

VERGELIJKENDE RISICOANALYSE
VAN ONDERGRONDSE OPSLAGSYSTEMEN
BIJ AUTOTANKSTATIONS

Ir. C.L. van Deelen



postbus 342
7300 AH apeldoorn

bezoekadres
laan van westenenk 501

telex 36395 tnoap
telefoon 055 - 77 33 44

Archief TNO Apeldoorn	
00102 02012	22 MAART 1985 <i>ng</i>
Ref.:	Bijl.
Dossier:	8727-12845
Beantw.:	Archief: 25 MAART 1985

dossier: 8727-12845

ref.nr.: 85-0216

datum : maart 1985

NP

Opdrachtgever:
Ministerie van VROM
Hoofdafdeling Bodem
Postbus 450
2260 MB LEIDSCHENDAM

„Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
copie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.”

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten
en verplichtingen van opdracht-
gever en opdrachtnemer verwezen
naar de „Algemene Voorwaarden
voor Onderzoeks- en ontwikke-
lingsopdrachten aan TNO, 1979”
dan wel de desbetreffende terzake
tussen partijen gesloten overeen-
komst.

INHOUDSOPGAVEblz.

SAMENVATTING	1
BEGRIPPEN/AFKORTINGENLIJST	3
1. INLEIDING	5
2. INVENTARISATIE	6
2.1 Nederland	6
2.2 Duitsland	10
2.3 Verenigde Staten	11
2.4 Groot-Brittannië	12
3. KEUZE VAN GESELECTEERDE OPSLAGSYSTEMEN	13
4. SYSTEEMBESCHRIJVING	15
4.1 Opslagtank	15
4.2 Externe corrosie-preventie	17
4.3 Lekdetectiesysteem	21
4.4 Overvulbeveiliging	21
4.5 Vulprocedure	23
5. INSPECTIE EN ONDERHOUD	24
5.1 Inwendig	24
5.2 Uitwendig	25
6. BEPALING VAN HET RISICO	27
6.1 Methodiek van de risicoanalyse	27
6.2 Identificatie van de uitstromingsscenario's	28
6.3 Uitwendige corrosie	30
6.4 Inwendige corrosie	46
6.5 Ongewenste gebeurtenissen tijdens vullen	48
6.6 Mechanische beschadiging	51
6.7 Foutieve installatie/constructie	52
6.8 Lekkage bij het uit gebruik nemen	53

	<u>blz.</u>
7. PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN	55
7.1 Algemeen	55
7.2 Presentatie van het risico	57
8. BESCHOUWING VAN DE RESULTATEN	61
REFERENTIELIJST	65
BIJLAGEN 1 t/m 11	

SAMENVATTING

Door de Afdeling Industriële Veiligheid van MT/TNO is een vergelijkende studie uitgevoerd naar het risico van bodemverontreiniging ten gevolge van lekkage van benzine en dieselolie uit ondergrondse tanks bij autotankstations.

In de studie zijn twee systemen vergeleken, een enkelwandige en een dubbelwandige tank.

Van de beschouwde systemen is de dubbelwandige tank het meest betrouwbaar. Het risico van een enkelwandige tank kan echter, door het treffen van maatregelen, worden teruggebracht tot een waarde die vergelijkbaar is met die van de dubbelwandige tank.

Er worden suggesties gedaan betreffende de risico-reducerende maatregelen die getroffen kunnen worden.

SUMMARY

The Department of Industrial Safety of MT/TNO has performed a study in which the risk of soil contamination by leakage of petrol and diesel from underground storage tanks is compared.

The comparison involves two systems, a single and double-walled tank.

Of the above systems, the double-walled tank is the most reliable one. However, the risk of a single-walled tank can be reduced to the level of a double-walled tank by taking the appropriate measures. Proposals regarding the risk-reducing measures are given.

ZUSAMMENFASSUNG

Verduurzaming

Die Abteilung Industrielle Sicherheit von MT/TNO hat eine vergleichende Untersuchung gemacht nach dem Risiko von Verunreinigung der Böden infolge Leckage von Benzin und Dieselöl aus unterirdischen Tanks an Tankstellen.

Bei der Untersuchung sind ^{wurde} zwei Systeme ^{ge-}vergleicht worden, ein einwandiger und ein doppelwandiger Tank. *Eentank is geen systeem.*

Von den untersuchten Systemen ist der doppelwandige Tank am meisten ²-Zuverlässig. Das Risiko des einwandigen Tanks kann aber, durch das treffen von geeignete ^{aan-}Massnahmen, reduziert werden ^{aan}zu einem Wert der zu vergleichen ist mit dem Risiko eines doppelwandigen Tanks.

Es werden Vorschläge gemacht ~~angehend die~~ risiko-reduzierende Massnahmen die getroffen werden können. *betreft*

afgezien van enkele punten:

Het is geen dwars!

Nemen we de moeite
om het goed te laten
verstaan.

Het is een aanpakwijze!

BEGRIPPEN/AFKORTINGENLIJST

Bodemweerstand

Specifieke weerstand van de bodem, welke wordt bepaald door het produkt van de weerstand en het geleidend oppervlak per lengte-eenheid.

De eenheid bedraagt derhalve $\frac{\Omega \text{ m}^2}{\text{m}} = \Omega \text{ m}$.

DIN-Norm

Norm van het Deutsches Institut für Normung.

Faalkans/aanspraak

Kans dat een systeem of component faalt per keer dat het functioneren ervan wordt gevraagd.

Galvanisch contact

Contact van een metaal met een andere metaalsoort.

Interferentie

De invloed van een kathodisch beschermstelsel behorende tot een tank of pijpleiding op een tank zonder, dan wel niet goed werkende, kathodische bescherming.

Kathodische bescherming

Een methode om corrosie van een metaal te voorkomen door dit te maken tot kathode van een electrochemische cel.

KIWA

Keurings Instituut voor Waterleiding Artikelen.

Leidraad

Richtlijnen met betrekking tot de ondergrondse opslag van vloeibare aardolieprodukten.

NEN-Norm

Norm van het Nederlands Normalisatie Instituut.

Risicofactor

Produkt van kans en gevolg van een ongewenste gebeurtenis; maat voor het risico met betrekking tot bodemverontreiniging.

TüV

Technische Ueberwachungs Verein

Zwerfstroom

Een elektrische stroom welke niet afkomstig is van het eigen kathodisch beschermstelsel.

1. INLEIDING

In opdracht van de Hoofdafdeling Bodem van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer is door de afdeling Industriële Veiligheid van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO een vergelijkende risicoanalyse van ondergrondse opslagsystemen bij autotankstations uitgevoerd. De vergelijking heeft betrekking op het risico van bodemverontreiniging door lekkage van benzine en dieselolie. Onder het opslagsysteem wordt in dit onderzoek verstaan de opslagtank, vulleiding en vulpunt, alsmede de vulprocedure voor overslag vanuit de tankauto naar de opslagtank.

In dit onderzoek is in eerste instantie een inventarisatie gemaakt van de richtlijnen voor ondergrondse opslagsystemen in Nederland, Duitsland, Groot Brittannië en de Verenigde Staten. Daartoe werd contact opgenomen met olie-maatschappijen, tankfabrikanten/-installateurs, overheidsinstanties, KIWA, TÜV, enz. De inventarisatie van opslagsystemen wordt gepresenteerd in hoofdstuk 2.

De vergelijkende risicoanalyse is uitgevoerd voor twee van de, in de inventarisatie beschouwde, opslagsystemen: een enkelwandige tank naar Nederlandse richtlijnen, en een dubbelwandige tank naar Duitse richtlijnen. In hoofdstuk 3 wordt beschreven op welke gronden de keuze tot stand is gekomen. Van de onderdelen van de twee opslagsystemen wordt een systeembeschrijving gegeven in hoofdstuk 4 en een beschrijving van richtlijnen betreffende inspectie en onderhoud in hoofdstuk 5.

De ongewenste gebeurtenissen die kunnen plaatsvinden, zijn beschreven in hoofdstuk 6. Hierin is tevens een beschouwing opgenomen, waarin de kans op lekkage, alsmede de vrijkomende hoeveelheid, is gekwantificeerd voor elk van de ongewenste gebeurtenissen. Het risico voor de bodem wordt gepresenteerd in hoofdstuk 7 op een wijze, die vergelijking van een enkelwandige tank en een dubbelwandige tank mogelijk maakt voor een aantal situaties, terwijl tevens inzicht wordt verkregen in de voor die situatie dominerende faaloorzaak. Een beschouwing van de resultaten wordt gegeven in hoofdstuk 8. In dit hoofdstuk worden tevens suggesties gegeven voor risico-reducerende maatregelen.

2. INVENTARISATIE

2.1 Nederland

De opslag van vloeibare aardolieprodukten bij autotankstations geschiedt in Nederland in ondergrondse tanks, die vervaardigd zijn uit enkelwandig staal. Het aantal verkooppunten voor benzine en dieselolie bedroeg in 1977 ruim 8000 [1]. Indien uitgegaan wordt van 3 à 4 tanks per verkooppunt (informatie verstrekt door KIWA), dan is er sprake van ± 28.000 ondergrondse tanks.

Ten behoeve van een inventarisatie van de in Nederland bij autotankstations voorkomende ondergrondse tanks is de volgende indeling zinvol:

1. Ondergrondse tanks die geïnstalleerd zijn vanaf 1967, en die in het bezit zijn van een toereikende hinderwetvergunning, die verlangt dat voldaan wordt aan de richtlijnen van de "Leidraad 1969 voor de ondergrondse opslag van aardolieprodukten" [2].

Bovengenoemde richtlijnen betreffen:

- keuring in de fabriek van o.a. materiaalsamenstelling en materiaalsterkte van ondergrondse tanks;
- samenstelling en aanbrengen van de tankbekleding in de fabriek;
- nakeuring van de beklede tanks ter plaatse waar deze zullen worden ingegraven;
- meten van bodemweerstand ter bepaling van de eventuele noodzaak om kathodische bescherming toe te passen;
- periodieke controle op de goede werking van de kathodische bescherming.

Bovendien is, ter wille van een zo groot mogelijke uniformiteit, de coördinatie van de controle op uitvoering en naleving van bovengenoemde richtlijnen sinds 1967 opgedragen aan één onafhankelijke instelling, namelijk het Keurings Instituut voor Waterleiding Artikelen (KIWA). Voor zover het KIWA niet zelf is betrokken bij de installatie/inspectie van installaties worden daartoe steekproefsgewijs controles uitgevoerd.

Hoewel bovenstaande richtlijnen voor het eerst werden gepubliceerd in 1967, kan er van worden uitgegaan dat slechts weinig tanks, die zijn

geïnstalleerd in de periode 1967-1970, zullen voldoen aan de leidraad 1969. De reden hiervan is, dat het in veel gemeenten enige jaren duurde voordat de richtlijnen werden opgenomen in de hinderwet.

N.B. Voor de opslag van vloeibare aardolieprodukten in beschermde waterwingebieden zijn in 1978 richtlijnen gepubliceerd [3], die grotendeels overeenkomen met de Leidraad 1969, doch in een aantal opzichten verder gaan (zie hiervoor de hoofdstukken 4 en 5).

2. Ondergrondse tanks die geplaatst zijn vanaf 1967, behorende bij een installatie waarvoor geen (toereikende) hinderwetvergunning is afgegeven. Ondergrondse tanks behorende tot deze categorie kunnen in veel of zelfs in alle opzichten voldoen aan de richtlijnen van de Leidraad 1969. Gezien het feit dat deze ondergrondse tanks zich (kunnen) onttrekken aan enige controle bestaat hiervoor echter geenszins garantie. Dientengevolge zal de kwaliteit van opslagsystemen behorende tot deze categorie zeer uiteenlopen.
3. Ondergrondse tanks die geplaatst zijn vóór 1967 welke niet zijn onderworpen aan een (aanvullende) beoordeling krachtens één van de onderstaande richtlijnen:
 - aanvullende richtlijnen met betrekking tot bestaande installaties (niet geplaatst conform de Leidraad) [4];
 - richtlijn voor de ondergrondse opslag van vloeibare aardolieprodukten in beschermde waterwingebieden [3].

Tanks behorende tot deze categorie zijn gekeurd bij de fabrikant waar de tank werd gemaakt overeenkomstig de voorschriften gesteld door de Benzinecommissie 1927. In het algemeen houdt dit in dat zij slechts op druk (7 kgf/cm²) zijn beproefd. Er was echter geen onafhankelijke instantie die de naleving en uitvoering van de voorschriften van de Benzinecommissie 1927 controleerde, en dientengevolge zijn de ondergrondse tanks van vóór 1967 niet voorzien van een KIWA-keur.

In het algemeen zullen deze tanks dan ook niet voldoen aan de huidige eisen omtrent staalkwaliteit, wanddikte en bekleding.

Installatie van de tank, inclusief de leidingen en koppelingen, geschiedde zonder verdere controle. Slechts in enkele gevallen is bescherming aangebracht tegen uitwendige corrosie (kathodische bescherming).

4. In incidentele gevallen zijn ondergrondse tanks, die geplaatst zijn vóór 1967, onderworpen aan een (aanvullende) beoordeling zoals vermeld onder 3. Tanks behorende tot deze categorie zijn niet voorzien van een KIWA-keur en installatie van de tank heeft veelal plaatsgevonden zonder verdere (overheids-)controle.

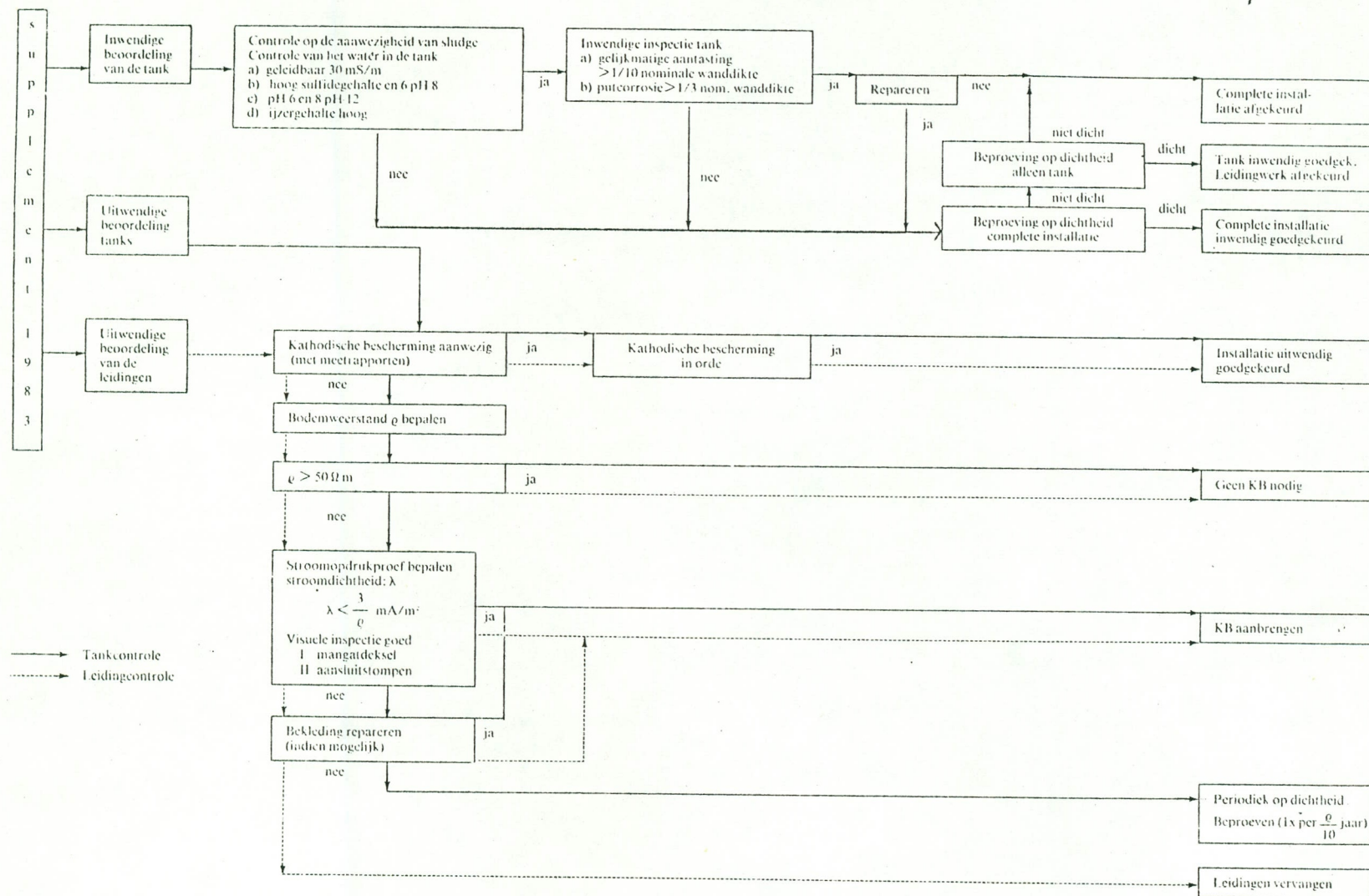
Daarom zal in een aantal opzichten niet worden voldaan aan de richtlijnen zoals gesteld in [2]. Aangezien echter een beoordeling heeft plaatsgevonden volgens een van de richtlijnen voor bestaande installaties (zie onder 3), bestaat er enige zekerheid omtrent de staat waarin de tank verkeert. De richtlijnen voor bestaande tanks omvatten zowel een inwendige als uitwendige beoordeling van de tank. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1, welke afkomstig is uit de aanvullende richtlijnen met betrekking tot bestaande installaties [4].

Een indruk van de ouderdom van het tankbestand in Nederland kan worden verkregen middels de onderstaande informatie:

- Nationale Nederlanden heeft een inventarisatie gemaakt van circa 2000 tanks, die eigendom zijn van pompstationhouders en garagebedrijven die bij deze maatschappij een verzekering hebben lopen. Het resultaat hiervan is:
 - . 50% van de tanks is geplaatst ná 1969;
 - . 30% van de tanks is geplaatst tussen 1960-1970;
 - . 20% van de tanks dateert van vóór 1960.
- Een gelijksoortig beeld wordt aangetroffen bij het tankbestand van Shell Nederland Verkoopmaatschappij BV, dat circa 25% uitmaakt van het totale aantal tanks. Hier is ruwweg de helft van de tanks geïnstalleerd vóór 1967.

Er kan van worden uitgegaan dat niet alle tanks, geïnstalleerd in de periode vanaf 1967, in het bezit zullen zijn van een (toereikende) hinderwetvergunning. Dit geldt met name voor de tanks geplaatst tussen 1967 en 1970. Derhalve voldoet waarschijnlijk tenminste de helft van de in Nederland geïnstalleerde ondergrondse tanks niet aan de richtlijnen gesteld in de Leidraad 1969.

SCHEMA BESTAANDE ONDERGRONDSE INSTALLATIE



FIGUUR 1

In opdracht van de Nationale Nederlanden stelt het KIWA momenteel een onderzoek in naar de toestand waarin de tanks verkeren die zijn geïnstalleerd vóór 1970. De installaties worden daarbij beoordeeld volgens de richtlijnen voor bestaande installaties [4]. Dit onderzoek is nog niet afgerond, maar de eerste cijfers wijzen uit dat, van de nog in bedrijf zijnde installaties, slechts 4% direct kan worden goedgekeurd. In 30% van de gevallen heeft directe afkeuring plaatsgevonden, terwijl in de resterende 66% een nader onderzoek noodzakelijk is (inwendige inspectie en/of stroomopdrukproef).

De reden van afkeuring betrof in het merendeel van de gevallen de aanwezigheid van een olieretourleiding, respectievelijk onbekleed leidingwerk. In een klein aantal gevallen werd lekkage van de tank of het leidingwerk geconstateerd.

2.2 Duitsland

De opslag van vloeibare aardolieprodukten bij autotankstations geschiedde in Duitsland tot halverwege de zestiger jaren in ondergrondse tanks vervaardigd uit enkelwandig staal. Hierbij voldoen tanks die gemaakt zijn vanaf 1959 aan een gestandaardiseerde norm (DIN 6608) en zijn voorzien van een keurmerk. Nadat in 1962 een begin werd gemaakt met de installatie van dubbelwandige tanks is vanaf 1970 bij autotankstations slechts deze manier van opslag toegestaan voor nieuw te installeren tanks. Tegelijkertijd werden alle bestaande, enkelwandige tanks onderworpen aan een inwendige beoordeling hetgeen zowel een dichtheidsproef als een visuele inspectie inhield. Alle goedgekeurde tanks werden, eventueel na reparatie, bekleed met een kunststof binnenlaag ter bescherming tegen inwendige corrosie. In geval de agressiviteit van de bodem daartoe aanleiding gaf, werd de tank voorzien van kathodische bescherming.

De ondergrondse, dubbelwandige tanks, die in Duitsland geïnstalleerd zijn bij autotankstations, voldoen alle aan de norm DIN 6608.

Zij zijn voorzien van een lekdetectiesysteem, dat aangeeft wanneer zich in een van de twee tankwanden een lek bevindt. Alhoewel kathodische bescherming niet is voorgeschreven voor dubbelwandige tanks, zal deze bij plaatsing in een agressieve bodem dikwijls wel worden toegepast, teneinde de levensduur van de tank te verhogen.

Sinds 1982 is de zogenaamde "Fachsbetriebverordnung" van kracht, volgens welke de installatie van tanks alleen mag geschieden door erkende installateurs. Erkenning wordt verleend door de "Wasserbehörde" en is niet op landelijk niveau geregeld. In veel gevallen wordt hiervoor advies gevraagd aan de TÜV.

Het gebruik van een kunststof-tank voor de opslag van benzine is in Duitsland niet toegestaan in verband met de kans op statische elektriciteit. Dieselolie mag alleen dan worden opgeslagen in een kunststof-tank, indien er in de nabije omgeving geen sprake is van opslag van benzine. In de praktijk houdt dit in, dat kunststof-tanks in Duitsland geen toepassing vinden bij auto-tankstations.

2.3 Verenigde Staten

In de Verenigde Staten worden in toenemende mate de problemen onderkend gerelateerd aan de ondergrondse opslag van olieprodukten.

Van de naar schatting 1,4 miljoen benzinetanks heeft bijna 90% geen of nagenoeg geen bescherming tegen corrosie en zijn minder dan 25.000 tanks kathodisch beschermd [5]. Ongeveer 100.000 tanks zijn vervaardigd van kunststof. De Environmental Protection Agency schat dat van de in totaal 2,3 miljoen ondergrondse tanks voor opslag van brandstoffen er minstens 100.000 lek zijn [6].

De ondergrondse opslag van olieprodukten valt in de Verenigde Staten nog niet onder een federale wetgeving. Op dit moment wordt gewerkt aan landelijke richtlijnen voor ontwerp, constructie, installatie, lekdetectie en inspectie van ondergrondse tanks.

De verschillen tussen de verordeningen in de diverse staten zijn vrij groot, waarbij de meest opmerkelijke punten zijn [6]:

- In New Jersey loopt een wetsvoorstel, waarin als eis is opgenomen dat tanks ouder dan 20 jaar vervangen moeten worden.
- In Californië bestaat met ingang van 1 januari 1984 de verplichting dat de tank dubbelwandig is, of, indien enkelwandig, voorzien is van een detectiesysteem dat verontreiniging van het grondwater met olie signaleert.

- In Maryland dienen tanks, ouder dan 10 jaar, iedere 5 jaar getest te worden.
- In veel staten bestaat de verplichting om dagelijks de tankinhoud te registreren.

2.4 Groot-Brittannië

In Groot-Brittannië vallen ondergrondse tanks, behorende bij autotankstations, onder de Petroleum (Consolidation) Act 1928, welke vereist dat, voor de opslag van olieprodukten, vergunning verleend dient te worden door de plaatselijke overheid. Een vergunning kan worden verleend indien wordt voldaan aan de Model Code, welke dateert van enkele jaren geleden. Zowel de Petroleum Act als de Model Code worden op dit moment herzien.

Ondergrondse opslag van olieprodukten geschiedt in Groot-Brittannië in enkelwandige, stalen tanks. De wanddikte is vergelijkbaar met die in Nederland.

Bescherming tegen uitwendige corrosie vindt plaats door de tank te voorzien van een bescherm laag. Hiervoor kan onder andere asfalt-bitumen worden gebruikt, maar bijvoorbeeld ook twee lagen van een bitumenverf. Uitwendige bescherming is niet vereist indien de tank geplaatst is in een betonnen bak. In dit verband kan worden opgemerkt dat in Duitsland tegenwoordig wordt afgezien van het toepassen van een betonnen omhulling, met het doel een eventuele lekkage in te dammen. Gezien de porositeit van beton zijn de ervaringen hiermee niet onverdeeld gunstig.

Er bestaan geen richtlijnen inzake kathodische bescherming.

Het mangat, alsmede alle tankaansluitingen, moeten omsloten zijn door een betonnen blok. Indien er gevaar voor opdrijven bestaat, dient de tank verankerd te worden.

Tanks ouder dan 20 jaar dienen op dichtheid te worden gecontroleerd; hiertoe bestaan twee mogelijkheden:

- een niveaumeting met volledig gevulde, en van de leidingen geïsoleerde tank gedurende 24 uur. Deze bepaling dient 20, 25 en 30 jaar na installatie en vervolgens iedere 2 jaar plaats te vinden.
- het dagelijks registreren van de tankinhoud.

3. KEUZE VAN GESELECTEERDE OPSLAGSYSTEMEN

Het bepalen van het risico van lekkage bij ondergrondse tanks zal in dit onderzoek worden uitgevoerd voor twee van de systemen beschreven in hoofdstuk 2.

a) Enkelwandige tank naar Nederlandse richtlijnen

De risico-analyse zal worden toegepast op een enkelwandige tank die voldoet aan de normen zoals gesteld in de Leidraad [2]. De keuze is gedaan op grond van de volgende overwegingen:

- * De analyse verschaft inzicht in het risico met betrekking tot bodemverontreiniging door olieproducten voor ondergrondse tanks, die in de periode vanaf 1967 tot heden conform de hinderwet zijn geïnstalleerd bij autotankstations in Nederland.
- * Van de geïnterpreteerde, enkelwandige tanks voldoen degene die geïnstalleerd zijn volgens de Leidraad aan de hoogste kwaliteitseisen.

b) Dubbelwandige tank naar Duitse richtlijnen

De risico-analyse zal tevens worden toegepast op een dubbelwandige tank volgens de Duitse richtlijnen, hetgeen inhoudt dat zij voldoen aan de normen zoals gesteld in de Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten [7]. De keuze is gedaan op grond van de volgende overwegingen:

- * verschaft inzicht in de betrouwbaarheid van dubbelwandige versus enkelwandige tanksystemen;
- * in de periode vanaf 1970 tot heden zijn in Duitsland bij autotankstations slechts dubbelwandige tanks geïnstalleerd.

Het uitvoeren van een risico-analyse op een tank vervaardigd van kunststof is in overweging genomen. Gezien het feit dat dit opslagsysteem in de beschouwde Europese landen niet wordt toegepast, en bovendien de vergaarde informatie hieromtrent onvoldoende is voor het uitvoeren van een risico-analyse, is hiervan afgezien.

De in dit onderzoek uitgevoerde risicoanalyse heeft betrekking op de tank (inclusief bekleding en kathodische bescherming), alsmede de vulleiding, het vulpunt en de vulprocedure (voor overslag vanuit de tankauto naar de tank). Voor de dubbelwandige tank zal bovendien het lekdetectiesysteem in beschouwing worden genomen.

	Nederland		Duitsland
	Binnen waterwingebied	Buiten waterwingebied	
Inhoud (m ³)	18	18	18
Dikte binnenwand (mm)	-	-	5
Dikte buitenwand (mm)	-	-	3
Dikte tankwand	5	5	-
Wanddikte vulleiding (mm)	4	4	4
Kathodische bescherming	x ¹⁾	x ¹⁾	-
Inspectie bekleding	x	-	-
Inwendige inspectie	x	-	-
Overvulbeveiliging	-	-	x
Lekdetectiesysteem	-	-	x

1) Binnen waterwingebied bij een specifieke weerstand van de bodem van < 100 Ohm m, buiten waterwingebied < 50 Ohm m.

Tabel 1. Overzicht enkelwandige en dubbelwandige tank.

4. SYSTEEMBESCHRIJVINGEN (zie ook Tabel 1)

4.1 Opslagtank voor benzine en dieselolie

4.1.1 Enkelwandig

De enkelwandige stalen tank heeft een cilindrische vorm en is vervaardigd van gewalst staal, dat tenminste voldoet aan de eisen voor Fe 37 B, volgens Euronorm 25/65. De wanddikte is afhankelijk van de tankinhoud en moet voldoen aan:

$$S = \frac{\text{middellijn tank in mm}}{400} + 1 \text{ mm},$$

afgerond naar boven op hele millimeters, met een minimum van 5 mm. De uitvoering, beproeving en bekleding van de tank dienen te voldoen aan de NEN-norm 3350. De in dit onderzoek beschouwde benzine- en dieseltank heeft een inhoud van 18 m³, een wanddikte van 5 mm en een doorzet van 750 respectievelijk 220 ton/jaar (52, resp. 15 vullingen).

In figuur 2 is schematisch een opslagtank met leidingen weergegeven. De tank is aan de bovenzijde voorzien van een mangatdeksel met een inwendige middellijn van ten minste 500 mm; een tank met een lengte van meer dan 10 meter moet zijn voorzien van twee mangaten. De zuigpijp en ontluichtingsleiding zijn aangebracht op het mangatdeksel aan één uiteinde van de tank, de vul- en peilleiding op het andere uiteinde. Alle leidingen zijn op afschot naar de tank gelegd. Voor de vulleiding is een diameter van 3" en een wanddikte van 4 mm geselecteerd (NEN-norm 3257). In de zuigleiding (diameter 2") is onder de pomp een terugslagklep gemonteerd.

De tank moet in de fabriek onbekleed op dichtheid worden beproefd met lucht bij een inwendige overdruk van 0.3 bar, waarbij alle lassen worden afgezeept.

4.1.2 Dubbelwandig

De dubbelwandige stalen tank heeft een cilindrische vorm en is vervaardigd van St 37-2 volgens de DIN-norm 17100. In dit onderzoek wordt ervan uitgegaan, dat een dubbelwandige tank vervaardigd van St 37-2 voldoet aan dezelfde kwaliteitseisen als een enkelwandige tank, vervaardigd van staal dat voldoet aan de eisen voor Fe 360 B, volgens Euronorm 25/65.

De dikte van zowel de binnen- als de buitenwand is afhankelijk van de tankinhoud, zoals aangegeven in de onderstaande tabel.

Volume m ³	Dikte binnenwand mm	Dikte buitenwand mm*)
< 20	5	3 (4)
20-40	6	3 (4)
40-80	7	4 (5)
≥ 80	9	4 (5)

*) Tussen haakjes de dikte van de bodem van de buitenwand.

De uitvoering, bekleding en beproeving van de tank dient te voldoen aan de richtlijnen zoals gesteld in de DIN-norm 6608, deel 1 en 2.

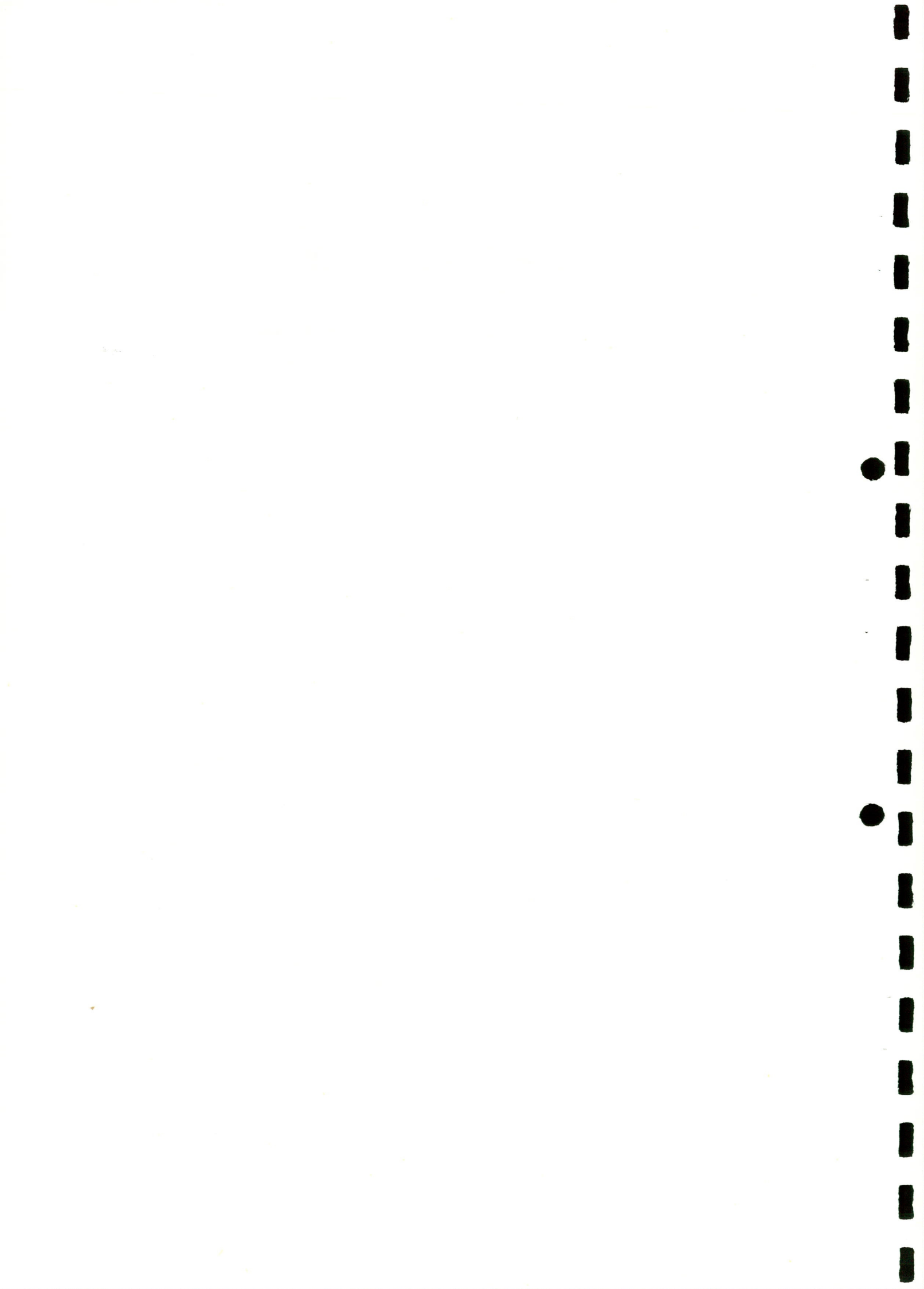
In Bijlage 2 is de constructie van de dubbelwandige tank gedetailleerd weergegeven. De afstand tussen de binnen- en buitentank wordt aan de bovenzijde van de tank "ingesteld", in het algemeen door een lasconstructie. De hijsogen moeten zijn aangebracht aan de binnentank. De buitentank moet de binnenwand tot ten minste boven het toegestane vulniveau van 97% omhullen. De positie en grootte van het mangat is gelijk aan die van de enkelwandige tank, evenals de aansluiting van de leidingen.

Dubbelwandige tanks welke voldoen aan de norm DIN-6608 dienen in de fabriek op dichtheid te worden beproefd met water bij een overdruk van 2 bar. Bovendien moet de ruimte tussen binnen-en buitentank onderworpen worden aan een dichtheidstest bij een overdruk van 0.5 bar.

De tankinhoud, leidingdiameters, wanddikte van tank en leidingen en doorzet zijn gelijk aan die van de enkelwandige tank.

4.2 Externe corrosie preventie

Het verschijnsel van uitwendige aantasting van stalen constructies in een vochtige bodem kan worden tegengegaan door uitwendige bekleding al dan niet in combinatie met kathodische bescherming.



4.2.1 Uitwendige bekleding

Alhoewel verschillende materiaalsoorten kunnen worden toegepast zoals polyetheen, epoxyharsen, enz., zal in deze studie worden uitgegaan van de tot op heden meest toegepaste bekleding voor tanks, namelijk asfaltbitumen. De bekleding wordt aangebracht door, nadat de walshuid in- en uitwendig zorgvuldig is verwijderd, een laag van tenminste 5 mm, bestaande uit een grondlaag van asfaltbitumen en een deklaag van ongevuld asfaltbitumen gelijkmatig over het tankoppervlak te verdelen. Voordat de tank wordt ingegraven vindt een laatste inspectie van de bekleding plaats. Dit gebeurt met een vonkapparaat, waarbij de borstel langzaam over het gehele oppervlak wordt gestreken. Eventuele beschadigingen dienen ter plaatse te worden hersteld.

Ondergrondse leidingen, vervaardigd van staal, moeten eveneens tegen corrosie worden beschermd. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat hiervoor polyetheen wordt gebruikt, hetgeen de laatste jaren in zowel Nederland als Duitsland het gebruik van asfaltbitumenband voor deze toepassing heeft verdrongen.

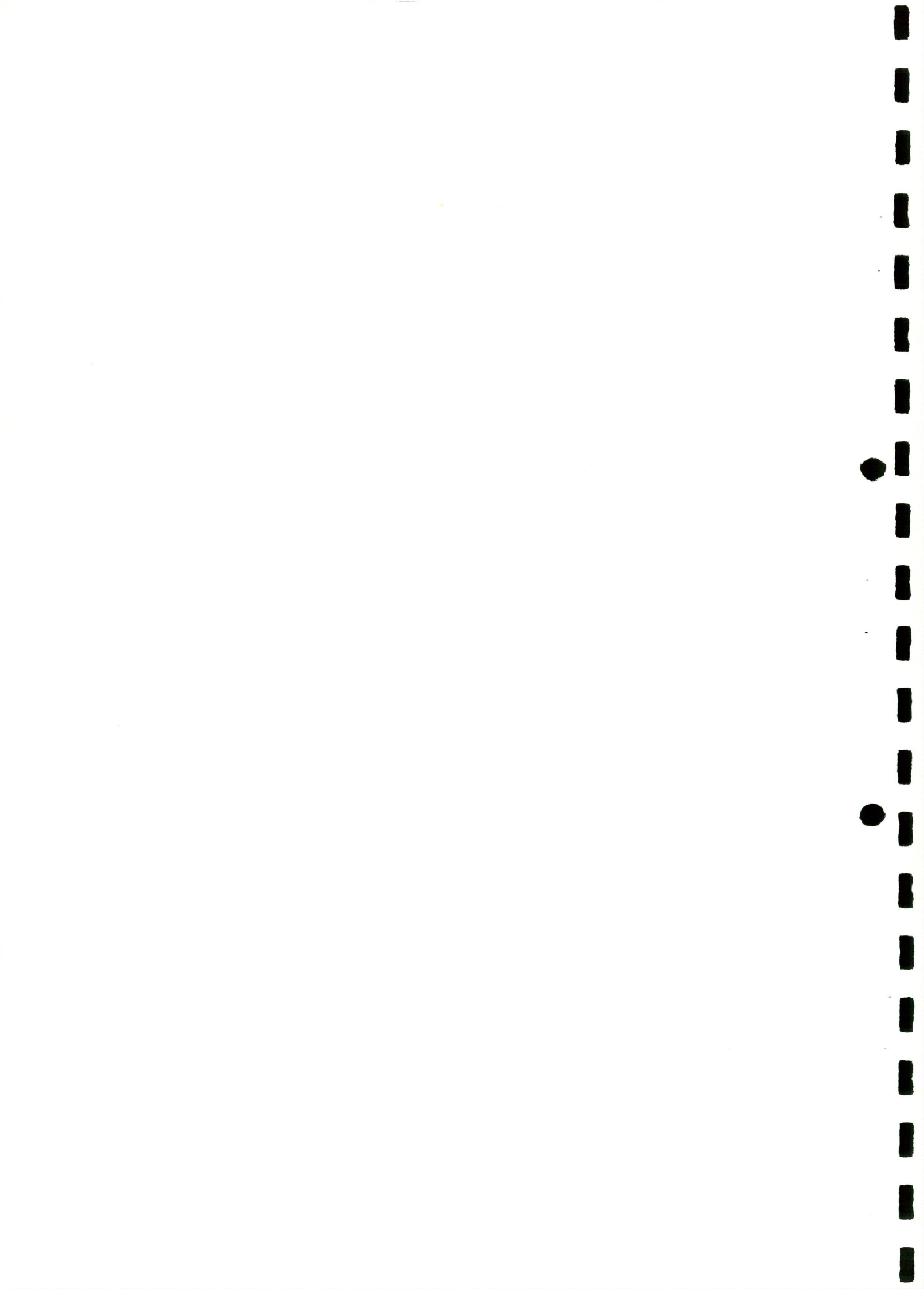
Asfaltbitumenband wordt nog wél toegepast in leidingbochten, omdat het gebruik van polyetheen hier niet mogelijk is.

4.2.2 Kathodische bescherming

Bij kathodische bescherming wordt de tank met de daarop aansluitende ondergrondse leidingen beschermd tegen uitwendige corrosie door aan het gehele te beschermen oppervlak continu een potentiaal te geven negatiever dan -850 mV, gemeten ten opzichte van een Cu-CuSO₄ referentiecel. In anaerobe gronden is een potentiaal negatiever dan -950 mV noodzakelijk. Kathodische bescherming is noodzakelijk indien de agressiviteit van de bodem hiertoe aanleiding geeft, hetgeen in het algemeen het geval is bij een bodemweerstand kleiner dan 50 Ohm m (in waterwingebieden 100 Ohm m).

Er zijn twee typen kathodische bescherming te onderscheiden:

- a) Door de benodigde stroom met behulp van een gelijkrichterinstallatie te voeren naar bijvoorbeeld een niet-oplosbare anode (figuur 3).



Hiervoor kan geplatineerd titaan als anode materiaal worden toegepast, maar grafiet- of siliciumijzer anoden kunnen eveneens worden gebruikt, in welk geval de levensduur verlengd kan worden door er speciaal materiaal (bijvoorbeeld cokes of grafiet) omheen te storten. Waar ten gevolge van een anodische reactie gasontwikkeling kan worden verwacht, moeten passende maatregelen worden genomen om dit gas te laten ontwijken. Het is van belang dat de grond om de anoden vochtig is en blijft. In vochtarme gronden kan zo nodig een groter aantal anoden worden geplaatst.

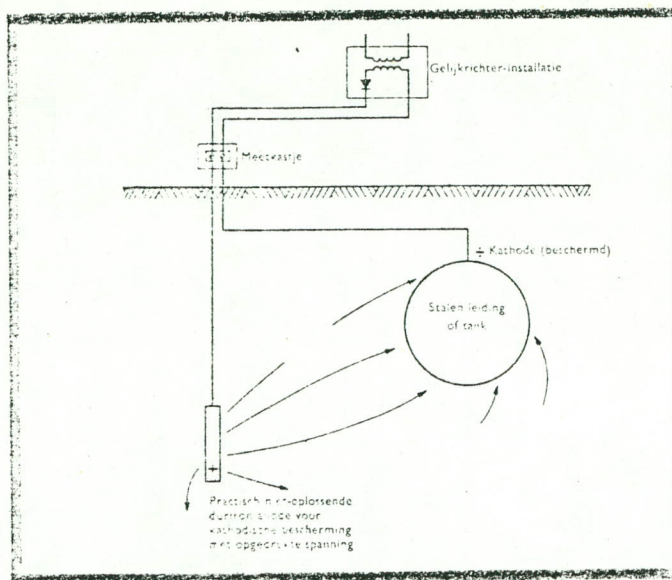
Deze methode is met name geschikt voor het beschermen van objecten met een groot oppervlak (lange pijpleidingen, off-shore installaties, enzovoort).

- b) Door middel van een actieve zelfopofferende anode (figuur 4), ook wel galvanische anode genoemd. Voor landinstallaties wordt meestal magnesium met een speciale omstorting van gips en klei als actieve anode toegepast.

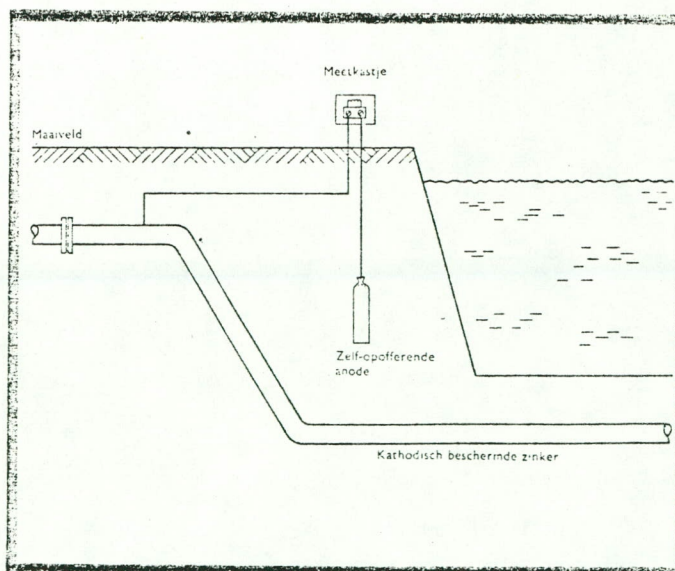
De stroomafgifte door een galvanische anode wordt bepaald door de potentiaal van de anode ten opzichte van de te beschermen constructie en van de weerstand van de stroomkring. Bij een te geringe geleidbaarheid van de bodem is deze methode niet mogelijk. De levensduur van een galvanische anode hangt bij een bepaalde stroomafgifte af van de aard van het anodemateriaal, alsmede de anodemassa. Voor een magnesium anode van 10 kg is een levensduur van 15 jaar haalbaar.

Voor ondergrondse tanks is dit de meest toegepaste vorm van kathodische bescherming, aangezien het minder kosten met zich mee brengt dan bescherming met behulp van een gelijkrichterinstallatie.

Kathodische bescherming zal weinig effectief zijn indien de bekleding van tank en/of leidingwerk in slechte staat verkeert. Bovendien bestaat in dit geval de kans op interferentie met andere constructies, zodat deze hierdoor mogelijk blootgesteld worden aan uitwendige corrosie. Voor een effectieve kathodische bescherming is het bovendien noodzakelijk dat het te beschermen object elektrisch wordt gescheiden van niet in de bescherming op te nemen elektrisch geleidende constructies, zoals



Figuur 3. Kathodische bescherming d.m.v. gelijkrichter.



Figuur 4. Kathodische bescherming m.b.v. galvanische anode.

aansluitende (bovengrondse) leidingen, pijpondersteuningen en constructies van gewapend beton. Deze scheiding wordt verkregen door het inbouwen van isolatiestukken.

4.3

Lekdetectiesysteem

Bij toepassing van een dubbelwandige tank is het in Duitsland verplicht de tank te voorzien van een lekdetectiesysteem, dat middels een alarm-sigitaal (akoestisch en optisch) aangeeft wanneer een van de twee wanden lek is. Daartoe bevindt zich tussen de twee tankwanden een niet-corrosieve stof die bovendien een laag stollingspunt heeft. Hiervoor wordt in het algemeen een glycoloplossing gebruikt. De vloeistof is middels een leiding verbonden met een voorraadvat met detectiesysteem dat een alarm geeft indien het vloeistofniveau onder een zeker niveau daalt. De detectie van een te laag vloeistofniveau kan op twee manieren plaatsvinden:

- door middel van een vlotter in het voorraadvat welke beneden een bepaald vloeistofniveau elektrisch contact maakt (zie bijlage 3);
- door een elektrische sonde; in geval van een voldoende hoog vloeistofniveau is er sprake van een stroomkring, bij vloeistof-verlies wordt deze onderbroken (zie bijlage 4).

4.4

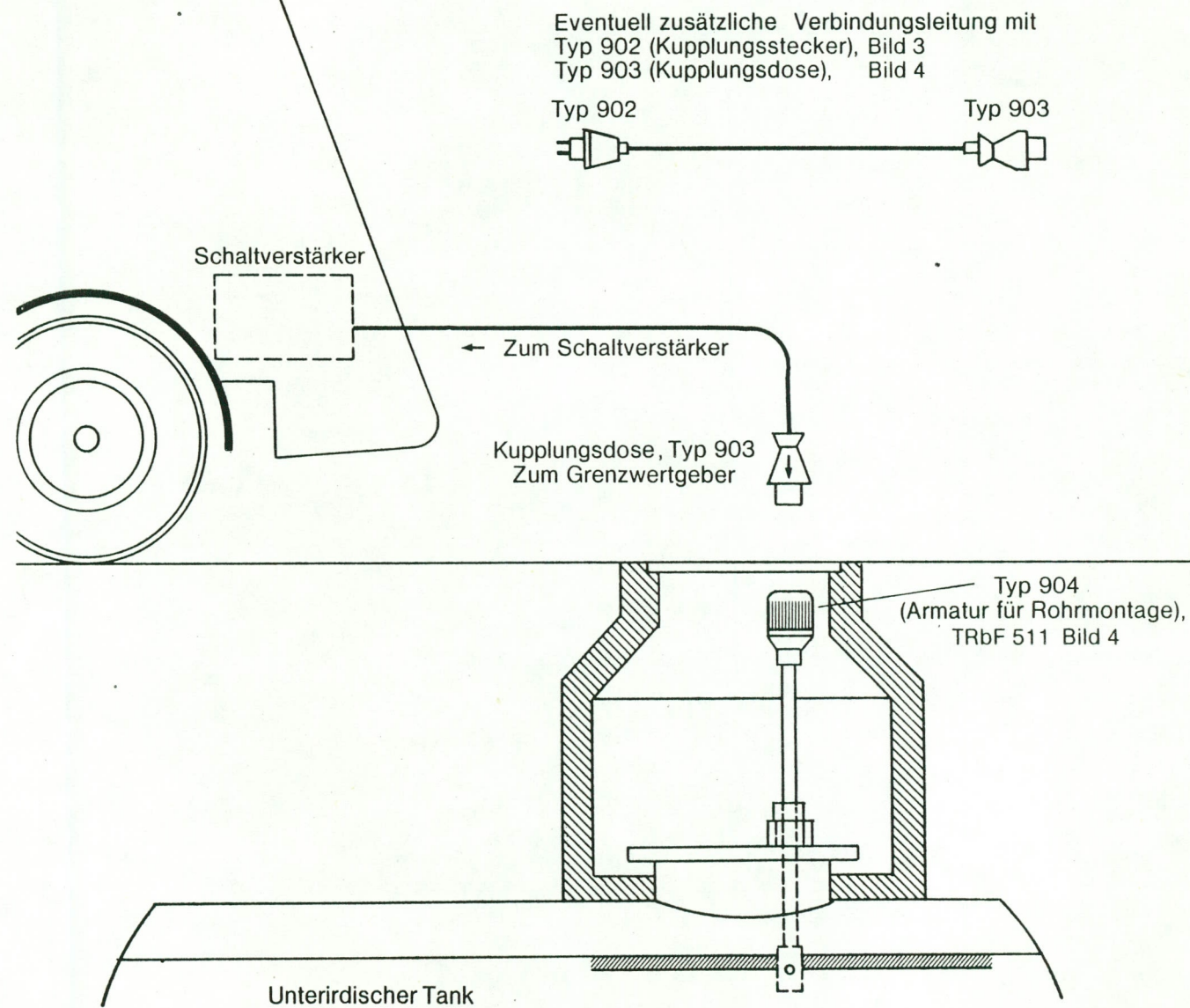
Overvulbeveiliging

De overvulbeveiliging is een instrument dat, indien het vloeistofniveau bij het vullen een vooraf ingestelde maximale waarde bereikt, de verdere toevoer vanuit de tankauto onmogelijk maakt.

Het werkingsprincipe van de in Duitsland voorgeschreven overvulbeveiliging is als volgt (zie ook figuur 5):

In de tank bevindt zich een positieve temperatuurcoëfficiënt (PTC)-weerstand (sensor). Bij het vullen dient eerst, via een versterker, contact te worden gemaakt tussen de sensor en de magneetklep op de tankauto. Hierdoor zal gedurende korte tijd een elektrische stroom lopen, waardoor de sensor wordt opgewarmd. Diens weerstand neemt

Kabelsteckverbindung für Tankwagen-
Abfüllsicherung (Zusammenstellung)



Figur 5. Overvulbeveiliging.

dientengevolge sterk toe en de stroom wordt onderbroken. De kortdurende elektrische stroom is noodzakelijk om de magneetklep te kunnen openen; indien vergeten wordt contact te maken tussen sensor en tankauto kan de magneetklep niet geopend worden. Bereikt de olie nu de sensor, dan koelt deze snel af. De weerstand ervan neemt hierdoor snel af en de stroomkring wordt weer gesloten, waardoor de magneetklep op de tankauto gesloten wordt.

N.B. Hoewel nog niet voorgeschreven, vindt de overvulbeveiliging in Nederland gaandeweg toepassing bij de grote oliemaatschappijen. Het werkingsprincipe verschilt van het in Duitsland toegepaste systeem (zie Bijlage 5).

4.5. Vulprocedure

De lossing van benzine uit de tankauto naar de opslagtank mag alleen geschieden via de "vrije" uitlaat. Alvorens met het vullen wordt begonnen, moet door peilen van de tankinhoud, de te lossen hoeveelheid worden bepaald. Tijdens het vullen mag niet worden gepeild.

De maximaal toelaatbare vulgraad bedraagt in Nederland buiten een waterwingebied 98% en daarbinnen 90%. In Duitsland mag een tank voor ten hoogste 97% worden gevuld.

Een handelingschema is opgenomen in Bijlage 6.

5. INSPECTIE EN ONDERHOUD

5.1 Inwendig

Het verschijnsel van aantasting van de tank van binnen uit wordt interne corrosie genoemd. Voor de factoren die een rol spelen bij inwendige aantasting wordt verwezen naar elders [10,11]. Preventie van interne corrosie is mogelijk door water en sludge dat zich op de bodem van de tank bevindt regelmatig te verwijderen, of door het aanbrengen van een binnenbekleding van kunststof.

In geval van voortschrijdende aantasting van binnenuit zal dit opgemerkt worden indien de tank wordt onderworpen aan een inwendige inspectie.

5.1.1 Nederland

In Nederland bestaan geen voorschriften betreffende het aanbrengen van een kunststof binnenbekleding in ondergrondse opslagsystemen en voor zover bekend vindt dit bij autotankstations ook geen toepassing.

Een ondergrondse tank moet ten minste een maal per jaar worden gecontroleerd op de aanwezigheid van water; eventueel aanwezig water moet worden verwijderd. Voor waterwingebieden geldt de verplichting dat bij iedere vulling, doch ten minste een maal per jaar, eventueel aanwezig water moet worden verwijderd.

Inwendige inspectie van ondergrondse tanks die geplaatst zijn buiten een waterwingebied vindt in principe alleen plaats, indien een redelijk vermoeden bestaat dat een tank of leiding lek is dan wel in slechte toestand verkeert. De inwendige inspectie houdt een visuele inspectie op inwendige corrosie in. Bovendien wordt de tank in dit geval beproefd op druk.

Voor tanks in waterwingebieden geldt de verplichting dat zij elke 10 jaar worden beproefd op druk en elke 20 jaar een inwendige inspectie ondergaan.

5.1.2 Duitsland

Zoals beschreven in § 2.2 zijn in Duitsland vanaf 1970 alle enkelwandige tanks bij autotankstations voorzien van een binnenbekleding ter bescherming

tegen inwendige corrosie. Eén jaar na het aanbrengen van de binnenbekleding heeft een eerste controle plaatsgevonden, waarbij met name gekeken is naar de aanhechting aan de tankwand. Na de eerste controle vindt iedere 5 jaar een inwendige inspectie van de tank plaats.

Bij dubbelwandige tanks vindt geen inwendige inspectie plaats. Voor wat betreft aantasting van de tank van binnen uit wordt volledig vertrouwd op het lekdetectiesysteem. Inspectie hiervan door de TÜV vindt telkens na 5 jaar plaats; in waterwingebieden is een inspectiefrequentie van 2½ jaar voorgeschreven. Daarnaast moet het systeem eens per jaar gecontroleerd worden door de installateur.

5.2

Uitwendig

Zoals vermeld in hoofdstuk 4 is bescherming tegen uitwendige corrosie mogelijk door de tank te voorzien van een uitwendige bekleding al dan niet in combinatie met kathodische bescherming.

5.2.1

Nederland

Tanks die zijn geïnstalleerd buiten een waterwingebied worden niet direct geïnspecteerd op de staat waarin de uitwendige bekleding verkeert. Op indirecte wijze wordt hierin inzicht verkregen tijdens de jaarlijkse controle van de kathodische bescherming, welke door het KIWA of een door het KIWA erkend deskundige moet worden uitgevoerd.

Bovenstaande impliceert, dat er geen richtlijnen bestaan betreffende uitwendige inspectie, voor tanks die zijn geïnstalleerd buiten een waterwingebied en die niet zijn voorzien van kathodische bescherming.

De werking van het kathodisch beschermingssysteem wordt gecontroleerd via het meetkastje dat geplaatst is bij de te beschermen constructie(s), zie figuur 3 en 4. Behalve een bevestiging van een goede werking van de kathodische bescherming, geeft een dergelijke controle (op specifieke wijze) uitsluitel omtrent:

- beschadigingen aan de bekleding;
- elektrische contacten met andere constructies;
- defecte isolatiestukken;

- aanwezigheid van zwerfstromen.

Als zodanig heeft kathodische bescherming een additionele corrosiepreventieve functie (zie ook § 6.2.).

Bij tanks die zijn geïnstalleerd binnen een waterwingebied, en die zijn voorzien van kathodische bescherming, geschiedt de uitwendige inspectie op indirecte wijze tijdens de jaarlijkse controle ervan. Bovendien vindt telkens na 20 jaar een visuele beoordeling plaats van het mangatdeksel en de aansluitstompen (die hiertoe moeten worden vrijgegraven). Indien de tank niet is voorzien van kathodische bescherming dient een uitwendige inspectie telkens na 20 jaar plaats te vinden. Dit gebeurt door een visuele beoordeling als hierboven beschreven, alsmede een zogenaamde stroomopdrukproef waarbij wordt vastgesteld of de tankbekleding elektrisch voldoende dicht is.

5.2.2 Duitsland

Uitwendige inspectie vindt in Duitsland alleen langs indirecte weg plaats bij tanks voorzien van kathodische bescherming. Controle van de kathodische bescherming geschiedt iedere 3 jaar.

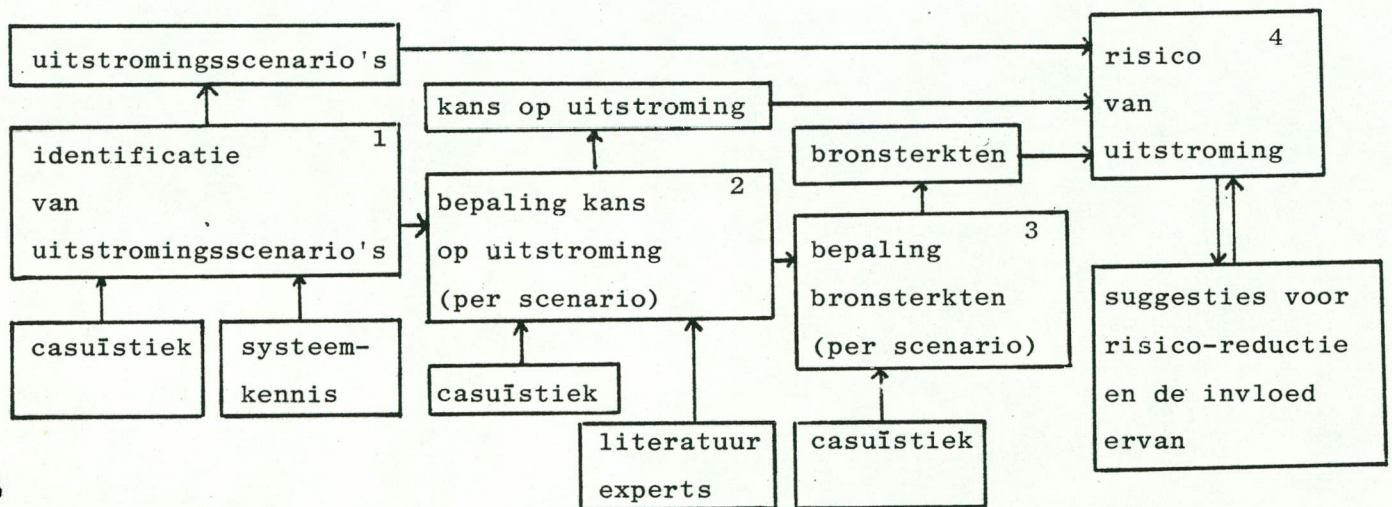
6. BEPALING VAN HET RISICO

6.1. Methodiek van de risicoanalyse

Inleiding

Uitgangspunt bij de keuze en uitwerking van de methodiek is de doelstelling van deze studie: het resultaat van de risicoanalyse moet het mogelijk maken de gekozen ondergrondse opslagsystemen te vergelijken met betrekking tot het risico van lekkage en overvullen/morsen. Het risico wordt daarbij in deze studie gedefinieerd als de combinatie van kans en gevolg.

Schematisch kan de risicoanalyse als volgt worden weergegeven:



Identificatie van uitstromingsscenario's (1)

De identificatie van uitstromingsscenario's vindt plaats aan de hand van een beschouwing van de casuïstiek en het systematisch analyseren van het opslag-, vulsysteem met betrekking tot mogelijke uitstromingen.

Bepaling van de kans op een uitstroming (2)

Voor de bepaling van de kans op een uitstroming wordt gebruik gemaakt van de casuïstiek. Daar waar onvoldoende of onvolledige casuïstiek

aanwezig is, worden aannamen en randvoorwaarden geformuleerd. De afgeleide kansen hebben betrekking op een gehele populatie van ondergrondse tanks.

Zie verder de paragrafen 6.3. t/m 6.8.

Bepaling van bronsterkten (3)

De bronsterkte bij lekkages van ondergrondse tanks zijn tijdsafhankelijk en afhankelijk van de lokale situatie (bijvoorbeeld grondwaterstand). Zonder nader onderzoek is het niet mogelijk over het verloop van de bronsterkte enige uitspraak te doen. In deze vergelijkende risicoanalyse is dit ook niet essentieel. Wel is het van belang het verschil in bronsterkte bij corrosie en bijvoorbeeld morsen of overvullen te introduceren in de uiteindelijke risico's.

De bepaling van gemiddelde bronsterkten vindt plaats op basis van casuïstiek.

Risico van uitstroming (4)

De combinaties van uitstromingsscenario's (opgesplitst naar bijvoorbeeld type bodem, benzine of diesel), de kansen op uitstroming en de bronsterkten leiden tot risicofactoren. De grootte van deze factoren is een maat voor het risico van uitstroming. De knelpunten worden dus direct onderkend. Hiervoor worden suggesties voor reductie gedaan, waarbij de mate van reductie wordt aangegeven.

6.2. Identificatie van uitstromingsscenario's

Voor het identificeren van ongewenste gebeurtenissen (in deze studie: uitstromingen) is een storingsanalyse een veel gehanteerde methodiek. Deze methodiek is met name voor complexe systemen in de procesindustrie goed bruikbaar. Voor simpele opslagsystemen biedt deze methodiek echter weinig houvast omdat de mechanismen voor het ontstaan van een gat in de tankwand niet of nauwelijks met behulp van de in de storingsanalyse toegepaste gidswoorden onderkend worden.

In deze studie is gekozen voor een identificatiemethodiek die enerzijds gebruik maakt van de casuïstiek (welke uitstromingen hebben plaatsgevonden) en anderzijds een systematische analyse van mogelijke uitstromingen van het systeem inhoudt. Op deze wijze wordt een zo groot mogelijke volledigheid bereikt.

Bij de bestudering van ongevalsgegevens is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- ongevallendatabank FACTS (TNO)
- jaaroverzicht van milieu-incidenten 1981 - 1983 (DGMH)
- gegevens van enkele regionale inspecties van de volksgezondheid
- intern gerapporteerde gevallen van bodemverontreiniging in de periode 1981 - 1982 bij de grote oliemaatschappijen
- overzicht van incidenten (waarvan een aantal zonder bodemverontreiniging) bij Shell Nederland Verkoopmij in de periode 1980 - 1982

De analyse van de opslag- en vulsystemen en de casuïstiek heeft geleid tot de identificatie van de volgende uitstromingsscenario's:

- 1) *Lekkage door uitwendige corrosie*
veroorzaakt door
 - . bodemagressiviteit/inhomogeniteit
 - . zwerfstromen/interferentie
 - . galvanisch contact
 - . beschadigde bekleding
- 2) *lekkage door inwendige corrosie (alleen opslagtank, niet vulleiding)*
veroorzaakt door
 - . de aanwezigheid van een sludgelaag, water en zuurstof
- 3) *uitstroming bij overslag (inclusief morsen)*
veroorzaakt door
 - . fouten bij overslag, falen van leidingen
- 4) *lekkage door mechanische beschadiging*
veroorzaakt door
 - . scherpe voorwerpen in de grond
 - . graafwerkzaamheden
 - . verkeer
 - . opdrijven/verzakken
 - . stoten/botsen tegen bovengronds vulpunt

- 5) *lekkage door ontwerp/constructiefouten*
- 6) *uitstromingen bij het uit gebruik nemen*
veroorzaakt door . opgraven bij onterechte aanname van lege tanks

6.3. Uitwendige corrosie

6.3.1. Algemeen

Bescherming tegen uitwendige corrosie wordt verkregen door de tank te voorzien van uitwendige bekleding, al dan niet in combinatie met kathodische bescherming.

Kathodische bescherming verschaft niet alleen op directe wijze bescherming tegen uitwendige aantasting, doch bezit tevens een additionele corrosiepreventieve functie (zie § 5.2.1.). Derhalve zal voor wat betreft het risico van lekkage door uitwendige corrosie de aanwezigheid van kathodische bescherming van belang zijn.

In deze studie is de kans op lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie onderzocht voor 3 systemen:

- * enkelwandige tank in een waterwingebied (met kathodische bescherming bij een specifieke weerstand van de bodem kleiner dan 100 Ohm m);
- * enkelwandige tank buiten een waterwingebied (met kathodische bescherming bij een specifieke weerstand van de bodem kleiner dan 50 Ohm m);
- * dubbelwandige tank zonder kathodische bescherming.

De volgende factoren, die een rol spelen bij uitwendige corrosie, zijn in beschouwing genomen:

- agressiviteit van de bodem,
- elektrische beïnvloeding van buitenaf (zwerfstromen, interferentie),
- galvanisch contact,
- veranderde bodemcondities,
- toestand van de tankbekleding,
- aanwezigheid van kathodische bescherming.

6.3.2. Corrosie-bepalende factoren

6.3.2.1. *Bodemagressiviteit*

Uitwendige corrosie van ondergrondse metalen opslagtanks of pijpleidingen wordt dikwijls toegeschreven aan de agressiviteit van de bodem. Toch is het niet zo zeer de plaatselijke agressiviteit, die bepalend is voor het plaatsvinden van corrosie, als wel een verschillende mate van doorlaatbaarheid van de bodem voor lucht en water, het porievolume, het vochtigheidsgehalte en de dispersiegraad van de bodem. Deze verschillende factoren bewerkstelligen een ongelijke diffusiesnelheid van het oxidatiemiddel naar het metaaloppervlak. Er ontstaat een beluchtingselement waarbij goed beluchte delen van het metaaloppervlak functioneren als kathode, en minder beluchte als anode. Voor een uitvoerige beschrijving van het mechanisme van uitwendige corrosie wordt verwezen naar elders [13, 14].

Aangezien er geen eenvoudige methode bestaat om de mate van beluchting vast te stellen, wordt zowel in Duitsland als Nederland volstaan met het bepalen van de specifieke bodemweerstand. Enerzijds is deze van invloed op de afstand waarover een beluchtingselement zich kan uitstrekken, anderzijds bestaat er een relatie tussen de specifieke bodemweerstand en een aantal van de bovengenoemde factoren die de diffusiesnelheid van het oxidatiemiddel beïnvloeden (bijvoorbeeld vochtigheidsgehalte en dispersiegraad van de bodem).

Nederland

In Nederland wordt, voordat de tank wordt geïnstalleerd, een serie bodemonsters genomen op verschillende diepten en posities. In geval van een lager grondwaterniveau dan normaal, vindt bevochtiging plaats van (een gedeelte van) de grondmonsters. De laagst gemeten waarde van de bodemweerstand is bepalend voor het al dan niet aanbrengen van kathodische bescherming. Kathodische bescherming is vereist indien de specifieke weerstand van de bodem minder is dan 50 Ohm m. Voor waterwingebieden geldt een grens van 100 Ohm m.

Duitsland

De Duitse richtlijnen inzake kathodische bescherming gelden slechts voor enkelwandige tanks (zie § 2.2.). Als criterium voor het al dan

niet installeren van kathodische bescherming wordt een puntensysteem gehanteerd, waarin verschillende factoren een rol spelen. De belangrijkste bijdrage wordt geleverd door de specifieke weerstand van de bodem. Indien deze geringer is dan 100 Ohm m, is kathodische bescherming in ieder geval vereist. Voor de bepaling van de bodemweerstand wordt de Wenner-methode toegepast, welke afwijkt van de Nederlandse "bodemmonster-methode". Er worden namelijk geen monsters genomen, maar ter plaatse van de tank worden op verschillende afstanden en diepten sondes in de bodem geplaatst waartussen de weerstand wordt gemeten. Aangezien de afstand tussen twee sondes minimaal anderhalve meter bedraagt [7], zal een gemiddelde bodemweerstand worden gevonden, zodat het mogelijk is dat lage, lokale waarden worden gemist.

Een andere factor, die een bijdrage levert in het puntensysteem, is de inhomogeniteit van de bodem. Hiervoor wordt als graadmeter de verhouding van de hoogst en de laagst gemeten waarde van de bodemweerstand gebruikt. Tenslotte kan de aanwezigheid van een galvanisch contact of zwerfstromen, of een beschadigde tankbekleding mede aanleiding geven tot kathodische bescherming. Laatstgenoemde factoren worden in dit hoofdstuk afzonderlijk in beschouwing genomen.

Inhomogeniteit van de bodem

Volgens TÜV Rheinland wordt, in de gevallen dat kathodische bescherming noodzakelijk is, dit voor circa 30% mede bepaald door inhomogeniteiten in de bodem. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat dit een gemiddelde waarde is voor alle ondergrondse kathodisch beschermde objecten, dat wil zeggen zowel tanks als pijpleidingen. Gezien de grote afstand waarover ondergrondse pijpleidingen zich kunnen uitstrekken, zal een inhomogene bodem hierbij een grotere rol spelen dan bij ondergrondse tanks.

Het KIWA is de mening toegedaan dat uitwendige corrosie door inhomogeniteiten in de bodem te verwaarlozen is bij ondergrondse objecten die zich over een betrekkelijk geringe afstand uitstrekken.

In individuele gevallen kan de wijze waarop de specifieke weerstand van de bodem wordt bepaald mogelijk van invloed zijn op het risico van lekkage door uitwendige corrosie. Dit zal met name het geval zijn in gebieden met een sterk inhomogene bodem. Een eventuele uitbreiding van dit onderzoek is noodzakelijk om hieromtrent een eenduidig beeld te verkrijgen.

Aangezien het in dit onderzoek bepaalde risico betrekking heeft op een gehele populatie van ondergrondse tanks, wordt de invloed van inhomogeniteiten van de bodem hier buiten beschouwing gelaten.

Kans op lekkage ten gevolge van bodemagressiviteit

Voor wat betreft de invloed van bodemweerstand op de corrosiesnelheid is de volgende informatie beschikbaar:

- * In bodems met een lage specifieke weerstand (10 Ohm m) is een corrosiesnelheid van 0.1 tot 1 mm/jaar mogelijk [13, 14].
- * Bij het KIWA is een geval bekend waarbij een tank zonder kathodische bescherming, gelegen in een bodem met een specifieke weerstand van 9 Ohm m, binnen 1 jaar was doorgeroest.
- * Op grond van de ervaring bij het KIWA bij uitwendige inspectie van LPG-tanks, kan de corrosiesnelheid bij een bodemweerstand hoger dan 150 Ohm m verwaarloosbaar klein worden gesteld.

Gebruikmakend van bovenstaande informatie, is in Bijlage 7 de corrosiesnelheid als volgt uitgezet tegen de bodemweerstand:

- corrosiesnelheid van 1 mm/jr bij 10 Ohm m en 10^{-2} mm/jr bij 150 Ohm m (I);
- corrosiesnelheid van 0.5 mm/jr bij 10 Ohm m en 5×10^{-2} mm/jr bij 150 Ohm m (II).

De corrosiesnelheid is in Bijlage 7 op logaritmische schaal uitgezet; dit kan als volgt worden verklaard. In de literatuur is geen informatie aangetroffen op grond waarvan een relatie tussen de specifieke weerstand van de bodem en de corrosiesnelheid gelegd kan worden. Ook corrosie experts (KIWA, TNO-Metaalinstituut) konden geen uitsluitel geven omtrent de aard van de afhankelijkheid.

Nadat de corrosiesnelheid zowel lineair als logaritmisch was uitgezet, is de keuze om twee redenen op de laatste gevallen:

- bij een lineaire afhankelijkheid wordt een onrealistisch hoge waarde gevonden voor de corrosiesnelheid bij een bodemweerstand van 50 Ohm m;
- bij Shell Nederland Verkoopmij zijn in de periode 1980 - 1982 47 gevallen gerapporteerd van lekkage van de tank door uitwendige corrosie (zie ook § 6.3.3.). De specifieke weerstand van de bodem was in deze vallen:

< 30 Ohm m	: 32
30-50 Ohm m	: 10
> 50 Ohm m	: 5

Een exponentiële afhankelijkheid van de corrosiesnelheid komt het best overeen met bovenstaande casuïstiekgegevens.

Voor een in de tijd gegeven constante, specifieke weerstand van de bodem kan de levensduur van een tank worden vastgesteld uit de corrosiesnelheid uit Bijlage 7 en de dikte van de tankwand volgens:

$$\text{Levensduur} = \frac{\text{dikte tankwand (mm)}}{\text{corrosiesnelheid (mm/jr)}}$$

In het bovenstaande is de beschermende invloed van een coating, alsmede van kathodische bescherming, buiten beschouwing gebleven.

In Bijlage 7 (Tabel 1) is de restlevensduur van een tank gegeven voor verschillende klassen bodemweerstand. De restlevensduur geeft aan hoeveel jaren het nog duurt voordat een tank lek raakt, vanaf het moment dat deze wordt blootgesteld aan agressieve bodem, doordat de bekleding niet langer bescherming biedt. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een wanddikte van 5 mm voor een enkelwandige tank. Voor een dubbelwandige tank wordt uitgegaan van een wanddikte van 8 mm (binnenwand 5 mm, buitenwand 3 mm). De berekende levensduren en daarvan afgeleide kansen hebben dus betrekking op een systeem zonder lekdetectie. Hiervoor wordt later gecorrigeerd (zie § 7.2.).

Indien wordt gesteld dat iedere tank vervangen zal worden na 40 jaar [12], dan is lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie alleen mogelijk voor tanks die zijn geplaatst in een bodemcategorie die correspondeert met een levensduur van minder dan 40 jaar.

Aan de hand van de berekende levensduur kan nu de kans op lekkage ten gevolge van bodemagressiviteit worden bepaald, waarbij tevens rekening dient te worden gehouden met de beschermende werking van de bekleding en eventueel de kathodische bescherming. De hierbij toegepaste methode is beschreven in Bijlage 7. De berekende kans op lekkage ten gevolge van bodemagressiviteit wordt gepresenteerd in Bijlage 7, tabel 3.

6.3.2.2. *Zwerfstromen/interferentie*

Indien een elektrische (gelijk)stroom van buitenaf wordt opgenomen door een ondergrondse tank of leidingwerk, dan zal dit aanleiding geven tot ernstige corrosie daar waar de stroom het systeem weer verlaat. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- * beïnvloeding door een gelijkstroom circuit, zoals spoorweg, tram-baan, enz. (zwerfstroom);
- * beïnvloeding door de kathodische bescherming van een pijpleiding of andere ondergrondse tank (interferentie).

Hoewel niet frequent voorkomend, kan elektrische beïnvloeding van buitenaf, met name in het geval van zwerfstromen, aanleiding geven tot grote problemen vanwege de hoge corrosiesnelheid die kan optreden. Het KIWA voert jaarlijks circa 8000 keuringen uit van kathodische beschermings-systemen, waarbij per keuring sprake is van 3 à 4 tanks. Aangezien er slechts 2 à 3 maal per jaar beïnvloeding door een elektrische stroom van buitenaf wordt geconstateerd, bedraagt de kans dat een willekeurige tank wordt blootgesteld aan zwerfstromen of interferentie, berekend over een periode van een jaar:

$$\frac{2.5}{8000} = 3 \times 10^{-4}$$

N.B. Hoewel de kans dat een willekeurige tank wordt blootgesteld relatief klein is, kan het risico van lekkage door zwerfstromen aanzienlijk zijn voor een tank die is geplaatst vlakbij een spoorlijn of trambaan.

Wanneer de tank voorzien is van kathodische bescherming, zal tijdens de jaarlijkse controle aan het licht komen of er sprake is van elektrische beïnvloeding van buitenaf. Door het treffen van maatregelen kan uitwendige corrosie worden tegengegaan, bijvoorbeeld drainage van de uit-tredende stroom. Derhalve zal er in dit onderzoek van worden uitgegaan dat bij ondergrondse tanks, voorzien van een goed werkend kathodisch beschermingsysteem, de kans op lekkage door uitwendige corrosie ten gevolge van zwerfstromen of interferentie verwaarloosbaar is.

Bij elektrische beïnvloeding van buitenaf zal de bekleding nauwelijks bescherming kunnen bieden (zie § 6.3.2.5.). De kans op lekkage ten gevolge van elektrische beïnvloeding ($P_{1,z}$), berekend over een periode van een jaar, bedraagt derhalve:

$$P_{1,z} = P_{z,i} \times \frac{1 \text{ jr}}{L_r}$$

waarin: $P_{z,i}$ = kans op blootstelling = $3 \times 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$
 L_r = restlevensduur

Op grond van gegevens uit de literatuur wordt, voor enkelwandige tanks, niet voorzien van kathodische bescherming, aangenomen dat volledig doorcorroderen plaatsvindt binnen 3 jaar [14, 15]. Met name voor interferentie zal dit een pessimistische aanname zijn. De kans op lekkage bedraagt derhalve:

$$\frac{3 \times 10^{-4}}{3} = 10^{-4}$$

Voor een dubbelwandige tank (wanddikte 8 mm), bedraagt deze:

$$4 \times 10^{-5}$$

6.3.2.3 *Galvanisch contact*

Onder galvanische corrosie wordt verstaan de aantasting van een metaal voorwerp door contact met een andere metaalsoort. Dit verschijnsel kan optreden indien in een ondergrondse tank, met inbegrip van de leidingen,

verschillende metalen worden gebruikt, bijvoorbeeld koperen leidingen of een roestvrij stalen peilstok. Anderzijds geeft contact met een ander metaalbevattend voorwerp, bijvoorbeeld een water- of gasleiding, gewapend beton enz. dikwijls aanleiding tot galvanische corrosie.

Voor het bepalen van de frequentie waarmee galvanisch contact met een andere metaalsoort voorkomt, is de volgende informatie beschikbaar:

* Volgens informatie, verstrekt door het KIWA, wordt bij de jaarlijkse controle van het kathodische beschermstelsel in ongeveer 10% van de gevallen geconstateerd dat dit niet optimaal functioneert. In ruwweg de helft is daarbij sprake van mankementen aan het kathodisch beschermstelsel zelf (draadbreek, gecorrodeerd meetpunt, uitgewerkte opofferingsanode enz.). In de andere helft van de gevallen wordt een optimale werking verhinderd door een te hoog stroomverlies dat wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld een defect isolatiestuk, contact met een ander metaal, beschadigde bekleding enz., waarbij elk van de voornoemde factoren ongeveer even vaak geconstateerd wordt. Aangezien het in principe steeds nieuwe gevallen zijn, die bij de jaarlijkse controle worden geconstateerd, bedraagt de frequentie waarmee een tank wordt blootgesteld aan galvanisch contact: $2 \times 10^{-2} \text{ jr}^{-1}$.

* In Duitsland geldt voor enkelwandige tanks de verplichting dat iedere 3 jaar bepaald dient te worden of kathodische bescherming al dan niet vereist is. Hierbij wordt in $\pm 15\%$ van de gevallen geconstateerd dat de installatie van kathodische bescherming alsnog noodzakelijk blijkt (informatie verkregen van de TÜV Rheinland).

De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn:

- verslechterde toestand van de tankbekleding,
- galvanisch contact,
- verandering van de bodemgesteldheid.

Aangezien in Duitsland, ter beoordeling voor het al dan niet installeren van kathodische bescherming, een puntensysteem wordt gehanteerd waarin o.a. bovenstaande factoren een rol spelen, zal er veelal sprake zijn van een combinatie van oorzaken. Hierbij dient te worden aangetekend, dat verandering van de bodemgesteldheid slechts in een klein aantal gevallen aanleiding geeft tot het aanbrengen van kathodische bescherming.

Wordt voor de overige twee oorzaken een gelijke frequentie van voorkomen aangenomen (hetgeen volgens de TüV redelijk is), dan bedraagt deze voor galvanisch contact:

$$\frac{15 \times 10^{-2}}{3 \times 2} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ jr}^{-1}$$

Op basis van bovenstaande informatie wordt de kans dat een willekeurige tank wordt blootgesteld aan een galvanisch contact, geschat op 2×10^{-2} .

Bij een tank die voorzien is van een goed werkend kathodisch beschermstelsel, wordt de kans op lekkage ten gevolge van galvanische corrosie verwaarloosbaar klein geacht. In geval van contact met een andere metaalsoort zal het kathodisch beschermstelsel veelal in staat zijn een voldoende negatieve potentiaal van de tank en ondergrondse leidingen te handhaven, zodat geen ijzer-ionen kunnen uittreden. Bovendien bezit de kathodische bescherming een preventieve werking, aangezien tijdens de jaarlijkse controle aan het licht zal komen of er sprake is van een galvanisch contact.

Aangezien er bij een galvanisch contact veelal sprake is van een betrekkelijk klein potentiaalverschil, zal de bekleding, zelfs in geval van een kleine beschadiging een goede bescherming bieden tegen uitwendige aantasting.

De kans, berekend over de periode van een jaar, dat een willekeurige tank lekraakt ten gevolge van een galvanisch contact ($P_{l,g}$) kan dan worden berekend volgens:

$$P_{l,g} = P_{g,c} \times P_{t,b} \times \frac{1 \text{ jr}}{L_r}$$

waarin: $P_{g,c}$ = kans op blootstelling = 2×10^{-2}

$P_{t,b}$ = kans op beschadigde bekleding =

0.2 binnen een waterwingebied

0.4 buiten een waterwingebied (zie § 6.3.2.5.)

L_r = restlevensduur



Voor een tank, niet voorzien van kathodische bescherming, wordt de corrosiesnelheid ten gevolge van galvanisch contact gesteld op 1 mm/jr. De restlevensduur voor een enkelwandige tank met beschadigde bekleding bedraagt derhalve 5 jaar. De kans dat een willekeurige tank lekraakt ten gevolge van galvanisch contact bedraagt dan:

$$\frac{2 \times 10^{-2} \times 0.2}{5} = 8 \times 10^{-4} \text{ voor een tank binnen een waterwingebied}$$

en

$$\frac{2 \times 10^{-2} \times 0.4}{5} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ voor een tank buiten een waterwingebied}$$

Voor een dubbelwandige tank (restlevensduur 8 jaar), bedraagt deze kans 10^{-3} .

6.3.2.4. *Veranderde bodemcondities*

Bij tanks, niet voorzien van kathodische bescherming, kan een verandering van de bodemcondities aanleiding geven tot (versnelde) uitwendige corrosie. De oorzaak hiervan kan zijn:

- verhoging van het zoutgehalte, bijvoorbeeld door bemesting, pekelen, enz.;
- lekkage riool;
- stijging grondwaterstand.

Zoals beschreven in § 6.3.2.3. dient in Duitsland bij enkelwandige tanks iedere 3 jaar te worden aangetoond dat kathodische bescherming niet vereist is. Hoewel de belangrijkste reden van een dergelijke controle gelegen is in het feit dat hierdoor inzicht wordt verkregen in de toestand van de bekleding, galvanisch contact enz. dient in een aantal gevallen kathodische bescherming te worden aangebracht vanwege een verhoogde bodemagressiviteit.

In Nederland vindt in de provincie Drenthe iedere 5 jaar een inspectie plaats, waarbij de eventuele noodzaak van installatie van kathodische bescherming wordt bepaald aan de hand van een bodemweerstandsmeting.

Aangezien voor het bepalen van de specifieke weerstand van de bodem in Nederland de "bodemmonster-methode" wordt toegepast (zie § 6.3.2.1.), wordt hierbij geen inzicht verkregen in de toestand van de bekleding enz.

Zoals gesteld in § 6.3.2.3. wordt in Duitsland de installatie van kathodische bescherming slechts in een klein aantal gevallen veroorzaakt door een verhoogde bodemagressiviteit. In dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat dit één op de 50 maal het geval is, zodat de frequentie waarmee een verhoogde bodemagressiviteit optreedt, geschat wordt op $5 \times 10^{-2}/50 = 10^{-3} \text{ jr}^{-1}$.

De Provinciale Waterstaat van Drenthe heeft informatie gegeven omtrent 3 gevallen waarin sprake is van een verlaging van de bodemweerstand. Uit die gevallen blijkt dat er hierbij sprake is van een halvering. De hiermee gepaard gaande verhoogde kans op lekkage kan worden bepaald met behulp van de in Bijlage 7 beschreven methodiek.

6.3.2.5. *Toestand van de tankbekleding*

Uitwendige corrosie van een ondergrondse tank, met inbegrip van leidingen, is in principe onmogelijk indien de bekleding ongeschonden is, aangezien er dan immers geen mogelijkheid is dat een elektrische stroom (en dus ook metaal-ionen) de tank verlaat.

Beschadiging van de bekleding kan een mechanische oorzaak hebben, waarbij te denken valt aan scherpe voorwerpen, graafwerkzaamheden, wortelingroei, enz. Bovendien kan asfaltbitumen bekleding aangetast worden ten gevolge van verontreiniging van de bodem met olieprodukten. Gebruik van een polytheen bekleding heeft als voordeel dat deze beter bestand is tegen aantasting door olieprodukten, terwijl tevens de mechanische sterkte ervan hoger is, met name betreffende wortelingroei.

De snelheid waarmee uitwendige corrosie plaatsvindt is moeilijk te relateren aan het oppervlak van een beschadiging.

Enerzijds zal bij een kleine beschadiging nauwelijks sprake zijn van een verschil in beluchting, zodat de aantasting door bodemagressiviteit waarschijnlijk minder groot zal zijn dan bij een grotere beschadiging.

Anderzijds zal er in het geval een elektrische stroom de tank binnentreedt (bijvoorbeeld zwerfstroom) op de plaats waar deze de tank weer verlaat, sprake zijn van een hogere stroomdichtheid (dus hogere corrosiesnelheid) naarmate de beschadiging zich over een kleiner oppervlak uitstrekt.

Zoals reeds eerder beschreven in § 6.3.2.3., wordt geschat dat jaarlijks, zowel in Nederland als in Duitsland, bij ca. 2.5% van de geïnspecteerde tanks een beschadigde bekleding wordt geconstateerd. De jaarlijkse waarnemingen bij controle van de kathodische bescherming betreffen volgens het KIWA in 75% van de gevallen nieuwe bekledingsdefecten. De tijdsduur gedurende welke de bekleding kan falen bedraagt voor

- een tank voorzien van kathodische bescherming maximaal 1 jaar;
- een enkelwandige tank, niet voorzien van kathodische bescherming, geplaatst binnen een waterwingebied, maximaal 20 jaar (periode tussen twee uitwendige inspecties);
- een enkelwandige tank, niet voorzien van kathodische bescherming, geplaatst buiten een waterwingebied, alsmede een dubbelwandige tank, maximaal 40 jaar (= levensduur).

De kans dat een willekeurige tank een beschadigde bekleding heeft, kan worden berekend volgens:

$$P_{tb} = \frac{1}{2} f_{tb} \cdot T$$

waarin f_{tb} = faalfrequentie bekleding = $0.75 \times 2.5 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2} \text{ jr}^{-1}$

T = levensduur waarover bekleding kan falen

De kans is voor de hiervoor beschreven groepen te vinden in de onderstaande tabel:

Tankcategorie	P_{tb}
enkelwandig, KB	10^{-2}
enkelwandig, geen KB, in waterwingebied	2×10^{-1}
enkelwandig, geen KB, buiten " "	4×10^{-1}
dubbelwandig	4×10^{-1}

6.3.2.6. *Kathodische bescherming*

Zoals elders beschreven (zie § 4 3.), vinden voor de kathodische bescherming van ondergrondse tanks twee typen toepassing, nl. met behulp van een gelijkrichterinstallatie en door middel van een zelfopofferende anode.

Een defecte of onvoldoende werkzame kathodische bescherming met behulp van een gelijkrichterinstallatie kan worden veroorzaakt door o.a.:

- ompooleffect, dat wil zeggen het tankoppervlak krijgt een positieve potentiaal ten opzichte van een Cu-CuSO_4 referentiecel,
- defecte gelijkrichter,
- zekering gelijkrichter defect,
- elektrische voeding gelijkrichter uitgevallen,
- te lage stroomafgifte,
- te hoge stroomafgifte,
- draadbreek.

Een te hoge stroomafgifte veroorzaakt een te negatieve oppervlakte potentiaal van de tank. Dit is op zichzelf niet corrosiebedreigend, maar het kan aantasting van de bekleding tot gevolg hebben.

Bij toepassing van een opofferingsanode kan de oorzaak van het niet of onvoldoende functioneren van de kathodische bescherming zijn gelegen in o.a.:

- uitgewerkte anode,
- onvoldoende stroomafgifte (bijvoorbeeld anode niet op juiste diepte geplaatst),
- draadbreek.

In het algemeen wordt kathodische bescherming met behulp van een opofferingsanode als de meest betrouwbare beschouwd. Aangezien het echter een klein verschil betreft en er bovendien geen kwantitatieve gegevens hieromtrent beschikbaar zijn, wordt in dit onderzoek voor beide systemen een gelijke betrouwbaarheid aangenomen.

Op grond van het feit dat bij de jaarlijkse inspectie in ongeveer 5% van de gevallen een niet-optimaal functioneren van de kathodische



bescherming zelf wordt geconstateerd (zie § 6.3.2.3.), en aannemende dat hierbij in de helft van de gevallen direct gevaar op uitwendige corrosie bestaat, wordt de faalfrequentie geschat op $2.5 \times 10^{-2} \text{ jr}^{-1}$.

6.3.3. Faalfrequenties

De kans op lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie kan worden verkregen door optelling van de kans op lekkage door elk van de factoren beschreven in § 6.3.2.1. t/m 4. Het resultaat is gepresenteerd in tabel 2; een streepje geeft aan dat de kans verwaarloosbaar klein is. De faalfrequentie van de leiding (per oppervlakte-eenheid) wordt gelijk gesteld aan die van de tank. Weliswaar is de wanddikte van de leiding iets geringer dan die van de tank (4 versus 5 mm), maar daar staat tegenover dat de polyetheen bekleding mechanisch sterker is en beter bestand is tegen wortelingroei en gemorste olieprodukten.

De berekende faalfrequenties kunnen worden getoetst aan ongevalsgegevens. In dit verband is de meest betrouwbare informatie afkomstig van Shell Nederland Verkoopmij, bij wie in een periode van 3 jaar (1980 - 1982) 47 ongevallen van tanklekkage als gevolg van uitwendige corrosie zijn gerapporteerd. Hiervan betreft het in 42 gevallen een tank geplaatst in agressieve bodem ($< 50 \text{ Ohm m}$). Geen van de tanks was voorzien van kathodische bescherming. In het totaal zijn er bij Shell circa 2600 tanks zonder kathodische bescherming die geplaatst zijn in een agressieve bodem ($< 50 \text{ Ohm m}$). Zij dateren alle van vóór 1967.

Voor tanks behorende tot deze populatie bedraagt de faalfrequentie ten gevolge van uitwendige corrosie:

$$\frac{42}{2600 \times 3} = 5 \times 10^{-3} \text{ jr}^{-1}$$

Deze waarde dient te worden vergeleken met de berekende faalfrequentie van een beklede tank in een bodem met een specifieke weerstand van 10-50 Ohm m. (Van de tanks geïnstalleerd vóór 1967, zijn ruim 400 voorzien van kathodische bescherming; er wordt hier aangenomen dat dit het geval is voor alle tanks in een bodem met een weerstand kleiner dan 10 Ohm m).

Tabel 2. Kans op lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie.

<u>Tank</u> ¹⁾	<u>Bodemweerstand</u> ²⁾	<u>Bodem- agressiviteit</u>	<u>Galvanisch contact</u>	<u>Zwerfstroom/ interferentie</u>	<u>Veranderde bodemcondities</u>	<u>Totaal</u>
ET	< 10 [*]	3×10^{-4}	-	-	-	3×10^{-4}
	10 - 25 [*]	-	-	-	-	-
	25 - 50 [*]	-	-	-	-	-
	50 - 75	7×10^{-3}	1.5×10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	9×10^{-3}
	75 - 100	-	1.5×10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	2×10^{-3}
	> 100	-	1.5×10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	2×10^{-3}
ETWW	< 10 [*]	3×10^{-4}	-	-	-	3×10^{-4}
	10 - 25 [*]	-	-	-	-	-
	25 - 50 [*]	-	-	-	-	-
	50 - 75 [*]	-	-	-	-	-
	75 - 100 [*]	-	-	-	-	-
	> 100	-	8×10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	9×10^{-4}
DT	< 10	2.0×10^{-2}	10^{-3}	4×10^{-5}	2×10^{-5}	23×10^{-3}
	10 - 25	1.4×10^{-2}	10^{-3}	4×10^{-5}	2×10^{-5}	15×10^{-3}
	25 - 50	8×10^{-3}	10^{-3}	4×10^{-5}	10^{-5}	9×10^{-3}
	50 - 75	2×10^{-3}	10^{-3}	4×10^{-5}	10^{-5}	3×10^{-3}
	75 - 100	-	10^{-3}	4×10^{-5}	10^{-5}	10^{-3}
	> 100	-	10^{-3}	4×10^{-5}	10^{-5}	10^{-3}

1) ET = enkelwandige tank buiten een waterwingebied

ETWW = enkelwandige tank binnen een waterwingebied

DT = dubbelwandige tank

2) * = kathodisch beschermd



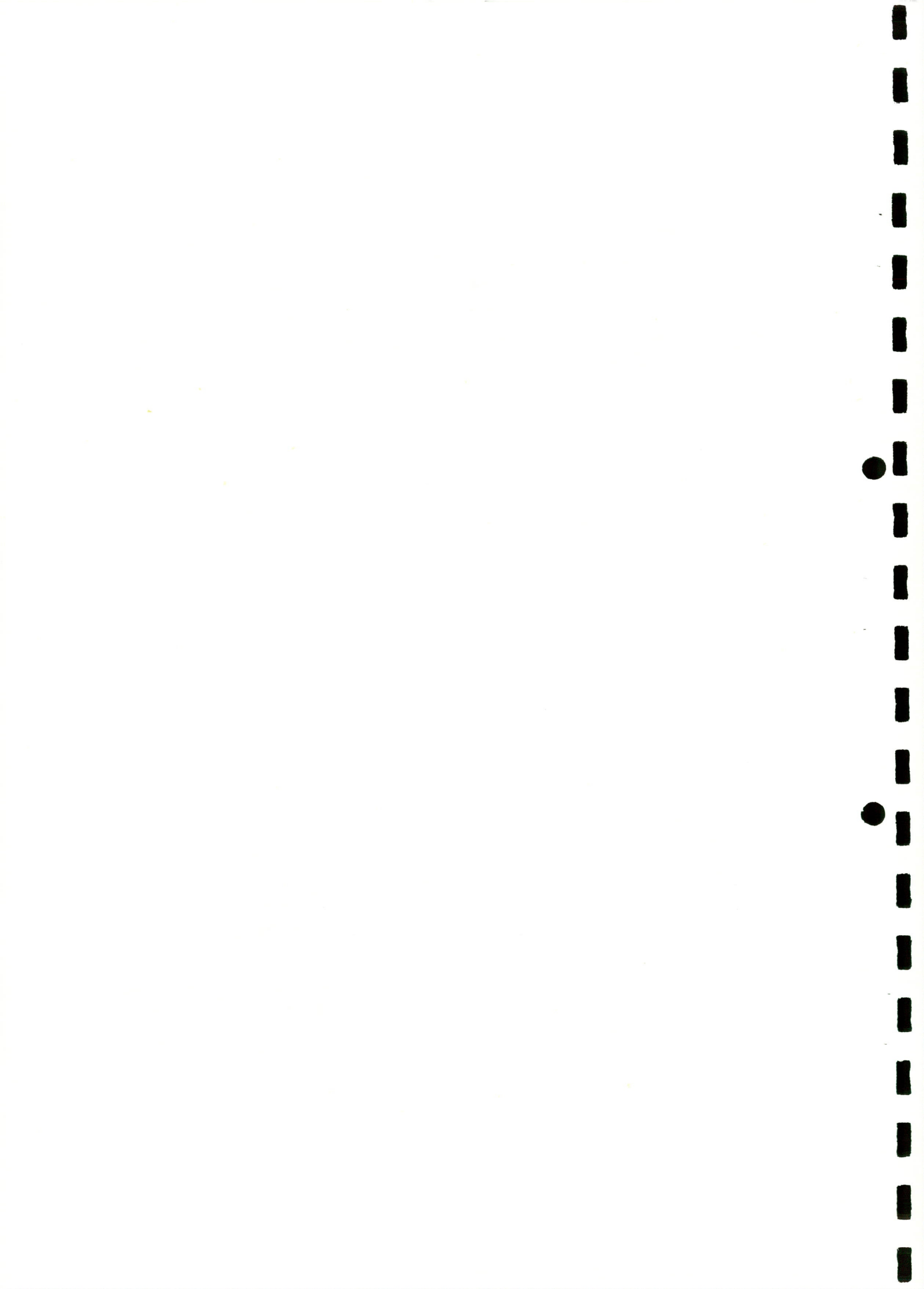
De kans op lekkage van een enkelwandige tank, niet voorzien van kathodische bescherming, ten gevolge van bodemagressiviteit bedraagt voor een bodemweerstand van 10-50 Ohm m circa 10^{-2} . Voor de bepaling van deze waarde is gebruik gemaakt van de in Bijlage 7 beschreven methodiek. De berekende faalkans is derhalve 2 maal zo groot als de uit de casuïstiek gevonden waarde. Gezien de onzekerheden bij de berekening van de kans op lekkage kan gesteld worden dat de overeenstemming goed is. Daarbij moet ook nog het volgende bedacht worden:

- * Van de 47 gevallen van lekkage werden er 35 (75%!) gesignaleerd doordat water werd gevonden in de tank. Hierbij was in 9 gevallen sprake van bodemverontreiniging. Bij tanks waar niet of niet frequent op water wordt gecontroleerd, of bij een lage grondwaterstand, zal lekkage langere tijd onopgemerkt blijven.
- * Niet alle gevallen zullen zijn gerapporteerd.

6.3.4. Bronsterkte

De grootte van de gaten die ontstaan door corrosie zal tijdsafhankelijk zijn: de gaten beginnen zeer klein en groeien in de loop der tijd. De uitstromende hoeveelheid is echter niet slechts afhankelijk van de gatgrootte en het aantal gaten (wat bepaald wordt door het tankoppervlak), maar ook van de bodemgesteldheid. Zo kan, indien een lek zich onder het grondwaterniveau bevindt, water in de tank dringen in plaats van olie in de bodem. In geval van lekkage zal de hoeveelheid afhankelijk zijn van een aantal factoren. In het algemeen speelt het toeval hierbij een grote rol, aangezien de uitstroming vaak plaatsvindt totdat er sprake is van overlast, bijvoorbeeld door verontreiniging van het drinkwater via het grondwater of door aantasting van een waterleiding, stankoverlast, enzovoort.

Bij een tank voorzien van kathodische bescherming kan een lekkage gedetecteerd worden voordat er sprake is van overlast, doordat bij de jaarlijkse controle een aantasting van de bekleding geconstateerd kan worden.



In dit onderzoek wordt er verder van afgezien de rol van bovengenoemde factoren te kwantificeren. De hoeveelheid, die vrijkomt bij het lek-raken van een tank door corrosie, is geschat op basis van in de casuïstiek aangetroffen gevallen van bodemverontreiniging, waarvan bekend is hoeveel olieprodukt is vrijgekomen. De gemiddelde hoeveelheid bedroeg hierbij circa 10.000 liter (laagste waarde 1000 l, hoogste 40.000 l). Ervan uitgaande dat slechts in de helft van de gevallen van lekkage sprake zal zijn van bodemverontreiniging (zie Bijlage 8), wordt in dit onderzoek voor lekkage van een tank door corrosie een bronsterkte van 5000 liter gebruikt.

De faalfrequentie van de leiding is gelijk gesteld aan die van de tank. Derhalve kan worden aangenomen dat zich per oppervlakte-eenheid in een leiding evenveel gaatjes zullen ontwikkelen als in een tank. Aangezien het oppervlak van de vulleiding veel kleiner is dan van de tank, en er bovendien slechts tijdens het vullen produkt kan uitstromen, wordt verondersteld dat de bronsterkte van een leidinglek verwaarloosbaar klein is ten opzichte van lekkage van de tank.

Bovenstaande vindt zijn bevestiging in de casuïstiek, aangezien slechts één geval is gevonden van uitwendige corrosie van een vulleiding. Het betrof hier echter een leiding zonder bekleding.

6.4. Inwendige corrosie

6.4.1. Algemeen

Inwendige corrosie van een tank kan optreden indien gelijktijdig water, zuurstof en een bezinksel, de zogenaamde sludge-laag, aanwezig zijn [10,11]. De kans op aantasting door inwendige corrosie is groter naarmate (in volgorde van belangrijkheid)

- het eventueel in de tank aanwezige water minder frequent verwijderd wordt,
- de omzet/inhoud verhouding lager ligt,
- het zwavelgehalte in het produkt hoger is.

6.4.2. Faalfrequenties

Een schatting van de faalfrequentie kan echter gemaakt worden op grond van casuïstiek met betrekking tot het optreden van lekkage ten gevolge van inwendige corrosie. Hiervoor is onderstaande informatie beschikbaar (zie ook Bijlage 9).

- * Inventarisatie van de bij de grote oliemaatschappijen gerapporteerde gevallen van bodemverontreiniging gedurende de jaren 1981 en 1982.
- * Onderzoek, uitgevoerd door het KIWA, naar inwendige aantasting door corrosie van ondergrondse opslagtanks voor huisbrandolie.

Op basis van bovenstaande informatie worden in dit onderzoek, voor tanks geplaatst buiten een waterwingebied, de volgende faalfrequenties gebruikt (zie ook Bijlage 9):

- benzinetank $4 \times 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$
- dieselolietank 10^{-3} jr^{-1}

Voor een dubbelwandige tank met een wanddikte van 8 mm (binnenwand 5 mm, buitenwand 3 mm) bedragen de faalfrequenties respectievelijk 3×10^{-4} en $6 \times 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$. Deze frequenties hebben betrekking op een systeem zonder lekdetectie; hiervoor wordt later gecorrigeerd.

Voor tanks in waterwingebieden geldt de verplichting dat zij elke 10 jaar worden beproefd op druk en elke 20 jaar een inwendige inspectie ondergaan. Er bestaat geen inzicht in de resultaten van deze beproevingen. In dit onderzoek wordt aangenomen dat voor tanks, geplaatst in een waterwingebied, een twee maal zo lage faalfrequentie geldt.

Bovenstaande sluit aan bij ervaringen van de oliemaatschappijen: Inwendige corrosie van benzinetanks kan niet worden uitgesloten, zoals soms beweerd wordt in de literatuur, en de frequentie waarmee het voorkomt verschilt minder dan een orde van grootte met die van dieselolietanks. Aangezien de gelijktijdige, continue aanwezigheid van water, lucht en sludge in de vulleiding onwaarschijnlijk is, wordt er in dit onderzoek van uitgegaan dat inwendige corrosie ervan niet voorkomt.



6.4.3. Bronsterkte

De hoeveelheid die vrijkomt bij het lekragen van de tank door inwendige corrosie wordt gelijkgesteld aan de bronsterkte ten gevolge van uitwendige corrosie, dat wil zeggen 5000 liter.

6.5. Ongewenste gebeurtenissen tijdens vullen

6.5.1. Algemeen

In de LPG-Integraalstudie [9] zijn de ongewenste gebeurtenissen geïdentificeerd die kunnen plaatsvinden tijdens het vullen van een ondergrondse tank. In het kader van dit onderzoek worden daarvan de volgende faalscenario's relevant geacht:

- onjuiste hoeveelheid verladen,
- openen bodemafluiters terwijl de losslang niet of onjuist is aangekoppeld,
- afkoppelen van de losslang met geopende bodemafluiters,
- falen van de losslang,
- niet drainen van de losslang.

Een onjuiste hoeveelheid benzine verladen kan leiden tot overvullen van de tank. Benzine of dieselolie kan vervolgens op verschillende manieren vrijkomen.

In het merendeel van de gevallen zal olieprodukt uittreden bij de ontluchting van de benzinepomp, waardoor de overvulling in het algemeen snel zal worden opgemerkt. Indien gevuld wordt met geopende peilput, hetgeen overigens niet geoorloofd is (zie § 4.5. en Bijlage 6); of bij een slechte afdichting van de peilput, zal zich een olieplas vormen in de peilput.

In incidentele gevallen zal bodemverontreiniging kunnen plaatsvinden via een lekkend mangatdeksel of aansluitstomp. Aangezien het hier een ondergrondse lekkage betreft, zal de overvulling in dit geval minder snel worden opgemerkt.

Bij het openen van een bodemafluiters terwyl de losslang niet of onjuist is aangekoppeld, moet onderscheid worden gemaakt tussen een bovengronds vulpunt en een vulput (zie figuur 1 op pag. 9). In principe zal een eventuele uitstroming sneller worden opgemerkt bij een bovengronds vulpunt. Aangezien de bijdrage aan de frequentie van uitstroming bij het vullen van het niet of onjuist aankoppelen gering is ten opzichte van het overvullen zal dit onderscheid in deze studie niet gemaakt worden.

In principe zal de kans op overvulling, alsmede de uitstromende hoeveelheid, geringer zijn naarmate de maximaal toelaatbare vulgraad lager is (zie § 4.5.). Dit onderscheid zal in deze studie buiten beschouwing worden gelaten.

6.5.2. Faalfrequenties ten gevolge van uitstroming bij vullen

Bovenstaande ongewenste gebeurtenissen zijn, met uitzondering van niet drainen van de losslang, uitgewerkt in een foutenboom (Bijlage 10). De structuur van de foutenboom, alsmede de frequenties, zijn afkomstig uit deelrapport 2123 van de LPG-Integraalstudie [9]. De frequentie van uitstroming bij het vullen van een opslagtank is afhankelijk van de doorzet:

- doorzet 220 ton/jr → 15 lossingen: $1.2 \times 10^{-3} \text{ jr}^{-1}$
- doorzet 750 ton/jr → 52 lossingen: $4.3 \times 10^{-3} \text{ jr}^{-1}$

De hierboven berekende faalfrequenties kunnen worden getoetst aan de casuïstiek, waarbij gebruik wordt gemaakt van de inventarisatie van gerapporteerde gevallen van bodemverontreiniging bij de grote oliemaatschappijen, die is gemaakt door de Olie Contact Commissie (O.C.C., zie Bijlage bij Interne Corrosie).

Het aantal gerapporteerde gevallen van overvullen in de periode 1981-1982 bedroeg 13; dit is ruim twee maal zoveel als lekkage door inwendige corrosie. Uit § 6.4.3. blijkt dat de gemiddelde frequentie van lekkage door inwendige corrosie circa $6 \times 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$ bedraagt. De berekende frequentie van uitstroming bij overvullen komt derhalve redelijk goed overeen met de geschatte waarde op basis van casuïstiek.

In Duitsland dient een tank voorzien te zijn van een overvulbeveiliging. Vergelijking van de faalkansen van de componenten van de overvulbeveiliging leert dat de magneetklep de meest kwetsbare schakel in het geheel is. De faalfrequentie is verkregen uit de databank COMPI (TNO) en bedraagt 10^{-3} /aanspraak.

Bij de aanwezigheid van een overvulbeveiliging zal de kans toenemen dat geen detectie of ingreep plaatsvindt, aangezien de neiging zal bestaan te vertrouwen op de instrumentatie. Dit wordt bevestigd door de Rheinisch-Westfälischer TÜV. De faalfrequentie wordt bij aanwezigheid van een overvulbeveiliging gesteld op 10^{-1} /aanspraak. Deze waarde is zo hoog genomen, omdat de richtlijnen ten aanzien van de alarmering bij overvulling niet erg streng zijn. Er kan namelijk worden volstaan met een rood alarmlichtje.

De frequentie van uitstroming bij het vullen van een opslagtank kan worden berekend met behulp van een foutenboom (Bijlage 10), en bedraagt:

- doorzet 220 ton/jr $\rightarrow$ 15 lossingen: 10^{-4} jr^{-1}
- doorzet 750 ton/jr $\rightarrow$ 52 lossingen: $3.5 \times 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$

6.5.3. Faalfrequentie ten gevolge van morsen

Bij het vullen van de opslagtank kan olieprodukt vrijkomen door het niet (volledig) drainen van de losslang. Hierdoor zal bij het loskoppelen benzine of dieselolie worden gemorst.

In het algemeen zal het hierbij om relatief kleine hoeveelheden gaan, variërend van enkele druppels tot de volledige inhoud van de losslang, welke bij een diameter van 3" en een lengte van 15 meter circa 65 liter bedraagt.

Omtrent de frequentie waarmee morsen plaatsvindt, zijn geen gegevens beschikbaar. Wel blijkt uit gesprekken met betrokkenen (oliemaatschappijen, inspecties), dat de frequentie vrij hoog moet zijn. In dit onderzoek wordt aangenomen dat deze 0.1/vulling bedraagt. Afhankelijk van de doorzet bedraagt de frequentie van morsen:

- doorzet 220 ton/jr $\rightarrow$ 15 lossingen: 1.5 jr^{-1}
- doorzet 750 ton/jr $\rightarrow$ 52 lossingen: 5.2 jr^{-1}

6.5.4. Bronsterkte

De hoeveelheid produkt die vrijkomt ten gevolge van uitstroming bij vullen wordt op basis van casuïstiek geschat op 500 liter.

De gemorste hoeveelheid per keer wordt geschat op 1 liter.

6.6. Mechanische beschadiging

6.6.1. Algemeen

Mechanische beschadigingen aan een ondergrondse tank en de vulleiding kunnen o.a. worden veroorzaakt door:

- scherp voorwerp,
- graafwerkzaamheden,
- verkeer,
- opdrijven/verzakken,
- stoten/botsen tegen bovengronds vulpunt.

Beschadigingen door een scherp voorwerp zullen zich gewoonlijk beperken tot de bekleding. Op zichzelf geeft dit nog geen aanleiding tot lekkage, maar wel bestaat er een verhoogde kans op uitwendige corrosie. Dit aspect is dan ook al in beschouwing genomen in § 6.3.2.5.

De drie laatstgenoemde oorzaken zullen in het algemeen slechts van toepassing zijn voor leidingen. In het geval de tank is ingegraven op een plaats waarover zwaar verkeer plaatsvindt, kunnen, bij een onvoldoende dikte van de deklaag, fittingen of koppelstukken lostrillen. Aangezien alle koppelstukken van de tank zich boven het vloeistofniveau bevinden, kan alleen in geval van overvullen uitstroming plaatsvinden. Lekkage van koppelstukken of fittingen kan eveneens plaatsvinden indien leidingen gaan "werken" door opdrijven of verzakken, of door stoten of botsen van een zwaar voorwerp tegen een bovengronds vulpunt.

6.6.2. Faalfrequentie

In de casuïstiek zijn voor de periode 1979-1983 twee gevallen aangetroffen van bodemverontreiniging door mechanische beschadiging.

In beide gevallen betrof het een lekkende leiding. Aannemende dat slechts de helft van de gevallen is gevonden, en dat een lekkage slechts in de helft van de gevallen aanleiding geeft tot bodemverontreiniging, bedraagt de faalfrequentie:

$$\frac{2 \times 2 \times 2}{28.000 \times 5} = 6 \times 10^{-5} \text{jr}^{-1}$$

6.6.3. Bronsterkte

Bij leidingbreuk kan maximaal de te vullen hoeveelheid uitstromen. Bij een klein gat zal sprake zijn van (meermalig) verlies van een gedeelte van de te vullen hoeveelheid. Deze hoeveelheid, alsmede het aantal malen dat verlies optreedt, is afhankelijk van de gatgrootte en de oplettendheid van de pompbeheerder respectievelijk chauffeur van de tankauto tijdens het vullen.

In dit onderzoek wordt aangenomen dat in geval van leidingbreuk/-gat dit niet bemerkt zal worden tijdens het vullen, maar aan het licht zal komen door overlast (stank, waterverontreiniging, enz.). De bronsterkte is dan gelijk aan die voor uitwendige corrosie en bedraagt 5000 liter.

6.7. Foutieve installatie/constructie

6.7.1. Algemeen

Installatie van een ondergrondse tank dient volgens de Leidraad te geschieden door een installateur die erkend is door het KIWA. Hiervan zijn er in Nederland circa 50. De installateur is verplicht elke tank volgens de norm aan te leggen, ook als de opdrachtgever dit niet vereist. Hij is bovendien verplicht iedere installatie te melden aan het KIWA en de Afdeling Hinderwet van de gemeente. Het KIWA controleert de aangelegde installaties steekproefsgewijs. Een foutieve installatie of constructie zal zich in een groot aantal gevallen manifesteren tijdens of kort na ingebruikname van de tank.

In veel gevallen betreft het een slechte verbinding tussen pijpstukken.

Slechts indien sprake is van een beschadigde bekleding (bijvoorbeeld ten gevolge van een onzorgvuldige installatie), of bij onvoldoende bescherming tegen opdrijven/verzakken, zwaar verkeer, enz., zullen er na langere tijd problemen ontstaan.

Deze factoren zijn echter al behandeld bij de scenario's uitwendige corrosie en mechanische beschadigingen.

6.7 2. Faalfrequentie en bronsterkte

In de casuïstiek zijn voor de periode 1979-1983 twee gevallen aangetroffen van bodemverontreiniging door foutieve installatie of constructie.

Onder de aannamen, gesteld in § 6.6.2, bedraagt de faalfrequentie dan $6 \times 10^{-5} \text{ jr}^{-1}$. Aangezien hiervoor dezelfde overwegingen gelden (zie § 6.6.3.) wordt de bronsterkte gelijk gesteld aan die van mechanische beschadigingen (5000 liter).

6.8. Lekkage bij het uit gebruik nemen

6.8.1. Algemeen

Bij het buiten bedrijf stellen van een tank kan het volgende onderscheid worden gemaakt:

- de tank blijft (eventueel met produkt) in de grond liggen. De ongewenste gebeurtenissen die in dit geval kunnen optreden zijn reeds behandeld in de vorige paragrafen;
- de tank wordt uit de grond verwijderd.

In het laatstgenoemde geval kan lekkage optreden, omdat men ten onrechte aanneemt dat de tank leeg is. Anderzijds kan een tankinstallatie reeds zodanig zijn aangetast, dat deze lekraakt door de handelingen die gepaard gaan met het uitgraven.

6.8.2. Faalfrequentie

In de casuïstiek is voor de periode 1979-1983 één geval aangetroffen van bodemverontreiniging doordat een tank werd uitgegraven waarvan men

dacht dat deze leeg was. Hierbij kwamen enige duizenden liters benzine vrij.

Aannemende dat slechts de helft van de gevallen is aangetroffen in de casuïstiek, bedraagt de faalfrequentie:

$$1 \times 10^{-5} \text{ jr}^{-1}$$

6.8.3. Bronsterkte

De bronsterkte ten gevolge van lekkage bij het uitgraven van een tank zal lager zijn dan de bronsterkte ten gevolge van een lekke tank of leiding. Dit kan als volgt worden verklaard:

- * Het uitgraven van een tankinstallatie geschiedt in een betrekkelijk korte periode, zodat de tijdsduur van lekkage beperkt blijft.
- * Eventuele lekkage van een afgegraven installatie zal sneller worden opgemerkt dan bij een (afgedekte) installatie die in bedrijf is (bijvoorbeeld stankoverlast).

In dit onderzoek wordt de bronsterkte op 1000 liter gesteld.

7. PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN

7.1. Algemeen

In hoofdstuk 6 is voor elk van de uitstromingsscenario's een schatting gemaakt van de kans op lekkage en de hierbij vrijkomende hoeveelheid olieprodukt. Hiermee is het mogelijk van een bepaald opslagsysteem het risico met betrekking tot bodemverontreiniging vast te stellen. Het risico van veelvuldige lekkage van kleine omvang is te vergelijken met dat van een eenmalige grote lekkage, aangezien olieprodukten in hoge mate accumuleren in de bodem. Er is daarom gekozen om het risico weer te geven als produkt van de kans op optreden en de uitgestroomde hoeveelheid per uitstromingsscenario.

Voor het bepalen van het totale risico van een opslagsysteem (dat wil zeggen van alle uitstromingsscenario's) dient onderscheid te worden gemaakt tussen enkelwandige en dubbelwandige tanks.

Enkelwandige tank

Het totale risico voor de bodem van een enkelwandige tank wordt bepaald uit de som van de risico's van elk van de uitstromingsscenario's uit hoofdstuk 6. Dit is geoorloofd, aangezien de afzonderlijke risico's in hoge mate onafhankelijk zijn van elkaar.

Dubbelwandige tank

Bij een dubbelwandige tank zal lekkage van alleen de binnen- of buitenwand nog geen aanleiding geven tot bodemverontreiniging. Immers, bij goed functioneren van het lekdetectiesysteem zal een lekkage in één van de wandenesignaleerd worden, zodat de mogelijkheid bestaat maatregelen te treffen ter voorkoming van bodemverontreiniging.

Voor het optreden van bodemverontreiniging is het noodzakelijk dat zowel de binnen- als de buitenwand lek zijn, en bovendien het lekdetectiesysteem defect is. De kans op lekkage door uitwendige corrosie is groter dan door inwendige corrosie. Indien er zich een lek bevindt in de buitenwand, en de omstandigheden zijn corrosief, zal uitwendige corrosie van de binnenwand plaatsvinden. Dit proces verloopt relatief

snel, aangezien de binnenwand geen bescherming heeft tegen aantasting van buitenaf.

De kans op bodemverontreiniging bij een dubbelwandige tank kan dus worden berekend uit het produkt van de kans op lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie van beide wanden (tabel 1) en de faalkans van het lekdetectiesysteem.

De faalkans van het lekdetectiesysteem is geschat op grond van een onderzoek dat door de TÜV-Norddeutschland is uitgevoerd van ruim 30.000 inspecties van ondergrondse tanks [16]. In circa 20% van de gevallen was sprake van niet of niet optimaal functioneren van het lekdetectiesysteem. Hierbij varieerde de aard van het mankement van een defect controlelampje tot het afwezig zijn van de lekdetectievloeistof. Een verdere onderverdeling naar de aard van het mankement wordt in [16] niet gegeven. Er wordt hier aangenomen dat het mankement in de helft van de gevallen aanleiding geeft tot het niet detecteren van een lek in één van de tankwanden.

Inspectie van het lekdetectiesysteem door de TÜV vindt iedere $2\frac{1}{2}$ jaar plaats voor tanks geplaatst binnen een waterwingebied, en iedere 5 jaar voor tanks buiten een waterwingebied. Daarnaast dient het systeem eens per jaar gecontroleerd te worden door de installateur. Bij een (gemiddelde) inspectie door de TÜV om de 4 jaar bedraagt de kans op een defect lekdetectiesysteem, berekend over de periode van een jaar:

$$\frac{2 \times 10^{-1}}{2 \times 4} = 2.5 \times 10^{-2}$$

N.B. In de bovenstaande kans is de jaarlijkse controle door de installateur inbegrepen.

Op basis van ervaringen van de TÜV kan aan het lekdetectiesysteem met een sonde een hogere betrouwbaarheid worden toegekend dan aan een systeem met een vlotter (zie § 4.3.). Aangezien hieromtrent geen kwantitatieve informatie beschikbaar is, zal dit onderscheid hier niet worden gemaakt.

7.2. Presentatie van het risico

In dit onderzoek is gekozen voor een presentatie van het risico voor de bodem in de vorm van tabellen (zie tabel 3 t/m 7).

Hierin kan het risico per opslagsysteem (enkelwandig/dubbelwandig) en per uitstromingsscenario worden afgelezen in de vorm van risicofactoren. Het totale risico voor de bodem per opslagsysteem wordt verkregen door de risicofactoren te sommeren. Op deze wijze kan het risico voor de beide geselecteerde opslagsystemen met elkaar worden vergeleken, hetgeen de doelstelling van dit onderzoek is. Tevens wordt op deze wijze een inzicht verkregen in de invloed van de verschillende uitstromings-scenario's.

In Bijlage 11 wordt het bovenstaande aan de hand van een voorbeeld ge-illustreerd.

Tabel 3. Risicofactor ten gevolge van uitwendige corrosie (enkelwandige tank).

<u>Bodemweerstand</u> (Ohm m)	<u>Bronsterkte</u> (1)	<u>Binnen waterwingebied</u>		<u>Buiten waterwingebied</u>	
		<u>Faalfrequentie</u>	<u>Risicofactor</u>	<u>Faalfreq.</u>	<u>Risicofactor</u>
< 10	5000	3×10^{-4}	1.5	3×10^{-4}	1.5
10 - 25	5000	-	-	-	-
25 - 50	5000	-	-	-	-
50 - 75	5000	-	-	9×10^{-3}	45.0
75 - 100	5000	-	-	2×10^{-3}	10.0
> 100	5000	9×10^{-4}	4.5	2×10^{-3}	10.0

Tabel 4. Risicofactor ten gevolge van inwendige corrosie (enkelwandige tank).

	<u>Bronsterkte</u> (1)	<u>Binnen waterwingebied</u>		<u>Buiten waterwingebied</u>	
		<u>Faalfrequentie</u>	<u>Risicofactor</u>	<u>Faalfreq.</u>	<u>Risicofactor</u>
benzine	5000	2×10^{-4}	1.0	4×10^{-4}	2.0
dieselolie	5000	5×10^{-4}	2.5	10^{-3}	5.0

Tabel 5. Risicofactor ten gevolge van inwendige en uitwendige corrosie (dubbelwandige tank).

<u>Bodemweerstand</u>	<u>Bronsterkte</u>	<u>Faalfrequentie</u>	<u>Risicofactor</u>
<u>(Ohm m)</u>	<u>(1)</u>		
< 10	5000	6×10^{-4}	3.0
10 - 25	5000	4×10^{-4}	2.0
25 - 50	5000	2×10^{-4}	1.0
50 - 75	5000	8×10^{-5}	0.4
75 - 100	5000	3×10^{-5}	0.15
> 100	5000	3×10^{-5}	0.15

Tabel 6. Risicofactor ten gevolge van uitstroming bij vullen en morsen (doorzet 750 ton/jr, 52 lossingen).

	<u>Uitstroming bij vullen</u>			<u>Uitstroming bij morsen</u>			<u>Totale</u>
	<u>Faal-</u>	<u>Bron-</u>	<u>Risico-</u>	<u>Faal-</u>	<u>Bron-</u>	<u>Risico-</u>	<u>Risicofactor</u>
	<u>freq.</u>	<u>sterkte</u>	<u>factor</u>	<u>freq.</u>	<u>sterkte</u>	<u>factor</u>	
met overvulbeveiliging	3.5×10^{-4}	500 1	0.2	5.2	1 1	5.2	5.4
zonder " " "	4.3×10^{-3}	500 1	2.2	5.2	1 1	5.2	7.4

Tabel 7. Risicofactor ten gevolge van overige faaloorzaken (mechanische beschadiging, foutieve installatie/constructie, uit gebruik nemen).

<u>Faaloorzaak</u>	<u>Faalfrequentie</u>	<u>Bronsterkte</u> <u>(1)</u>	<u>Risicofactor</u>
Mechanische beschadiging	6×10^{-5}	5000	0.3
Foutieve install./constr.	6×10^{-5}	5000	0.3
Uit gebruik nemen	10^{-5}	1000	0.01

8. BESCHOUWING VAN DE RESULTATEN

Resultaten

In dit onderzoek is het risico van bodemverontreiniging door benzine of dieselolie vergeleken voor twee ondergrondse opslagsystemen: de dubbelwandige tank naar Duitse richtlijnen en de Nederlandse tank volgens Nederlandse richtlijnen. Bij de laatstgenoemde is nog onderscheid gemaakt tussen tanks geplaatst binnen respectievelijk buiten een waterwingebied, aangezien hiervoor verschillende richtlijnen gelden (criterium voor de installatie van kathodische bescherming, frequentie van inspectie en onderhoud, enzovoort).

Van de beschouwde systemen is de dubbelwandige tank het meest betrouwbaar; zeker indien in aanmerking wordt genomen dat er in dit onderzoek van is uitgegaan dat dubbelwandige tanks niet voorzien zullen zijn van kathodische bescherming. Hoewel kathodische bescherming in de Duitse richtlijnen niet is voorgeschreven voor dubbelwandige tanks, zal deze bij plaatsing in een agressieve bodem in het algemeen wél worden toegepast, teneinde de levensduur van de tank te verlengen.

Het risico van een enkelwandige tank, geplaatst in een waterwingebied, is enigszins hoger dan van de dubbelwandige tank. Dit wordt veroorzaakt door de afwezigheid van een overvulbeveiliging en de hogere kans op lekkage door inwendige en uitwendige corrosie.

Het risico van een enkelwandige tank kan, door het treffen van maatregelen, worden teruggebracht tot een waarde die vergelijkbaar is met die van een dubbelwandige tank (zie risico-reducerende maatregelen).

Het risico van een enkelwandige tank, niet geplaatst in een waterwingebied, is van de beschouwde systemen het hoogst. Dit geldt met name voor de tanks die niet voorzien zijn van een kathodische bescherming, aangezien hierbij sprake is van een relatief hoge kans op lekkage door uitwendige corrosie. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat na installatie van de tank geen enkele controle meer plaatsvindt op de toestand van de bekleding en de aanwezigheid van een galvanisch contact of elektrische beïnvloeding van buitenaf (zwerfstroom/interferentie).

Om dezelfde reden, zij het in mindere mate, is er ook bij enkelwandige tanks binnen een waterwingebied, die niet zijn voorzien van kathodische bescherming, een relatief hoog risico van bodemverontreiniging door lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie te constateren.

De gepresenteerde resultaten hebben betrekking op tanks die voldoen aan de Nederlandse, respectievelijk Duitse richtlijnen. Het risico van bodemverontreiniging zal in het algemeen aanzienlijk groter zijn voor tanks die niet zijn geïnstalleerd volgens de richtlijnen. Evenzo zal er sprake zijn van een verhoogd risico bij tanks die wel zijn geïnstalleerd volgens de richtlijnen, maar waarbij sprake is van nalatig onderhoud, geen inspectie van het kathodisch beschermstelsel, enzovoort.

De in dit onderzoek gevolgde methodiek alsmede de resultaten, lenen zich voor uitbreiding naar het autotankstation in zijn totaliteit, dat wil zeggen inclusief de overslag van de opslagtank naar de autotank, en voor andere typen opslag.

Nauwkeurigheid

De risicofactoren, die zijn gepresenteerd in Bijlage 11, zijn verkregen door vermenigvuldiging van de kans op lekkage en de hierbij vrijkomende hoeveelheid olieprodukt (bronsterkte) per uitstromings-scenario. Zowel voor de bepaling van de kans als de bronsterkte, is gebruik gemaakt van de casuïstiek. Deze zal in een groot aantal gevallen niet volledig zijn geweest. De onnauwkeurigheid van de gepresenteerde risicofactoren is derhalve tamelijk groot en zou een orde van grootte kunnen bedragen.

De doelstelling van dit onderzoek is het vergelijken van het risico van een enkelwandige en een dubbelwandige tank. Bovendien dient het bepaalde risico van de enkelwandige tank als referentiewaarde voor toekomstig onderzoek, dat zal worden uitgevoerd in opdracht van het Ministerie VROM, Hoofdafdeling Bodem.

De fout die gemaakt wordt bij de bepaling van de kans en de bronsterkte zal voor de beide systemen veelal in dezelfde richting uitwerken.

Hierdoor zal de vergelijking van het risico van de beide systemen goed mogelijk zijn, en met name geschikt zijn voor het vaststellen van risico-reducerende maatregelen.

Risico-reducerende maatregelen

Het risico van een opslagsysteem met betrekking tot bodemverontreiniging kan worden gereduceerd door de kans op het plaatsvinden van een ongewenste gebeurtenis te verkleinen, dan wel de vrijkomende hoeveelheid olieprodukt te beperken.

In de sfeer van de reductie van de kans op optreden kunnen de volgende risico-reducerende maatregelen worden voorgesteld:

* Enkelwandige tanks buiten een waterwingebied

- Verhoging van het criterium waarbij kathodische bescherming vereist is. Aanbrengen van kathodische bescherming bij tanks geplaatst in een bodem met een specifieke weerstand van 50-75 Ohm m, reduceert de risicofactor ten gevolge van uitwendige corrosie van deze groep bijvoorbeeld van 45.0 tot nihil.
- Periodieke controle op de toestand waarin de bekleding zich bevindt bij tanks niet voorzien van kathodische bescherming. Bij een inspectie van iedere 20 jaar wordt de risicofactor ten gevolge van uitwendige corrosie gereduceerd van 10.0 tot 5.0. Bij inspectie om de 10 jaar vindt een verdere halvering van het risico plaats.
- Hogere frequentie van inspectie van het kathodisch beschermstelsel. De maximale reductie van de risicofactor ten gevolge van uitwendige corrosie bedraagt 1.5.
- Inwendige inspectie van tanks geplaatst buiten een waterwingebied, waarbij het, voor wat betreft de inspectiefrequentie, zinvol is onderscheid te maken tussen benzine- en dieselolietanks. Reductie van de risicofactor ten gevolge van inwendige corrosie is afhankelijk van de inspectiefrequentie, maar kan voor benzinetanks 1.0 en voor dieselolietanks 2.5 à 5.0 bedragen.

- Aanbrengen van een overvulbeveiliging. Dit reduceert de risicofactor van 7.4 tot 5.4. Een verdere reductie van deze risicofactor kan worden verkregen door maatregelen te treffen waarmee de frequentie van morsen wordt verkleind (bijvoorbeeld een lekbak).

* Enkelwandige tanks binnen een waterwingebied

- Verhoging van de frequentie van inspectie op de toestand waarin de bekleding zich bevindt. De maximale reductie van de risicofactor die kan worden verkregen bedraagt 4.5.
- Verhoging van de frequentie van inspectie van het kathodisch beschermstelsel. Zie hierboven.
- Verhoging van de frequentie van inwendige inspectie, waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen benzine- en dieselolietanks. De maximale reductie van de risicofactor bedraagt 1.0 voor een benzine- en 2.5 voor een dieselolietank.
- Aanbrengen van een overvulbeveiliging, en maatregelen ter verkleining van de kans op morsen. Zie hierboven.

* Dubbelwandige tank

- Verplichting tot het installeren van kathodische bescherming bij tanks geplaatst in een agressieve bodem.
- Maatregelen ter verkleining van de kans op morsen.

In geval van een ondergrondse lekkage zou de uitstromende hoeveelheid kunnen worden verkleind door gebruik te maken van een in de Verenigde Staten toegepast detectiesysteem, dat verontreiniging van grondwater met olie signaleert [17].

REFERENTIELIJST

1. Economische basisstellingen; auto en aanverwante bedrijven, benzine-station, 1977; Centraal Bureau voor de Statistiek; Staatsuitgeverij, Den Haag.
2. Leidraad 1969 voor de ondergrondse opslag van vloeibare aardolieprodukten; Uitgave van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1ste druk, 1969, Voorburg.
3. Vloeibare aardolieprodukten, opslag in waterwingebieden; Uitgave van het Directoraat van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1ste druk, 1984, Voorburg.
4. Als [2], 3de druk, 1984.
5. Hazardous Waste Report, suppl. Trends & Analyses, May 1984.
6. Legal authority governing leaking underground tanks; Paper presented at conference "Leaking Underground Storage Tanks-Managing the Problem", 18th-19th September 1984, Cherry Hill, New Jersey, USA.
7. Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten, Carl Heymanns Verlag, Köln.
8. Verslag van de eerste vergadering van de begeleidingscommissie "Vergelijkende risico-analyse opslagsystemen autotankstations", 29 augustus 1984 te Leidschendam.
9. LPG-Integraal, vergelijkende risico-analyse van de opslag, overslag, het vervoer en het gebruik van LPG en benzine; Publikatie van het Ministerie van VROM, 1983.
10. Ing. H.J. Hanekamp. Wordt "levensduur" ondergrondse olietanks bepaald door inwendige corrosie? Gemeentewerken, 7de jaargang, 1978, 44-45.

11. J.N. Fitzgerald. Corrosion of underground storage tanks - causes and cures. Plant Engineering, 15 (37), 1983, 46-48.
12. De problematiek van de ondergrondse opslag van vloeibare aardolieprodukten; Inspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne in de Provincies Groningen, Friesland en Drente, 1981.
13. W. von Baeckmann; Taschenbuch für den kathodischen Korrosionsschutz; Vulkan Verlag, Essen, 3. Auflage, 1983.
14. W. von Baeckmann; Maschinemarkt, 90 (1/2), 1984, 9-11.
15. W. von Baeckmann; Maschinemarkt, 89 (41), 1983, 870-873.
16. H. Schüler; Technische Ueberwachung, Sicherheit und Zuverlässigkeit, 24 (3), 1983, 97-101.
17. Electronic system checks groundwater of hydrocarbon seepage; Chemical Engineering, 87 (14), 1980, 91.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

De onderstaande contacten zijn gelegd gedurende de eerste fase van het onderzoek:

Oliemaatschappijen

- . Deutsche Shell AG, Hamburg
- . Shell UK Ltd, London
- . Shell Nederland Verkoopmaatschappij BV, Rotterdam
- . Chevron Petroleum Maatschappij Nederland BV, Den Haag
- . Esso Nederland BV, Den Haag

Het contact met de twee eerstgenoemde is telefonisch geweest. Informatie werd verkregen betreffende de ervaring van Shell met ondergrondse opslag.

Van Shell Nederland werden twee bouwtekeningen van een ondergrondse tank ontvangen. Bovendien werd informatie verkregen inzake casuïstiek gegevens. Met vertegenwoordigers van Chevron en Esso heeft een persoonlijk onderhoud plaatsgevonden, betreffende de ervaringen die deze maatschappijen hebben met ondergrondse opslag.

Overige bedrijven

De firma Van der Velde Protection in Rijswijk werd bezocht voor het verkrijgen van informatie betreffende kathodische bescherming.

Van Gems Metaalwerken BV werd een bouwtekening ontvangen van een dubbelwandige tank.

De firma Saku, de Nederlandse vertegenwoordiging van Oechssler Sicherheitstanks, stuurde informatie toe over de Oechssler Veiligheidstank. Nationale Nederlanden verschaftte informatie betreffende een onderzoek dat momenteel wordt ingesteld naar de toestand van ondergrondse tanks, die eigendom zijn van de pompstationhouders die bij deze maatschappij een verzekering hebben lopen.

Nederlandse overheids- en gemeente-instellingen

Een gesprek met Ir. K. Waterlander van de RIMH-Gelderland leidde tot de volgende contacten:

- * Van de gemeente Amersfoort, Afdeling Milieuzaken werd het rapport "Hinderwet Uitvoeringsprogramma" ontvangen.
- * De gemeente Velsen gaf mondelinge informatie over een schadegeval en stuurde een artikel toe [10].

Bovendien werd van hem ontvangen het rapport "De problematiek van de ondergrondse opslag van vloeibare aardolieprodukten" [12].

Keuringsinstanties

Een bezoek werd gebracht aan het KIWA in Rijswijk en de TÜV in Duisburg, waarbij inzicht werd verkregen in de situatie/richtlijnen in Nederland respectievelijk Duitsland. Ing. B. Meekma van het KIWA heeft inzage gehad in een concept van § 6.3. en heeft met name commentaar geleverd betreffende corrosiesnelheden en kansaspecten.

Overigen

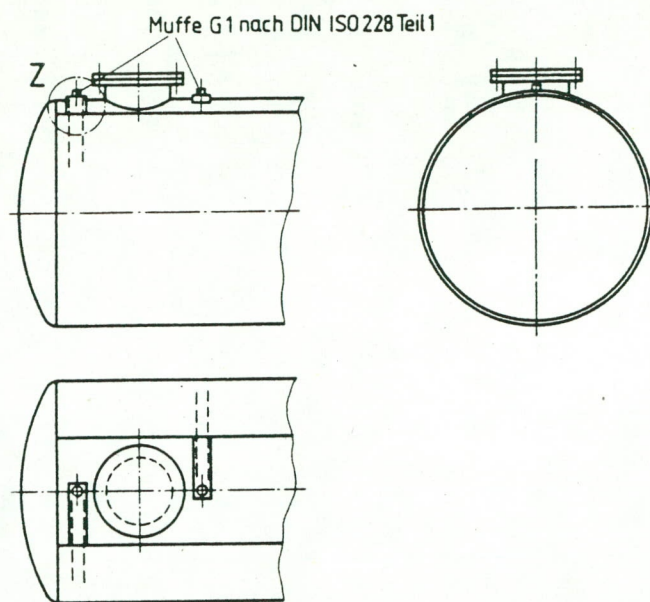
Er is schriftelijk contact gelegd met de Health and Safety Executive in London met het verzoek informatie te verschaffen omtrent de richtlijnen in Groot Brittannië.

In de Verenigde Staten is telefonisch contact geweest met:

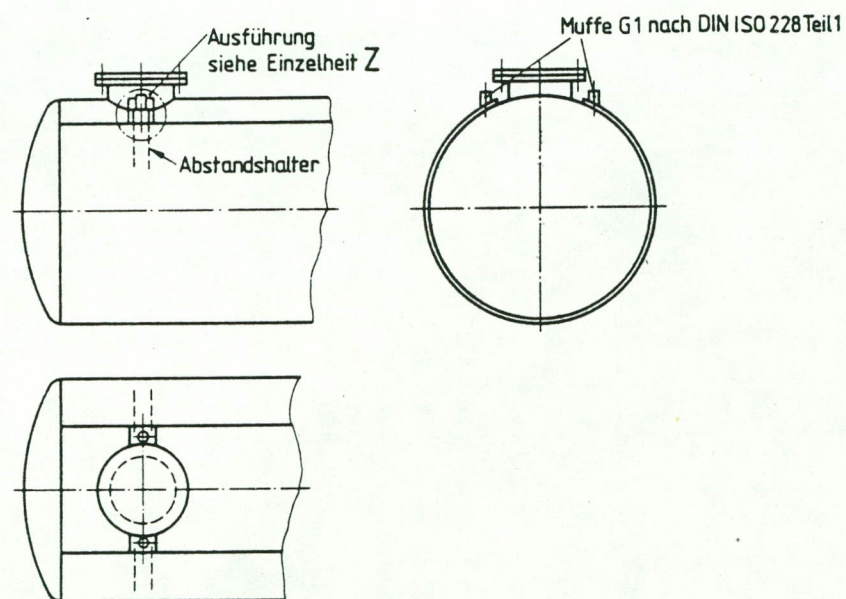
- American Ecology Services, New York
- US Environmental Protection Agency, Washington,
- Breed, Abbott & Morgan, Washington.

Van laatstgenoemde werden de rapporten [5] en [6] ontvangen.

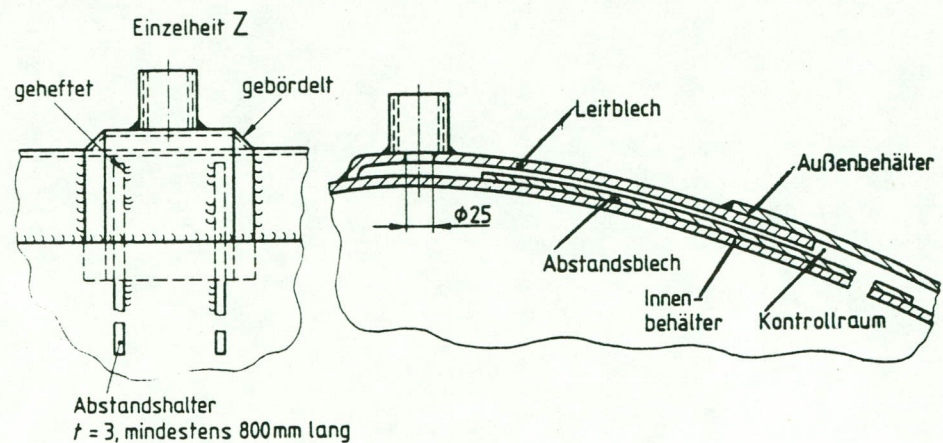
9 Beispiele für die Anordnung von Anschlußstutzen



Beispiel 1



Beispiel 2

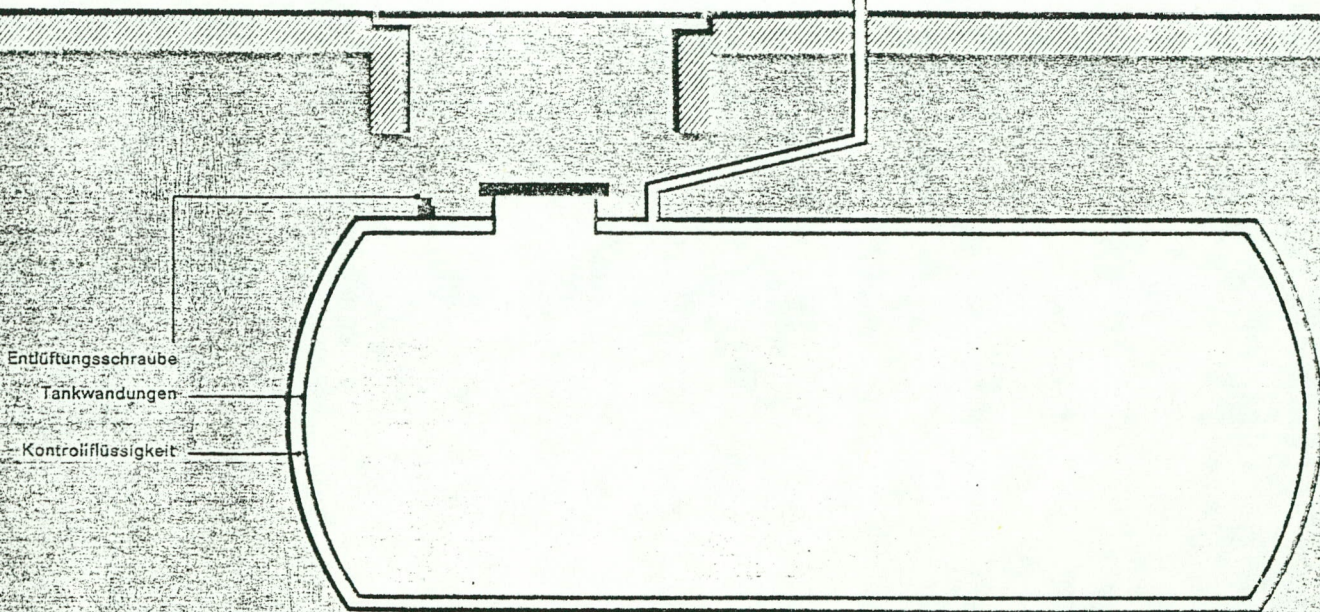
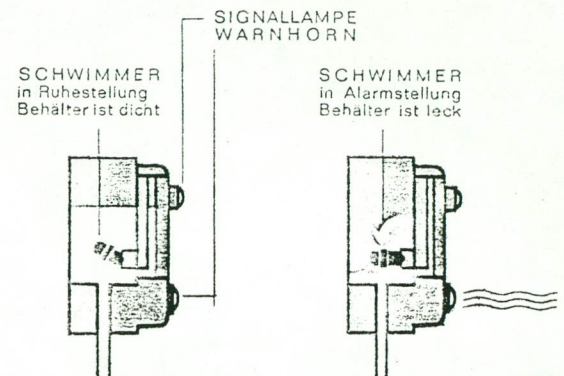


BIJLAGE 3

Die amtlichen Verordnungen über den Grundwasserschutz schreiben den Einbau von Leckwarngeräten bei doppelwandigen Tanks zur Lagerung von Heiz- oder Dieselöl vor.

Bei der Montage ist darauf zu achten, daß das Gerät an einem trockenen, leicht zugänglichen Platz montiert wird. Näheres darüber ist aus der Einbauanweisung zu entnehmen.

LECKWARNGERÄT IN BETRIEB



WIRKUNGSWEISE:

Zwischen den beiden Wandungen des Tanks befindet sich eine korrosionsfreie Flüssigkeit, die durch eine Leitung mit dem Leckwarngerät verbunden ist. Im Schauglas des Leckwarngerätes ist der Flüssigkeitsstand sichtbar.

Wird nun eine Wandung des Tanks leak, so tritt dort die Kontrollflüssigkeit aus und das Leckwarngerät zeigt an. Dies geschieht durch Absinken der Flüssigkeit unter den Minimalstand, wodurch ein elektrischer Schwimmerschalter ein doppeltes Signal auslöst:

1. akustisch durch einen laut wahrnehmbaren Summton
2. optisch durch Aufleuchten einer roten Lampe.

Der unkomplizierte Aufbau und die Verwendung nur bester Geräteteile gewährleisten eine hohe und langandauernde Funktionssicherheit. Eine Überprüfung der gesamten Anlage ist zu jeder Zeit über eine Druckknopftaste möglich.

Funktion

Die gelbe Betriebslampe zeigt an, dass Spannung vorhanden und das Gerät in Funktion ist. Entsteht ein Leck, sinkt die Leckanzeigeflüssigkeit im Ausgleichsgefäß ab, die Elektroden tauchen aus der Flüssigkeit, der Elektroden-Stromkreis wird unterbrochen, das Gerät spricht an:

Die eingebaute Hupe ertönt und das rote Signal „Alarm“ leuchtet auf. Mit der Taste „Hupe aus“ kann diese abgestellt werden.

Mit einer weiteren Taste „Prüfen“ muss von Zeit zu Zeit das Gerät geprüft werden. Solange die Taste gedrückt ist, ertönt die Hupe und leuchtet das rote Warnsignal auf. Eine weitere getrennte Hupe oder zusätzliche Warnsignale können an die Klemmen 11 und 12 im Gerät angeschlossen werden (220 V~).

Warnomat

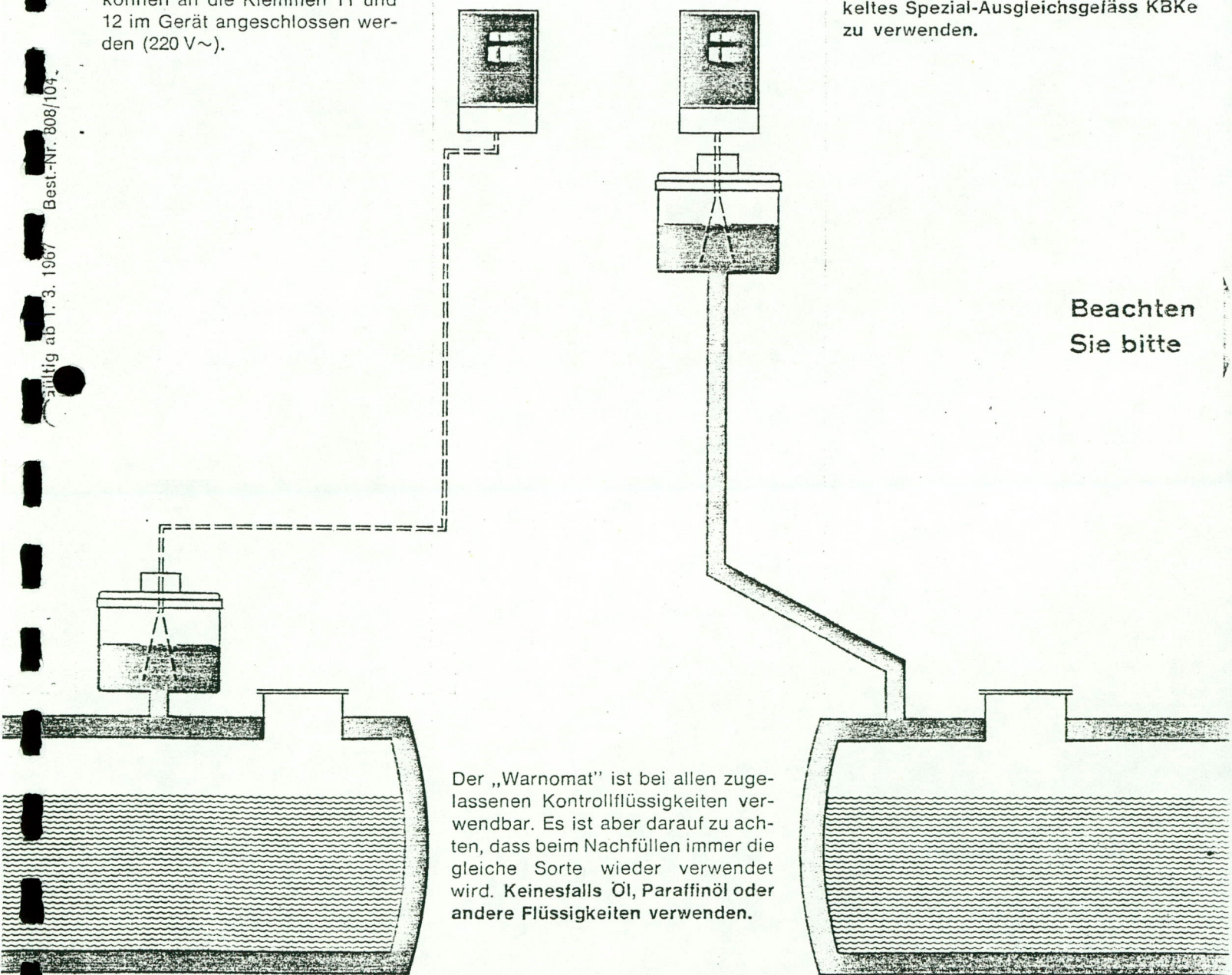
**warnet
optisch
und
akustisch**

Montage

Die schematische Darstellung zeigt, dass die zweiteilige Ausführung einfach und schnell montiert werden kann. Das Meldegerät wird innerhalb des Hauses angebracht (z. B. im Heizungsraum). Das Ausgleichsgefäß kann an jeder beliebigen Stelle, also dort, wo es am zweckmässigsten ist, montiert werden. Es kann sich unmittelbar beim Meldegerät oder in der Nähe des Behälters befinden. Es kann sogar in den Domschacht eingebaut werden. Eine normale, zweiadrige elektrische Leitung verbindet Ausgleichsgefäß und Meldegerät.

Bei den Gefahrenklassen A I, A II und B (Benzin, Benzol usw.) ist bei Einbau des Ausgleichsgefäßes in den Domschacht bzw. innerhalb explosionsgefährdeter Bereiche (Gefahrenbereich Zone B und C) unser hierfür entwickeltes Spezial-Ausgleichsgefäß KBKe zu verwenden.

**Beachten
Sie bitte**



Der „Warnomat“ ist bei allen zugelassenen Kontrollflüssigkeiten verwendbar. Es ist aber darauf zu achten, dass beim Nachfüllen immer die gleiche Sorte wieder verwendet wird. Keinesfalls Öl, Paraffinöl oder andere Flüssigkeiten verwenden.

BIJLAGE 5



T.N.O.
Afd. Industriële Veiligheid
Postbus 342
7300 AM Apeldoorn
t.a.v. de heer C.J. van Deelen.

Uw ref.:

Onze ref.: WZ/JZ

Papendrecht, 11-2-1985

Mijne Heren,

Hierbij refereren wij aan het onderhoud van enige dagen geleden betreffende LAFON - overvulbeveiligers voor ondergrondse vloeistof-opslag tanks.

Zoals reeds telefonisch medegedeeld betreft het hier 2 systemen te weten:

- de unit gemonteerd in de tank, type SOLO, toepassing voornamelijk op nieuwe tanks;
- de unit gemonteerd op de tank, type MAXO, toepassing voornamelijk op reeds in de grond aanwezige tanks.

Bij beide systemen wordt het sluiten van de klep bewerkstelligd door een vlotter zonder tussenkomst van druklicht of electra, zodat het systeem niet manipuleerbaar is.

Beide types bezitten de volgende eigenschappen:

- een hoge doorstroom capaciteit, weinig weerstand
- in de gesloten toestand van de klep laat deze niets meer door
- een voorziening, waardoor bij het sluiten van de klep geen drukstoot optreedt, welke zich anders door kan zetten naar de tankwagen
- een voorziening dat na het sluiten van de klep de vulslang van de tankwagen nog geledigd kan worden in de tank.
- deze voorziening maakt het ook mogelijk, dat bij een logistieke fout bij de bevoorrading ook een volgende tankwagen (kort na de eerste tankwagen) de vulslang kan ledigen.
- een vast vulniveau in de tanks voor beide systemen, vulling mogelijk tot 21 cm uit de romp.

-2-



-2-

Ter verdere informatie voegen wij u tekeningen en verdere technische specificaties bij.

Wij vertrouwen u hiermede van dienst te zijn geweest en zijn gaarne bereid e.e.a. nader toe te lichten.

Hoogachtend,

Technisch Handelsbureau Zeilstra B.V.

W. Zeilstra.

Bijlagen: Documentatie SOLO en MAXO.

N.B.: Op de a.s. Autovaktentoonstelling 25/30 maart 1985 zullen wij de diverse LAFON overvulbeveiligers exposeren.

BIJLAGE 6

LOSSEN TANKAUTO BIJ AUTOTANKSTATIONS (via de vrije uitlaat)

Parkeer de auto en plaats handrem	1
Plaats aardklem	2
Bepaal de te lossen hoeveelheid	3
Stel de te lossen hoeveelheid in	4
Controleer op aanwezigheid van water	5
Verbind de losslang met het vulpunt	6
Open de betreffende bodemafluis(s)	7
Controleer de overslag (via o.a. meter)	8
Sluit bodemafluis(s)	9
Bepaal de vulgraad van de tank	10
Herhaal 7 t/m 10 totdat de gewenste hoeveelheid is overgeslagen.	
Drain losslang	11
Koppel losslang af	12
Verwijder aardklem	13

Bron: LPG-Integraalstudie [9].

BIJLAGE 7

LEKKAGE TEN GEVOLGE VAN BODEMAGRESSIVITEIT

Zoals beschreven in § 6.3.2.1. kan de restlevensduur van een tank, indien deze wordt blootgesteld aan een agressieve bodem, worden berekend uit de dikte van de tankwand en de corrosiesnelheid volgens Figuur 1 van deze bijlage. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1.

Bodemweerstand (Ohm m)	Restlevensduur (jaar)			
	Enkelwandige tank		Dubbelwandige tank	
	I ¹⁾	II ¹⁾	I ¹⁾	II ¹⁾
< 10	< 1	< 5	< 1	< 8
10 - 25	7	11	11	19
25 - 50	13	16	19	24
50 - 75	29	24	42	35
75 - 100	67	36	105	56
100 - 150	220	68	350	105
> 150	500	100	800	160

- 1) I: corrosiesnelheid 10 Ohm m = 1 mm/jr, 150 Ohm m = 0.01 mm/jr
II: corrosiesnelheid 10 Ohm m = 0.5 mm/jr, 150 Ohm m = 0.05 mm/jr

Op basis van de resultaten wordt voorgesteld te rekenen met de volgende levensduren, waarbij ervan is uitgegaan dat vervanging van een tank plaatsvindt na maximaal 40 jaar.

Tabel 2.

<u>Bodemweerstand</u>	<u>Enkelwandige tank</u>	<u>Dubbelwandige tank</u>
< 10	1	1
10 - 25	10	10
25 - 50	15	20
50 - 75	25	35
75 - 100	40	40
> 100	40	40

Uitwendige corrosie zal slechts kunnen optreden bij tanks geplaatst in een bodemcategorie corresponderend met een levensduur volgens tabel 2 van minder dan 40 jaar. Immers, bij een verwachte levensduur hoger dan 40 jaar zal de tank worden vervangen voordat deze lek is geraakt door uitwendige corrosie.

In hoeverre de agressiviteit van de bodem feitelijk aanleiding kan geven tot corrosie, hangt af van de bescherming van de tank.

Tanks voorzien van kathodische bescherming

Het functioneren van de kathodische bescherming wordt jaarlijks gecontroleerd. De kans dat de kathodische bescherming niet functioneert gedurende een groot aantal jaren, wordt in dit onderzoek verwaarloosbaar klein geacht. Hieruit kan worden geconcludeerd dat uitsluitend in gebieden met een bodemweerstand kleiner dan 10 Ohm m, het falen van de kathodische bescherming kan leiden tot lekkage ten gevolge van bodemagressiviteit. Lekkage kan bovendien alleen dan optreden, indien tegelijkertijd sprake is van een beschadigde bekleding. De kans op lekkage ten gevolge van uitwendige corrosie kan dan worden berekend uit:

$$P_{u.c.} = \frac{1}{2} P_{tb} \times P_{k.b}$$

P_{tb} = kans op beschadigde bekleding = 2×10^{-2} (zie § 6.3.2.5.)

$P_{k.b}$ = kans op falende kathodische bescherming = 2.5×10^{-2} (zie § 6.3.2.6)

De kans dat een willekeurige tank, geplaatst in een bodem met een weerstand $< 10 \text{ Ohm m}$, lek raakt gedurende een jaarperiode bedraagt derhalve 3×10^{-4} .

Tanks zonder kathodische bescherming:

Bij tanks niet voorzien van kathodische bescherming, zal alleen de bekleding bescherming bieden tegen het agressieve milieu waarin de tank geplaatst is. Indien van een tank de bekleding beschadigd is, zal de aantasting van buitenaf een aanvang nemen. Afhankelijk van de bodemweerstand waarin de tank is geplaatst, zal dan volledige corrosie zijn bewerkstelligd in de tijdsduur volgens tabel 2.

Bij het berekenen van de kans op lekkage door corrosie is de onderstaande methodiek gehanteerd:

Voor iedere bodemcategorie worden de tanks ingedeeld naar ouderdom. Uit een bepaalde leeftijdscategorie zal ieder jaar bij 2% van de tanks een beschadiging optreden aan de bekleding (zie § 6.3.2.5.). Vanaf het moment dat de beschadiging ontstaat heeft de tank nog een restlevensduur volgens tabel 2. Zo zal van de enkelwandige tanks, die zijn geïnstalleerd in een bodemcategorie met een weerstand van 25 - 50 Ohm m, vanaf het 15de levensjaar jaarlijks 2% van het oorspronkelijke bestand uit een leeftijdscategorie lekragen. Voor de tanks met een ouderdom van 40 jaar zal derhalve 50% van het oorspronkelijke bestand zijn lekgeraakt door uitwendige corrosie. Indien wordt aangenomen dat tanks alléén vanwege het lekragen ten gevolge van uitwendige corrosie verwijderd zullen worden, en dat dit geschiedt binnen een jaar nadat het lek is ontstaan, dan bedraagt, voor iedere bodemcategorie, de kans dat een willekeurige tank lek wordt aangetroffen:

$$P_{l,u} = \frac{\sum_{i=L_r}^{40} f_i \times 2 \times 10^{-2}}{\sum_{i=0}^{40} f_i}$$

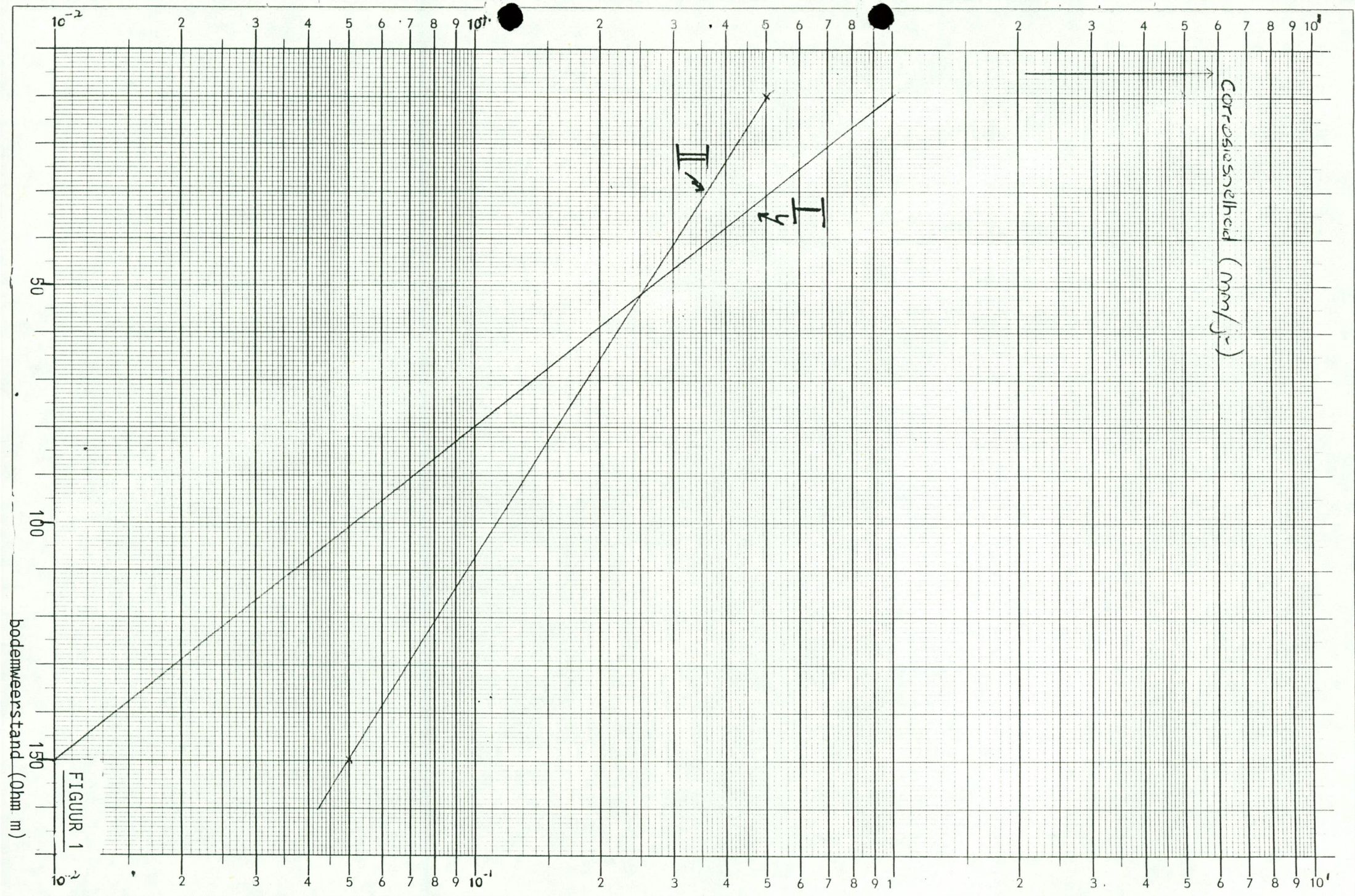
f_i = fractie van de oorspronkelijk geïnstalleerde tanks uit een levenscategorie die zich nog in de bodem bevindt

L_r = restlevensduur volgens tabel 2.

In Tabel 3 is de kans op lekkage weergegeven in relatie tot de specifieke weerstand van de bodem:

Tabel 3.

<u>Bodemweer-</u> <u>stand</u> <u>(Ohm m)</u>	<u>Enkelwandige tank</u>		<u>Dubbelwandige</u> <u>tank</u>
	<u>in waterwingebied</u>	<u>Buiten waterwingebied</u>	
< 10	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2.0×10^{-2}
10 - 25	-	-	1.4×10^{-2}
25 - 50	-	-	8×10^{-3}
50 - 75	-	7×10^{-3}	2×10^{-3}
75 - 100	-	-	-
> 100	-	-	-



BIJLAGE 8

Zoals beschreven in § 6.3.3. gaf in de 47 maal dat een tank van Shell Nederland Verkoopmaatschappij lekraakte, dit in 9 gevallen aanleiding tot bodemverontreiniging. In 35 gevallen (dat wil zeggen 75%) werd het lek gesignaleerd doordat water werd aangetroffen in de tank. Dit opmerkelijk hoge aandeel kan als volgt worden verklaard:

- * In een groot deel van de gevallen van uitwendige corrosie zal sprake zijn van een, met een lage bodemweerstand gepaard gaande, hoge grondwaterstand.
- * Bij Shell behoort, iedere maal dat de tank gevuld wordt, gepeild te worden op water.

Laatstgenoemde factor is overeenkomstig de richtlijnen voor een tank, geplaatst in een waterwingebied. Buiten een waterwingebied hoeft echter slechts een maal per jaar op water te worden gecontroleerd.

Niet iedere oliemaatschappij of pompeigenaar zal een even strenge richtlijn hebben als Shell. Bij een minder frequente waterpeiling zal bij lekragen van de tank de kans op bodemverontreiniging toenemen. Dit is met name het geval indien er sprake is van een wisselende grondwaterstand. In dit onderzoek wordt aangenomen dat een lekkende tank in de helft van de gevallen aanleiding geeft tot bodemverontreiniging.

BIJLAGE 9

INWENDIGE CORROSIE

Faalfrequentie

1. Door de Olie Contact Commissie (O.C.C.) is een inventarisatie gemaakt van de bij de grote oliemaatschappijen intern gerapporteerde gevallen van bodemverontreiniging gedurende de jaren 1981 en 1982. De inventarisatie heeft plaatsgevonden op basis van een enquête die is gehouden onder BP, Chevron, Esso, Fina, Gulf, Mobil, Shell, Texaco en Total. Van de in totaal 95 gerapporteerde incidenten kunnen er 43 worden toegeschreven aan lekkage van de tank, waarvan 6 door inwendige corrosie.

Een onderverdeling van de gevallen van inwendige corrosie naar benzine-, respectievelijk dieselolietanks kan slechts schattingsgewijs worden gemaakt, aangezien hieromtrent geen informatie beschikbaar is.

In Nederland wordt bij de helft van de tankstations dieselolie verkocht, terwijl benzineverkoop plaatsvindt bij alle tankstations [1]. Het gemiddelde aantal ondergrondse tanks per verkooppunt bedraagt 3.5. Uitgaande van gemiddeld 3 tanks bij een station zonder, en 4 tanks bij een station met dieselverkoop, kan het aantal benzinetanks als volgt worden berekend:

- Tankstations zonder dieselverkoop:
 $4000 \times 3 = 12.000$ benzinetanks
- Tankstations met dieselverkoop, uitgaande van 2 benzinetanks (super en normaal), ten opzichte van 1 dieselolietank:
 $4000 \times 4 \times 2/3 = 10.700$ benzinetanks
 $4000 \times 4 \times 1/3 = 5.300$ dieselolietanks

De verhouding van het aantal tanks bedraagt derhalve:
dieselolie:benzine = 1:5

Uitgaande van een gelijke frequentie waarmee water verwijderd wordt, alsmede eenzelfde omzet/inhoud verhouding, wordt in deze studie de faalfrequentie slechts (lineair) afhankelijk gesteld van het zwavelgehalte, welke voor dieselolie in het algemeen drie maal zo hoog is als voor benzine.

De verhouding van het aantal lekgevallen bedraagt dan:

$$\frac{\text{dieselolie}}{\text{benzine}} = \frac{3 \times 1/6}{1 \times 5/6} = 3:5$$

Indien wordt aangenomen dat de grote oliemaatschappijen een marktaandeel bezitten van 75%, dan bedraagt de frequentie van bodemverontreiniging door inwendige corrosie:

$$\text{benzinetank} : \frac{0.6 \times 6}{2 \times 0.75 \times 5/6 \times 28.000} = 10^{-4} \text{jr}^{-1}$$

$$\text{dieselolietank} : \frac{0.4 \times 6}{2 \times 0.75 \times 1/6 \times 28.000} = 3 \times 10^{-4} \text{jr}^{-1}$$

N.B. In het bovenstaande wordt uitgegaan van een tankpopulatie die in de beschouwde jaren (1981-1982) qua ouderdom, kwaliteit, onderhoudsstaat, enz. als representatief mag worden beschouwd.

Ervan uitgaande, dat er slechts in de helft van de gevallen van lekkage sprake is van bodemverontreiniging (zie Bijlage 8), en dat van de gevallen die leiden tot bodemverontreiniging slechts de helft is gerapporteerd, bedragen de faalfrequenties door inwendige corrosie:

- benzinetank $4 \times 10^{-4} \text{jr}^{-1}$
- dieselolietank 10^{-3}jr^{-1}

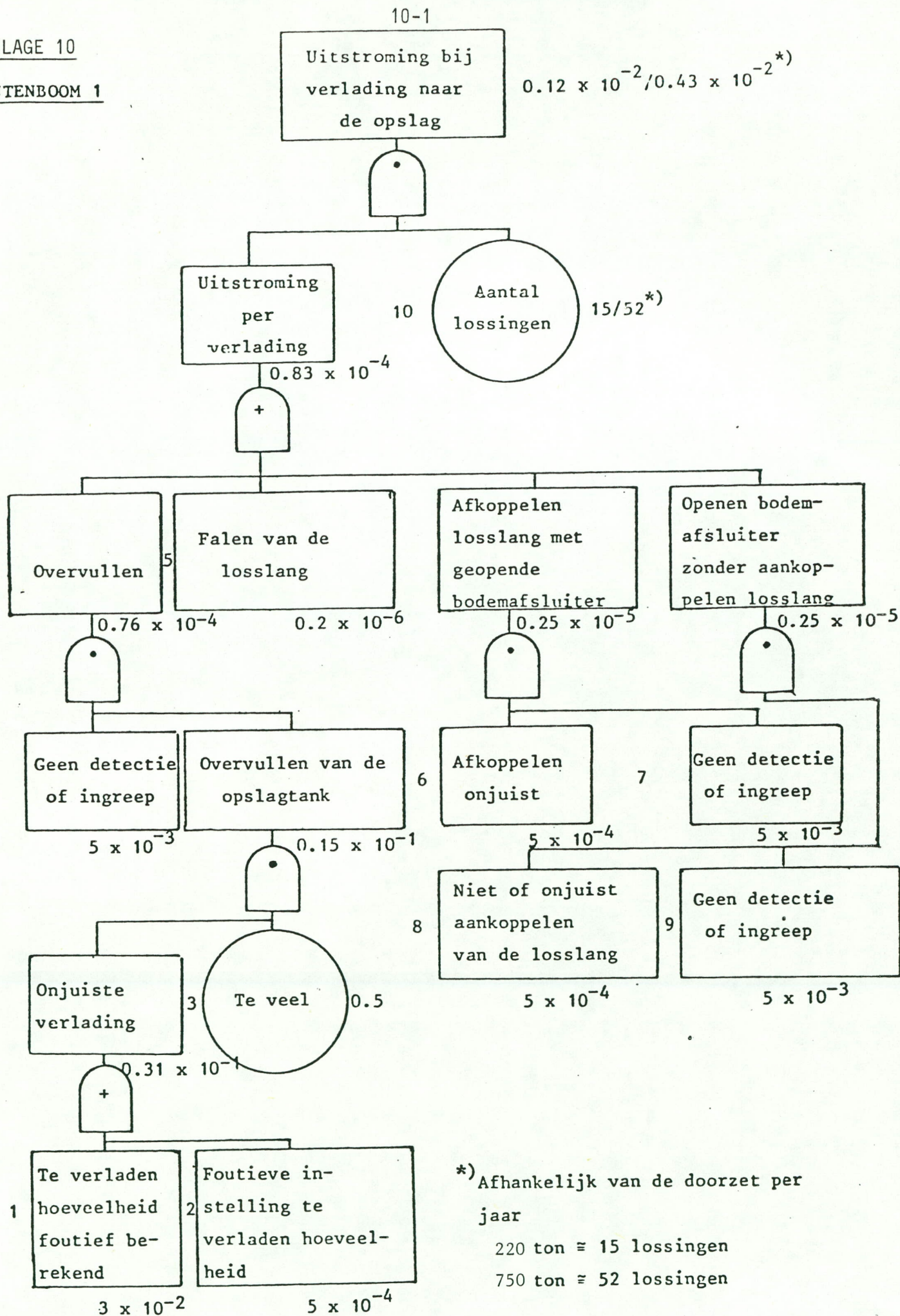
2. Het KIWA heeft een onderzoek uitgevoerd naar inwendige aantasting door corrosie van ondergrondse opslagtanks voor huisbrandolie (HBO) in een beschermd waterwingebied. Het betrof hier 52 tanks met een gemiddelde leeftijd van 25 jaar, waarbij de mate van putcorrosie en oppervlaktecorrosie zijn bepaald. De 52 ondergrondse opslagtanks zijn door de eigenaren ervan aangemeld bij de Provinciale Waterstaat in het kader van de "Actie Tankslag", zodat niet kan worden gesproken van een a-selecte steekproef.

In 16 gevallen was sprake van een lekke tank. De gemiddelde putcorrosie bedroeg 3.1 mm; (geringe) oppervlaktecorrosie werd slechts in één geval waargenomen.

De faalfrequentie ten gevolge van inwendige corrosie bedraagt:

$$\frac{16}{52 \times 25} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ jr}^{-1}$$

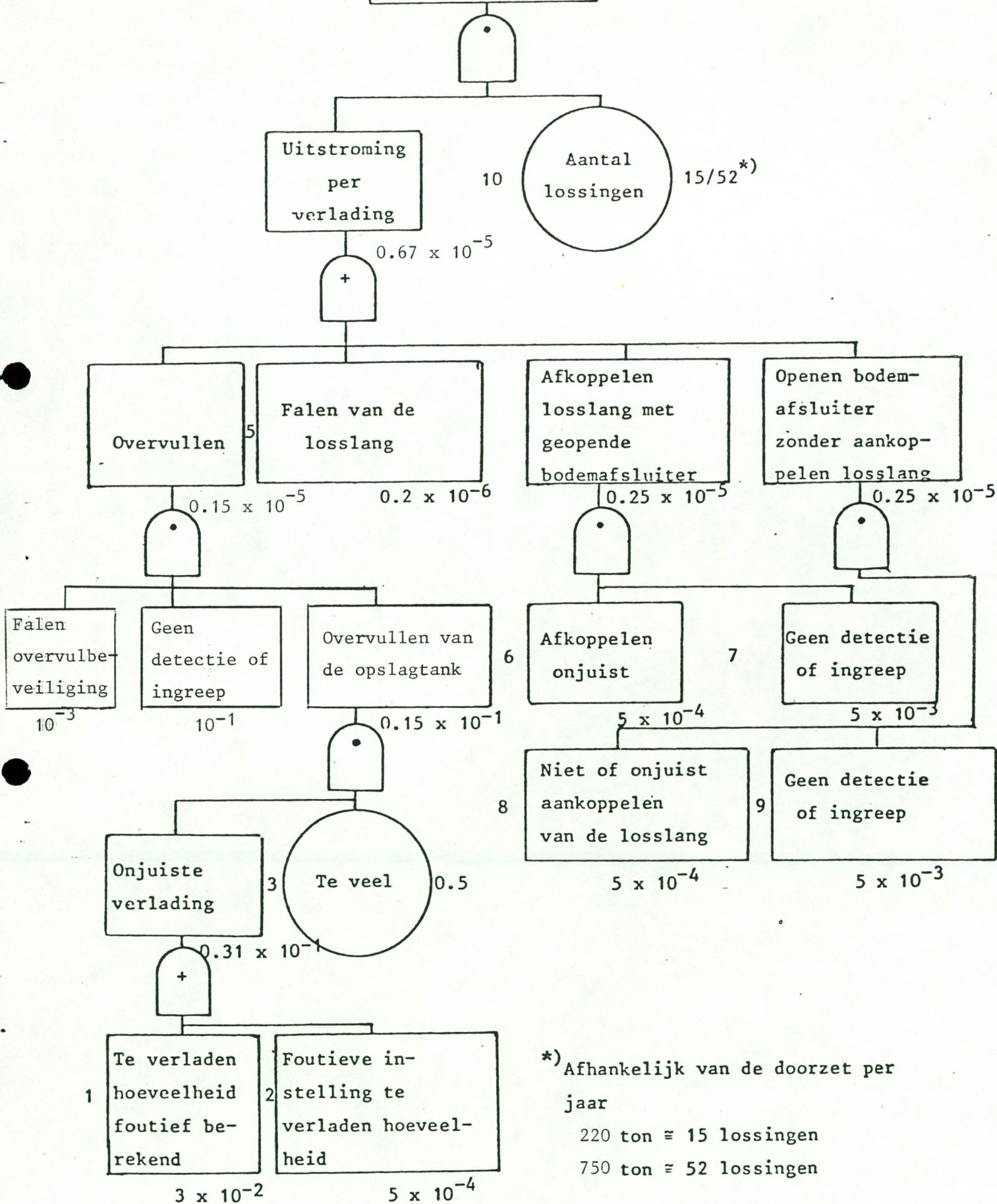
Gezien het feit dat alle in § 6.4.1. genoemde corrosiebepalende factoren een grotere rol zullen spelen bij HBO tanks dan bij benzine- of dieselolietanks, lijken de van de casuïstiek afgeleide faalfrequenties reëel.



Uitstroming bij verlading zonder overvulbeveiliging.

Uitstroming bij
verlading naar
de opslag

$10^{-4}/3.5 \times 10^{-4} *$



*) Afhankelijk van de doorzet per jaar

220 ton $\approx$ 15 lossingen

750 ton $\approx$ 52 lossingen

Uitstroming bij verlading met overvulbeveiliging.

BIJLAGE 11

ENIGE VOORBEELDBEREKENINGEN VAN DE BEPALING VAN DE RISICOFACITOR

De bepaling van de risicofactor wordt uitgevoerd voor een ondergrondse benzinetank met een doorzet van 750 ton/jr, dat wil zeggen de tank wordt 52 maal per jaar gevuld. De risicofactor wordt bepaald voor een enkelwandige (zowel binnen als buiten een waterwingebied) en een dubbelwandige tank, voor een specifieke weerstand van de bodem van 50-75 Ohm m.

Risicofactor van een enkelwandige tank in een waterwingebied

De risicofactor kan als volgt worden vastgesteld:

<u>Uitstromingsscenario</u>	<u>Risicofactor</u> <u>((tabelnummer))</u>	<u>Risicofactor</u>
Uitwendige corrosie	3	nihil
Inwendige corrosie	4	1.0
Vullen/morsen	6	7.4
Overige oorzaken	7	<u>0.6</u>
	Totaal	9.0

Risicofactor van een enkelwandige tank buiten een waterwingebied

De risicofactor kan als volgt worden vastgesteld:

<u>Uitstromingsscenario</u>	<u>Risicofactor</u> <u>((tabelnummer))</u>	<u>Risicofactor</u>
Uitwendige corrosie	3	45.0
Inwendige corrosie	4	2.0
Vullen/morsen	6	7.4
Overige oorzaken	7	<u>0.6</u>
	Totaal	55.0

Risicofactor van een dubbelwandige tank

De risicofactor kan als volgt worden vastgesteld:

<u>Uitstromingsscenario</u>	<u>Risicofactor</u> <u>(tabelnummer)</u>	<u>Risicofactor</u>
Uit-/inwendige corrosie	5	0.4
Vullen/morsen	6	5.4
Overige oorzaken	7	<u>0.6</u>
	Totaal	6.4

Uit het bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- * Het risico van bodemverontreiniging verschilt (voor de gekozen condities) slechts marginaal voor een enkelwandige tank binnen een waterwingebied en een dubbelwandige tank. De belangrijkste bijdrage aan de risicofactor wordt voor beide systemen geleverd door vullen/morsen.
- * Het risico van bodemverontreiniging van een enkelwandige tank buiten een waterwingebied is beduidend hoger dan voor de beide andere systemen. Dit wordt met name veroorzaakt door de bijdrage ten gevolge van uitwendige corrosie.

