

2014

KEN Engineering

Jan-Willem Muilwijk



RESTLEVENSDUUR AC LEIDINGEN



EINDRAPPORT

Datum: 6/17/2014

Versie: Definitief versie 1

Eindrapport

Restlevensduur AC leidingen

Versie: Definitief versie 1

Auteur: Jan-Willem Muilwijk

Plaats: Oud-Beijerland

Bedrijf: KEN Engineering

Publicatiedatum: 6/17/2014

Versie	Opmerkingen	Datum
Conceptversie1		13-06-2014
Conceptversie2		16-06-2014
Definitief versie1		17-06-2014

Voorwoord

Dit rapport betreft het eindrapport dat dient als schriftelijke verantwoording voor het afstuderen. In het kader van de opleiding HBO Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam heb ik gedurende het afstuderen onderzoek gedaan naar de restlevensduur van asbestcement waterleidingen. Het waterbedrijf Evides heeft dit als probleem bij KEN Engineering B.V. neergelegd welke vervolgens aan mij gevraagd heeft om het onderzoek uit te werken.

In dit rapport doe ik verslag van mijn onderzoek en de resultaten daarvan.

Naast het afstudeeronderzoek wil ik allereerst de heer H. de Kater van Evides en M. Griffioen van M.J. Oomen hartelijk bedanken voor alle informatie en het meewerken met mijn onderzoek.

Ook wil ik mijn afstudeerbegeleiders bedanken, namelijk Eddy Zaman van KEN Engineering B.V. en de heer W. de Ruijter van Hogeschool Rotterdam, voor de goede begeleiding en hun adviezen.

Ook wil ik Nils Jansen van KEN Engineering B.V. bedanken voor de inhoudelijke kennis en de brainstormsessies.

Daarnaast wil ik KEN Engineering in het algemeen bedanken voor de kans die ze hebben geboden om mijn afstudeeronderzoek uit te voeren, en de fijne samenwerking.

Jan-Willem Muilwijk

Juni, 2014

Inhoudsopgave

I. Samenvatting.....	4
II. Summary	5
1. Inleiding	6
1.1 Achtergronden.....	7
1.1.1 AC leidingen.....	7
1.1.2 Uitloging.....	7
1.1.3 Inspectie AC leidingen	8
1.2 Probleemstelling.....	9
1.2.1 Onderzoeksvraag	9
1.2.2 Doelstelling	10
1.2.3 Afbakening.....	10
2. Analyse	11
2.1 Uitloging.....	11
2.2 Inwendige invloed	11
2.3 Uitwendige invloed	12
2.3.1 Neutrale grondbelasting	12
2.3.2 Horizontale steundruk	12
2.3.3 Verkeersbelasting.....	13
2.3.4 Overige belastingen	13
2.4 De totale uitwendige belasting.....	14
2.5 Berekening	15
3. Inspectie leidingen	16
4. Restlevensduur leidingen	17
5. Conclusie	18
6. Discussie.....	19
7. Competentieverlag.....	20
8. Bronnenlijst	22
Bijlage I – Plan van aanpak	TAB 1
Bijlage II – Analyserapport I.....	TAB 2
Bijlage III – Inspectieplan	TAB 3
Bijlage IV – Analyserapport II.....	TAB 4

I. Samenvatting

In dit afstudeeronderzoek is er onderzoek gedaan naar de restlevensduur (RLD) van asbestcement (AC) waterleidingen. Dit onderzoek komt voort uit de behoefte om beter inzicht te krijgen over het wel of niet vervangen van AC leidingen. Om van daaruit een beter saneringsbeleid te voeren. Hieruit volgt de volgende onderzoeksvraag.

Wat is de invloed van inwendige krachten, uitwendige grondmechanische invloeden, bovenbelasting en uitloging op de restlevensduur van ondergrondse AC waterleidingen aan de hand van inspectieresultaten?

Als eerste is er een overzicht gemaakt van de uitwendige en inwendige invloeden op ondergrondse AC waterleidingen. De inwendige invloeden zijn:

- Inwendige uitloging;
- Inwendige druk.

Inwendige uitloging ontstaat doordat het leidingwater. Deze cementzouten die in AC zitten hydrateren. Dit veroorzaakt dat het cement uitlooft.

De uitwendige invloeden op ondergrondse AC waterleidingen zijn:

- Uitwendige uitloging;
- neutrale grondbelasting;
- verkeersbelasting;
- eigen gewicht van de leiding;
- gewicht van het medium;
- opwaartse druk door het grondwater.

De neutrale grond en de horizontale steundruk worden veroorzaakt door de grondslag. De verkeersbelasting wordt gecreëerd door de eventuele aslast boven de leiding.

Van deze inwendige en uitwendige invloeden is een rekenblad opgesteld met behulp van Excel.

Als tweede zijn er 4 leidingen geïnspecteerd met de georadartechniek door M.J. Oomen B.V. De wanddikte van de leidingen zijn gemeten, zodat er met de resultaten de RLD van de leiding bepaald kan worden.

Ten derde is de RLD van de leidingen bepaald. De RLD kan bepaald worden met behulp van de volgende gegevens:

- Minimale opgemeten wanddikte;
- Maximale aantastingsnelheid;
- Minimaal benodigde wanddikte om aan de norm te voldoen/bezwijkwanddikte.

De minimaal opgemeten wanddikte komt voort uit de radarmetingen. De maximale aantastingsnelheid wordt bepaald aan de hand van de leeftijd van de leiding.

De bezwijkwanddikte wordt bepaald door de spanningen in de leidingwand te toetsen aan de norm. Hieruit volgt een maximale spanning. Daarvan zijn er voor verschillende situaties grafieken gemaakt. Hierbij is de spanning uitgezet tegen de wanddikte.

II. Summary

In this thesis research, research has been done on the remaining lifetime (RLD) of cement (AC) water pipes. This study comes forth from the need to get information on whether or not to replace AC pipes. Better understanding from there to perform. Better sanitation policy. Accordingly, the following research question.

What is the influence of internal forces, external mechanical influences soil, top load and leaching on the residual life of underground water mains AC based on inspection results?

First there is an overview of the external and internal influences on AC underground water pipes. The internal influences are:

- Internal leaching;
- Internal pressure.

Internal leaching occurs because of the tap water. These salts are cement hydrate. In AC this causes the cement to leach out.

The external influences on AC underground water lines are:

- neutral land tax;
- traffic load;
- weight of the pipe;
- weight of the medium;
- upward pressure on groundwater.

The neutral ground and the horizontal support pressure are caused by the type of soil layer. The traffic load is created by any axle load above the pipe.

Prepared a spreadsheet using Excel. These internal and external influences

Secondly, there are four lines inspected with georadar technique by MJ Oomen BV. The wall thickness of the lines are measured, so that the RLD of the conduit can be determined. With the results

Thirdly, the RLD of the pipes is determined. The RLD can be determined with the help of the following data:

- Minimum measured wall thickness;
- Maximum rate of attack;
- Minimum wall thickness to meet / bezwijkwanddikte the standard.

The minimum measured wall thickness is derived from the radar measurements. The maximum rate of attack is determined on the basis of the age of the pipe.

The bezwijkwanddikte is determined by testing standard. Stresses in the pipe wall. This results in a maximum voltage. Of these graphs created for different situations. Here, the voltage is plotted against the wall thickness.

1. Inleiding

Dit is het eindrapport van het afstudeerproject: 'Restlevensduur AC leidingen'. Dit rapport beschrijft de wijze waarop de hoofdvraag is beantwoord.

Om een beter beeld te krijgen van de situatie en het probleem zal er in hoofdstuk 1.1 ingegaan worden op de achtergronden van dit onderzoek. Vervolgens wordt in hoofdstuk 1.2 de probleemstelling en de beschrijving van het probleem weergegeven. Hierna volgt de projectopdracht en worden de grenzen aangegeven van het onderzoek.

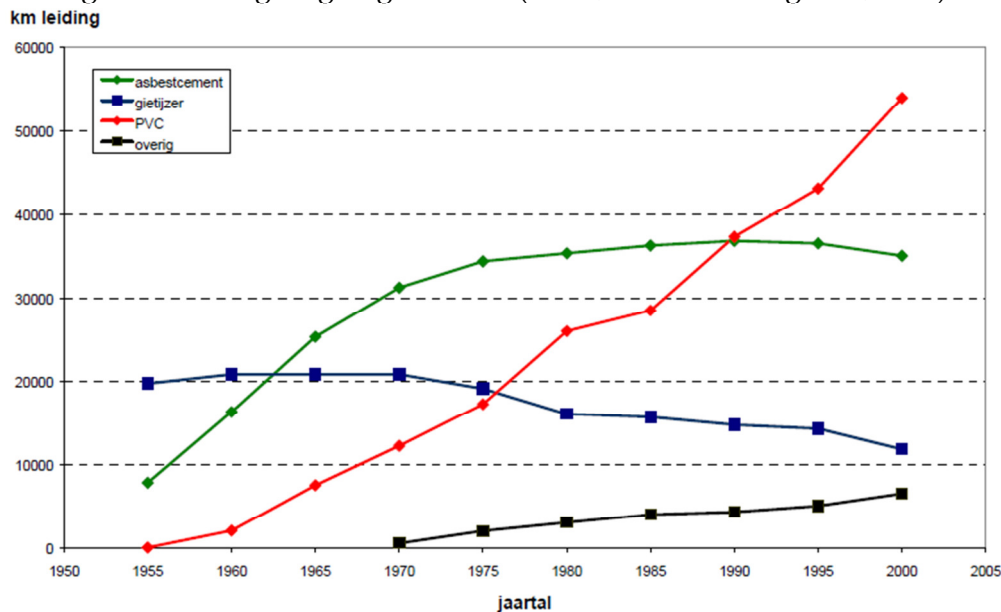
Verder wordt heel het onderzoek beschreven met de conclusie en een paar punten voor discussie.

De gegevens waarmee gewerkt wordt komen van Evides, literatuur en kennis van mensen binnen Evides, M.J. Oomen en KEN Engineering B.V.

1.1 Achtergronden

1.1.1 AC leidingen

In 1928 zijn in Nederland de eerste asbestcementleidingen, hierna te noemen AC leidingen, aangelegd. Bij de sterke uitbereiding van het waternet in de jaren '50 en '60 zijn veel AC leidingen aangelegd. Vanaf de jaren '70 neemt het gebruik af, mede door de opkomst van kunststof leidingmaterialen. In figuur 1 is een ontwikkeling van de materialen van het drinkwaternet te zien. Vanwege de gezondheid risico's van asbest mogen vanaf 1990 in Nederland geen nieuwe AC meer worden aangelegd en is de verwerking van reeds gelegde leidingen aan strenge regels gebonden. (Kater, Beuken & Vogelaar, 2010)



Figuur 1 – Ontwikkeling waterleidingbestand in Nederland sinds 1955 (Slaats & Wegman; 2003; p. 4)

1.1.2 Uitloging

Veroudering van AC leidingen vindt plaats door uitloging, een proces waarbij mineralen uit een vaste substantie worden onttrokken door middel van oplossing in een vloeistof, van het cement. Het cement fungeert als bindmiddel van de asbestvezels. Kwaliteitsveranderingen van de vezels zijn tot op heden niet geconstateerd. De uitloging kan zowel aan de buitenzijde als aan de binnenzijde van de leidingwand plaatsvinden.

Aan de binnenzijde wordt dit versterkt door een negatieve SI van het medium. De SI is een maat voor het oplossen en neerslaan van calciumcarbonaat.

Drinkwater in Nederland is niet verzadigd met calciumhydroxide en daarmee agressief ten opzichte van AC. Indien het getransporteerde drinkwater echter onverzadigd is met calciumcarbonaat, kan een kalklaagje op de binnenkant van de leiding ontstaan. Hierdoor wordt de uitloging minder. De verwachting is dat het voorgaande optreedt bij een verzadigingsindex $SI > 0,2$ van het leidingwater.

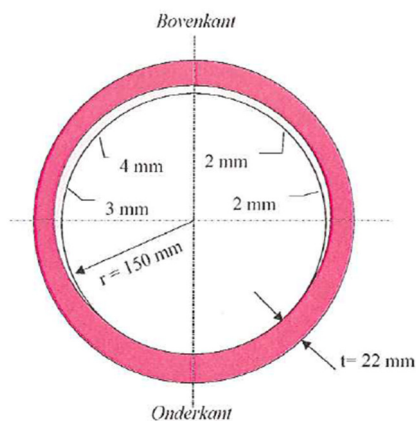
Aan de buitenzijde van de AC leiding is vooral het kalkgehalte van belang voor de mate van uitloging. Als de bodem boven de leiding kalk bevat, wordt het grond- en/of infiltratiewater verzadigd met kalk. Hierdoor zal de pH stijgen en is de bodem minder agressief ten opzichte van AC leidingen. Een kalkloze grond daarentegen is juist agressief ten opzichte van AC leidingen. Om uitloging aan de buitenkant van de leiding te voorkomen, wordt bij een gedeelte van de leidingen coating gebruikt. Twee bekende soorten coatings zijn: asfaltbitumen en steenkoolteerpek. (Slaats & Mesman, 2003)

1.1.3 Inspectie AC leidingen

In de afgelopen jaren is het aantal breuken in AC leidingen toe genomen door aantasting van het AC. Bij elk van deze breuken staan bedrijven voor de vraag of de leiding vervangen of gerepareerd dient te worden. Om een goede beslissing te kunnen nemen is het nodig om meer informatie over de conditie van de AC leiding te hebben. In het bedrijfstakonderzoek (BTO) zijn de afgelopen jaren verscheidene methoden ontwikkeld om de conditie van AC leidingen vast te kunnen stellen. (Slaats & Mesman, 2003) Hieronder zijn de ontwikkelde methoden die regelmatig gebruikt worden op een rijtje gezet.

1.1.3.1 De fenolftaleïne-test

Hiervoor wordt een deel van de AC leiding uitgenomen, zodanig dat er een vers breukvlak ontstaat. Op het breukvlak wordt met een druppeltje, over de gehele doorsnede van de leidingwand, een fenolftaleïne-oplossing aangebracht. Zoals veel indicatoren heeft een oplossing van deze stof bij lagere pH-waarden een andere kleur dan bij hogere: fenolftaleïne is bij een pH-waarde van 8,2 of lager kleurloos en bij een pH-waarde van 10,0 of hoger paarsrood. Tussen deze twee waarden kleurt de oplossing paars. Indien de pH-waarde van de leidingwand groter is dan 8,2 kleurt de leiding dus paars, dit houdt in dat er geen uitloging heeft plaatsgevonden. Wanneer de pH-waarde gedaald is onder 8,2; dan zal de leidingwand kleurloos blijven. Dit duidt op uitloging. In figuur 2 is een willekeurige uitkomst van een fenolftaleïne-test te zien. De plaats waar het uitgeloopte gedeelte maximaal is, wordt vervolgens met een schuifmaat de dikte van het uitgeloopte deel en de dikte van de leidingwand gemeten. Vervolgens wordt het percentage van de leidingwand dat op die plaats is uitgeloopt, berekend. (Slaats & Mesman, 2003) De fenolftaleïne-test is destructief onderzoek.



Figuur 2 - Willekeurige uitkomst fenolftaleïne-test (Anzola, Sterk & Lisdonk; 2000; p. 15)

1.1.3.2 De radartechniek

Grondradar is een meettechniek die al vele jaren internationaal wordt toegepast om ondiepe structuren in de ondergrond, de waterbodem en kunstwerken in beeld te brengen. Het principe berust op vertraging en reflectie die een elektromagnetische golf in een medium ondervindt. Tijdens het radaronderzoek worden daarom de tijd- en signaalsterkte verschillen tussen een uitgezonden impuls en de daaruit in te onderzoeken media ontstane reflectiesignalen gemeten.

Deze verschillen in tijd en signaalsterkte worden bepaald door verschillen in de karakteristieke elektrische eigenschappen van de diverse lagen (of delen) waaruit het object is opgebouwd en de dikte ervan. Hierdoor kan uit de gemeten waarden de opbouw en de eigenschappen van het onderzochte object worden afgeleid.

De radartechniek is in tegenstelling tot de fenolftaleïne-test een non-destructief onderzoek, dat wil zeggen dat er geen objecten beschadigen. (Mesman & Wielen, 2005)

1.2 Probleemstelling

Zoals in hoofdstuk 1.1.3 *Inspectie AC leidingen* beschreven staat, is het aantal breuken in de AC leidingen toegenomen. Deze breuken ontstaan door aantasting van het AC. (Slaats & Mesman, 2003) Bij waterbedrijven is de vraag ontstaan naar een efficiënt saneringsbeleid. Dit efficiëntere saneringsbeleid vermindert geldverspillingen door onnodige saneringen te vermijden. Bij leidingbreuk staan de bedrijven voor de keus om de gebroken leiding te repareren of te saneren¹. Het is voor de bedrijven van belang om meer informatie te hebben over de technische restlevensduur. Bij meer kennis over de restlevensduur zal de beslissing van repareren of saneren beter overwogen kunnen worden.

Allereerst worden de AC leidingen aangetast door de uitloging. Dit proces zorgt er voor dat de leidingwanden sterkte verliezen. Er wordt uitgegaan van een recht evenredig verband tussen de snelheid van uitloging en de restlevensduur. Maar er zijn nog meer factoren die de restlevensduur kunnen beïnvloeden, zoals zetting van de omliggende grond, verandering van de bovenbelasting en de inwendige druk.

Hier ontstaat de vraag: in hoeverre hebben omgevingsfactoren invloed op de restlevensduur? Vooral omdat uitgegaan wordt dat de uitloging van de AC leidingen theoretisch leidend is voor de restlevensduur. (Jansen, 2014)

Ook de keuze van repareren of saneren wordt grotendeels gebaseerd op de mate van uitloging. Maar het is de vraag in hoeverre dat juist is, omdat de omgevingsfactoren hetzelfde blijven of veranderen.

Dus de probleemstelling luidt als volgt:

Aangezien er veel vraag is naar meer bekendheid over de restlevensduur van ondergrondse AC waterleidingen en een efficiënt saneringsbeleid, is het van groot belang om met behulp van inspectie methoden een overzicht te krijgen van:

- *de grondmechanische invloeden;*
- *de invloed van de bovenbelasting;*
- *de inwendige krachten;*

in combinatie met de uitloging, op de restlevensduur van ondergrondse AC waterleidingen.

Om tot een oplossing te komen voor de bovenstaande probleemstelling, wordt er een onderzoeksvraag opgesteld.

1.2.1 Onderzoeksvraag

Om tot een oplossing te komen voor de probleemstelling, wordt er een onderzoeksvraag opgesteld.

Wat is de invloed van inwendige krachten, uitwendige grondmechanische invloeden, bovenbelasting en uitloging op de restlevensduur van ondergrondse AC waterleidingen aan de hand van inspectieresultaten?

Om op een goede beantwoording van de onderzoeksvraag te komen, zijn er ook deelvragen opgesteld, namelijk:

1. Wat zijn de inwendige krachten op een ondergrondse AC waterleiding?
2. Wat zijn de uitwendige grondmechanische invloeden en de invloed van de bovenbelasting op een ondergrondse AC waterleiding?
3. Wat hebben deze combinaties van krachten voor invloed op ondergrondse AC waterleidingen?
4. Wat voor effect hebben deze invloeden op de restlevensduur van ondergrondse AC waterleidingen?

¹ Vervangen of verwijderen of het verlaten van de leiding

1.2.2 Doelstelling

Om de inspectieresultaten toe te passen op de hoofdvraag wordt er een rekenblad opgezet in Excel, met daarin begrepen:

- de inwendige krachten op een AC leiding;
- de uitwendige krachten op een AC leiding:
 - grondmechanische invloeden;
 - bovenbelasting.

Er zullen verschillende AC leidingen worden geïnspecteerd. De resultaten van deze inspecties worden ingevoerd in het rekenblad. Daarna wordt er met behulp van grafieken een duiding gegeven van de uitkomsten. Ten slotte wordt er een relatie gemaakt met de restlevensduur.

1.2.3 Afbakening

Voor de onderzoeksvraag zijn randvoorwaarden en uitsluitingen vastgesteld, namelijk:

- In dit onderzoek worden alleen AC leidingen beschouwd, dus geen PVC leidingen, PE leidingen, stalen leidingen, ect.;
- In dit onderzoek worden alleen AC leidingen beschouwd die ruw water en/of drinkwater vervoeren;
- Het onderzoek is uitsluitend voor ondergrondse leidingen;
- De conuswaarde van eventuele sonderingen is een goede indicator van de opbouw van de ondergrond;
- Aangezien het om leidingen gaat die er al tientallen jaren liggen, wordt er van uitgegaan dat de grond onder de leidingen al in rust is, tenzij de grond aan een nieuwe bovenbelasting onderhevig is of wordt;
- De AC leidingen worden alleen getest met de fenolftaleïne test en de radartechniek;
- Dit onderzoek gaat niet over het uiteenzetten van verschillende inspectietechnieken;
- De spanningen op de AC leidingen worden berekend door de krachten op de doorsnede, het wordt dus een 2D model;
- De uitloging wordt meegenomen in het onderzoek, maar er wordt geen nader onderzoek gedaan naar uitloging;
- De SI-index van het medium² wordt aangenomen zover het bekend is, er wordt geen nader onderzoek naar gedaan.

² Wat de leiding vervoert (in dit onderzoek is dat water)

2. Analyse

In dit hoofdstuk zullen de eerste twee deelvragen beantwoord worden. De inwendige krachten op ondergrondse AC waterleidingen zullen beschreven worden. Ook worden de uitwendige, grondmechanische invloeden beschreven. Daarnaast ook de invloed van de bovenbelasting. Om al de factoren die invloed uitoefenen op ondergrondse AC waterleidingen inzichtelijk te maken. Deze gegevens zullen uitgewerkt worden in een Excel rekenblad. Om uiteindelijk de leidingen die geïnspecteerd gaan worden, te berekenen. Om aan de hand van die berekeningen een indicatie te geven van de levensduur. Er is een handberekening aan toegevoegd, om het rekenblad te verifiëren.

2.1 Uitloging

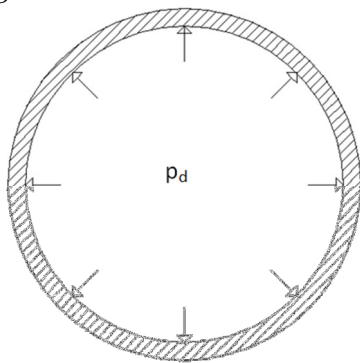
AC bestaat voor een groot gedeelte uit cement. Dit cement fungeert als bindmiddel voor asbestvezels, grind en zand. Cement bestaat uit een groot aantal verbindingen. Onder andere ook cementzouten. Deze cementzouten hydrateren³ als ze in contact komen met het water dat door de leiding stroomt. Deze chemische reactie zorgt er voor dat het cement oplost, zodat de leidingwand uitloopt.

Aan de binnenzijde van de AC leiding hangt de mate van uitloging voornamelijk af van de verzadigingsindex (SI) van het medium, in dit geval water. De SI-index is een maat voor het oplossen en neerslaan van calciumhydroxide. Bij SI-waarden lager dan -0,2 kan uitloging van AC optreden. (Slaats & Mesman, 2003) Dus bij SI-waarden hoger dan -0,2 is de kans op uitloging door het medium laag.

De mate van uitwendige uitloging van AC leidingen wordt onder andere bepaald door de pH-waarde en de calciumconcentratie in de omliggende grond. Als de leiding uitwendig gecoat is, komt er praktisch geen uitloging voor.

2.2 Inwendige invloed

De inwendige invloed op de sterkte wordt bepaald door de inwendige druk. De inwendige druk is alzijdig en zorgt er voor dat de leidingwand naar buiten gedrukt wil worden. Zie figuur 3. Daardoor ontstaat er een trekspanning in de leidingwand. Deze trekspanning moet lager zijn dan de maximaal toelaatbare treksterkte van het materiaal, anders zal de leiding gaan barsten of scheuren.



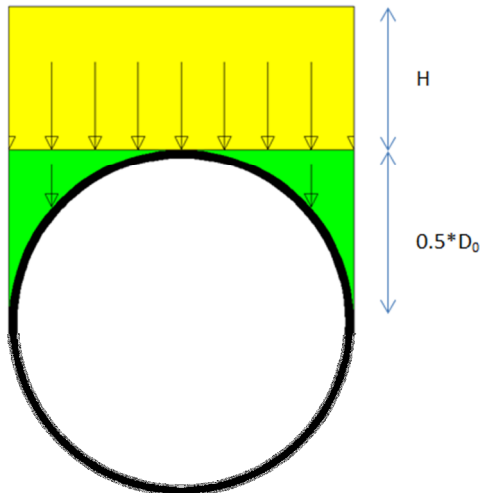
Figuur 3 - Trekspanning in leidingwand (J.W. Muilwijk)

³ Scheikundig proces waarbij een materiaal water opneemt

2.3 Uitwendige invloed

2.3.1 Neutrale grondbelasting

Het gewicht van de verticale kolom grond boven de leiding is de neutrale grondbelasting. Deze belasting treedt op indien er geen relatieve verplaatsing tussen de leiding en de grond is. De neutrale grondbelasting wordt direct via de leidingwand overgedragen op de ondergrond. Zie figuur 4.

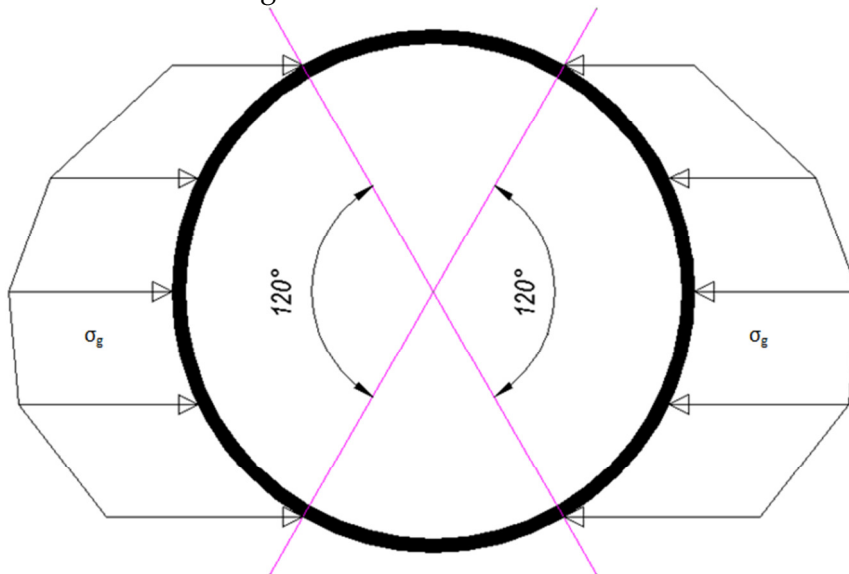


Figuur 4 - Schets neutrale grondbelasting (J.W. Muilwijk)

Het gele segment in figuur 4 is de verticale kolom grond boven de leiding. Het groene segment moet er bij opgeteld worden; dit is pas van belang bij grotere diameters.

2.3.2 Horizontale steundruk

Bij tangentieel starre leidingen geldt dat de steundruk bestaat uit de neutrale horizontale gronddruk. De neutrale horizontale gronddruk is afhankelijk van het soort grond. De steundruk mag in rekening gebracht worden in alle grondsoorten. Het maakt niets uit of de desbetreffende leiding drukloos of niet drukloos is.



Figuur 5 - Schets horizontale steundruk (J.W. Muilwijk)

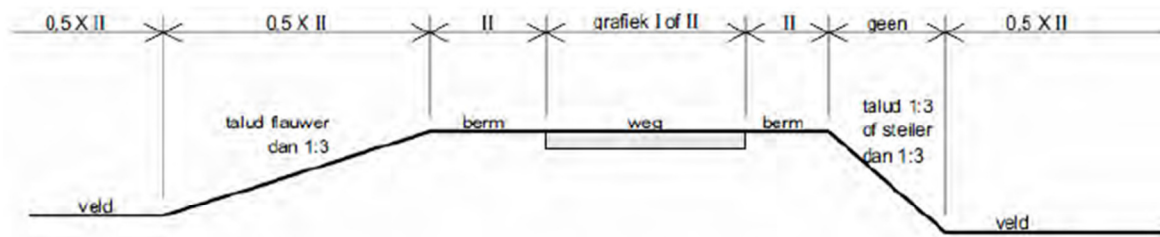
In figuur 5 is te zien dat de horizontale steundruk bestaat uit de horizontale grondspanning σ_g . De steundruk drukt over de gehele ondersteuningshoek γ van 120° aan beide zijden van

de leiding. Voor meer informatie over de ondersteuningshoek, zie Bijlage II – Analyserapport I, hoofdstuk 7.

De horizontale steundruk zal een positiever beeld opleveren van de leiding, daarom zullen er per leiding twee berekeningen worden gemaakt. In de ene berekening wordt de horizontale steundruk wel meegerekend en in de andere berekening wordt de horizontale steundruk niet meegerekend.

2.3.3 Verkeersbelasting

De verkeersbelasting is ook van invloed op de leiding. Hoe dieper de leiding ligt ten opzichte van het maaiveld, hoe minder invloed de verkeersbelasting heeft op de leiding. Voor de verkeersbelasting wordt uitgegaan van de invloedsgebieden die in figuur 6 zijn aangegeven.



Figuur 6 Invloed verkeersbelasting (NEN-EN 1991-2)

De belastingen I en II komen voort uit het model van Braunstorfinger. Voor verdere informatie, zie bijlage II – Analyserapport I hoofdstuk 8.

2.3.4 Overige belastingen

Het eigen gewicht van de leiding

Het eigen gewicht van de leiding werkt mee in de berekening van de totale bovenlast. Deze belasting is in het algemeen te verwaarlozen, omdat het geen grote belasting is, maar wordt meegenomen om zo compleet mogelijk te zijn.

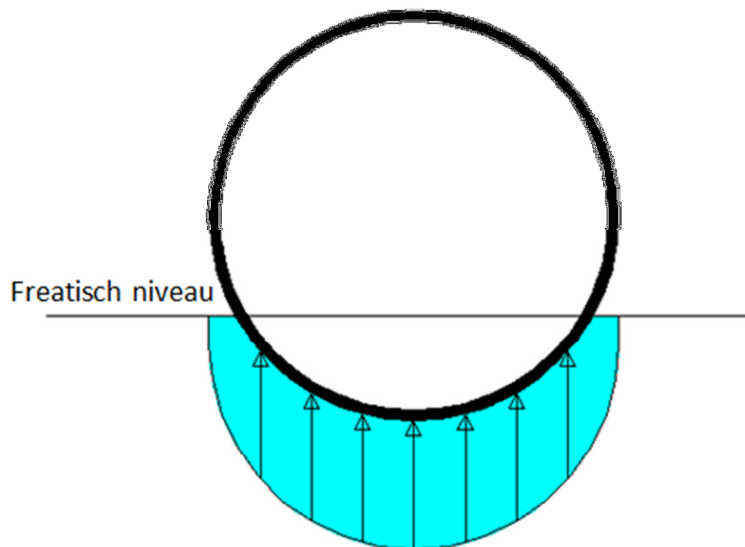
Gewicht van het medium

Het medium wat door de leiding stroomt, heeft ook een bepaald gewicht, dat resulteert in een kracht naar beneden op de omliggende grond. Het gewicht van het medium van de leiding werkt dus ook mee in de berekening van de totale bovenlast. Deze belasting is in het algemeen te verwaarlozen, omdat het geen grote belasting is, maar wordt meegenomen om zo compleet mogelijk te zijn.

Opwaartse druk t.g.v. het grondwater

Als de leiding onder het freatische vlak ligt, ondervindt de leiding een opwaartse kracht ten gevolge van de opwaartse druk van het grondwater.

Waterdruk is alzijdig, dus het grondwater wil de leiding naar boven drukken, zie figuur 7.



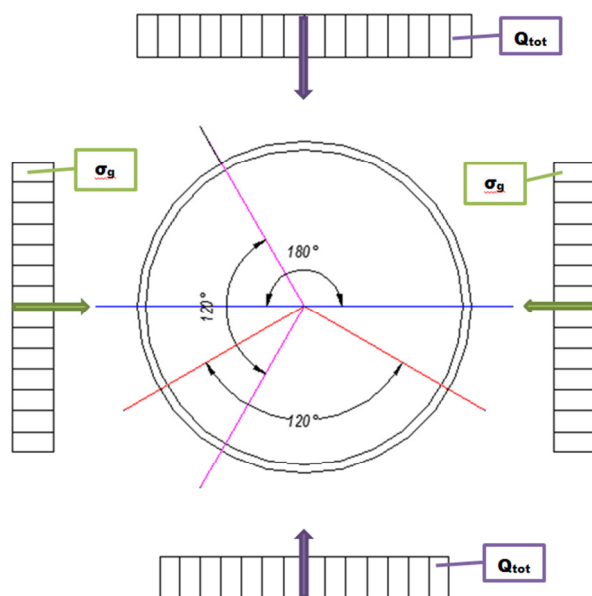
Figuur 7 - Opwaartse druk ten gevolge van het grondwater (J.W. Muilwijk)

Deze last zal van het totaal worden afgetrokken, zodat de bovenlast voor een klein gedeelte gereduceerd kan worden. Dit verschijnsel kan alleen meegenomen worden als de leiding daadwerkelijk constant in het grondwater ligt.

2.4 De totale uitwendige belasting

De uitwendige invloed op de sterkte wordt bepaald door de volgende onderdelen:

- Neutrale grondbelasting
- Verkeersbelasting
- Eigen gewicht van de leiding
- Gewicht van het medium
- Opwaartse druk door het grondwater
- Horizontale steundruk



Figuur 8 - Krachtenoverzicht bovenbelasting (J.W. Muilwijk)

De neutrale grondbelasting, de verkeersbelasting, het eigen gewicht van de leiding, het gewicht van het medium en de opwaartse gronddruk worden gesimuleerd door 1 bovenbelasting Q_{tot} , zie figuur 8.

Daardoor ontstaat er een moment, welke een ringbuigtrekspanning veroorzaakt in de leidingwand.

Het moment kan gereduceerd worden door de horizontale steundruk. De horizontale steundruk bestaat dus uit de neutrale horizontale gronddruk. Wat tegelijkertijd de ringbuigtrekspanning reduceert.

2.5 Berekening

Aan de hand van de inwendige en uitwendige invloeden is er een Excelrekenblad gemaakt. Voor meer informatie over dit rekenblad, zie Bijlage II - Analyserapport I, hoofdstuk 12.3. Om de berekening te controleren is er ook een handberekening van gemaakt. Deze handberekening is te zien in bijlage II - Analyserapport I, hoofdstuk 12.3. Als input is een fictieve leiding gebruikt met fictieve afmetingen en grondmechanische gegevens, zie onderstaande.

Algemene gegevens

D_e	Uitwendige middellijn leiding	440	mm
D_g	Gemiddelde middellijn leiding	420	mm
D_i	Inwendige middellijn leiding	400	mm
d_n	Nominale wanddikte leiding	20	mm
ρ_l	Volumieke massa leidingmateriaal	2560	kg/m ³
ρ_v	Volumieke massa medium	1000	kg/m ³
ρ_{gw}	Volumieke massa grondwater	1000	kg/m ³
g	Gravatieversnelling	9.81	m/s ²
p	Inwendige druk	0.8	MPa

Grondgegevens

H_d	Dekking droge grond	0.8	m
H_n	Dekking natte grond	0.5	m
γ_d	Volumiek gewicht droge grond	18	kN/m ³
γ_n	Volumiek gewicht natte grond	20	kN/m ³
γ_w	Volumiek gewicht water	10	kN/m ³
φ	Hoek van inwendige wrijving	32.5	graden

De uitkomsten zijn getoetst en de leiding voldoet, zowel in een situatie waar horizontale steundruk is meegenomen als in een situatie waar geen horizontale steundruk is meegenomen. Zie onderstaande resultaten.

Zonder horizontale steundruk

$$\sigma_p \leq \frac{24.5}{2.5}; \sigma_p \leq 9.8; 8.4 \leq 9.8$$

$$\sigma_q \leq \frac{49}{2.5}; \sigma_q \leq 19.6; 7.99 \leq 19.6$$

De leiding voldoet.

Met horizontale steundruk

$$\sigma_p \leq \frac{24.5}{2.5}; \sigma_p \leq 9.8; 4.79 \leq 9.8$$

$$\sigma_q \leq \frac{49}{2.5}; \sigma_q \leq 19.6; 7.99 \leq 19.6$$

De leiding voldoet.

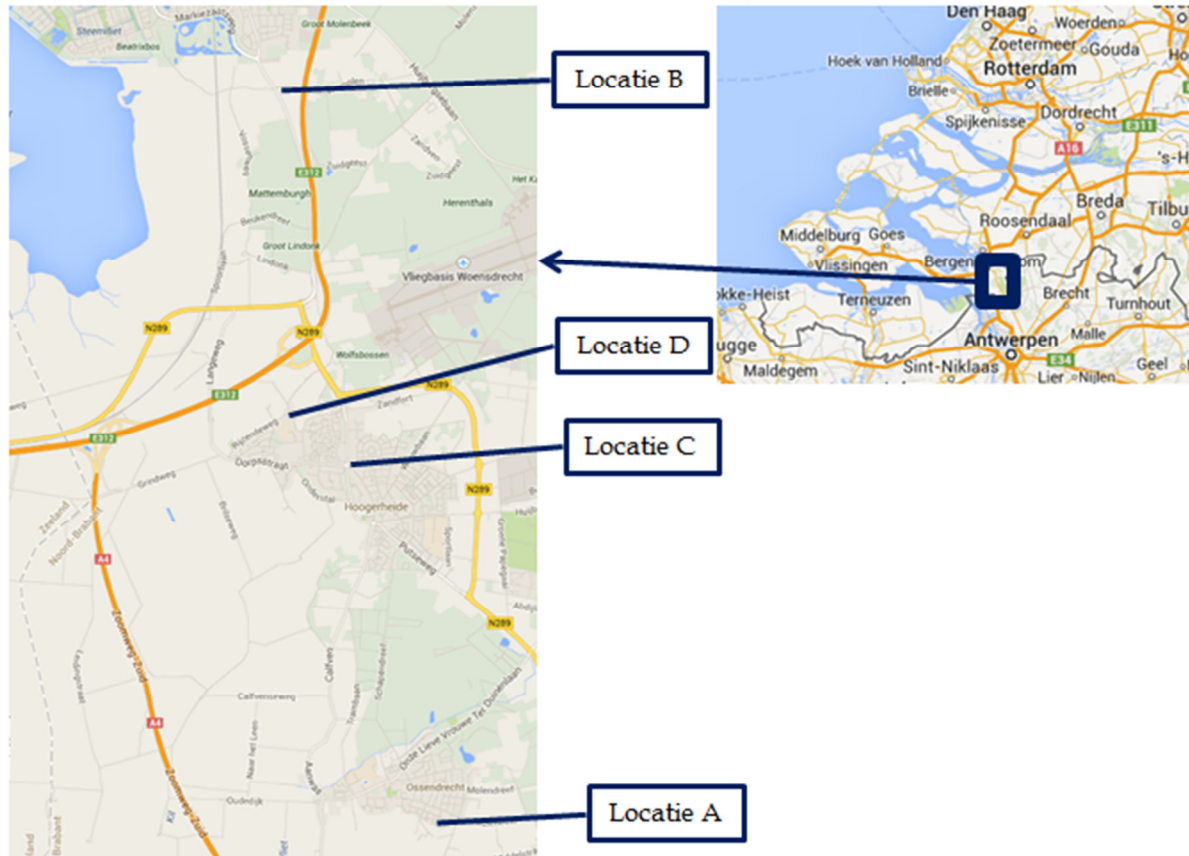
De handberekening en het Excelrekenblad geven dezelfde uitkomsten, dit betekent dat het Excelrekenblad geverifieerd is.

3. Inspectie leidingen

Om meer inzicht te krijgen in de conditie van oudere AC leidingen zijn er ook radarinspecties uitgevoerd. Er zijn 4 locaties onderzocht, namelijk:

- Locatie A, Dominicanenstraat in Ossendrecht (AC 100 mm)
- Locatie B, Antwerpsestraatweg in Bergen op Zoom (AC 150 mm)
- Locatie C, Antwerpsestraatweg in Hoogerheide (AC 150 mm)
- Locatie D, Rijzendeweg in Woensdrecht (AC 600 mm)

In figuur 1 is een overzicht te zien van de locaties van de geïnspecteerde AC leidingen.



Figuur 9 - Locatiebepaling radarmetingen (J.W. Muilwijk)

De leidinginspecties zijn op dinsdag 13 mei 2014 uitgevoerd. Het uitgraven van de inspectieputten werd gedaan door Delta N.V. op maandag 12 mei 2014.

De radarmetingen zijn verricht door de firma M.J. Oomen. Per leiding is gekeken naar de uitvoerbaarheid, zo zijn er bij de ene locatie meer meetlijnen gemeten dan bij de andere locatie. Dit heeft te maken met de diameter van de leiding, zodat er meer oppervlakte van de leiding beschikbaar is, en de bereikbaarheid van de leiding. Bij twee locaties lagen andere kabels en leidingen in de weg, zodat de radarmeter niet overal goed bij kon.

Als gevolg van de coating, die bij alle vier de leidingen is vastgesteld, is de kalkwaarde van de grond niet gemeten met behulp van de bruistest. Aangezien er bij coating weinig kans is op uitwendige uitloging.

Zoals in het inspectieplan, zie Bijlage III - Inspectieplan, beschreven is, zouden er ook verschillende fenolftaleïne testen uitgevoerd worden. Dit is niet mogelijk gebleken, daar het om leidingen ging die in gebruik waren. Anders hadden de leidingen uit dienst gesteld moeten worden.

En daarnaast zouden de leidingen ook gerepareerd moeten worden, daar de fenolftaleïne test destructief is. Voor meer informatie, zie Bijlage IV - Analyserapport II.

4. Restlevensduur leidingen

Naar aanleiding van het inspectieplan zijn er radarmetingen uitgevoerd op vier verschillende locaties. Uit de radarmetingen komen de minimaal gemeten wanddiktes voort. Aan de hand van de volgende gegevens kan de restlevensduur van de leiding bepaald worden, namelijk:

- Minimale opgemeten wanddikte;
- Maximale aantastingssnelheid;
- Minimaal benodigde wanddikte om aan de norm te voldoen/bezwijkwanddikte.

Voor de bepaling van bezwijkwanddikte zijn voor verschillende situaties een grafiek gemaakt. Voor de verschillende situaties, zie tabel 5. Aangezien in de restlevensduurbepaling naar voren is gekomen dat de ringbuigtrekspanning leidend is voor de bezwijkwanddikte is de ringbuigtrekspanning uitgezet tegen de wanddikte.

Grondsoort	Dekking H [m]	Verkeersbelasting q_n	Inwendige middellijn D_i [mm]
Zand	0.8	I	100
Klei	1.0	II	150
Veen	1.2	0,5 *II	200
	1.5		300
	2.0		400
			500
			600
			800

Tabel 1 - Alle varianten (J.W. Muilwijk)

De maximale aantastingssnelheid komt voort uit het jaar van aanleg van de leiding en het jaar van de meting en het verschil in constructieve wanddikte.

De restlevensduur RLD wordt dan bepaald met de volgende formule:

$$RLD(year) = \frac{(gemeten\ wanddikte - bezwijkwanddikte)}{Aantastingssnelheid}$$

In tabel is een overzicht te zien van de geïnspecteerde leidingen en de verwachte restlevensduur.

Locatie	Minimaal opgemeten wanddikte [mm]	Maximale aantastingssnelheid [mm/jaar]	Bezwijkwanddikte [mm]	RLD [jaar]
A	13,6	0,035	4	274
B	16,5	0,033	6	318
C	16,2	0,033	6	309
D	46,5	0,069	19	399

Tabel 2 - Overzicht restlevensduurbepaling (J.W. Muilwijk)

De bezwijkwanddikte komt voort uit de bijgevoegde diagrammen, zie bijlage VIII van Analyserapport II.

Het model dat gebruikt is voor de restlevensduurbepaling, is wel afhankelijk van de volgende criteria:

- De grondslag moet gelijk blijven.
- De dekking moet gelijk blijven.
- De verkeerslast moet gelijk blijven.

5. Conclusie

De onderzoeksvraag is gedurende dit afstudeeronderzoek onderzocht. In dit hoofdstuk wordt de onderzoeksvraag beantwoord.

Onderzoeksvraag:

Wat is de invloed van inwendige krachten, uitwendige grondmechanische invloeden, bovenbelasting en uitloging op de restlevensduur van ondergrondse AC waterleidingen aan de hand van inspectieresultaten?

De invloed van inwendige krachten op ondergrondse AC waterleidingen zijn geanalyseerd. De inwendige druk in de leiding veroorzaakt een trekspanning in de leidingwand. De asbestvezels die in het AC zitten, nemen deze trekspanning op. Totdat de maximale trekspanning is bereikt en de leiding zal bezwijken. De inwendige uitloging veroorzaakt dat het cement oplost in het medium van de leiding, zodat de constructieve dikte van de leidingwand kleiner wordt.

De invloed van uitwendige, grondmechanische invloeden en de bovenbelasting op ondergrondse AC waterleidingen zijn geanalyseerd. De neutrale grondbelasting drukt op de leiding en dat zorgt voor een moment dat een ringbuigtrekspanning veroorzaakt in de leidingwand. Aangezien AC leidingen starre leidingen zijn, wordt de spanning door de leidingwand overgedragen naar de ondergrond.

Het gewicht van de leiding en het gewicht van het medium veroorzaken ook een ringbuigtrekspanning in de leidingwand.

Als de AC leiding onder het freatisch niveau ligt, werkt de opwaartse druk door het grondwater reducerend ten opzichte van het moment dat de ringbuigtrekspanning veroorzaakt in de leidingwand.

De bovenbelasting bestaat uit de verkeersbelasting. Hoe dieper de leiding ligt, hoe minder invloed de verkeersbelasting heeft. De verkeersbelasting veroorzaakt ook een moment dat een ringbuigtrekspanning veroorzaakt in de leidingwand.

Het moment kan ook gereduceerd worden door de horizontale steundruk.

De uitwendige uitloging veroorzaakt dat het cement oplost in het omliggende grondpakket door een hoog kalkgehalte, zodat de constructieve dikte van de leidingwand kleiner wordt.

Voor de inspectieresultaten zijn radarmetingen uitgevoerd om de minimale wanddikte van 4 verschillende leidingen te bepalen. Door voornamelijk de uitloging aan de binnen en buitenzijde van de leidingwand wordt de constructieve wanddikte kleiner.

De restlevensduur van ondergrondse AC leidingen kan bepaald worden door:

- Door de leeftijd van de leiding tijdens de wanddiktemeting;
- De gemeten minimale wanddikte;
- De bezwijkwanddikte.

De bezwijkwanddikte is te bepalen door de spanningen in de leidingwand, veroorzaakt door de inwendige en uitwendige invloeden, te toetsen aan de maximaal toelaatbare spanningen. De bezwijkwanddikte is bepaald voor meerdere condities en verschillende belastingen en verschillende leidingdiameters. Uiteindelijk is de restlevensduur van een ondergrondse AC leiding op de volgende manier te bepalen:

$$RLD(\text{year}) = \frac{(\text{gemeten wanddikte} - \text{bezwijkwanddikte})}{\text{Aantastingssnelheid}}$$

6. Discussie

Het model van de restlevensduurbepaling gaat ervan uit dat de restlevensduur afhankelijk is van het kleiner worden van de constructieve wanddikte door in- en uitwendige invloeden. Terwijl er ook leidingen barsten ten gevolge van drukverschillen. Maar als de leiding getoetst wordt op bezwijking ten gevolge van inwendige druk, de leiding theoretisch niet bezwijkt. Dit dient nog nader onderzocht te worden.

Het model van de restlevensduur wordt toegepast op leidingen die op 1 a 2 plekken worden gemeten. En dan wordt aangenomen dat de gehele leiding aan dezelfde invloeden onderhevig is. Aanbevolen wordt om bij een restlevensduurbepaling goed te kijken naar de plekken waar er gemeten wordt en de hoeveelheid metingen, om tot een goede indicatie van de minimale wanddikte te komen.

7. Competentieverslag

In het kader van afstuderen, is van school uit de komende opdracht gegeven, dit is ook een onderdeel van je afstuderen.

Met het afstuderen toon je aan dat je onderstaande competenties ontwikkeld hebt. Dit moet je kunnen aantonen! Geef aan of en hoe je gewerkt hebt aan deze competenties en waar bewijs daarvoor terug te vinden is in het verslag. Voeg dit verslag toe als laatste hoofdstuk van het Eindverslag. Op basis van dit verslag worden tijdens de verdediging vragen gesteld.

Initiëren (competentie B.1)

Tijdens de informatiefase heb ik gesproken met de stakeholders, namelijk met Evides en M.J. Oomen. En de opdracht is vanuit KEN gekomen. Ik heb de behoeften van de partijen weten te analyseren en daar van uit tot een plan van aanpak gekomen. Om dit aan te tonen verwijs ik naar hoofdstuk 2-4 van het plan van aanpak. (Bijlage I – Plan van aanpak)
Zo heb ik mijn onderzoek afgebakend tot de probleemstelling en de onderzoeksvraag.

Ontwerpen (competentie B.2)

Voor de beantwoording van mijn hoofdvraag heb ik deelvragen opgesteld om systematisch te werk te gaan. Ik heb deelvraag voor deelvraag beantwoord. De beantwoording van de eerste 2 deelvragen vormen de componenten voor het berekeningsmodel. Zo heb ik stap voor stap het model opgebouwd.

Om dit aan te tonen verwijs ik naar Analyserapport I en Analyserapport II. (Bijlage II – Analyserapport I en Bijlage IV – Analyserapport II)

Specificeren (competentie B.3)

Ik heb de onderzoeksvraag vertaald naar een rekenmodel om de restlevensduur te bepalen. Het rekenmodel is per onderdeel gehaald aan bestaande normen. Ook zijn de resultaten vertaald naar een diagram. Uiteindelijk is er van verschillende scenario's diagrammen gemaakt, om tot een compleet model te komen. Om dit aan te tonen verwijs ik voornamelijk naar analyserapport II. (Bijlage IV – Analyserapport II)

Professioneel Handelen (competentie B.6)

Uitvoeren van onderzoek

Het probleem is vertaald naar een doelstelling, probleemstelling, hoofd en deelvragen die bij beantwoording leiden tot een oplossing. Om dit aan te tonen verwijs ik naar hoofdstuk 2-4 van het plan van aanpak. (Bijlage I – Plan van aanpak)

Er is voldoende gebruik gemaakt van relevante bronnen. Om dit aan te tonen verwijs ik naar hoofdstuk 8 van dit rapport.

Er is duidelijk beschreven welke stappen ik ondernomen heb om tot het antwoord te komen. Hierin is ook aangegeven hoe de resultaten van het onderzoek tot het antwoord van de deelvragen en probleemstelling leiden. Om dit aan te tonen verwijs ik naar hoofdstuk 5 van het plan van aanpak. (Bijlage I – Plan van aanpak)

In al mijn rapporten beschrijf ik wat de aanpak is en wat de discussiepunten zijn.

Functioneren in groepen en organisaties

Het stuk praktijkonderzoek, namelijk de radarmetingen van AC leidingen, heb ik geregeld, er zijn 4 partijen bij elkaar gebracht. Om dit aan te tonen verwijs ik naar hoofdstuk 2 van analyserapport II. (Bijlage IV – Analyserapport II)

Verwoorden en verbeelden van informatie

Ik heb getracht om de rapporten zo gestructureerd mogelijk in te richten. Niet te veel informatie die niet nodig en niet te weinig informatie waar dat wel nodig is. Zo heb ik bepaalde onderwerpen dieper belicht dan andere, omdat die onderwerpen urgenter zijn voor het onderzoek of omdat die onderwerpen meer beschrijving en verdieping nodig hebben.

Regie over eigen leerproces

In het afstudeerproces heb ik mijn eigen onderzoek gedaan. Wel heb ik tips van de mensen in het vakgebied proberen te gebruiken in het onderzoek. Ik heb bij KEN en Evides tijdig aan de bel getrokken als ik ergens niet uit kwam en heb verscheidene brainstormsessies gehad met een derde persoon om dingen niet over het hoofd te zien.

Ik heb veel meer inzicht verworven in het reilen en zeilen in het commerciële bedrijfsleven. Ik probeer om de omslag te maken om commercieel en kwaliteit van het werk aan elkaar te koppelen, om tot goede producten en inzichten te komen.

8. Bronnenlijst

- Anzola, J., Sterk, G., & Lisdonk, S. v. (2000). *Conditiebepaling asbestcement transportleiding naar Arnhem-centrum*. KIWA N.V. Water Research.
- Directie Eternit B.V. (1980). *Eternit catalogus*. Amsterdam.
- Jansen, N. (2014, januari 22). Notitie Restlevensduur (RLD) van een O 500mm asbestcement persleiding. KEN Engineering B.V.
- Kater, H. d., Beuken, R., & Vogelaar, A. (2010). *Inspectietechnieken voor rationeel saneringsbeleid van leidingnetten*. KWR Watercycle Research Institute.
- Mesman, G. (2001). *Validatie Georadar voor kleine diameters AC buizen*. Nieuwegein: KIWA N.W.
- Mesman, G., & Wielen, J. v. (2005). *Georadar: geschikt om conditie AC leidingen te beoordelen?* KIWA N.V. Water Research.
- NEN. (1988). *NEN 3262 Asbestmantelpersbuizen en koppelingen - Eisen en beproevingsmethoden*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- NEN. (2012). *NEN 3650 Eisen voor buisleidingsystemen*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- NPR. (1996). *NPR 3659 Ondergrondse pijpleidingen - Grondslagen voor sterkteberekening*. Delft: Nederlandse Normalisatie-instituut.
- Slaats, P., & Mesman, G. (2003). *Conditiebepaling asbestcement waterleidingen*. KIWA N.V. Water Research.

Bijlage I – Plan van aanpak

Bijlage II – Analyserapport I

Bijlage III – Inspectieplan

Bijlage IV – Analyserapport II