

Faalfrequentie verlading schepen

P.A.M. Uijt de Haag
RIVM

1. Inleiding

CPR 18E geeft in tabel 3.21 voor de verlading van en naar schepen een faalfrequentie per verlading. Deze is voor alle type schepen (vloeistof, gas) gelijk aan 6×10^{-5} per verlading voor een breuk en 6×10^{-4} per verlading voor een lek [1].

Verschillende adviesbureaus hebben aangegeven deze faalfrequentie zeer hoog te vinden. Zo geeft TNO in het veiligheidsrapport van HAS aan dat 'Het quotiënt de basisfaalfrequenties voor laadarmen (6×10^{-5} per verlading / 3×10^{-8} per uur) = 2000 geeft aan dat één scheepsverlading ammoniak volgens het Paarse Boek overeenkomt met 2000 uur verladingsactiviteiten met tankauto's en spookketelwagens. ... Een zulk extreem verschil roept natuurlijk vragen op.' [2] Ook SAVE heeft aangegeven de faalfrequentie voor verlading naar schepen zeer hoog te vinden [3], want: *Op sommige inrichtingen vinden meerdere duizenden overslagen per jaar plaats, hetgeen bij toepassing van deze cijfers zou leiden tot de conclusie dat er meerdere keren per jaar lekkage optreedt en meerdere keren per 10 jaar een breuk van een arm!*

TNO heeft in de QRA voor HAS inmiddels een alternatieve benadering gevolgd. Volgens de provincie Zeeland [4] is deze benadering in de CPR-RE besproken en goedgekeurd.

Om een uniforme berekening van de verlading naar en van schepen mogelijk te maken wordt in deze notitie ingegaan op de achtergrond van de faalfrequentie per verlading en wordt gekeken naar andere bronnen van informatie. Uiteindelijk leidt dit tot een voorstel voor aanpassing van het Paarse Boek, op te nemen in de Q en A.

2. Achtergrond van de faalfrequentie voor overslag schepen

De faalfrequentie voor overslag naar schepen in het Paarse Boek, tabel 3.21, is overgenomen uit de notitie CPR RE 95-1 en heeft als bron de notitie KO 22-5 [5]:

3. De ongevalsscenario's

Bij een als QRA plichtig geselecteerde laad/los activiteit met een schip worden de tanks op het schip die geladen/gelost worden, meegenomen alsmede de laad/los installatie op de wal tot de eerste snel te bedienen afsluiter tussen de laad/losinstallatie en de opslagtank/procesinstallatie op de wal.

Ongevalsscenario's kunnen zijn:

- breken laad/los arm(en)
- overvulling van tanks
- falen van (leiding) systemen op het dek
- brand en/of explosie op het schip
- schade aan het aangemeerde schip

Enkele van deze scenario's zijn onderstaand verder uitgewerkt. Gewezen wordt op het feit dat een aantal van deze scenario's eveneens van meer of minder belang zijn voor de beschrijving van Milieurisico's in het EVR.

3.1. Falen laad/los installatie en overvullen van tanks

Uit onderzoek in het Rotterdamse havengebied blijkt dat de kans op een spill $6,7 \times 10^{-4}$ per schip dat overslaat, bedraagt. Voorgesteld wordt deze kans te gebruiken voor spillscenario's. Dit cijfer is gebaseerd op casuïstiek over de periode 1976-1988: totaal 373 spills. Het aantal tankers dat het Rotterdamse havengebied aandeed, bedroeg gemiddeld 43.000 tankers per jaar. De kans op spill is berekend uit het gemiddelde aantal spills per jaar gedeeld door het gemiddelde aantal tankers per jaar.

De kansschattingen en delen van de effectberekeningen kunnen worden teruggezocht in de aanlandingstudie voor LPG van TNO als het gaat om het falen van de laad/los installatie. In de analyse moet rekening worden gehouden dat over een en dezelfde laad/losarm meerdere leidingen kunnen lopen. Het afbreken van zo'n laad/losarm leidt tot uitstroming uit alle leidingen waardoor verpompt wordt.

In de notitie CPR-RE 95-1 is tenslotte aangenomen dat de verhouding tussen breuk en lek 1 : 10 is.

Het Havenbedrijf Rotterdam [2] heeft onderzocht wat de achtergrond van deze faalfrequentie is en concludeert:

... het gehanteerde faalkanscijfer voor laad-en losinstallaties (LOC-frequenties L1 en L2 voor schepen in een inrichting) is gebaseerd op de desbetreffende TKO-notitie (TKO-22/5, januari 1990) die op basis van een niet gespecificeerd onderzoek in het Rotterdamse havengebied frequenties afgeeft voor het optreden van spills. CPR-18 en TKO notitie geven geen bronvermelding en dit onderzoeksrapport kon derhalve, ondanks navraag bij diverse toentertijd betrokken personen, dan ook niet geraadpleegd worden.

De TKO-22/5 notitie stelt het aantal tankers in Rotterdam op ca. 43.000 per jaar. De herkomst van dit getal is onduidelijk, maar komt ongeveer overeen met het aantal binnenvaart en zeevaart tankers per jaar. Het is niet geheel duidelijk welke definitie van spills is gehanteerd in de TKO-22/5. Het aantal van 373 over een periode van 13 jaar suggereert dat alleen de grote morsingen (waarschijnlijk groter dan 1000 liter) mee zijn gerekend. Niet duidelijk is welke bron hierbij is betrokken. Deze grote morsingen maken naar schatting 5-10% uit van het totale aantal morsingen over deze periode (werk, anders dan werk en onbekend).

Tenslotte geeft het Paarse boek in tabel 3.19 nog faalfrequenties voor een laadarm voor overslag naar tank- en ketelwagens, namelijk 3×10^{-7} per uur (lek) en 3×10^{-8} per uur (breuk).

3. Informatie faalfrequentie voor overslag schepen

Er zijn verschillende bronnen waarin faalfrequenties opgenomen zijn voor overslag van en naar schepen.

3.1 Havenbedrijf Rotterdam

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft analoog aan de afleiding in KO 22-5 faalfrequenties voor scheepsaadarmen bepaald met recentere statistiek [2].

Op basis van morsingsdata 1991 - 1996 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- In deze periode zijn 3787 morsingen geregistreerd in de categorieën werk, anders dan werk en onbekende bron.*
- Geen van de registraties betrof een gasvormige stof.*
- In deze periode zijn een totaal van 1466 geregistreerde morsingen geregistreerd (39%) met als oorzaak anders dan 'werk' i.e. waarschijnlijk een schip.*
- Ca. 4,3% van alle morsingen (dus ook van de wal) was geregistreerd als groter dan 1000 liter, ca. 1,5% als groter dan 2500 liter. Het is niet mogelijk een verband te leggen tussen oorzaak en morsingsgrootte.*
- Gemiddeld 26% van deze 1466 geregistreerde morsingen over deze periode is gerelateerd aan de overslag van lading van en naar zeeschepen en binnenvaartschepen bij inrichtingen.*

In de periode 1990 - 1996 hebben gemiddeld 40.000 tankschepen (zee en binnen-vaart) per jaar de Rotterdams haven aangedaan. De frequentie van een morsing groter dan 1000 liter als gevolg van ladingoverslag is derhalve:

$$1466 * 0,043 * 0,26 / (6 * 40.000) = 6,8 * 10^{-5} \text{ per tankschip}$$

Deze morsingen blijken voor 80% minerale olie (ruwe aardolie en producten daarvan) te betreffen, waarbij geen sprake is van onder hoge druk vloeibaar gemaakte of tot vloeistof gekoelde gassen. De overige morsingen betreffen vooral spijsoliën en drijfvuil.

Tenslotte wordt gesteld dat de algemene kwaliteit van overslagoperaties van Hydro-Agri Sluiskil op een hoger niveau ligt dan de gemiddelde overslagoperatie in Rotterdam. Toepassing van een reductiefactor 10 leidt tot een faalfrequentie van $6,8 \cdot 10^{-6}$ per schip, nog te verdelen over breuk en lek van de laad- en losarm.

3.2 Handboek kanscijfers (AMINAL)

Het Handboek kanscijfers van AMINAL [6] geeft in hoofdstuk 7 op basis van de COVO studie de volgende faalfrequentie voor laadarmen:

- lek $3 \cdot 10^{-6}$ per gebruiksuur^a
- breuk $3 \cdot 10^{-8}$ per gebruiksuur

Voor scheepsbelading is een apart hoofdstuk opgenomen, hoofdstuk 13. Hierin wordt de vrijzetting tijdens een scheepsbelading gegeven voor gassen en vloeistoffen op basis van de 'HSE Ports Study'.

In de 'HSE Ports Study' (Technica, 1990) is op basis van het aantal gerapporteerde vrijzettingen in de periode 1981-1986 een schatting gemaakt van de gemiddelde lozingsfrequentie bij overslag. Er worden drie faaloorzaken onderscheiden:

1. falen van schip-land-verbinding
2. scheepsbeweging tijdens overslag
3. overvullen

De grootste faaloorzaak is falen van schip-land verbinding. De faalfrequentie voor deze faaloorzaak bedraagt $6,7 \cdot 10^{-5}$ per overslag voor gassen en $9,0 \cdot 10^{-5}$ per overslag voor vloeistoffen. De faalfrequentie voor alle drie de oorzaken samen bedraagt $7,3 \cdot 10^{-5}$ per overslag voor gassen en $1,8 \cdot 10^{-4}$ per overslag voor vloeistoffen^b. De grootte van de uitstroming is niet gegeven.

DNV heeft in 1993 een studie uitgevoerd naar het beladen van benzine in lichters. De kans op een spill van meer dan een ton is gelijk aan $1,8 \cdot 10^{-4}$ per overslag op basis van de casuïstiek in de havens van Antwerpen en Rotterdam. Voor de haven van Antwerpen is dit getal $4,2 \cdot 10^{-4}$ per overslag; hieruit kan afgeleid worden dat de faalfrequentie in de haven van Rotterdam aanzienlijk kleiner lijkt, namelijk $3,7 \cdot 10^{-5}$ ^c. Dit aanzienlijke verschil roept vraagtekens op over mogelijke verschillen in rapportage tussen de twee havens.

3.3 LPG Integraal

De LPG Integraal [7] en met name het deelrapport 'Opslag en overslag van LPG op een raffinaderij of terminal' geeft de volgende aanvullende informatie voor de gekoelde overslag [8]:

- De laadarmen zijn uitgerust met "dry break systeem" waardoor bij verbreken van de verbinding tussen wal en schip slechts een zeer kleine hoeveelheid product vrijkomt.
- Twee scenario's worden onderscheiden, namelijk falen laadarm en falen aanvoerleiding.

^a Deze waarde wijkt een factor 10 af van de waarde in het Paarse Boek, waar een verhouding 1 : 10 is aangehouden tussen breuk en lek.

^b In het rapport worden de frequenties van de drie scenario's opgeteld. Deze optelling is niet correct

^c In Antwerpen heeft de kans van $4,2 \cdot 10^{-4}$ betrekking op 323.875 lichterbeladingen, dat wil zeggen $4,2 \cdot 10^{-4} \times 323.875 = 136$ spills. In Antwerpen + Rotterdam zijn 157 spills op 895.875 lichterbeladingen, kans $1,75 \cdot 10^{-4}$. Dit betekent dat in Rotterdam de kans op een spill gelijk is aan $(157-136)$ spills op $(895875-323875)$ lichterbeladingen = $3,7 \cdot 10^{-5}$

- Het falen van de aanvoerleiding heeft een kans van $0,2 \times 10^{-5}$ per jaar en leidt tot een uitstroming van $60 \text{ s} \times 180 \text{ kg/s} = 10800 \text{ kg}$. Aangenomen wordt dat de kans dat de pomp niet stopt na 20 s verwaarloosbaar is.
- Het falen van de laadarm leidt tot een lek ($0,35 \times 10^{-5}$ per jaar) en breuk ($0,35 \times 10^{-6}$ per jaar). In de foutenboom is de kans op een lek/breuk van één overslag berekend als de som van 1×10^{-7} voor onjuist aankoppelen zonder detectie + 4×10^{-7} (20 uur per overslag $\times 2 \times 10^{-8}$ per uur) voor falen laadarm.

3.4 TNO – faalfrequenties t.b.v. Paarse boek

TNO heeft voor het Paarse boek een inventarisatie uitgevoerd van de faalfrequenties [9]. Voor verlading geven ze faalfrequenties voor de arm, namelijk $3 \times 10^{-8} \text{ h}^{-1}$ voor breuk en $3 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ voor lek. De beschikbare literatuur bevat volgens TNO geen informatie over het type overslag (schip, tankwaggen, ketelwaggen) zodat hierin geen onderscheid wordt gemaakt.

4. Discussie

Vergelijking KO 22-5 [5] en actualisatie Havenbedrijf Rotterdam [2]

De kans op een spill in de haven van Rotterdam is in de notitie KO 22-5 een factor 10 hoger dan in de actualisatie van het Havenbedrijf Rotterdam. KO 22-5 telt in een periode van 13 jaar 373 spills, de actualisatie telt in een periode van zes jaar 3787 spills, waarvan 162 (4,3%) groter zijn dan 1000 liter. Wanneer de spills in KO 22-5 alleen betrekking hebben op spills groter dan 1000 liter komen de getallen redelijk goed overeen, namelijk $6,7 \times 10^{-4}$ per schipjaar (KO 22-5) respectievelijk $6,8 \times 10^{-4}$ per schipjaar (actualisatie). Het verschil van de factor 10 zit in de factoren voor ‘anders dan ‘werk’ (39%) en overslag van lading van en naar zeeschepen (26%).

Vergelijking actualisatie Havenbedrijf Rotterdam [2] en Handboek kanscijfers (AMINAL) [6]

AMINAL geeft voor een spill (groter dan 1 ton) een waarde van $3,7 \times 10^{-5} - 1,8 \times 10^{-4}$ per belading (haven van Rotterdam - havens van Rotterdam en Antwerpen). De actualisatie van het havenbedrijf Rotterdam geeft een waarde die hier tussen ligt.

Handboek kanscijfers (AMINAL) [6]

De aanbevolen waarde in het Handboek kanscijfers (AMINAL) voor de kans op een spill ten gevolge van schip/land verbinding is voor gassen een factor 1,3 lager dan voor vloeistoffen, voor de drie faaloorzaken opgeteld een factor 1,7. Het verschil in faalfrequentie tussen gassen en vloeistoffen is dus beperkt. Wanneer voor gassen de faaloorzaak manoeuvres uitgesloten kan worden door een dry break systeem, is de frequentie gelijk aan $7,3 \times 10^{-5}$ per belading (schip/land verbinding + overvullen).

LPG Integraal [8] – TNO actualisatie faalcijfers [9] - Paarse boek [1]

De LPG Integraal studie geeft voor het falen van een laadarm een faalfrequentie 2×10^{-8} per uur voor lek en 2×10^{-9} per uur voor breuk. De actualisatie van faalcijfers geeft voor het falen van een laadarm een faalfrequentie 3×10^{-6} per uur voor lek en 3×10^{-8} per uur voor breuk. Het Paarse boek geeft in tabel 3.19 voor het falen van een laadarm een faalfrequentie 3×10^{-7} per uur voor lek en 3×10^{-8} per uur voor breuk. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt in atmosferisch en onder druk.

Gaan we uit van een verlading van 200 uur, dan vinden we respectievelijk voor de frequentie van een lek: 4×10^{-6} , 6×10^{-4} en 6×10^{-5} en voor een breuk 4×10^{-7} , 6×10^{-6} en 6×10^{-6} per verlading. De waarden van het Paarse boek voor het falen van een laadarm in tabel 3.19 komen goed overeen met de faalfrequenties van het Handboek kanscijfers (AMINAL) en de actualisatie van het Havenbedrijf Rotterdam.

Additionele reductiefactor

Het Havenbedrijf Rotterdam adviseert voor HAS een additionele reductiefactor 10 met het oog op het superieur veiligheidsmanagement, installatiekwaliteit en onderhoud. In hoeverre hierin sprake is van een zodanige superioriteit dat de faalfrequenties bij HAS significant lager zijn dan elders blijkt niet uit de cijfers en wordt ook anderszins niet onderbouwd. Gezien het feit dat zonder het toepassen van deze additionele reductiefactor de geactualiseerde

faalfrequentie van het Havenbedrijf Rotterdam goed overeenkomt met de waarden van AMINAL voor scheepsverlading en ook goed overeenkomt met de faalfrequentie van een laadarm voor overslag naar tankwag en ketelwag en in het Paarse boek (tabel 3.19), wordt voorgesteld deze factor niet mee te nemen.

5. Aanbeveling

Op basis van de volgende gegevens:

- de kans op een spill per verlading is in de verschillende referenties redelijk met elkaar in overeenstemming;
- de kans op een spill per verlading is in de verschillende referenties een factor 10 lager dan de kans op een spill per verlading in het Paarse boek, tabel 3.21; deze laatste is mogelijk gebaseerd op alle voorgekomen spills groter dan 1000 liter in plaats van een relevante selectie hieruit;
- de kans op een spill, zoals berekend op basis van de faalfrequentie in het Paarse boek voor een laadarm per uur, tabel 3.19, en uitgaande van 200 uur verlading, is in redelijke overeenstemming met de verschillende referenties;
- in de referenties is geen groot verschil tussen verlading onder druk en atmosferische verlading
- conform TNO is er geen informatie beschikbaar om voor laadarmen onderscheid te maken in het type transport

wordt aanbevolen voor verlading van/naar schepen gebruik te maken van de faalfrequenties voor de laadarm voor ketel- en tankwagens (tabel 3.19) i.p.v. de faalfrequentie per verlading (tabel 3.21).

Referenties

- 1 CPR. Guidelines for quantitative risk assessment. CPR 18E, 1999.
- 2 TNO MEP. Bijlagenrapport: Kwantitatieve Risico-analyse ten behoeve van het Veiligheidsrapport van Hydro Agri Sluiskil B.V. TNO rapport R2001/609 versie 2. Bijlagen 6 en 7.
- 3 E-mail van G. Hoftijzer (SAVE) aan P. Uijt de Haag (RIVM) d.d.4 oktober 2002.
- 4 E-mail van A.A. Zweistra (Provincie Zeeland) aan P. Uijt de Haag (RIVM) d.d. 22-10-2002
- 5 Knelpuntenoverleg EVR. QRA ladende en lossende schepen. KO 22-5. den Haag, VROM, 1990.
- 6 AMINAL. Handboek kanscijfers ten behoeve van het opstellen van een Veiligheidsrapport. Versie 1, 1994.
- 7 LPG Integraal hoofd rapport
- 8 LPG Integraal deelrapport 1121
- 9 TNO. Derivation of failure frequencies for LoC cases. TNO-MEP-R 98/501, 1998.