomst – Langetermijnoptimalisatie van vervangingsinvesteringen in de gezamenlijke Nederlandse regionale gasnetten*, 16-9-2011
- [2] KIWA, *Statuut Veiligheidsindicator 2014*, 1-5-2014
- [3] KIWA, *Rapportage Veiligheidsindicator 2016*, 22-5-2017
- [4] ACM, *Methodebesluit Regionale Netbeheerders Gas 2017-2021*, 2-9-2016
- [5] Ronnie Slijkhuis, *Multivariate survivalanalyse op distributieleidingen gas: Update 2016*, 26-8-2016
- [6] Ronnie Slijkhuis, *Multivariate survivalanalyse op aansluitleidingen gas*, 3-6-2016

Lijst van afkortingen

AL	Aansluitleiding
DL	Distributieleiding (lagedruk hoofdleiding)
NCW	Netto contante waarde
TIS	Taakgroep Infrastructuur Netbeheer Nederland
TL	Transportleiding (hogedruk hoofdleiding)
VIG	Veiligheidsindicator Gas
WACC	Weighted average cost of capital

Bijlage A

Onderstaande tabel toont de vertegenwoordiging vanuit de netbeheerders in de werkgroep.

naam	netbeheerder
Gido Brouns (projectleider), Marco Poorts (TIS)	Enexis
Wilco Wittenberg	Coteq Netbeheer
Cyriel Schut	Enduris
Ronnie Slijkhuis	Liander
Johan Jonkman	Rendo
Jan van der Wielen	Stedin
Thymon van de Wiel	Westland Infra

Tabel 7 Werkgroep Gas

Bijlage B

Onderstaande tabellen tonen per asset type en zowel voor heel Nederland als per netbeheerder achtereenvolgens de huidige aantallen (km in geval van hoofdleidingen) en de huidige gemiddelde leeftijden, in gehele jaren. Daar waar geen gemiddelde leeftijd vermeld staat, heeft de betreffende netbeheerder geen assets van het betreffende type.

Aantallen assets

	Nederland	Cogas	Enduris	Enexis	Liander	Rendo	Stedin	Westland
1 Overslagstation	640	44	23	168	191	36	177	1
2 Districtstation	10793	362	375	3114	3957	323	2547	115
3 Afleverstation	10520	89	152	3203	3171	419	2278	1208
4 HAS	34678	147	166	15750	10841	185	6075	1514
5 PE 3e gen 8 bar TL	1175	21	1	468	468	179	27	10
6 PE 1e gen 1-4 bar TL	2437	119	356	1384	430	146	3	0
7 PE 2e/3e gen 1-4 bar TL	4726	84	289	1607	1851	152	743	0
8 Nodulair Gietijzer TL	642	0	1	152	465	2	22	0
9 Grijs Gietijzer en AC TL	61	0	0	1	27	0	33	0
10 Staal Bitumen bekleed (-1972) TL	4820	236	67	2141	1138	82	1089	68
11 Staal PE bekleed (1972-) TL	8824	234	183	3077	2845	122	1982	381
12 PE 1e gen DL	2648	550	187	1132	511	258	11	0
13 PE 2e/3e gen DL	9774	194	1554	1155	4099	214	2502	57
14 Asbest Cement DL	1012	0	31	125	278	0	577	0
15 Nodulair Gietijzer DL	949	0	0	131	486	0	300	32
16 Grijs Gietijzer DL	3557	0	0	828	1407	0	1307	16
17 Staal DL	4575	5	6	1644	2670	5	239	6
18 PVC DL	19705	1499	741	11096	4363	1385	599	23
19 Slagvast PVC DL	59762	1464	1410	21248	20224	953	14075	387
20 Staal AL	1181430	478	5414	674135	367821	9096	122501	1985
21 PVC AL	202236	10739	7861	80870	22064	11627	68906	169
22 Koper AL	852872	3245	125339	18820	639097	55584	10787	0
23 Slagvast PVC AL	218545	2314	478	112575	36142	618	58166	8252
24 PE AL	2685798	108579	42874	873587	753160	27618	839934	40046
25 PeKo AL	520805	19	6	214762	1958	60	304000	0

Tabel 8 Aantallen assets

Gemiddelde assetleeftijden

	Nederland	Cogas	Enduris	Enexis	Liander	Rendo	Stedin	Westland
1 Overslagstation	21	17	16	25	20	6	23	22
2 Districtstation	24	19	21	26	25	7	24	10
3 Afleverstation	23	18	19	24	23	25	25	15
4 HAS	25	38	24	28	27	11	16	18
5 PE 3e gen 8 bar TL	10	5	28	9	11	9	19	11
6 PE 1e gen 1-4 bar TL	47	44	47	48	44	46	48	
7 PE 2e/3e gen 1-4 bar TL	24	26	26	20	26	28	26	
8 Nodulair Gietijzer TL	43		51	44	42	43	42	
9 Grijs Gietijzer en AC TL	56			54	56		56	
10 Staal Bitumen bekleed (-1972) TL	51	49	57	53	51	49	49	50
11 Staal PE bekleed (1972-) TL	31	27	22	32	31	28	29	35
12 PE 1e gen DL	46	44	44	47	45	46	45	
13 PE 2e/3e gen DL	23	28	28	20	22	27	23	20
14 Asbest Cement DL	51		45	54	50		51	
15 Nodulair Gietijzer DL	38			43	36		39	38
16 Grijs Gietijzer DL	54			59	53		51	56
17 Staal DL	46	44	27	47	45	45	39	55
18 PVC DL	49	48	48	49	49	48	49	49
19 Slagvast PVC DL	27	26	27	26	28	25	26	26
20 Staal AL	36	30	28	37	33	32	43	27
21 PVC AL	46	46	47	47	43	48	46	44
22 Koper AL	32	23	33	35	32	30	34	
23 Slagvast PVC AL	36	35	18	38	37	31	30	37
24 PE AL	19	24	13	20	18	20	20	18
25 PeKo AL	15	10	6	10	17	8	19	

Tabel 9 Gemiddelde assetleeftijden

Bijlage C

Liander heeft statistische analyses uitgevoerd waarin de invloed van verschillende omgevingsfactoren, zoals grondsoort en zakking, in relatie tot de materiaalsoort en leeftijd van hoofdleidingen [5] en aansluitleidingen [6] is onderzocht. Op basis van geregistreerde lekken (in het werkgebied van Liander) is per omgevingsfactor en materiaalsoort een faalcurve als functie van de leeftijd gefit. De faalcurves zijn geëxtrapoleerd naar de toekomst, naar leeftijden die nog bereikt moeten worden. De faalcurve van een materiaalsoort bestaat zo gezien uit twee delen:

- een "linkerdeel", gebaseerd op *gerealiseerde* leeftijden van leidingen van de betreffende materiaalsoort;
- een "rechterdeel", gebaseerd op een extrapolatie van het "linkerdeel" naar *nog niet gerealiseerde* leeftijden van leidingen van de betreffende materiaalsoort.

In de gevallen waarin voor een materiaalsoort op basis van de geregistreerde lekken geen (duidelijk) verband tussen leeftijd en lekfrequentie werd gevonden, is aangenomen dat dit ook zal gelden voor hogere leeftijden dan tot nu toe gerealiseerd. Dit resulteert in een vlakke faalcurve.

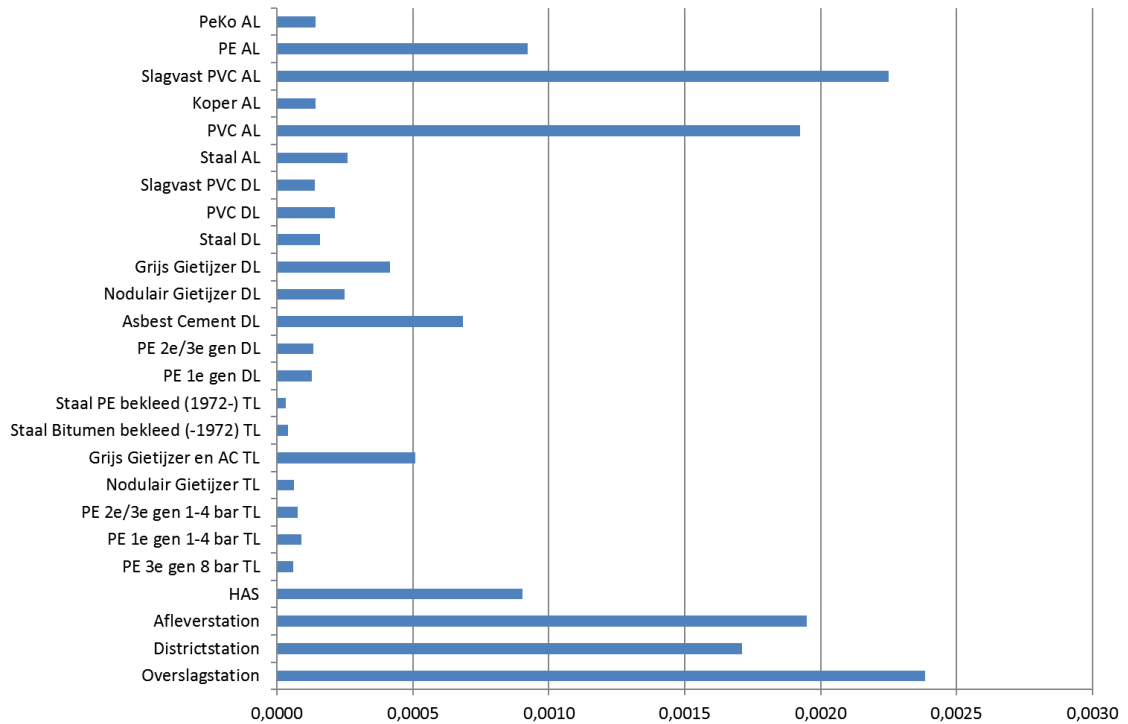
De curves van Liander zijn gefit op de storingsaantallen van heel Nederland. We hebben er hierbij voor gekozen de vorm van de curves gelijk te houden en deze per asset type te schalen aan de hand van een correctiefactor. Naast berekeningen voor Nederland kunnen berekeningen voor individuele netbeheerders worden uitgevoerd. In dat geval zullen faalcurves gebruikt worden met correctiefactoren die specifiek gelden voor die netbeheerder. Zo kan gebruik worden gemaakt van het specifieke faalgedrag van de assets van die netbeheerder, dat om diverse redenen kan afwijken van het landelijke faalgedrag.

In Tabel 10 staan de faalcurves gekarakteriseerd in termen van de leeftijden $T_{0,01}$ en $T_{0,1}$, met T_p de leeftijd waarbij faalfrequentie p bereikt wordt. Net als in de 2015-studie gelden de faalfrequenties voor stations per individuele component (regelaar, veiligheidsafsluiter of veiligheidsafsluitklep) en de faalfrequenties voor hoofdleidingen per 10 meter leiding. Een faalfrequentie van 0,01 komt voor leidingen overeen met gemiddeld 1 lek per km per jaar en een faalfrequentie van 0,1 met gemiddeld 10 lekken per km per jaar. Waar geen leeftijd vermeld staat, is sprake van een vlakke faalcurve.

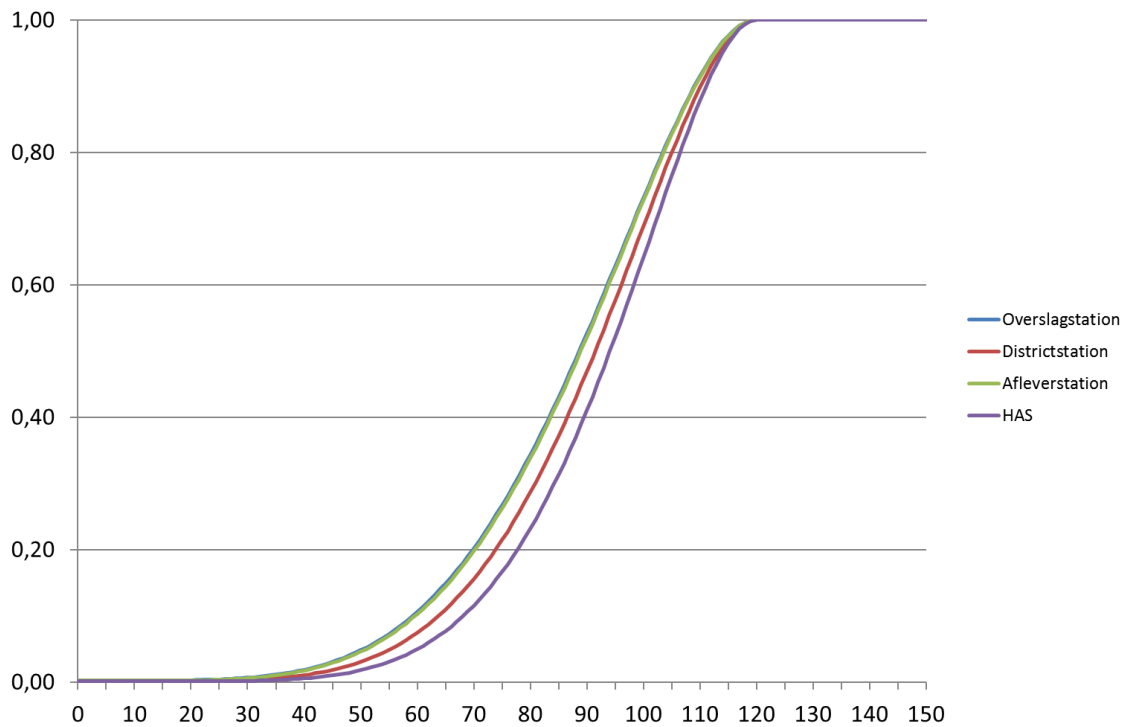
	$T_{0,01}$	$T_{0,1}$
1 Overslagstation	34	59
2 Districtstation	39	63
3 Afleverstation	34	59
4 HAS	44	68
5 PE 3e gen 8 bar TL	-	-
6 PE 1e gen 1-4 bar TL	-	-
7 PE 2e/3e gen 1-4 bar TL	-	-
8 Nodulair Gietijzer TL	-	-
9 Grijs Gietijzer en AC TL	>150	>150
10 Staal Bitumen bekleed (-1972) TL	>150	>150
11 Staal PE bekleed (1972-) TL	>150	>150
12 PE 1e gen DL	-	-
13 PE 2e/3e gen DL	-	-
14 Asbest Cement DL	-	-
15 Nodulair Gietijzer DL	-	-
16 Grijs Gietijzer DL	>150	>150
17 Staal DL	90	>150
18 PVC DL	>150	>150
19 Slagvast PVC DL	>150	>150
20 Staal AL	84	139
21 PVC AL	115	>150
22 Koper AL	99	>150
23 Slagvast PVC AL	90	>150
24 PE AL	130	>150
25 PeKo AL	125	>150

Tabel 10 Specificaties faalcurves

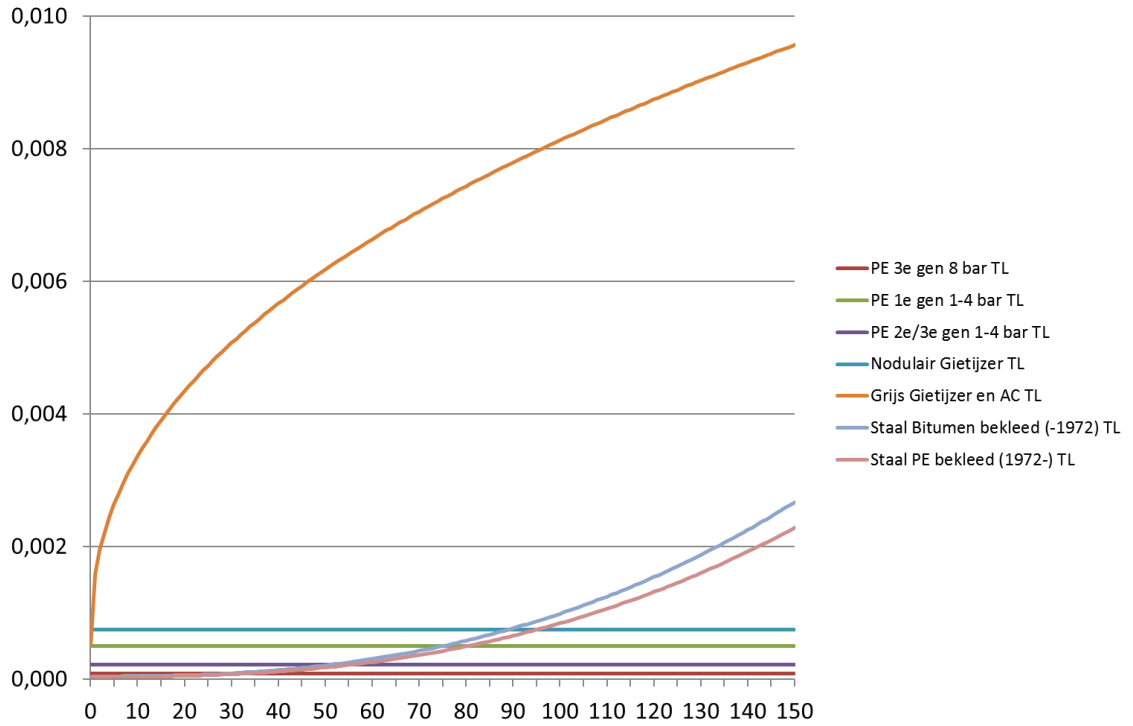
Onderstaande figuren tonen per asset type achtereenvolgens de leeftijdsonafhankelijke faalfrequentie en de totale faalfrequentie (leeftijdsafhankelijk plus leeftijdsonafhankelijk deel) als functie van de assetleeftijd.



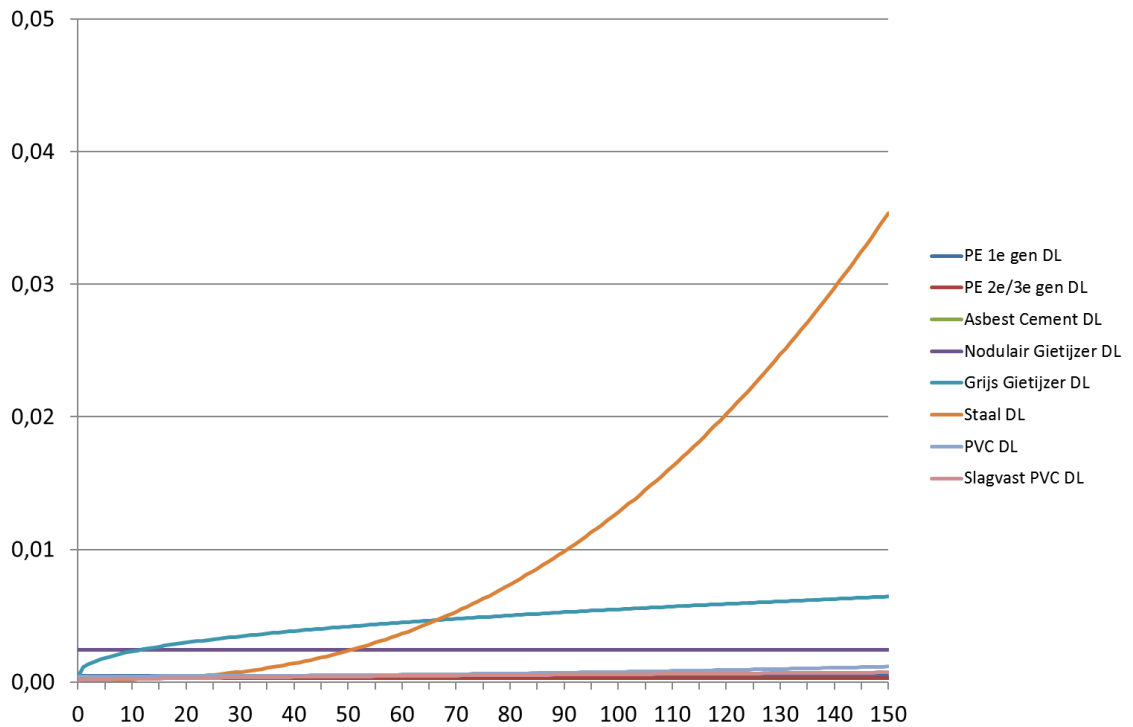
Figuur 8 Gemodelleerde leeftijdsonafhankelijke faalfrequenties



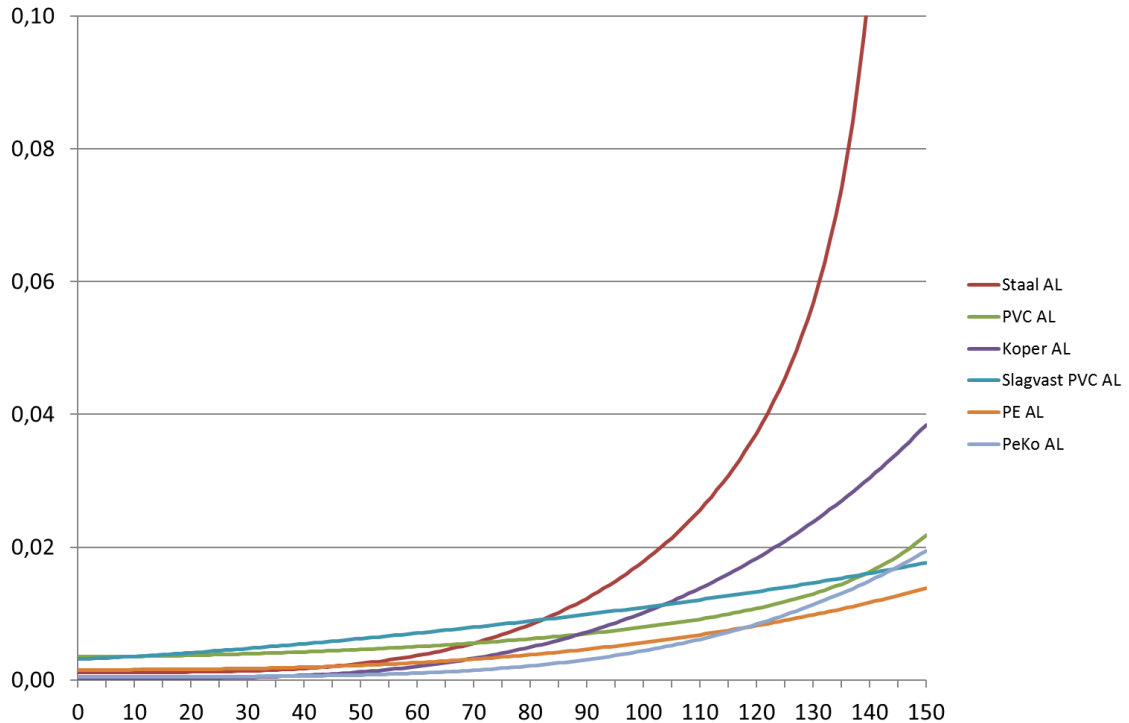
Figuur 9 Gemodelleerde faalfrequenties als functie van asset leeftijd (stations)



Figuur 10 Gemodelleerde faalfrequenties als functie van asset leeftijd (TL)



Figuur 11 Gemodelleerde faalfrequenties als functie van asset leeftijd (DL)



Figuur 12 Gemodelleerde faalfrequenties als functie van asset leeftijd (AL)

Bijlage D

Onderstaande tabel toont per asset type het risico per storing, uitgesplitst naar leeftijdsonafhankelijk en leeftijdsafhankelijk falen. Het risico per storing is uitgedrukt in het gemiddelde aantal referentiegebeurtenissen per 1000 storingen. Aangenomen is dat het risico van leeftijdsonafhankelijk falen (grotendeels) materiaalafhankelijk zal zijn. Zonder deze aanname kan een enkele graafschade of montagefout een te grote stempel drukken op het risico per storing van een individuele materiaalsoort. Een uitzondering hierop vormen de leidingmaterialen grijs gietijzer en asbest cement, die gevoelig zijn voor brossen breuken ten gevolge van bijvoorbeeld graafwerkzaamheden. Concreet volgt uit de data van de VIG [3] voor distributieleidingen van asbest cement een aanzienlijk hoger risico per leeftijdsonafhankelijke storing, dat we expliciet meenemen in onze studie.

	risico per storing (leeftijdsonafhankelijk)	risico per storing (leeftijdsafhankelijk)	
1 Overslagstation	7,60	1,42	
2 Districtstation			
3 Afleverstation			
4 HAS			
5 PE 3e gen 8 bar TL	54,62	2,09	
6 PE 1e gen 1-4 bar TL			
7 PE 2e/3e gen 1-4 bar TL			
8 Nodulair Gietijzer TL			2,99
9 Grijs Gietijzer en AC TL			7,16
10 Staal Bitumen bekleed (-1972) TL	3,14	3,14	
11 Staal PE bekleed (1972-) TL			
12 PE 1e gen DL	18,50	1,13	
13 PE 2e/3e gen DL			
14 Asbest Cement DL	93,14	3,42	
15 Nodulair Gietijzer DL	18,50	0,59	
16 Grijs Gietijzer DL		7,67	
17 Staal DL		0,70	
18 PVC DL		1,03	1,03
19 Slagvast PVC DL			
20 Staal AL	19,76	3,03	
21 PVC AL			
22 Koper AL			
23 Slagvast PVC AL			
24 PE AL			
25 PeKo AL			

Tabel 11 Risico per storing

We zien dat het risico per storing (sterk) afhankelijk is van de aard van de storing, hetgeen niet verwonderlijk is. Bij leeftijdsonafhankelijke falen in de vorm van graafschade of montagefouten is in principe altijd sprake van menselijke aanwezigheid, terwijl dit bij leeftijdsonafhankelijke falen alleen met een zekere kans het geval is.

Daarnaast zien we dat grijs gietijzer en asbest cement de meest risicovolle materialen van lagedruk hoofdleidingen zijn. Het risico per leeftijdsafhankelijke storing is bij deze materialen substantieel hoger dan bij de andere materiaalsoorten.