



TEN-T programma van Europese Unie
ter ondersteuning van

LNG Masterplan voor Rijn-Maas-Donau

Sub-activiteit 2.4 Technisch bewijs, veiligheid en risicobeoordeling

*Resultaat 2.4.4
Emergency & incident response studie
(Havenbedrijf Rotterdam N.V.)*



Dit project wordt mede gefinancierd door de
Europese Commissie / DG MOVE / TEN-T



Een project van het
LNG Masterplan Consortium



D 2.4.4 Emergency & incident response studie

Versie: 1.1
Datum: Juli 2015
Status: Definitief

De verantwoordelijkheid van deze publicatie ligt bij de auteur. De Europese Unie is niet aansprakelijk voor eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit het gebruik van de hierin opgenomen informatie.



Co-financed by the European Union
Trans-European Transport Network (TEN-T)

Document historie

Versie	Datum	Vrijgegeven
Definitief & goedgekeurd	December 2014	Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Definitief & goedgekeurd Partners	Februari 2015	Haven van Antwerpen Germanischer Lloyd SE Haven van Mannheim Haven van Straatsburg Haven van Zwitserland

Auteurs

Organisatie	Bijdrage van
Falck Risc & Gezamenlijke Brandweer Rotterdam	Dr. Niall Ramsden Roger Roue CEng Brian Mo-Ajok MSc Gert-Jan Langerak Steve Watkins Ronald Peeters BSc

Ten geleide

De emergency & incident response studie werd in juni 2014 na een aanbestedingsprocedure uitbesteed aan het consortium gevormd door Falck RISC en de Gezamenlijke Brandweer Rotterdam. Het uiteindelijke eindresultaat werd in december 2014 door de betrokken begunstigen en belangenbehartiger(s) goedgekeurd.

VOORWOORD

Het LNG Masterplan heeft als doel LNG te promoten als brandstof en cargo voor de binnenvaartsector. Het formuleert en verstrekt de noodzakelijke (veiligheids-) voorschriften omtrent het gebruik en het transport van LNG.

Het masterplan wordt ondersteund door een subsidie van veertig miljoen euro van de Europese Commissie via het TEN-T programma en wordt uitgevoerd door een consortium van drieëndertig bedrijven en instanties uit de publieke en private sector uit twaalf Europese lidstaten. Het project wordt gecoördineerd door Pro Donau Management GmbH en het Havenbedrijf Rotterdam.

Het masterplan is ook de drijver achter de bouw en de pilot ingebruikname van meerdere LNG bunkerschepen, LNG bunker stations, LNG-aangedreven duwbotten, een containerschip en tankers. Het containerschip Eiger Nordwand van Danser Group en de LNG aangedreven tanker Sirocco van Chemgas zijn reeds in gebruik.

In deze context heeft De Rhine Port Group, die bestaat uit het Havenbedrijf Rotterdam samen met de havens van Antwerpen, Mannheim, Straatsburg en Basel, het adviserende consortium van Falck RISC en de Gezamenlijke Brandweer Rotterdam verzocht om richtlijnen en aanbevelingen op te stellen voor de hulpverleningsorganisaties.

De doelgroep is de binnenvaartsector en de professionele hulpverleningsdiensten, die op dit gebied actief zijn. De studie geeft een overzicht van de bestaande kennis ten aanzien van noodsituaties en incidentbestrijding en nieuw ontwikkelde richtlijnen ten aanzien van LNG incidentbestrijding in het Rijngebied.

Dit document is het eindresultaat van ruim een half jaar onderzoek door het projectteam.

Een eerste woord van dank gaat uit naar het projectmanagement van het Havenbedrijf Rotterdam voor hun voortdurende betrokkenheid en geordende coördinatie. Verdere dank gaat uit naar de afgevaardigden van de havenbedrijven binnen de Rhine Port Group, die tijd en energie hebben gestoken in het beantwoorden van de door het projectteam gestelde vragen. Zonder hun hulp zou het projectteam niet in staat zijn geweest om te omschrijven in hoeverre LNG, de operationele voorbereiding ten aanzien van (onvoorziene) scenario's en de incidentbestrijding reeds in deze Rijnhavens is geïmplementeerd.

Namens de Rhine Port Group nodigen wij u uit om dit document te lezen. We zijn ervan overtuigd dat door het lezen hiervan u nieuwe kennis en inzichten verwerft over LNG incidentbestrijding in het Rijngebied.

U wordt over het volgende geïnformeerd:

- De bestaande situatie omtrent incidentbestrijding in de Rijn-, Maas-, Main- en Donaugebieden,
- Nieuwe inzichten met betrekking tot LNG-incidentbestrijding in de Rijn-, Maas-, Main- en Donaugebieden,
- De ontwikkeling van tools voor de professionele hulpverleningsdiensten in de Rijn-, Maas-, Main- en Donaugebieden, waarmee geloofwaardige LNG-incidentscenario's – veroorzaakt door menselijke of technische fouten - kunnen worden beetgepakt.

Hoogachtend,

Robbert van der Veen
Directeur Falck RISC

Jan Waals
Directeur Gezamenlijke Brandweer

Rotterdam, December 2014.

Inhoudsopgave

1. Introductie	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstellingen	2
1.3 Toepassingsgebied	2

DEEL 1

2. Bestaande technologie	6
2.1 LNG aangedreven binnenvaartschepen	6
2.2 LNG Binnenvaarttankers	21
2.3 Bunkering van LNG	27
3. Bestaande scenario's	30
3.1 Vrijkomen van LNG	30
3.2 Scenario's voor small scale LNG in de binnenvaart	34
3.3 Staat van paraatheid: Overzicht havens	46
3.4 Bestaande opleidingen en trainingen in LNG incidentbestrijding	48
3.5 Gaps	48
3.6 Matrix	49

DEEL 2

4. Operationele voorbereiding	52
4.1 Toepassingsgebied	52
4.2 Doelstellingen	52
4.3 Stappenplan	52
4.4 Richtlijnen voor operationele voorbereiding	56
4.5 LNG brandbestrijding	61
4.6 Koeling	64
4.7 Afscherming met water	65
4.8 EHBO	66

5. Richtlijnen voor opleiding en training incidentbestrijding LNG	67
5.1 Inleiding.....	67
5.2 Scenario's	67
5.3 Consequence modelling.....	70
5.4 Planvorming	77
5.5 Opleiding en training	87
5.6 Supplement op basismatrix	90
5.7 Verschillende opleidingen en trainingen per type hulpverleningsdienst	90
5.8 Multidisciplinaire oefeningen	91
6. Aanbevelingen	92
6.1 Omgeving	92
6.2 Bevolking.....	92
6.3 Meetapparatuur	93
6.4 Toereikende watercapaciteit	93
6.5 Tools voor operationele voorbereiding.....	93

DEEL 3

7. Kennisverspreiding: Strategisch advies	96
7.1 Inleiding.....	96
7.2 Verspreidingsopties	96
7.3 Relevante instanties	96

BIJLAGEN:

1.	Literatuurlijst
2.0	Overzicht scenariospecifieke inzetplannen
2.1A	Grafische weergave casus SCEN-1
2.1B	Inzetplan SCEN-1
2.2A	Grafische weergave casus SCEN-2
2.2B	Inzetplan SCEN-2
2.3A	Grafische weergave casus SCEN-3
2.3B	Inzetplan SCEN-3
2.4A	Grafische weergave casus SCEN-4
2.4B	Inzetplan SCEN-4
3.	Overzicht contactpersonen
4.	Overzicht projectdeelnemers

LIJST VAN AFKORTINGEN

ADN	Franstalige afkorting voor Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voie de Navigation, in het Nederlands vertaald als het Europees Verdrag inzake het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de binnenwateren.
BLEVE	Engelstalige afkorting voor 'Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion', in het Nederlands vertaald als 'kokende vloeistof-gasexpansie-explosie'. Dit is een explosie die kan voorkomen als een houder (tank) met een brandbare vloeistof onder druk openscheurt.
BOG	Engelstalige afkorting voor Boil Off Gas, in het Nederlands vertaald als verdampingsgas.
CNG	Engelstalige afkorting voor Compressed Natural Gas, in het Nederlands vertaald als aardgas onder druk.
CVCE	Engelstalige afkorting voor Confined Vapour Cloud Explosion, in het Nederlands vertaald als een opgesloten gaswolk explosie.
DF	Engelstalige afkorting voor Duel Fuel. Dit is in het Nederlands vertaald een technologie waarbij in een verbrandingsmotor naast diesel ook gas wordt ingespoten.
ESD	Engelstalige afkorting voor Emergency Shut Down, in het Nederlands vertaald als noodstop.
FCP	Engelstalige afkorting voor Forward Control Point, in het Nederlands vertaald als bruggenhoofd.
GVU	Engelstalige afkorting voor Gas Valve Unit, in het Nederlands vertaald als gasklepcomponent.
IGC code	Engelstalige afkorting voor International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, in het Nederlands vertaald als de internationale code voor de bouw en uitrusting van schepen die vloeibare gasen in bulk vervoeren
IMO	Afkorting voor de Internationale Maritieme Organisatie.
LFL	Engelstalige afkorting voor Lower Flammable Limit, in het Nederlands vertaald als de minimale concentratie waarbij een specifiek gas brandbaar is.
LNG	Engelstalige afkorting voor Liquefied Natural Gas, in het Nederlands vertaald als vloeibaar aardgas.
LPG	Engelstalige afkorting voor Liquefied Petroleum Gas, in het Nederlands vertaald als vloeibaar autogas.
MLI	Engelstalige afkorting voor Multi-Layer Insulation, in het Nederlands vertaald als isolatie uit meerdere lagen.
MDO	Engelstalige afkorting voor Marine Diesel Oil, in het Nederlands vertaald als dieselolie voor de zeevaart.
MSDS	Engelstalige afkorting voor Material Safety Data Sheet, in het Nederlands vertaald als veiligheidsinformatiebladen.
PBU	Engelstalige afkorting voor Pressure Build-up Unit, in het Nederlands vertaald als het drukopbouwcomponent.
PBM	Afkorting voor persoonlijke beschermingsmiddelen.
PPM	Engelstalige afkorting voor Parts Per Million, in het Nederlands vertaald als delen per miljoen (een maat voor concentratie).
RPT	Engelstalige afkorting voor Rapid Phase Transition, in het Nederlands vertaald als snelle faseovergang.
RUD	Afkorting voor Regionale Uitvoeringsdienst.
UVCE	Engelstalige afkorting voor Unconfined Vapour Cloud Explosion, in het Nederlands vertaald als een niet-opgesloten gaswolk explosie.
UFL	Engelstalige afkorting voor Upper Flammable Limit, in het Nederlands vertaald als de maximale concentratie waarbij een specifiek gas brandbaar is.
VN	Afkorting voor de Verenigde Naties.

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 1. Vaarroutekaart van het 'LNG Masterplan voor de Rijn/Maas, de Main en de Donau'
- Figuur 2. Schematische weergave van een conventioneel en van een diesel / elektrisch aandrijfsysteem
- Figuur 3. Configuratie van een LNG – diesel / elektrisch aandrijfsysteem
- Figuur 4. LNG / elektrisch aangedreven tanker
- Figuur 5. Serieconfiguratie motor
- Figuur 6. Parallelconfiguratie motor
- Figuur 7. Studiemodel van de Tonbo elektrische veerboot op zonne-energie van Eco Marine Power
- Figuur 8. IMO classificatie van LNG schepen
- Figuur 9. Eiger-Norwand LNG tank benedendecks
- Figuur 10. Diagram tankconfiguratie
- Figuur 11. Basiscomponenten LNG brandstofarrangement
- Figuur 12. C-class LNG tank vacuüm geïsoleerd met geïntegreerde cold box
- Figuur 13. Cold box configuratie
- Figuur 14. Horizontale en verticale afgesloten GUV
- Figuur 15. Open GUV
- Figuur 16. Typische layout van een gas-veilige machineruimte
- Figuur 17. Typische layout van een ESD beveiligde machinekamer
- Figuur 18. Drie niveaus van gevaarlijke gebieden
- Figuur 19. Enkele LNG carrier studiemodellen
- Figuur 20. Voorbeeld van een 'Bi-Lobe' LNG-opslagtank
- Figuur 21. Door VEKA-Deen ontworpen LNG-tanker
- Figuur 22. Het definitieve ontwerp van het gecombineerde LNG bunkerschip van Argos
- Figuur 23. Typisch ontwerp van een 'GTT Mark III Membrane Containment System'
- Figuur 24. Typische 'pilot-operated relief valve'
- Figuur 25. Typisch arrangement van cargo-pompen voor een LNG-membraan cargo-tank
- Figuur 26. Eerste LNG-bunkering van het binnenschip Eiger-Norwand
- Figuur 27. LNG-brandstoftankcontainer
- Figuur 28. Het logistieke systeem van een LNG-brandstoftankcontainer
- Figuur 29. Gebeurtenissenboom voor vrijkomen van LNG bij nagenoeg atmosferische druk
- Figuur 30. Gebeurtenissenboom voor vrijkomen van LNG bij verhoogde druk
- Figuur 31. Mogelijke brandscenario's ingeval van vrijkomen van LNG op water
- Figuur 32. Overzicht van mogelijke scenario's
- Figuur 33. Gebeurtenissenboom voor binnenvaartincidenten
- Figuur 34. Schade na een botsing op de Elbe (Duitsland)
- Figuur 35. Scheur in plaat op dek
- Figuur 36. Gebeurtenissenboom voor de insluitsystemen van het brandstofsysteem
- Figuur 37. Gebeurtenissenboom voor andere brandtypen dan LNG
- Figuur 38. De systematische benadering in identificatie van de vereiste opleidings- en trainingselementen
- Figuur 40. Vrijkomen LNG op water
- Figuur 41. Mogelijke brandscenario's indien LNG vrijkomt op water
- Figuur 42. Scenariovolgorde
- Figuur 43. Verdampingssnelheden
- Figuur 44. Samenvatting brandbestrijdingsstrategie
- Figuur 45. Hydro-shield waaierpatroon
- Figuur 46. Diverse blusboten op de rivieren
- Figuur 47. Het zevenstappenmodel voor vaststelling van de opleidings- en trainingsvereisten
- Figuur 48. Weergave PHAST modellering Scenario 1
- Figuur 49. Truck to ship transfer
- Figuur 50. Weergave PHAST modellering Scenario 2
- Figuur 51. Argos LNG bunkerschip voor binnenvaart
- Figuur 52. Foto's van incidenten waarbij containers overboord zijn gevallen bovenop een eronder gelegen schip
- Figuur 53. Weergave PHAST modellering Scenario 3
- Figuur 54. Greenstream binnenschip
- Figuur 55. Weergave PHAST modellering – zij aanzicht - Scenario 4
- Figuur 56. Weergave PHAST modellering – Boven aanzicht – Scenario 4
- Figuur 57. Overzicht 'LNG Masterplan voor de Rijn, Maas, Main en Donau'

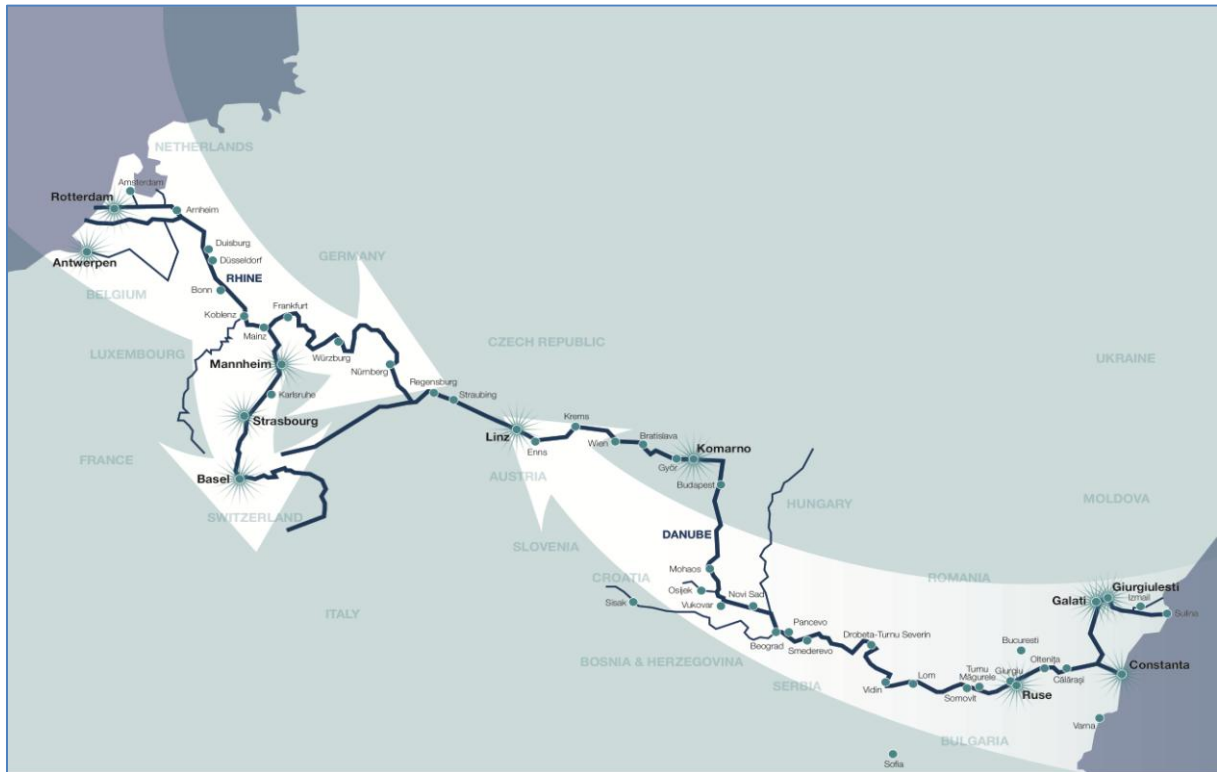
LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1.	Het verschil in reducties luchtmissie tussen LNG, diesel en dual-fuel aangedreven motoren
Tabel 2.	Gescheiden ruimten d.m.v. gasdichte begrenzingen tussen de verschillende zones
Tabel 3.	Representatieve uitstroomsnelheden m.b.t. het ongewenst vrijkomen van LNG bij scheepvaartincidenten waarbij een LNG schip is betrokken
Tabel 4.	Berekende plasbranddiameters welke kunnen ontstaan na een uitstroom van LNG als gevolg van een scheepvaartincident en vertraagde ontsteking
Tabel 5.	Voorbeelden van bunkeringsdebieten en slangdiameters
Tabel 6.	Uitstroming van LNG als gevolg van falen van los-/laadslang of -arm tijdens een lossing/belading van een tankwagen
Tabel 7.	Maximale afmeting van een plasbrand in geval van directe of vertraagde ontsteking van de incidenteel vrijgekomen LNG (geen containment, -160°C) op land
Tabel 8.	Uitstroming van LNG als gevolg van falen van een los-/laadslang of -arm tijdens en lossing/belading van een schip
Tabel 9.	Uitstroming van LNG als gevolg van falen van een dampretourslang of -arm tijdens losing/belading van een schip
Tabel 10.	Maximale afmeting van een plasbrand bij een uitstroming van LNG op water ingeval van directe of vertraagde ontsteking
Tabel 11.	Scenario- en effectenmatrix, ingevuld op basis van 'expert judgment'
Tabel 12.	Ratio vloeistof / gas equivalent bij atmosferische druk
Tabel 13.	Verdampingssnelheid op water
Tabel 14.	Vergelijk van afbrandsnelheden voor verschillende brandstoffen
Tabel 15.	Afbrandsnelheid van LNG op water
Tabel 16.	Inventarisatie significante noodscenario's
Tabel 17.	Selectie representatieve noodscenario's m.b.t. incidentbestrijding
Tabel 18.	Overzicht kengetallen meteorologische invoergegevens
Tabel 19.	Phast invoergegevens en resultaten Scenario 1
Tabel 20.	Phast invoergegevens en resultaten Scenario 2
Tabel 21.	Phast invoergegevens en resultaten scenario 3
Tabel 22.	Phast invoergegevens en resultaten Scenario 4
Tabel 23.	Modules opleiding & training
Tabel 24.	Vereiste modules opleiding & training per categorie hulpverleners

1. INTRODUCTIE

1.1 AANLEIDING

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft samen met het Havenbedrijf Antwerpen, het Havenbedrijf Mannheim, het Havenbedrijf Straatsburg en het Havenbedrijf Basel (de Rhine Port Group) opdracht gegeven voor het verrichten van onderzoek naar incidentbestrijding m.b.t. LNG in de binnenvaart, als onderdeel van het LNG Masterplan voor de Rijn, Main en Donau.



Figuur 1 Vaarroutekaart van het 'LNG Masterplan voor de Rijn, de Main en de Donau'

Het LNG masterplan streeft ernaar om een platform te creëren voor samenwerking tussen de stakeholders vanuit de overheid en industriesector, met als doel het faciliteren in het ontwerp van een geharmoniseerd Europees reguleringskader voor LNG als brandstof en cargo en het promoten van de introductie van LNG als brandstof en cargo in de binnenvaart.

Het levert technische concepten voor nieuwe en retrofit binnenvaartschepen met voortstuwing op basis van LNG aangedreven motoren en voor binnenvaarttankschepen met LNG als cargo, alsmede een significant aantal pilot-implementaties (realisaties) van schepen en terminals. Zij ontwikkelt ook een alomvattende strategie, samen met een gedetailleerd stappenplan voor de implementatie van LNG in lijn met de EU transport-, energie- en milieubeleidsdoelstellingen en speerpunten.

Het LNG masterplan beschouwt de binnenvaart niet alleen als een pioniersmarkt voor LNG als transportbrandstof, maar ook als een faciliteerder in het kosteneffectief leveren van LNG vanuit de zeehavens naar de afnemers (van brandstoffen en energie) in de belangrijke industriegebieden, welke zijn gelegen aan de binnenvaarwegen. Dit bevordert een grootschalige ontwikkeling van LNG als brandstof en als energiebron.

LNG wordt beschouwd als een belangrijke kans voor de binnenvaartsector, maar het zal zeker niet een remedie zijn voor alle structurele en economische problemen in de binnenvaartsector.

Al het werk is gebaseerd op een realistische en geïntegreerde Europese aanpak. Eén van de visies van het LNG masterplan is dat de binnenhavens in de Rijn-Main-Donau-as belangrijke distributiecentra voor LNG zullen worden.

Terminals in de binnenhavens kunnen functioneren als satellieten voor het achterland, waardoor LNG in staat wordt gesteld om andere pioniersmarkten te bereiken, zoals de consumentensector (eigen vervoer) en het beroepsvervoer (bussen, vuilniswagens en ander stedelijk logistiek vervoer) en de energiebranche.

1.2 DOELSTELLINGEN

Het doel van de studie is om de bestaande kennis over het transport van LNG en het gebruik van LNG aangedreven schepen op de binnenwateren te verkennen, alsmede de mogelijke scenario's - ingevolge een LNG-lek - vast te stellen waarmee een incidentbestrijdingsteam zou kunnen worden geconfronteerd.

Incidentbestrijding wordt - in deze context - gedefinieerd als de bestrijding welke is vereist door de plaatselijke autoriteiten, zoals brandweer, politie, ambulance en de haven- / rivierautoriteiten, die dienen om te gaan met situaties die buiten het vermogen van de first responders (zoals de bemanning van het schip, operators enz.) zijn geëscaleerd.

De informatie die wordt verkregen als gevolg van het onderzoek wordt gebruikt om het bewustzijn bij de afhandeling van dergelijke incidenten te verhogen, om aanbevelingen te doen met betrekking tot de benodigde middelen welke bij een inzet zijn vereist en om te voorzien in richtlijnen voor opleiding & training in incidentbestrijding.

1.3 TOEPASSINGSGEBIED

1.3.1 ALGEMEEN

De studie geeft een overall beeld waarbij de incidenten worden benadrukt die kunnen ontstaan tijdens handelingen met LNG in de binnenvaart en op welke wijze daarop dient te worden gereageerd. Het onderzoek richt zich op:

- Ontwikkeling van scenario's als gevolg van lekkage, emissie en escalatie tijdens kleinschalige (small scale) LNG-activiteiten
- Ontwikkeling van incidentbestrijdingsscenario's voor small scale LNG
- Ontwikkeling van richtlijnen voor de operationele voorbereiding
- Ontwikkeling van richtlijnen voor opleiding & training in LNG-incidentbestrijding
- Ontsluiting van kennis en adviezen inzake LNG-incidentbestrijding

Er is al veel bekend met betrekking tot LNG specifiek in de scheepvaart, echter dat heeft met name betrekking op zeegaand transport op een bulk schaal. Bij deze studie ligt de nadruk op 'small scale', een term die wordt weerspiegeld in de gereduceerde hoeveelheden en de limitaties van de binnenvaart.

1.3.2 RESULTAATVEREISTEN

Het onderzoek is opgedeeld in drie fasen.

- FASE 1: Overzicht van bestaande kennis t.a.v. LNG incidentbestrijding, training en opleiding op en rondom de vaarwegen van de Rijn-Main-Donau-as. Dit is bereikt op basis van een deskstudiemethode. De doelstelling is om te komen tot:
- Een overzicht van bestaande kennis en bestaande richtlijnen omtrent incidentbestrijding m.b.t. small-scale LNG t.b.v. binnenvaart op de vaarwegen van de Rijn-Main-Donau-as.
 - Een overzicht van bestaande emissie- en escalatiescenario's voor LNG als een brandstof en LNG als cargo voor small-scale LNG t.b.v. binnenvaart op de vaarwegen van de Rijn-Main-Donau-as.
 - Nood- en incidentscenario's voor small-scale LNG t.b.v. binnenvaart op de vaarwegen van de Rijn-Main-Donau-as. De scenario's omvatten alle incidenten die kunnen gebeuren in de binnenvaart met een LNG aangedreven schip en een schip met LNG als cargo.
 - Een weergave van de verschillende incidenten en noodsituaties in de vorm van een matrix, gesorteerd in rijen en kolommen, waarin de verschillende soorten schepen (LNG aangedreven schepen en schepen met LNG als cargo) zijn opgenomen.
 - Een overzicht van de geïdentificeerde gebreken m.b.t. incidentbestrijdingsmiddelen, welke noodzakelijk zijn voor incidentbestrijding van small-scale LNG m.b.t. binnenvaart op de Rijn-Main-Donau-as.
- FASE 2: Ontwikkeling van richtlijnen voor operationele voorbereiding op incidenten en voor opleiding en training t.b.v. incidentbestrijding van small-scale LNG in de binnenvaart. Daarbij is de doelstelling om te komen tot:
- De ontwikkeling van richtlijnen voor operationele voorbereiding op small-scale LNG incidenten in de binnenvaart. Deze richtlijnen zijn opgenomen in een vergrootte versie van de matrix uit deel 1.
 - De ontwikkeling van richtlijnen voor opleiding en training in incidentbestrijding, welke is toegespitst op small-scale LNG in de binnenvaart. In die gevallen - waar sprake is van training - omschrijven deze richtlijnen de trainingsvereisten voor elk van de scenario's.
- FASE 3: Advies en omschrijving van een strategische aanpak over hoe de bevindingen van fasen 1 en 2 dienen te worden gecommuniceerd met de belanghebbenden die deze informatie nodig hebben.
- Daarbij is de doelstelling is om de diverse opties te beschrijven ten aanzien van het publiceren of communiceren van alle details aan de betrokken partijen.

Bovenstaande resultaatvereisten zijn samengevoegd in dit einddocument: 'LNG: Richtlijnen en aanbevelingen voor hulpverleningsorganisaties'.

DEEL 1

OVERZICHT VAN BESTAANDE KENNIS

LNG INCIDENTBESTRIJDING
TRAINING EN OPLEIDING

OP EN RONDOM DE
RIJN, MAIN & DONAU

2. BESTAANDE TECHNOLOGIE

2.1 LNG AANGEDREVEN BINNENVAARTSCHEPEN

2.1.1 LNG ALS BRANDSTOF

2.1.1.1 INTRODUCTIE

In de zeevaart is het gebruik van vloeibaar aardgas (LNG) voor aandrijfsystemen van LNG-tankschepen al decennialang een veel gebruikte technologie. Het tot op heden behaalde veiligheidsniveau bij het laden/lossen van dergelijke schepen en het gebruik van boil-off gas voor aandrijfsystemen is uitstekend. In de afgelopen jaren is - op het gebied van ervaring met deze technologie - terrein gewonnen in Noorwegen, waar kleine schepen zijn uitgerust met LNG aandrijving, bijvoorbeeld veerboten en offshore bevoorradingschepen.

Vloeibaar aardgas gaat ook worden gebruikt als brandstof voor de binnenvaartschepen.

Op basis van de ADN voorschriften is het tankschip 'MTS Argonon' het eerste binnenvaartschip waarmee het toegestaan is om LNG als brandstof te gebruiken voor het aandrijfsysteem, onder voorwaarde dat het schip volledig voldoet aan de voorschriften van het ADN, met uitzondering van het volgende:

- ➔ Zowel MDO en LNG zullen worden gebruikt voor het aandrijfsysteem van het schip. Het vlampunt van LNG is echter, in afwijking van de ADN voorschriften, lager dan 55 graden Celsius.

Op basis van het gelijkwaardigheidsbeginsel is door Lloyd's Register een HAZID beoordeling uitgevoerd met als doel om het veiligheidsniveau van het systeem vast te stellen en om in de vervolgfasen van het ontwerpproces de maatregelen mee te nemen die benodigd zijn om een gelijkwaardig veiligheidsniveau te behalen t.o.v. diesel aangedreven schepen.

2.1.1.2 LNG TEN OPZICHTE VAN MDO ALS BRANDSTOF

Vloeibaar aardgas is een mengsel van diverse koolwaterstoffen, met een zeer hoog percentage aan methaan (doorgaans meer dan 91%).

De actuele samenstelling is variabel en afhankelijk van de samenstelling van het oorspronkelijk gewonnen gas en vervolgens van het liquificatieproces.

De samenstelling van LNG kan na verloop van tijd veranderen (ageing). 'Ageing' is de neiging van de lichtere bestanddelen van het LNG mengsel om eerder te verdampen dan de zware bestanddelen. Met andere woorden, methaan zal het eerste bestandsdeel zijn dat verdampt, waarbij het de hogere fracties achterlaat.

Er zijn twee beweegredenen om LNG als brandstof te overwegen voor aandrijfsystemen in de scheepvaart. De eerste is gerelateerd aan luchtkwaliteit- en emissiewetgeving en de tweede aan de beschikbaarheid en prijsonzekerheid van vloeibare brandstoffen in de toekomst.

LNG verschilt nogal van de traditionele MDO en deze verschillen moeten duidelijk zijn als LNG wordt overwogen voor scheepsaandrijving:

- LNG wordt opgeslagen op zeer lage temperatuur (gemiddeld -162 °C).
- Elk contact met staal zal leiden tot breuk-/scheurvorming door broosheid.
- Huidcontact zal leiden tot ernstige brandwonden.
- LNG is een voortdurend kokende vloeistof.
- LNG wordt stabiel gehouden door constante 'boiling off' van deze LNG-cargo.

- Tijdens een LNG verlading wordt een bovenmatige hoeveelheid BOG gegenereerd. Dit BOG dient te worden opgevangen.
- LNG is zeer licht ontvlambaar.
- Brandgevaarlijke zones dienen te worden vastgesteld en te worden ingedeeld.
- LNG heeft een gemiddelde energiedichtheid van 50% t.o.v. MDO en vereist daarom tweemaal de bevoorradingscapaciteit om hetzelfde bereik te behalen.
- LNG is een schone brandstof en de introductie hiervan biedt duidelijke voordelen in de vermindering van luchtvervuiling op de binnenvaart. Tabel 1 (onderstaand) toont de emissiebesparingen met gasaandrijfsystemen vergeleken met conventionele MDO motoren.

Nr.	Karakteristieken	MDO aandrijving	LNG aandrijving	Dual-fuel aandrijving	
1	Thermisch rendement	38%	50%	Gas mode:	47%
				Diesel mode:	38%
2	CO ₂ emissie	0%	25 - 30%	Gas mode:	30%
				Diesel mode:	0%
3	NO _x emissie	0%	85%	Gas mode:	85%
				Diesel mode:	0%
4	SO _x emissie	0%	100%	Gas mode:	100%
				Diesel mode:	0%
5	fijnstofreductie	0%	100%	Gas mode:	47%
				Diesel mode:	0%
6	Brandstof flexibiliteit	Nee	Nee	Ja	

Tabel 1 – Het verschil in reducties luchtmissie tussen LNG, diesel en dual-fuel aangedreven motoren

2.1.1.3 DUAL-FUEL SYSTEEM

Dual-fuel schepen, ook wel bi-fuel genoemd, zijn schepen met multi-brandstofmotoren welke op twee brandstoffen kunnen draaien: Een interne verbrandingsmotor met één brandstof, zoals diesel en een andere brandstof zoals aardgas.

De twee brandstoffen worden opgeslagen in gescheiden tanks en de motor kan of gelijktijdig op één van de twee brandstoffen draaien, of - in sommige uitvoeringen - draait de motor gelijktijdig op beide brandstoffen.

Dual-fuel schepen hebben de mogelijkheid om heen en weer te schakelen van diesel naar de andere brandstof, handmatig of automatisch.

2.1.2 LNG DUAL-FUEL MOTORTECHNIEK

De dual-fuel dieselmotor kan draaien in de 'gas mode', in de 'diesel mode' of gelijktijdig in beide.

Gas mode;

De motor draait met een brandstoftoevoer van 80-95 % aardgas en 5-20% MDO. Tijdens een alarm en/of noodsituatie kan de motor automatisch en rechtstreeks overschakelen op diesel stand. Tijdens het in reguliere bedrijf zijn, is het mogelijk om met de motor over te schakelen op diesel bij elke gevraagde belastingoverdracht tot 100% vermogen.

Diesel mode;

De motor draait op 100% MDO en wordt bediend als een reguliere diesel motor. Tijdens het in reguliere bedrijf zijn, is het mogelijk om met de motor over te schakelen op gas bij elke gevraagde belastingoverdracht tot 80% vermogen. Het MDO brandstofinjectiesysteem van de motor zal altijd in bedrijf zijn.

2.1.3 HET AANDRIJFSYSTEEM

Mechanische aandrijfsystemen bestaan over het algemeen uit een motor die de schepsschroef aandrijft.

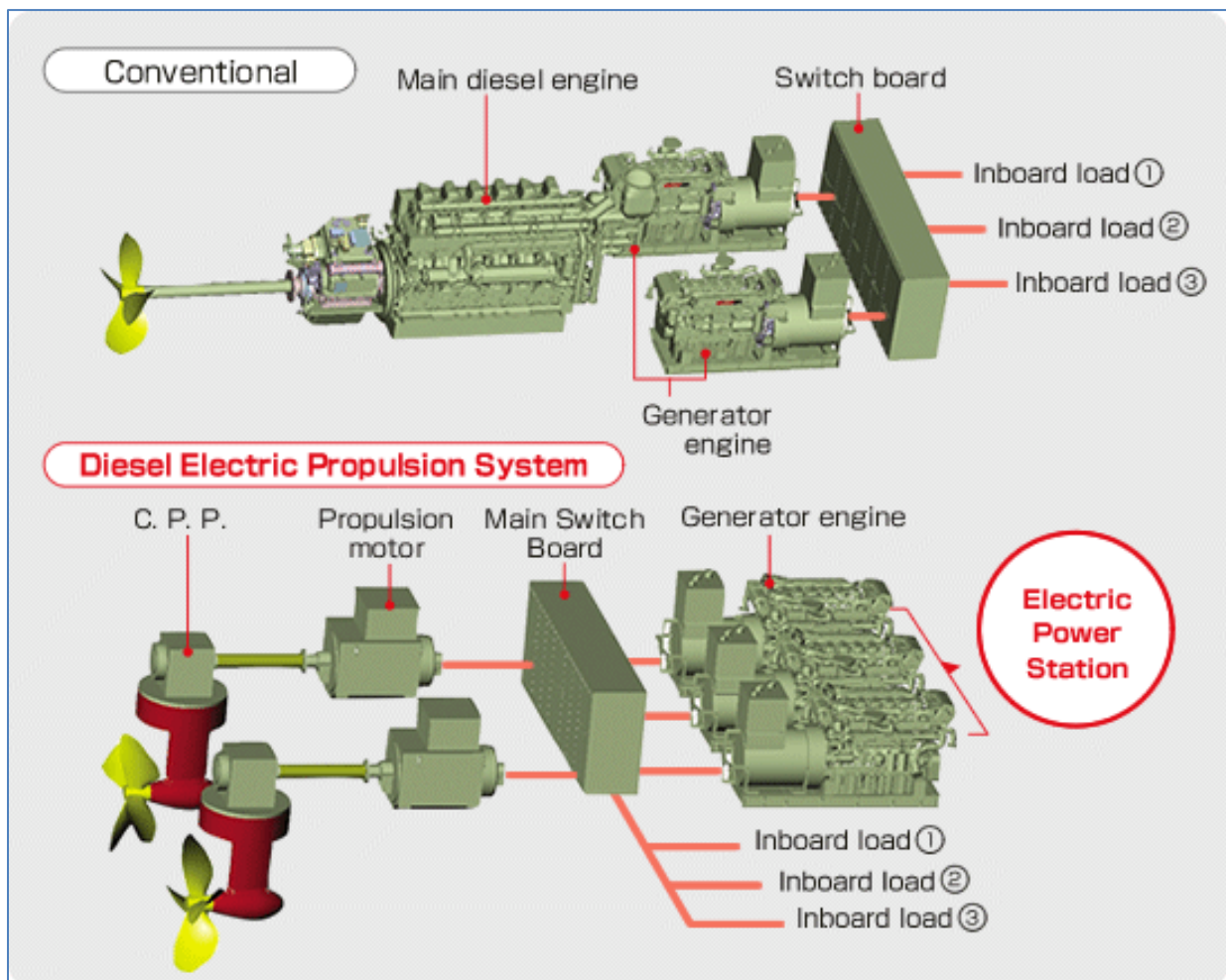
In aanvulling op traditioneel aangebrachte open schepsschroeven zijn er vele specifieke variaties, zoals contra-roterende schroeven en straalbuis schroeven.

De meeste schepen hebben een enkele schepsschroef. Echter sommige grotere binnenvaartschepen kunnen tot twee schroeven hebben, aangevuld met boegschroeven voor manoeuvreerbaarheid in havens.

De schepsschroef is aangesloten op de hoofdmotor via een schroefas en, in middel en hoge snelheidsmotoren, een tandwielreductiekast. Enkele moderne schepen hebben een brandstof-elektrische overbrenging, waarbij de schepsschroef wordt aangedreven door een elektrische motor die de stroomvoorziening vanuit de generatoren van het schip krijgt.

Er zijn verschillende soorten brandstof-aangedreven voortstuwingssystemen voor schepen;

Conventionele directe aandrijving op gas (boil-off gas of geïmpureerd LNG) of een dual-fuel motor

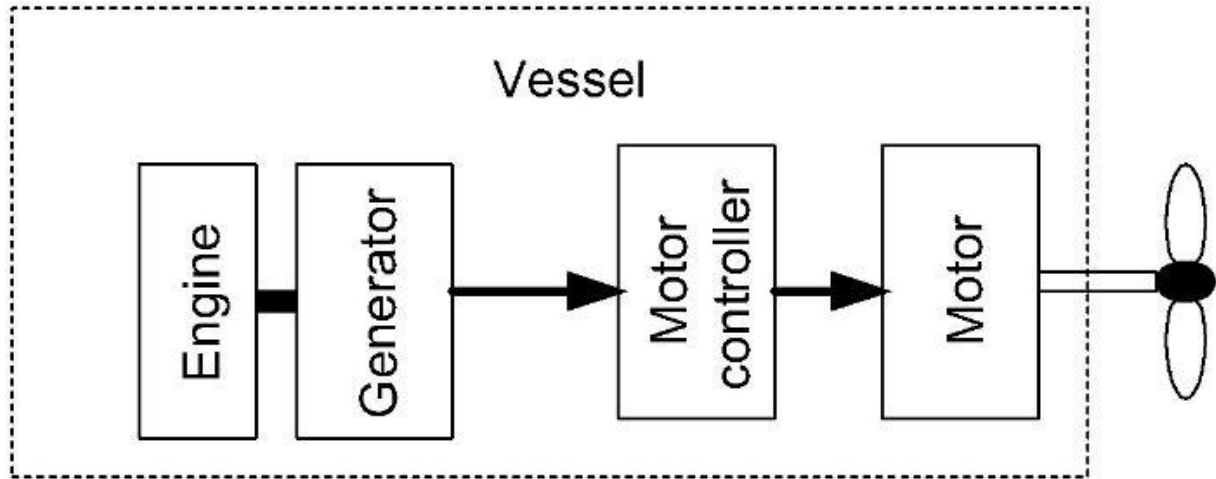


Figuur 2 Schematische weergave van een conventioneel en van een diesel / elektrisch aandrijfsysteem

Indirecte gas of dual-fuel / elektrisch aandrijfsysteem met een door een elektrische generator aangedreven aandrijfsysteem (hybride).

Er zijn drie hybride configuraties (met vele varianten), verbrandingsmotor/elektrisch, serieel hybride en parallel hybride.

LNG-Diesel/Elektrisch



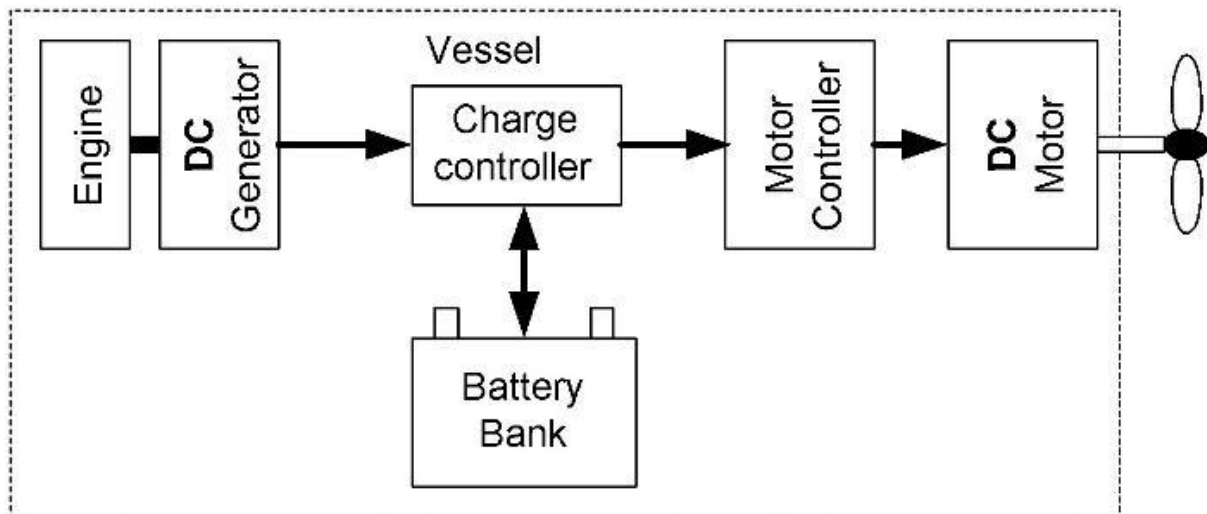
Figuur 3 Configuratie van een LNG – diesel/elektrisch aandrijfsysteem

De verbrandingsmotor (gas, diesel of dual-fuel) is rechtstreeks aangesloten op een elektrische generator. Vanaf dit punt wordt het vrijkomend vermogen elektrisch overgebracht naar de schroefas via een motorregelaar en elektrische motor.

Het systeem kan bestaan uit meerdere generatoren en meerdere motoren aangesloten op één gemeenschappelijk elektrisch aangedreven unit / naaf. Dit systeem wordt bijvoorbeeld gebruikt in diesel / elektrische treinen en ook in het LNG/elektrisch aangedreven binnenvaartschip 'Greenstream'. Strikt genomen is dit geen hybride omdat er geen elektrische opslag van energie plaatvindt.

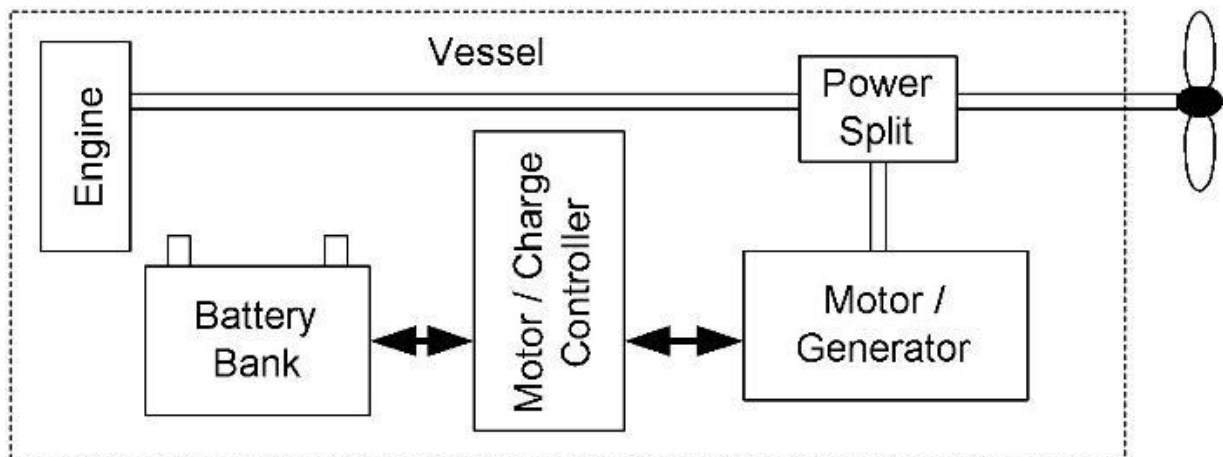


Figuur 4 LNG/elektrisch aangedreven tanker. Bron: Shell.

Serieel Hybride

Figuur 5 Serieconfiguratie motor

De serieconfiguratie hybride is gelijk aan de LNG-diesel/elektrische configuratie voor wat betreft de onderbreking van de mechanische verbinding tussen de motor en de schroefas. Niettemin, in de serieconfiguratie is er tevens een accubank aangesloten op de gemeenschappelijke elektrisch aangedreven unit / naaf. Bij dit systeem kan een bestuurder de motor laten stoppen en de opgeslagen energie vanuit de accubank gebruiken. Bij grote accu's kan het schip een langere periode op elektrische aandrijving varen (en/of elektriciteit leveren aan de elektrische apparatuur aan boord), zonder aanspraak te maken op de generator.

Parallel hybride

Figuur 6 Parallele configuratie motor

Bij een parallelle hybride configuratie blijft de mechanische verbinding tussen de motor en de schroefas in stand. Zoals blijkt uit de naamstelling, werkt de elektrische motor parallel aan de andere motor op de aandrijf-as.

De power split is een mechanisch onderdeel dat vermogensoverdracht mogelijk maakt tussen de verbindingen. De bestuurder kan de schroef rechtstreeks aandrijven vanuit de elektrische motor, vanuit de andere motor of vanuit beide.

De bestuurder kan tevens de schroef vrijgeschakelen t.b.v. een stand-alone generator functie. Tijdens het in bedrijf zijn van de generator is de motor vrijgeschakeld van de schroefas.

Bovendien zijn er alternatieve studiemodellen waarbij sprake is van een hybride configuratie.

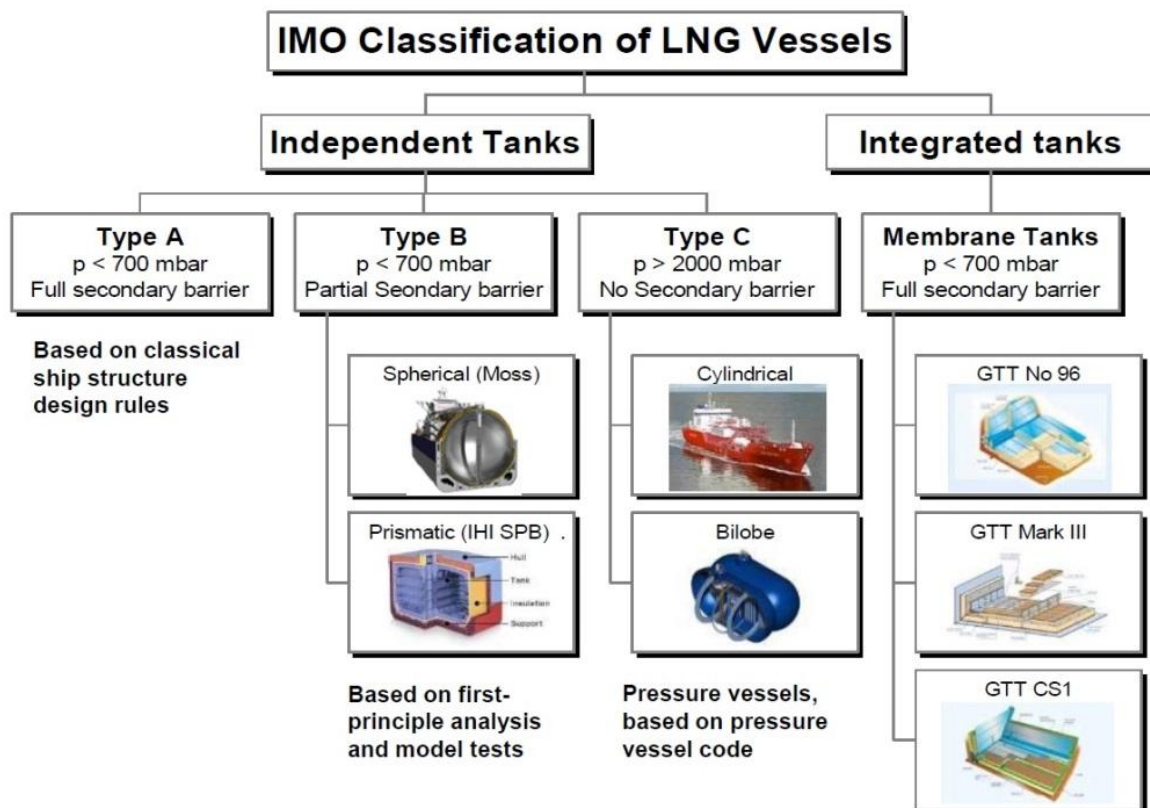


Figuur 7 Studie model van de Tonbo elektrische veerboot op zonne-energie van Eco Marine Power

2.1.4 LNG BRANDSTOF OPSLAG

LNG brandstof wordt opgeslagen in onafhankelijke LNG opslagtanks. Het volume van de tanks is afhankelijk van de benodigde actieradius, het type en de functie van het schip. Het gebruikelijke volume van een LNG brandstoftank ligt tussen de 40 – 160 m³ voor binnenvaartschepen. De LNG brandstoftanks worden boven- of benedendeks geplaatst.

Het ontwerp van de LNG brandstoftanks voor een dual-fuel schip - anders dan een gascarrier - kan dezelfde standaard specificatie ontwerpen overnemen zoals normaal worden benut voor brandstoftanks voor LNG carriers op zee. In de volgende tabel - genaamd 'IMO classificatie van LNG schepen' - worden deze systemen getoond.



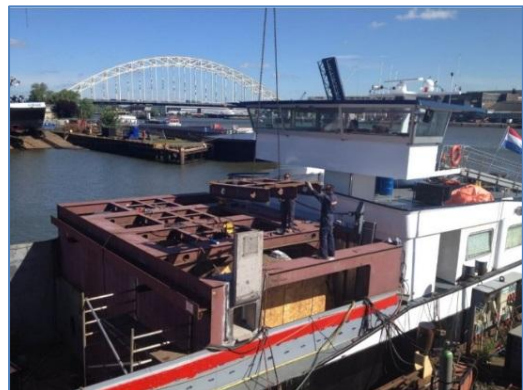
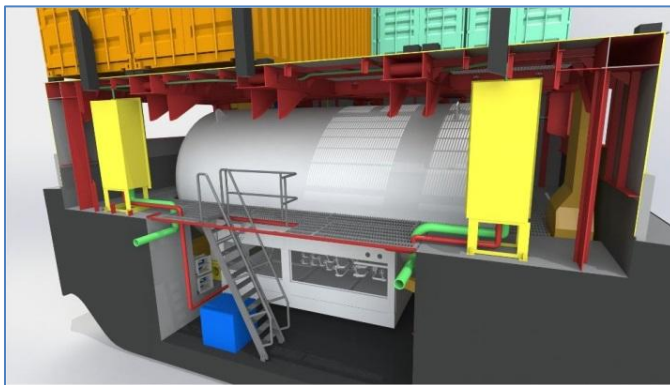
Figuur 8 IMO classificatie van LNG schepen

Overeenkomstig de huidige IMO richtlijnen dient bij de LNG brandstoftanks te worden gekozen tussen de onafhankelijke types "A, B en C". De LNG brandstoftanks zijn ontworpen overeenkomstig de type C vereisten. Type C tanks hebben verscheidene voordelen, zoals:

- De IGC Code vereist geen secundaire barrière bij dit insluitsysteem.
- Kleine en middelmatige tanks kunnen worden ontworpen met vacuüm isolatie. Dit bespaart isolatiemateriaal en verhoogt het isolerend effect.
- Eenvoudige installatie, omdat de tank wordt ondersteund door slechts twee passend gemaakte zadelconstructies.
- Mogelijkheid om de tanks te ontwerpen voor hoge druk, wat voordelig is bij het omgaan met boil-off en bij het in werking zijn.
- Het type is geschikt voor installatie op open dek.

De brandstoftanks onder druk zijn cilindrisch gevormd met bolle uiteinden. De tank is in overeenstemming met de IMO IGC Code ontworpen, de International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, en de Europese norm EN13458-2 Cryogene tanks: Vaste vacuüm geïsoleerde tanks. LNG vacuüm tanks zijn geïsoleerd met perliet/vacuüm. De tank bestaat uit een roestvast stalen binnentank, welke is ontworpen voor de inwendige druk, en een buitentank die dient als secundaire barrière. De buitentank kan gemaakt zijn van roestvast staal of koolstofstaal.

- Typisch tank ontwerp: double wall type C
- Capaciteiten: bandbreedte van 40 tot 750 m³
- Austenitisch roestvast staal of 9% nikkellegering (Ni)
- Buitentank: functie van secundaire barrière
- Perliet / vacuüm isolatie of optioneel Multi-Layer Isolatie (MLI) / vacuüm
- Class acceptance van leidingaansluiting onderzijde
- Tankaansluiting rechtstreeks bevestigd

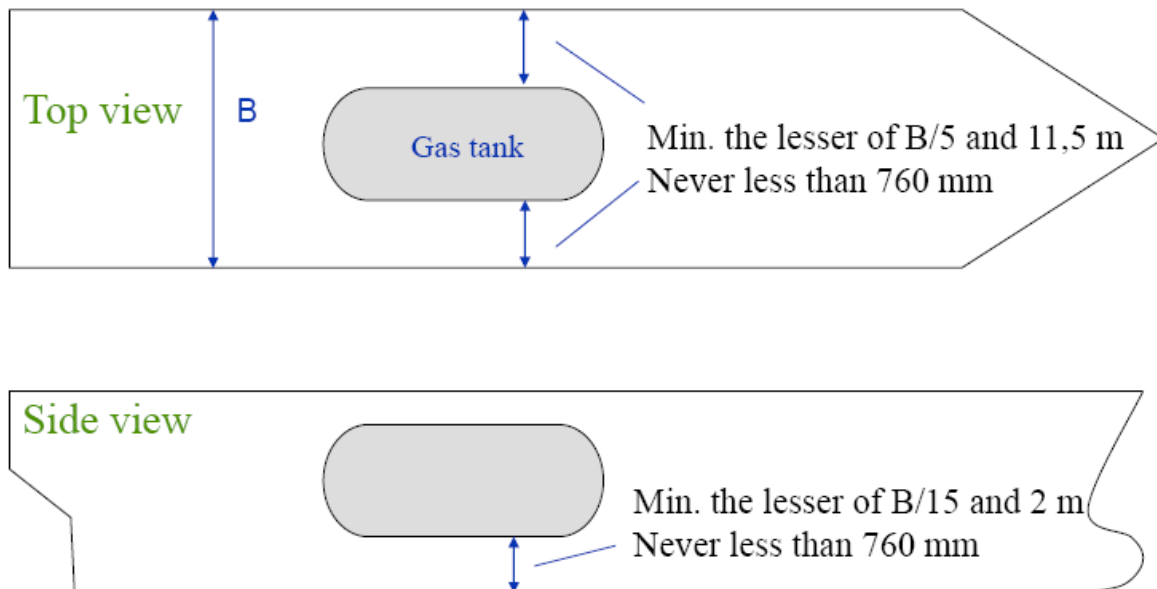


Figuur 9 Eiger-Norwand LNG tank benedendeks. Bron: Danser.

2.1.5 VEREISTEN VOOR OPSLAGTANKS

2.1.5.1 VEREISTEN VOOR DE LOCATIE VAN EEN LNG BRANDSTOFTANK (TYPE C)

Op basis van de IGC-code (document BLG 15/Inf.2):



Figuur 10 Diagram tankconfiguratie. Bron: DNV GL

2.1.5.2 VEREISTEN VOOR GAS OPSLAGTANKS OP OPEN DEK

De vereisten zijn:

- Locatie $B/5$ van zijwand.
- Op schepen anders dan passagiersschepen kan de tanklocatie dichterbij, afhankelijk van het tankvolume, van 0,8 tot 2,0 meter, echter nooit minder dan 0,76 meter.
- Roestvast stalen lekbakken voor tanks met aansluitingen op laag niveau en thermische isolatie in de romp.
- A-60 afscherming richting leefverblijven, service ruimten, opslagruimten, machinekamers en bedieningsruimten.

2.1.5.3 VEREISTEN VOOR GAS OPSLAGTANKS IN BESLOTEN RUIMTEN

Vereisten zijn:

- 10 bar maximaal toegestane werkdruk voor LNG tanks in besloten ruimten.
- Locatie laagste waarde van $B/5$ of 11,5 meter van de zijwand.
- Locatie laagste waarde van $B/15$ of 2 meter van de bodem.
- Op schepen anders dan passagiersschepen kan de tanklocatie dichterbij, afhankelijk van het tankvolume, van 0,8 tot 2,0 meter, echter nooit minder dan 0,76 meter.

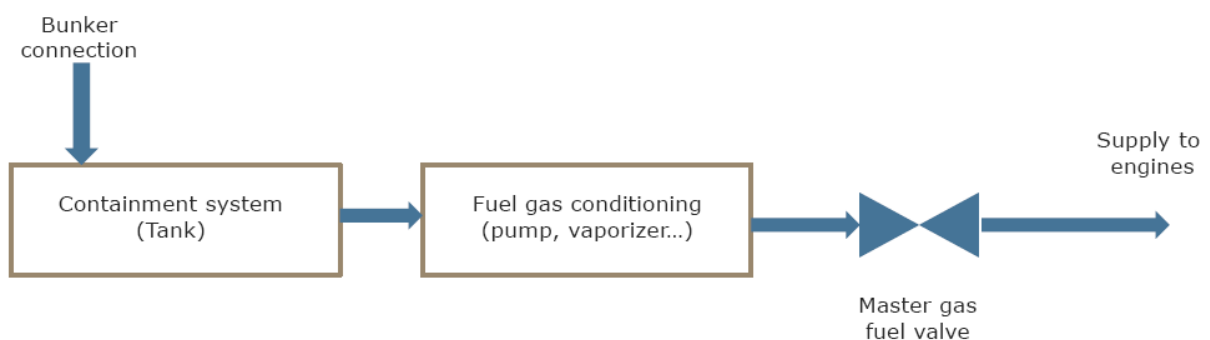
Brandstof insluitsystemen - welke dienen te zijn voorzien van een volledige of gedeeltelijke barrière – moeten van de zee zijn afgeschermd door middel van een dubbele omhulling.

2.1.6 LNG BRANDSTOF SYSTEEM

2.1.6.1 TYPISCHE LNG BRANDSTOFINRICHTING

De basiscomponenten van het LNG brandstofsysteem in de binnenvaart zijn identiek aan die van de brandstofsysteemen in de zeevaart. Deze componenten zijn:

- Bunker-verbinding
- LNG insluitsysteem (tank)
- Brandstofgas conditioneringssystemen
- Hoofdafsluiter gas
- Op aardgas aangedreven verbrandingsmotor



Figuur 11 Basiscomponenten LNG brandstofinrichting



Figuur 12 Type C LNG tank vacuüm geïsoleerd met geïntegreerde cold box. Bron: Wärtsilä

2.1.6.2. DE LNG COLD BOX

Een cold box bestaat uit een stalen omhulling, doorgaans rechthoekig van vorm, waarin de warmtewisselaars, leidingwerk en andere hieraan gerelateerde cryogene componenten en isolatiemateriaal zijn gesitueerd; alles in een inerte atmosfeer.

Er zijn standalone versies en op de LNG brandstoftank geïntegreerde versies. Er worden hiervoor in de literatuur verschillende termen gehanteerd, waarbij in essentie dezelfde installatieonderdelen worden benoemd: Bijvoorbeeld, cold box – tankruimte – process skid.

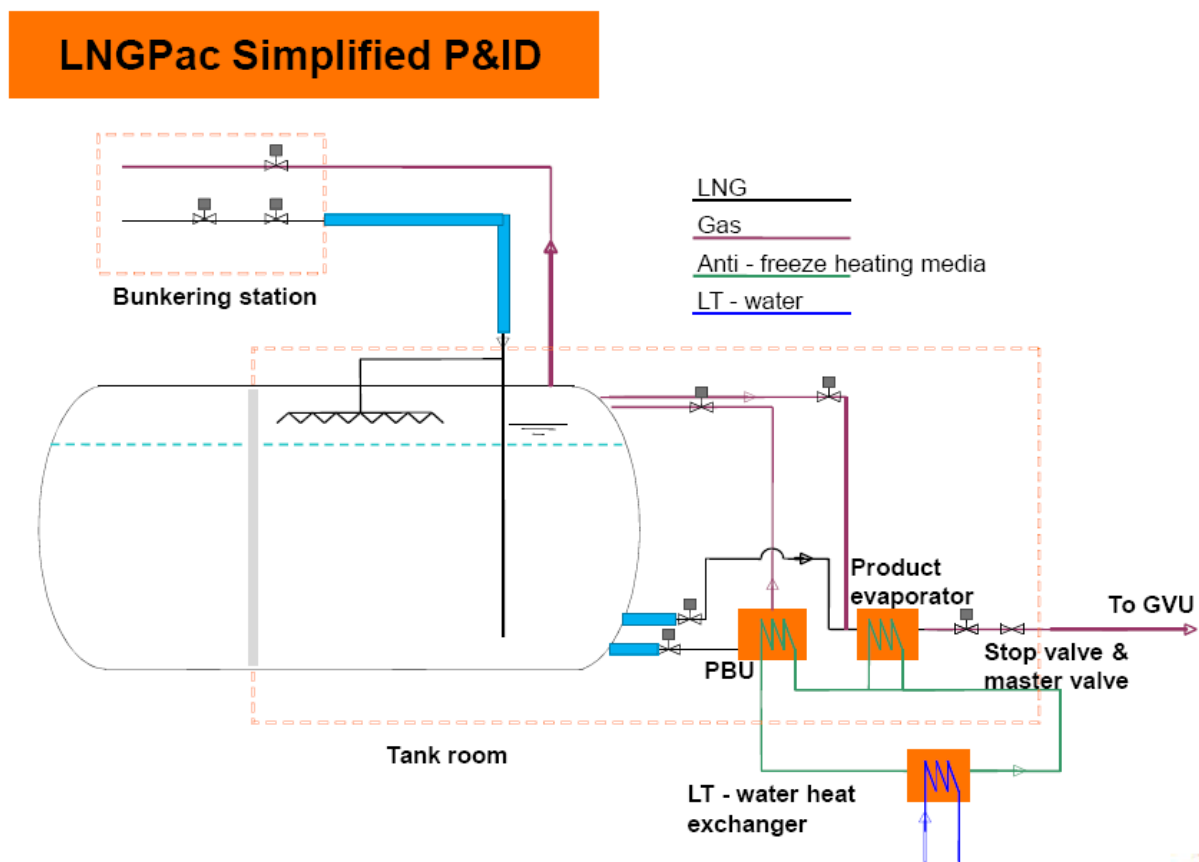
Om voor de cold box een geïntegreerd ontwerp te creëren is een roestvast stalen barrière op de buitentank gelast. Deze opbouw bevat het 'process skid' en alle leidingdoorvoeringen naar de tank.

In het onwaarschijnlijke geval van een LNG lekkage, gedraagt de cold box zich als een barrière die schade voorkomt aan de compartimenten aan de buitenzijde en faciliteert een snelle ventilatie van het verdampte gas.

De tankruimte en het ventilatiesysteem dienen brandwerend te zijn uitgevoerd (klasse A-60/A-0), afhankelijk van de ontwerputgangspunten van de aansluitende ruimte. Enkele typen 'cold boxes' zijn inert uitgevoerd door middel van stikstof.

2.1.6.3 PRESSURE BUILD-UP UNIT (PBU) EN PRODUCT VERDAMPER

De cold box (aangeduid als tankruimte in onderstaande afbeelding) voor het LNG brandstofsysteem bevat een minimale drukopbouwunit (PBU) en een productverdamp(er).



Figuur 13 Cold box configuratie

De cold box (tankruimte) omvat alle verbindingen en afsluiters tussen de tank, de drukopbouwunit (PBU) en de productverdamp(er), samen met de verdamper zelf.

De PBU bestaat uit een geïsoleerde leiding, een verdamp(er), afsluiters, een enkelwandige (ongeïsoleerde) leiding en sensoren. Het doel van de PBU is om druk op te bouwen in de tank na het bunkeren van LNG en om de vereiste werkdruk in de tank te behouden (circa 5 barg), tijdens het reguliere gebruik.

Het in stand kunnen houden van een juiste druk verzekert dat de dual-fuel motoren altijd in staat zijn om het maximale vermogen te leveren (100% MCR). Omdat het LNG systeem geen cryogene pomp of compressor heeft, wordt de vereiste gasinlaatdruk behaald door middel van een juiste opslagdruk in de LNG tank.

De circulatie van LNG naar de PBU verdamper wordt gerealiseerd door het hydrostatische drukverschil tussen de boven- en onderkant van de tank, waarbij LNG vanaf de onderkant van de tank aan de verdamper wordt gevoed.

Het verdampte gas wordt vervolgens aan de tank geretourneerd via de bovenkant. De natuurlijke circulatie door de PBU continueert totdat de vereiste druk in de tank is behaald.

Het productverdamper circuit bestaat uit een geïsoleerde leiding, een verdamper, afsluiters, een enkelwandige (ongeïsoleerde) leiding en sensoren. De taak van de productverdamper is om het LNG te verdampen in gas en op te warmen tot een temperatuur van minstens 0°C afhankelijk van de exacte specificaties per motor. Het gas wordt vervolgens gevoed aan de Gas Valve Unit (GVU) welke is gesitueerd voor de motoren.

Zowel de PBU en de product verdamper worden opgewarmd door een water/glycol mengsel, dat wordt gecirculeerd in een externe koeling. Daar wordt het mengsel omgewarmd door de restwarmte vanuit het circuit van de vloeistofkoeling van de motor.

2.1.6.4 GAS VALVE UNIT (GVU)

De Gas valve unit (GVU) is een component tussen het LNG opslagsysteem en de dual-fuel motor:

- Om de basis gasdruk te reguleren
- Om een veilige ontkoppeling van het gassysteem te verzekeren en om het in inerte modus te zetten, indien noodzakelijk.



Figuur 14. Horizontaal en vertikaal omkaste GVU.

Figuur 15. Open GVU. Bron: Wärtsilä

2.1.7 VEILIGHEID IN DE MACHINEKAMER VOOR LNG AANGEDREVEN SCHEPEN

2.1.7.1 INLEIDING

De IMO interim guidelines accepteren twee van elkaar afwijkende machinekamerconcepten: gasdichte machinekamers en ESD-beveiligde machinekamers. Zie Sectie 2.6 van IMO Resolution MSC.285(86). Dezelfde configuraties kunnen in de binnenvaart worden gebruikt.

Gasdichte machinekamers: Dit zijn configuraties in machinekamers waarbij er sprake is van gasdicht onder alle omstandigheden – onder normale en abnormale omstandigheden - met andere woorden inherent gasdicht.

ESD-beveiligde machinekamers: dit zijn configuraties in machinekamers waarbij onder normale omstandigheden geen sprake van explosiegevaar is en waarbij er uitsluitend onder abnormale omstandigheden sprake kan zijn van een potentieel explosiegevaar.

In het geval er onder zulke abnormale omstandigheden daadwerkelijk sprake is van gasexplosiegevaar dient de noodstopbediening (ESD) van de onbeveiligde apparatuur (ontstekingsbronnen) en machines automatisch worden geactiveerd. De overige – onder zulke omstandigheden - in bedrijf zijnde of onder spanning staande apparatuur of machines dienen aantoonbaar explosie veilig zijn (d.m.v. certificaat).

2.1.7.2 EXPLOSIEVEILIGE MACHINEKAMERS

Al het gastoevoerleidingwerk dient ten opzichte van de machinekamerbegrenzing te zijn gescheiden via een gasdichte omhulling, bijvoorbeeld een dubbelwandige leiding of kanaal. In het geval van een lekkage in een gastoevoerleiding, waarbij het noodzakelijk is dat de gastoevoer wordt afgesloten, dient een twee onafhankelijke brandstoftoevoer beschikbaar te zijn.

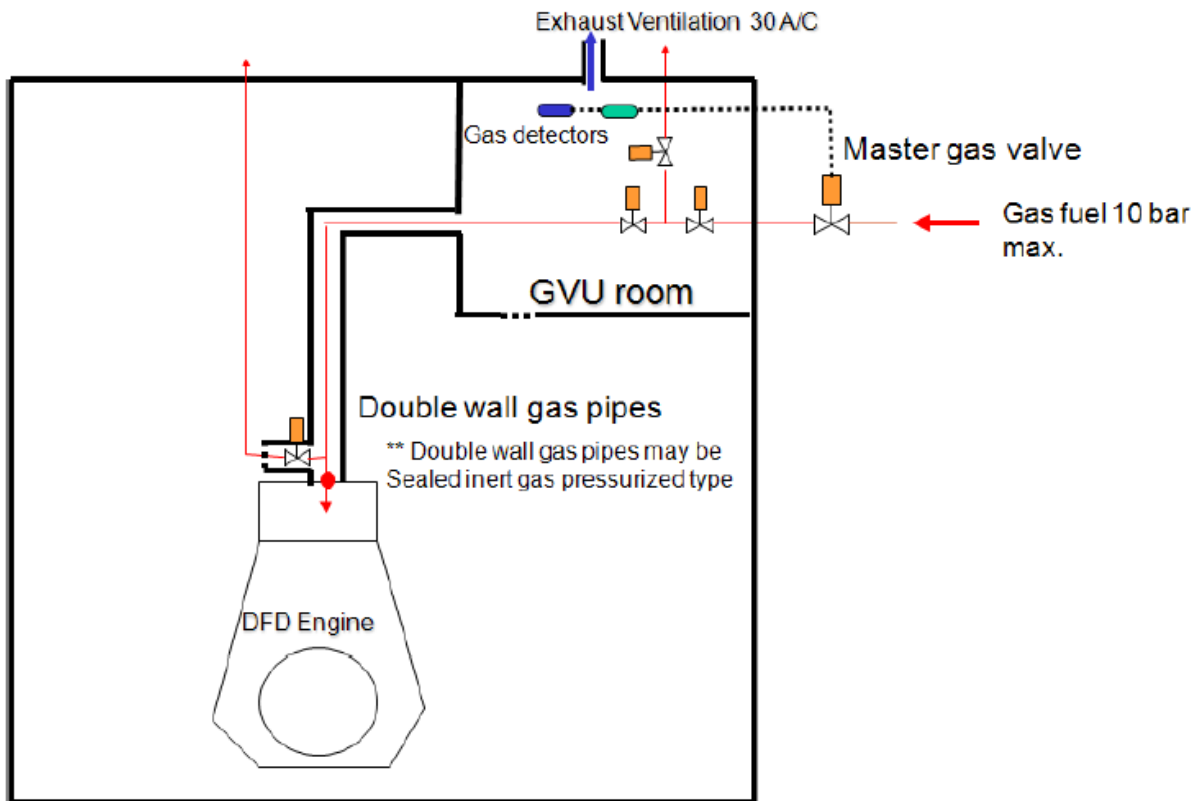
Als alternatief, ingeval van multi-engine installatiesystemen, kan worden volstaan met onafhankelijke en gescheiden gastoevoersystemen per motor of per groep van motoren.

Gastoevoerleidingen welke besloten ruimten passeren dienen volledig omsloten te zijn door een dubbele leiding of kanaal. Deze dubbele leiding of kanaal dient te voldoen aan één van de volgende opties:

- De gasleiding dient een dubbelwandig leidingsysteem te zijn waarbij de gasbrandstof in de binnenste leiding is ingesloten. De ruimte tussen de concentrische buizen dient op druk te zijn gebracht met inert gas op een druk welke groter is dan de gasbrandstofdruk. Er dient te worden voorzien in geschikte alarmen waarmee een inert gaslek tussen de leidingen kan worden opgemerkt;

Of

- De gasbrandstofleiding dient te zijn geïnstalleerd in een geventileerde buis of kanaal. De loze ruimte tussen de gasbrandstofleiding en de wand van de buis of het kanaal aan de buitenzijde dient te zijn uitgerust met een mechanische ventilatie o.b.v. drukbeheersing met een ventilatievoud van tenminste 30.



Figuur 16 Typische layout van een gasexplosieveilige machinekamer. Bron: ABS.

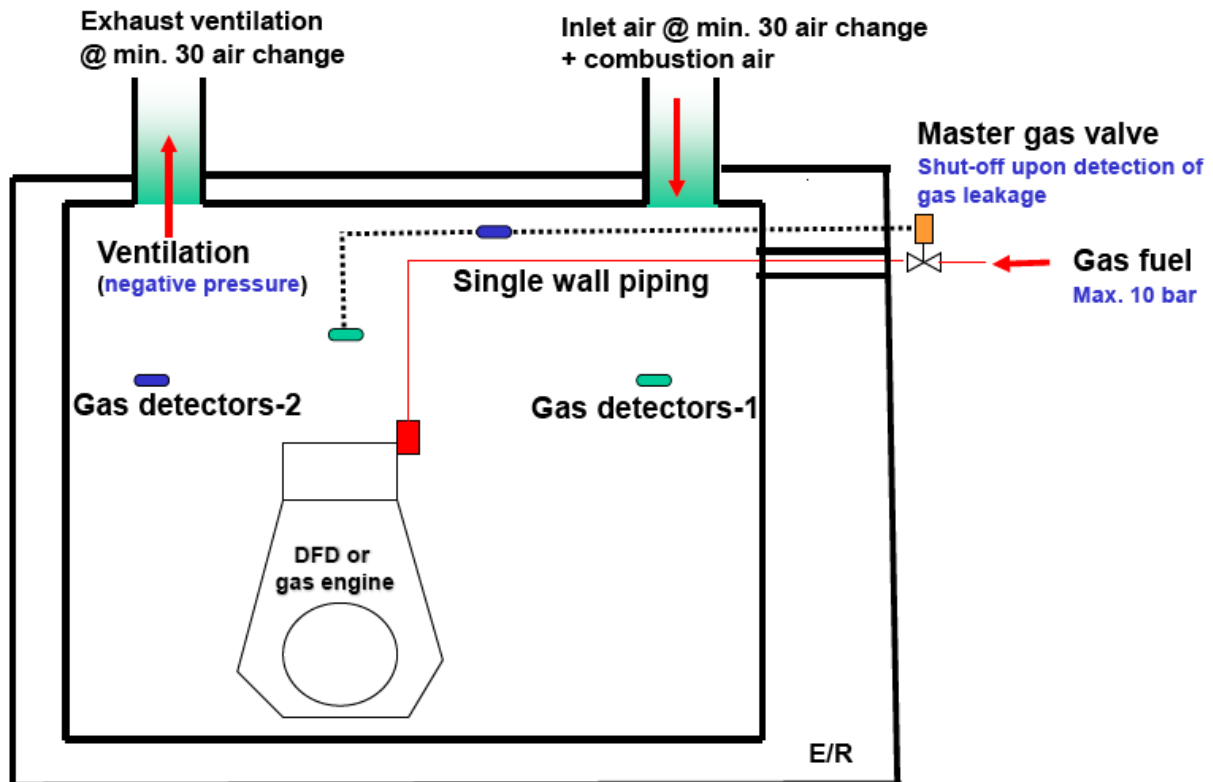
2.1.7.3 ESD BEVEILIGDE MACHINEKAMERS

In machinekamers zijn gastoevoerleidingen zonder gasdichte externe omhulling onder de volgende voorwaarden toegestaan:

- Motoren voor het genereren van voorstuwingskracht en voor elektriciteit dienen te zijn gesitueerd in twee of meer machinekamers.
- De machinekamer waarin het gassysteem met machine, tank en afsluiters is gesitueerd dient een minimum aan dergelijke apparatuur te bevatten.
- In machinekamers dient de druk in de gastoevoerleidingen minder dan 10 bar(g) te zijn.
- Er dient te zijn voorzien in een gasdetectiesysteem waarmee de gastoevoer automatisch kan worden afgesloten.

ESD-beveiligde machinekamers dienen te zijn voorzien van een ventilatiesysteem met een minimale ventilatievoud van 30. Het ventilatiesysteem dient in de gehele ruimte te voorzien in een goede luchtcirculatie, en in het bijzonder te verzekeren dat elke vorm van gasophoping (gas pockets) in de ruimte wordt voorkomen.

In afwijking hiervan zijn configuraties toegestaan waarbij de machinekamers worden geventileerd met een ventilatievoud van tenminste 15 onder normale omstandigheden. Dit is toegestaan, mits erin is voorzien dat bij gasdetectie de ventilatievoud automatisch toeneemt tot 30.



Figuur 17 Typische layout van een ESD beveiligde machinekamer. Bron: ABS.

2.1.8 EXPLOSIEGEVAARLIJKE ZONES

Explosiegevaar wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van gas, dampen of brandbare mengsels. De Europese Richtlijn 1999/92/EC classificeert drie zones (zie tabel 2), welke als volgt zijn gedefinieerd:

Zone 0

Gebieden waarin een explosief gasmengsel voortdurend of gedurende lange perioden aanwezig is. In deze gebieden dienen krachtbronnen met dubbele isolatie worden geïnstalleerd.

Zone 1

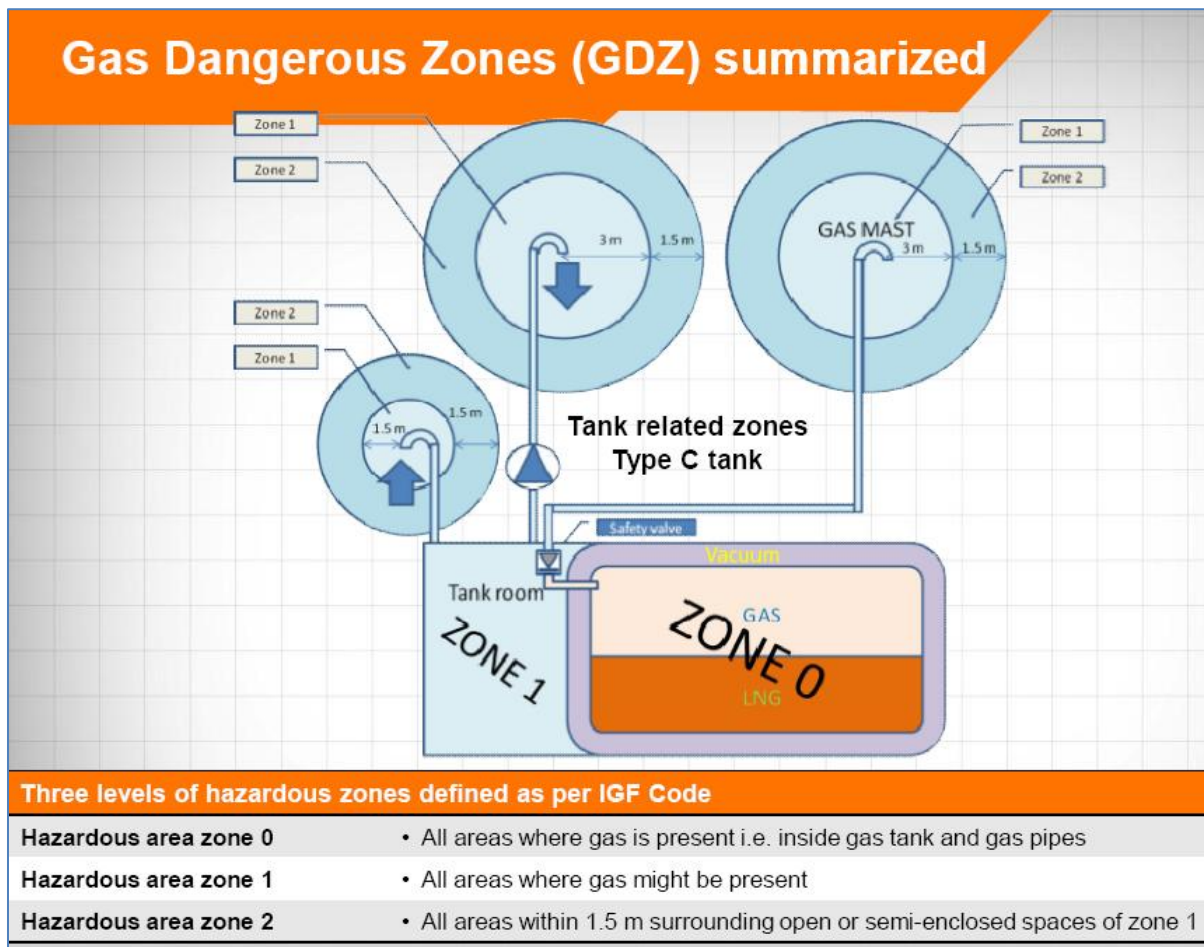
Gebieden waarin de kans op aanwezigheid van een explosief gasmengsel onder normaal bedrijf groot is. In deze zone kunnen vuurvaste elektrische motoren of motoren met aanvullende bescherming worden geïnstalleerd (op laatstgenoemde zijn standaard beperkingen van toepassing).

Zone 2

Gebieden waarin de kans op aanwezigheid van een explosief gasmengsel gering is en slechts gedurende korte tijd. In deze zone kunnen vuurvaste motoren en motoren met aanvullende bescherming worden geïnstalleerd, evenals vonkvrije motoren.

	Met ontstekingsbron ¹		Zonder ontstekingsbron	
	Met ventilatie ²	Zonder ventilatie	Met ventilatie ²	Zonder ventilatie
Zone 0	Zone 1 Bijvoorbeeld: lading pompkamer (zie bijlage A clause A.1)	Zone 0 Bijvoorbeeld: kofferdammen met lading flenzen (zie bijlage A clause A.4)	Zone 2 Bijvoorbeeld: ballast pompkamer grenzend aan lading tanks (zie bijlage A clause A.7)	Zone 1 Bijvoorbeeld: kofferdam, lege ruimte (zie bijlage A clause A.10)
Zone 1	Zone 2 Bijvoorbeeld: kamers met lading flenzen (zie bijlage A clause A.2)	Zone 1 Bijvoorbeeld: kamers met lading flenzen (zie bijlage A clause A.5)	Niet- explosiegevaarlijke gebieden (zie bijlage A clause A.8)	Niet- explosiegevaarlijke gebieden (zie bijlage A clause A.11)
Zone 2	Zone 2 Bijvoorbeeld: kamers met lading flenzen (zie bijlage A clause A.3)	Zone 1 Bijvoorbeeld: kamers met lading flenzen (zie bijlage A clause A.6)	Niet- explosiegevaarlijke gebieden (zie bijlage A clause A.9)	Niet- explosiegevaarlijke gebieden (zie bijlage A clause A.12)
¹ De volgende zijn elke voorbeelden van ontstekingsbronnen: - Ontluchting/afblazen en overige openingen in ladingtanks, sloptanks en lading leidingwerk - Afdichtingen van landingpompen, ladingcompressoren en besturingsapparatuur - Afdichtingen van afsluiters en flenzen en andere aansluitingen en leidingfittingen ² Daar waar de gebiedsclassificatie in een ruimte afhankelijk is van betreffende ventilatie, dient de configuratie zodanig te zijn dat het niet aannemelijk is dat voor een langere periode onderbrekingen in ventilatie zullen plaatsvinden. Bovendien mag er geen ophoping van gas of damp in de nabijheid van een willekeurige ontstekingsbron of daar waar elektriciteit is geïnstalleerd.				

Tabel 2 - Ruimten gescheiden door een gasdichte scheiding tussen de zones (explosiegevaarlijke gebieden conform IEC 60092-502-1999)



Figuur 18 Drie niveaus van explosiegevaarlijke gebieden. Bron: Wärtsilä.

2.2 LNG BINNENVAARTTANKERS

2.2.1 INTRODUCTIE

Ook al bestaat er een wereldwijd gevestigde infrastructuur, het voldoet tot op heden niet aan de vereisten die aan LNG bunkering worden gesteld.

Er is een aanzienlijke kloof tussen de large scale LNG terminals welke worden bevoorraad door grote LNG carriers (140.000 m³ en meer) met als doel om miljoenen tonnen aan aardgas te leveren aan de gasnetwerken en de kleine installaties met LNG als een bunkerbrandstof.

Om deze kloof te kunnen dichten zijn kleine / small LNG carriers benodigd die groot genoeg zijn om een beroep te kunnen doen op de grote terminals voor het verladen, maar ook klein genoeg zijn om de bunkering infrastructuur te kunnen bedienen.

De eerste ontwikkelingen zijn in 2004 gedaan met de introductie van de "Pioneer Knudsen" met een LNG-inhoud van 1.100 m³ en later met het schip de "Coral Methane", een 7.500 m³ gecombineerde LNG / ethyleen / LPG carrier ontworpen door TGE en sinds 2009 actief voor de Anthony Veder Groep uit Nederland. Het latere schip heeft diverse LNG ladingen geladen bij grote Europese import terminals zoals die van Zeebrugge. Een schip uit de nieuwe generatie, de "Coral Energy" is gebouwd (2012) op de Meyer Werf in Duitsland – een 15.600 m³ LNG carrier voor de Anthony Veder Groep met een gasbehandelingssysteem van TGE.

Beide schepen hebben een dual fuel aandrijfsysteem waarmee de tankdruk kan worden beheerst en emissies worden gereduceerd. Hetzelfde bedrijf bouwde de "Coral Anthelia" in 2013/14 – een 6.500 m³ gecombineerde LNG / ethyleen / LPG carrier. Deze small scale LNG carriers zijn niet passend / hebben niet de juiste afmetingen voor de binnenvaart; Dessalniettemin, deze schepen worden beschouwd als de voorlopers van de LNG tankers voor de binnenvaart.



Figuur 19 Enkele LNG carrier studiemodellen. Bron: VEKA.

2.2.2 LNG OPSLAG IN DE BINNENVAART LNG TANKERS

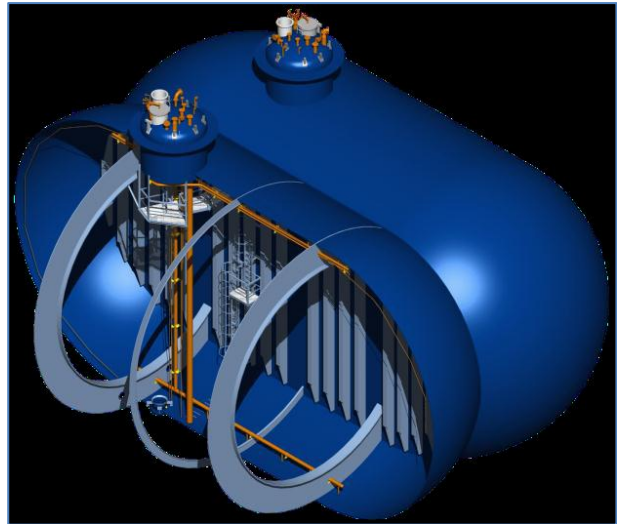
2.2.2.1 ALGEMEEN

Het is de verwachting dat alle soorten LNG tanks zoals deze worden gebruikt onder de IMO klasse tevens zullen worden gebruikt voor de scheepsindustrie in de binnenvaart. Het grote verschil is de dimensionering; de dimensies van het binnenvaartschip zijn begrenst tot de afmetingen van de waterweg.

Het verwachte maximale volume (lading) van één binnenvaart LNG tanker bedraagt 3.000 m³ LNG aan totaalvolume, gebaseerd op de LNG-binnenvaarttanker ontwikkelingen in de zomer van 2014.

Op basis van de IMO type C tanks zijn LNG carriers van 40.000 m³ of zelfs meer haalbaar; maximaal 10.000 m³ per cilindrische tank of 20.000 m³ per bi-Lobe tank zijn onderzocht.

De grote voordelen van deze zeer betrouwbare tank zijn de flexibiliteit in drukregeling (BOG) en het feit dat er geen secundaire barriere is benodigd.



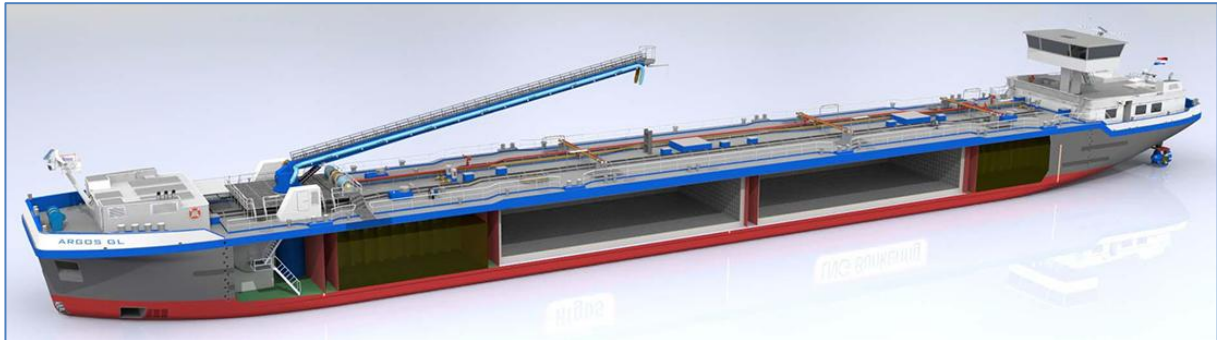
Figuur 20 Voorbeeld van een bi-Lobe LNG opslagtank

Bij de ontwikkeling van LNG binnenvaarttankers in 2014, lijken de type C-tanks het meest gekozen populaire systeem. Bijvoorbeeld, de LNG binnenvaarttanker zoals getoond in het ontwerp van de Veka-Deen Groep, heeft drie type C tanks, elk met een capaciteit van 750 m³. Een soortgelijk ontwerp met drie tanks, elk met 1.000 m³, bevindt zich ook in de ontwerpfase.



Figuur 21 LNG tanker ontworpen door VEKA-Deen. Bron: Veka.

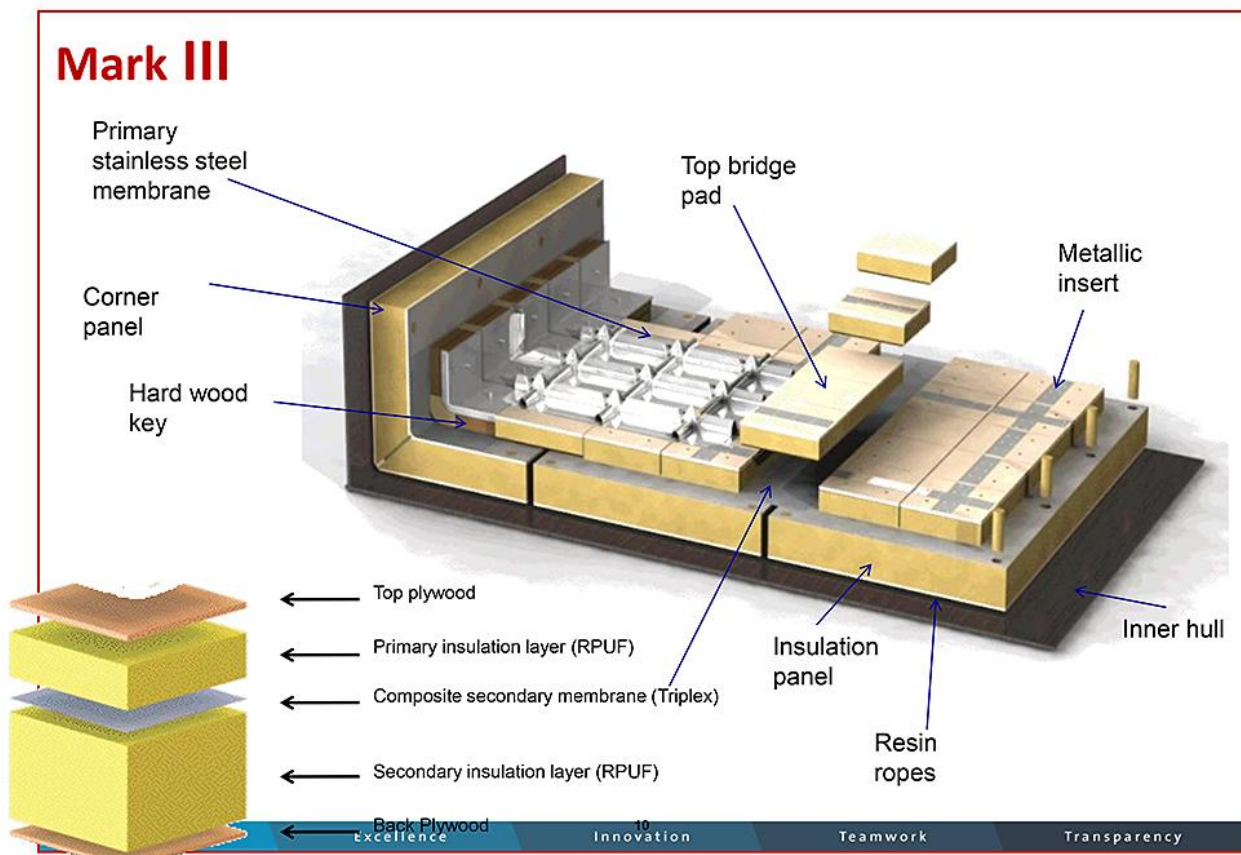
Echter, het nieuw te bouwen Argos gecombineerd LNG Bunkerschip zal bestaan uit een GTT Mark III Membrane Containment Systeem dat 1.870 m³ aan LNG capaciteit in elk van de twee compartimenten omvat, meer dan nogmaals de helft zoveel van de capaciteit van een oorspronkelijk ontwerp dat uitgaat van vier type C tanks.



Figuur 22 Het definitieve ontwerp van het Argos gecombineerde LNG bunkerschip. Bron: Argos.

2.2.2.2 DE MAXIMALE AFMETING VAN EEN LNG OPSLAGTANK

Het gebruik van een GTT Mark III Membraan Containment Systeem is ruimte-efficiënter dan de type C tanks. Uitgaande van een binnenvaart tankschip (lengte 110m, breedte 11,4m, diepgang 3,5m en laadvermogen 3.000 ton), bedraagt het maximale volume aan LNG dat getransporteerd kan worden door een LNG binnenvaartschip meer dan 4.000 m³ aan volume.



Figuur 23 Typisch ontwerp van een GTT Mark III Membraan Containment Systeem. Bron: HHP Insight.

2.2.3 SCHEEPSSYSTEMEN AAN BOORD

2.2.3.1 TRANSPORTLEIDINGEN EN AFSLUITERS

Gascarriers zijn voorzien van manifolds t.b.v. vloeistof en damp. Deze zijn aangesloten op vloeistof- en gaskopstukken – of leidingstukken – met vertakkingen welke in elke cargotank uitkomen.

De vloeistofvulleiding leidt door middel van een doorvoering in het tankdak naar de bovenkant en onderkant van van elke cargotank t.b.v. het verkoelen van de tank; De gas/dampaansluiting is gesitueerd aan de bovenkant van elke cargotank.

Transportleidingwerk wordt op gascarriers niet benedendeks toegestaan; Daarom dienen alle leidingaansluitingen van de tanks vanaf het tankdak door het hoofddek te lopen.

Dampafblaaskleppen zijn ook op het tankdak gemonteerd; Deze zijn door middel van een leiding, via een ventilatiekopstuk, gekoppeld aan de stijgbuis van de afblaas. De stijgbuis van de afblaas is op een veilige hoogte gesitueerd ten opzichte van de verblijfsruimten en andere gebieden, zoals de explosieveilige zones welke in de van toepassing zijnde gasrichtlijnen zijn gespecificeerd.

2.2.3.2 CARGO AFSLUITERS

Afsluiters voor cargotanks dienen in overeenstemming te zijn met de van toepassing zijnde gasrichtlijnen. Deze cargotanks hebben een MARVS (instelling van de maximale toegestane druk van afblaasklep) van meer dan 0,7 barg (type C tanks overeenkomstig de IGC code). De vloeistof- en damp aansluitingen op het tankdak (behalve de afblaaskleppen) dienen te zijn uitgevoerd met een dubbele klep configuratie. Deze configuratie dient een handmatig te bedienen afsluiter en een op afstand bediende afsluiter te omvatten welke in serie zijn geplaatst.

2.2.3.3 NOODSTOPSYSTEMEN (ESD) SYSTEMEN

Op een aantal locaties rondom de tanker is voorzien in pneumatische afsluiters of elektrische drukknoppen. Wanneer deze in bedrijf zijn gesteld, sluiten deze de op afstand bediende afsluiters en stoppen deze de cargopompen. Hiermee wordt voorzien in een noodstopvoorziening bij transporthandelingen. Zulke noodstopsystemen (ESD) dienen automatisch te functioneren indien de elektrische besturing wegvalt of de spanning van de servomotor.

Separate tankvulkleppen dienen automatisch dicht te gaan na activering van een overvulsensor in de tank waarmee deze zijn gekoppeld. ESD kleppen mogen pneumatisch of hydraulisch worden bediend, ze dienen echter te allen tijde fail-safe te zijn uitgevoerd; Met andere woorden ze dienen automatisch dicht te gaan nadat de kracht (druk) weg valt.

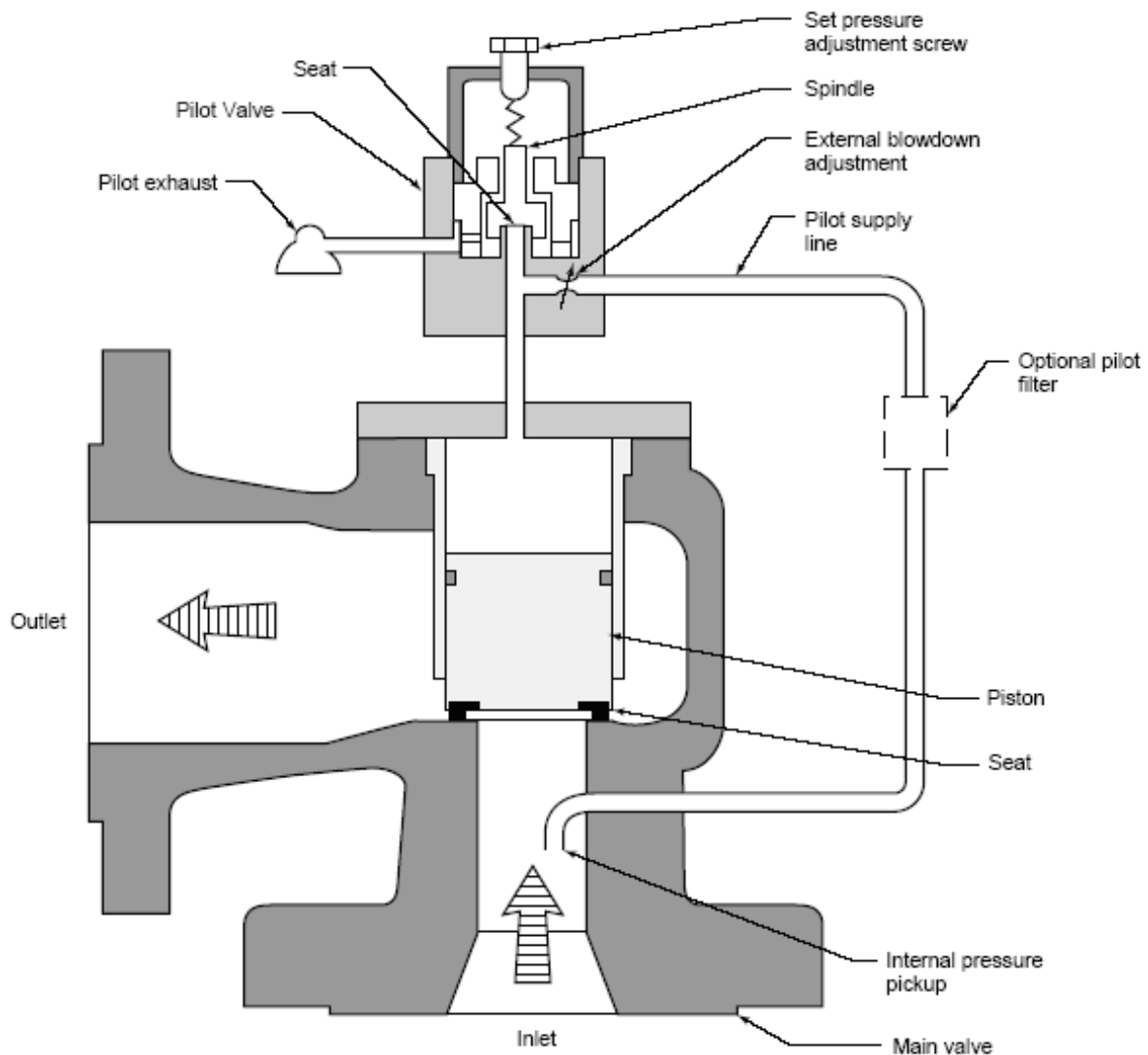
Het is van belang om te beseffen dat, met name tijdens verlading, er door het activeren van de ESD schommelingen in druk kunnen ontstaan. De situatie kan per terminal variëren en is een resultaat van de laadsnelheid, de lengte van de pijpleiding van de terminal, de snelheid van het sluiten van de klep en de eigenschappen van de klep zelf. Het fenomeen van opwekken van drukschommelingen is complex en de effecten kunnen extreem zijn, zoals de breuk van slangen of laadarmen.

2.2.3.4 AFBLAASKLEPPEN VOOR CARGO TANKS EN LEIDINGWERK

De huidige stand der techniek schrijft tenminste twee drukontlastingskleppen van gelijke capaciteit voor op elke cargotank, inclusief een systeem dat voorkomt dat beide kleppen op hetzelfde moment dicht gaan. Beide kleppen moeten - tijdens het in bedrijf zijn - open staan. De gebruikelijke kleppen zijn van het type veerbelast of servogestuurd.

De servogestuurde drukkleppe komen op alle soorten tank voor, terwijl veerbelaste drukkleppe doorgaans uitsluitend worden gebruikt op drukhoudende type C tanks.

Het gebruik van servogestuurde drukkleppe op volledig gekoelde tanks verzekert accurate werking bij de overwegend lage-druk condities. Het gebruik hiervan op type C tanks staat variabele afblaasinstellingen toe welke kunnen worden gerealiseerd door één en dezelfde klep. Dit kan worden gedaan door de instelling te veranderen.

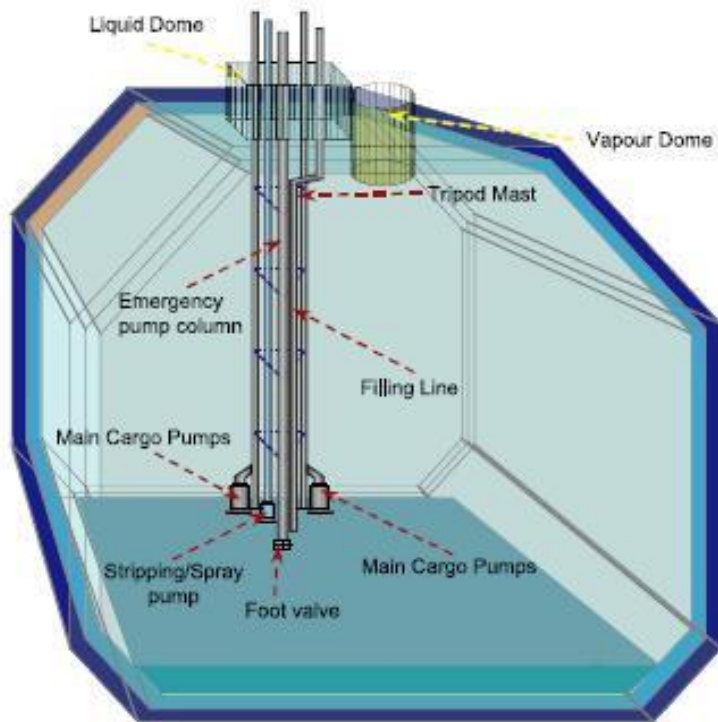


Figuur 24 toont een typische servogestuurde drukontlastingsklep.

Bij andere soorten servogestuurde kleppe kan de waarde v.d. druk en afblaasdruk worden ingesteld.

2.2.3.5 CARGOPOMPEN

De aan boord van LNG carriers aangebrachte cargopompen zijn doorgaans centrifugaal en van het type 'verdiepte bron'- of 'dompel'-pomp. Ze kunnen zelfstandig in bedrijf zijn of parallel aan elkaar. Sommige volledig drukhoudende tankers lossen cargo door middel van dampdrukverhoging, waarbij er tevens aanjaagpompen zijn aangebracht om de verlading te versnellen.



Figuur 25 Typische configuratie van cargo pompen voor een LNG membraan cargotank

2.2.3.6 INERT GAS- EN STIKSTOFSYSTEMEN

LNG carriers gebruiken inert gas voor:

- Het in het algemeen purgen/strippen van cargotank.
- Lekdetectie in de isolatieruimten aan boord van de LNG schepen.
- Het LNG voortstuwingssysteem; Het purgen van brandstofleidingen etc.

Het meest gangbare systeem gemaakt voor de productie van stikstof op tankers is dat van het luchtscheidingsproces. Dit systeem is gebaseerd op het scheiden van de verschillende gascomponenten uit lucht door middel van het laten passeren van samengeperste lucht over hollevezelmembranen. Het membraan scheidt de lucht in twee stromingen – de ene is overwegend stikstof en de andere bevat zuurstof, koolstofdioxide en sporen van enkele (rest)gassen. Dit systeem kan stikstof met een zuiverheid van 95 tot 99,8% produceren.

2.3 BUNKERING VAN LNG

2.3.1 DEFINITIE VAN LNG BUNKEREN

De definitie van LNG bunkeren is de 'small scale' verlading van LNG in schepen die LNG als brandstof gebruiken in gasgestookte motoren of in dual fuel motoren. LNG bunkeren vindt plaats in havens of andere beschermde locaties aan rivierkades.

Het bunkeren dient niet in dezelfde context te worden beschouwd als de grootschalige commerciële verlading van LNG tussen LNG-carriers (tankers). Dit type grotere handelingen is afgedekt in aparte regelgeving en standaarden.

2.3.2 LNG BUNKERING VERSCHIJNINGSVORMEN

Truck-to-Ship (TTS):

Micro bunkering; lossingseenheid is LNG tankwagen met een inhoud van ongeveer $< 100 \text{ m}^3$.

Ship-to-Ship transfer (STS):

Lossingseenheid is een bunkerschip of binnenschip met een inhoud $< 10.000 \text{ m}^3$.

Terminal (Pipeline)-to-Ship (PTS):

Satelliet terminal bunkering; Deze dient als een lossingseenheid. De leveringsomvang bedraagt tussen de 100- 10.000 m^3 .

PTS en TTS zijn tot op heden qua bunkering de meest gangbare verschijningsvormen en beide geclassificeerd als onshore levering.

Met dit doel, wordt een verbinding gemaakt tussen de LNG leverancier en de ontvanger door middel van een twee inch cryogeen-bestendige slang. Het leidingwerk wordt voorgespoeld met stikstof om de zuurstof en het vocht te verwijderen. Dan worden het leidingwerk en de toebehoren voorgekoeld met LNG. Pas als de leiding koud genoeg is, wordt het zuivere LNG verpompt.

Het verpompen wordt bereikt door middel van het verhogen van de LNG tank dampdruk of door middel van het gebruik van de speciale cryogene LNG pomp. De verladingsdruk zal ongeveer 7 bar zijn.

De algemene stappen bij het bunkeren zijn:

- Initiele voorkoeling
- Aansluiting van de bunkerslang
- Inert maken van het aansluitsysteem
- Controle van de functionaliteit van het ESD systeem
- Het purgen van het aansluitsysteem
- De vulhandelingen
- Het strippen van de met vloeistof gevulde slang
- Het inert maken van de met vloeistof gevuld zijnde slang



Figuur 26 Eerste LNG bunkering van het binnenvaartschip 'Eiger-Norwand'. Bron: Danser.

2.3.3 MOBIELE LNG BRANDSTOFTANKS

Een andere optie is om een vervangbaar LNG brandstoftank te nemen (containervervoer) in plaats van een vastopgestelde LNG brandstoftank.

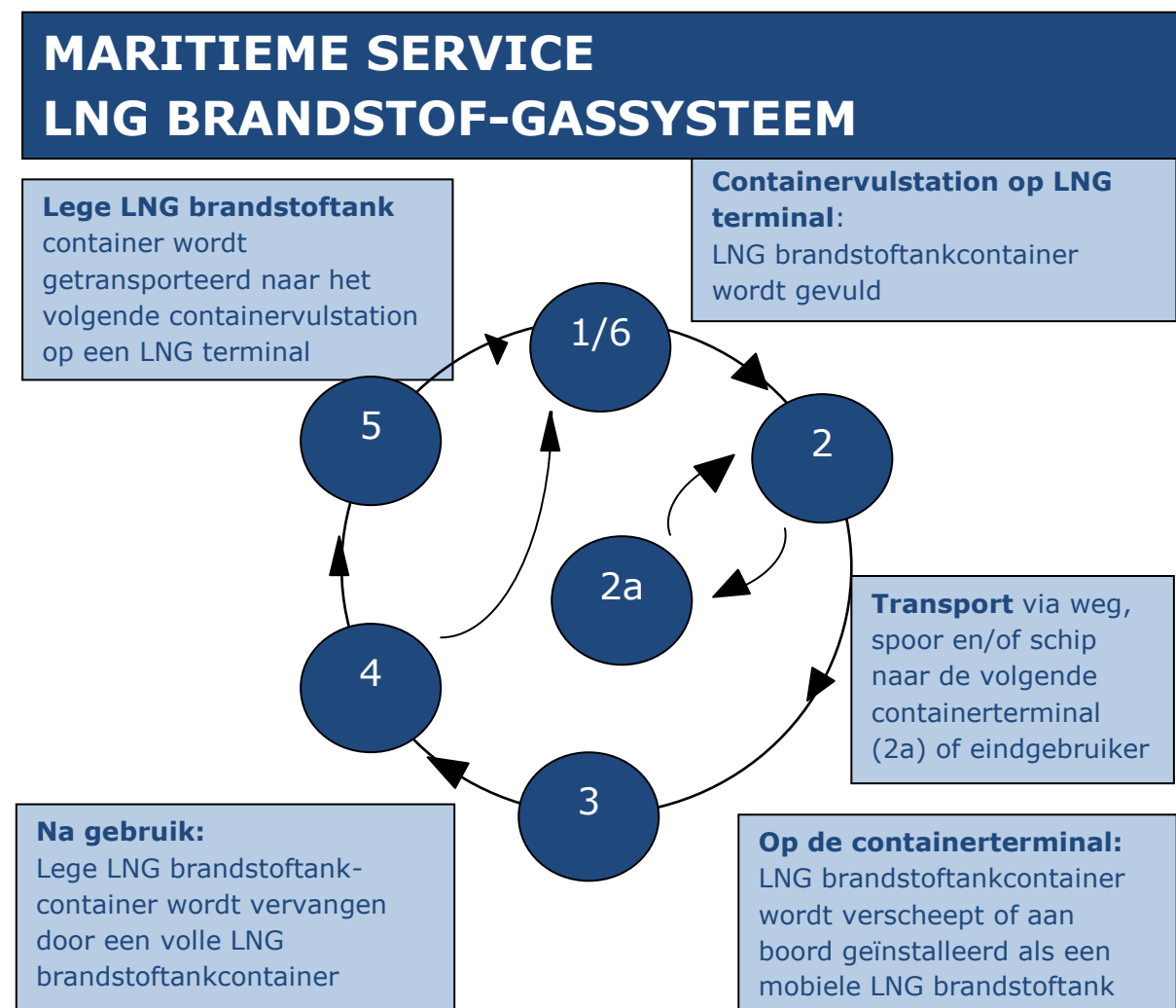
De lege tank kan eenvoudig worden vervangen door een volle container door middel van een kraan op een container terminal.

In sommige aanvullende documentatie wordt het een 'LNG-brandstofcel' genoemd. Het is een ISO gecontaineriseerde type C tank met dezelfde veiligheidskwalificaties als de voorgeschreven brandstoftank.



Figuur 27 LNG brandstoftankcontainer.
Bron: Marine Services LNG.

Het volgende maritieme service LNG-brandstof-gassysteem wordt daarbij gehanteerd:



Figuur 28 LNG brandstoftankcontainer logistiek systeem

3. BESTAANDE SCENARIO'S

3.1 VRIJKOMEN VAN LNG

3.1.1 ALGEMEEN

Het is op de eerste plaats belangrijk het algemene gedrag van LNG te kennen voordat dit wordt gebruikt voor de binnenvaart.

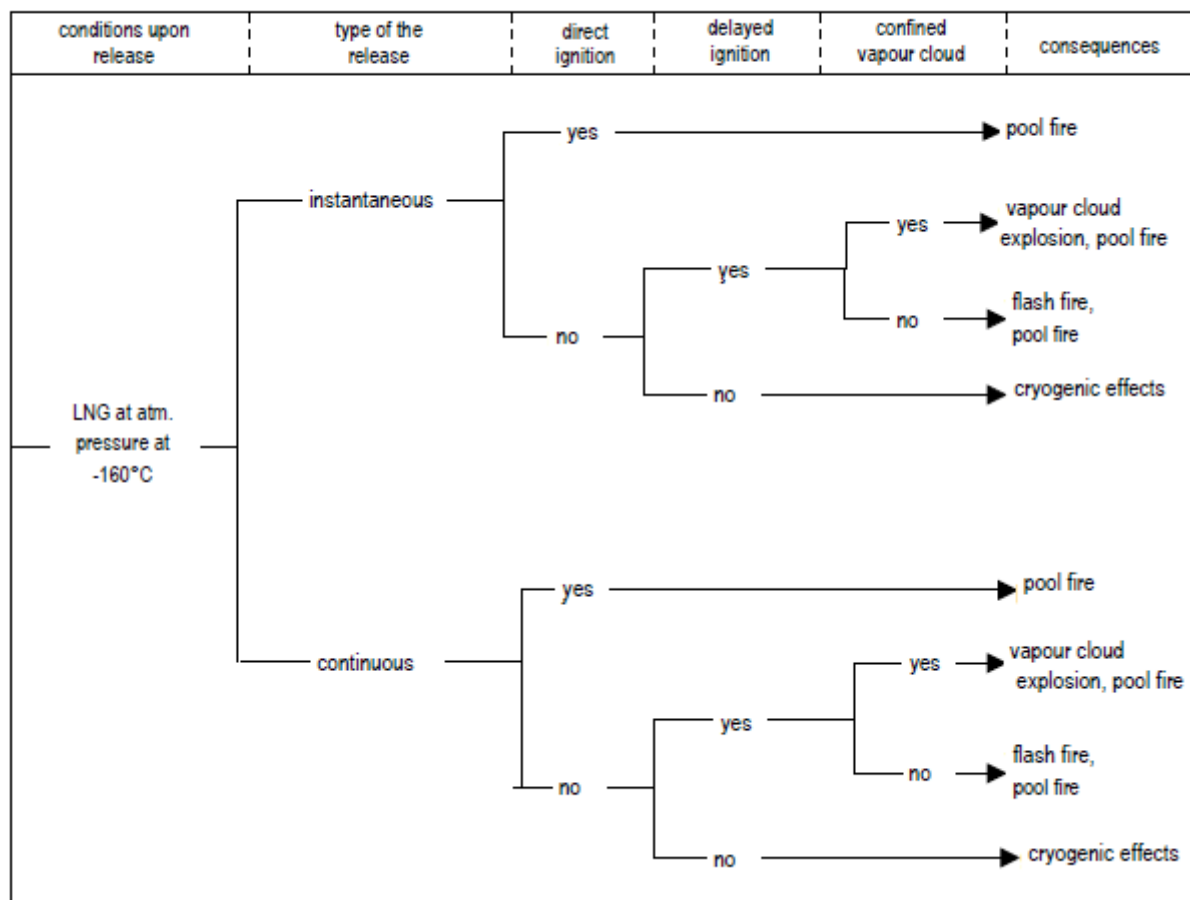
Deze zaak is het onderwerp geweest van diverse onderzoeken uitgevoerd door betrouwbare instanties die tests hebben gedaan en praktische demonstraties hebben uitgevoerd.

Over het algemeen komen er twee gedragspatronen voor LNG naar boven, te weten LNG opgeslagen bij atmosferische druk en LNG opgeslagen bij een verhoogde druk/temperatuur.

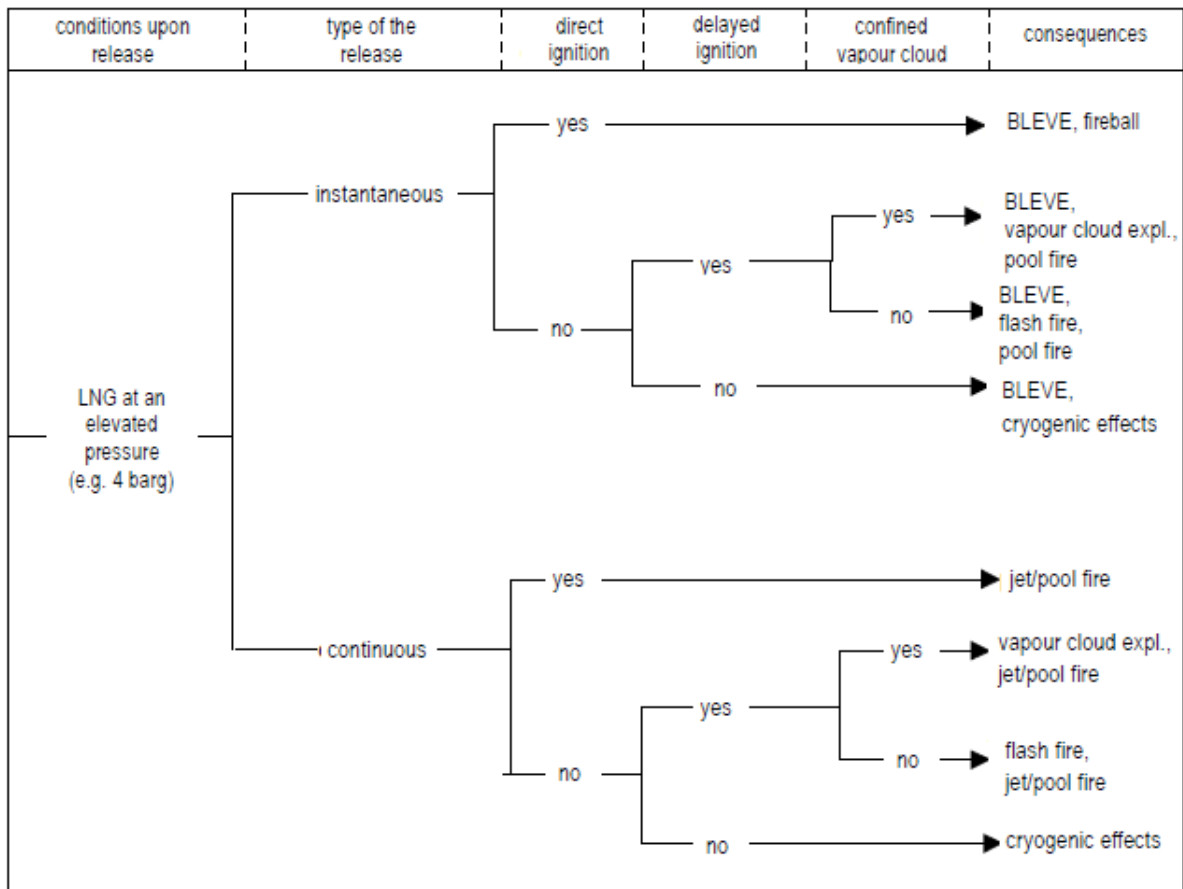
Het belangrijkste verschil is dat bij LNG opgeslagen onder een verhoogde druk, een jet fire (fakkelbrand) kan plaatsvinden en in bepaalde omstandigheden, als er een instantaan falen van het insluitingsvat is, een BLEVE zich zou kunnen voordoen, zoals hieronder wordt toegelicht in afbeeldingen 29 en 30.

De volgende gebeurtenissenbomen bieden een overzicht van de mogelijke gebeurtenissen als gevolg van een verlies van inperking van LNG opgeslagen bij atmosferische en verhoogde spanningen.

Event tree for a release of LNG at near-atmospheric pressure



Afbeelding 29 Gebeurtenissenboom bij uitstroming van LNG bij atmosferische druk.

Event tree for a release of LNG at increased pressure

Afbeelding 30 Gebeurtenissenboom bij uitstroming van LNG bij verhoogde druk.

3.1.2 VAPOUR RELEASE

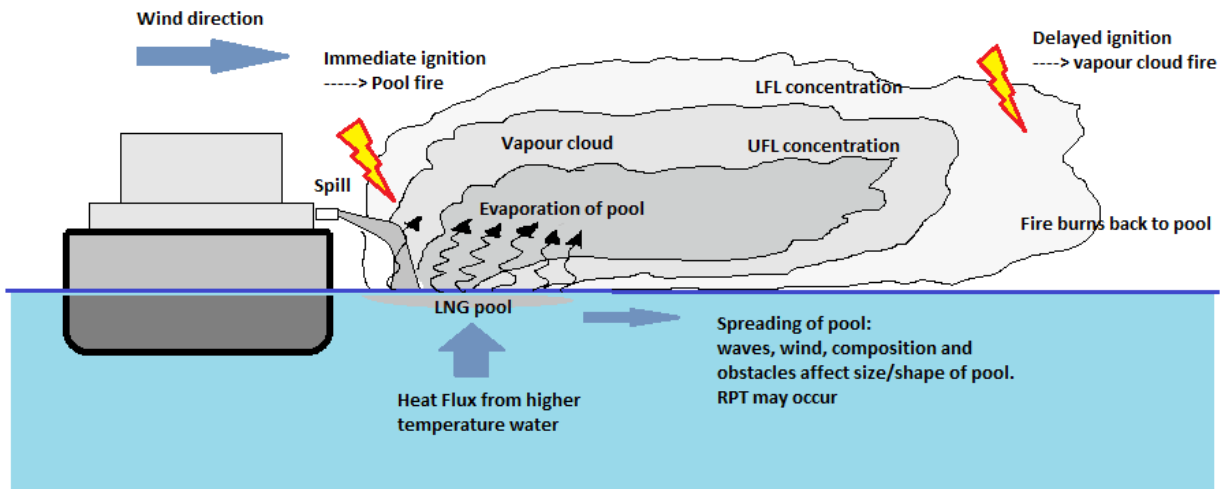
Een vapour release is een gebeurtenis waarbij een onmiddellijke of continue uitstroming van LNG op of nabij atmosferische druk resulteert in plasvorming, die aanvankelijk snel verdampt door het opwarmende effect van het land of water.

Een dampafgifte uit een atmosferische tank zou resulteren in plasvorming en de snelheid van de afgifte hangt af van de omvang van de afgifte. Uitstromingen uit tanks met een verhoogde druk of temperatuur kunnen resulteren in een tweefasige afgifte, wat betekent dat 17% een drukontlasting (aerosol) is en de rest een plas vormt.

3.1.3 PLASBRAND

Bij directe ontsteking van de gasdamp boven de LNG-pool zal de LNG branden met verschillende snelheden afhankelijk van of de plas zich op het land of het water bevindt.

De warmte-intensiteit is aanzienlijk hoger dan andere brandstoffen vanwege het gebrek aan roetafzetting in het verbrandingsproces, vooral aan de basis van de plasbrandvorming, wat kan leiden tot verspreiding van de brand naar aangrenzend materiaal/apparatuur via de warmtestraling uit de vlamkolom.



Afbeelding 31 Mogelijke brandscenario's wanneer LNG op het water wordt gemorst. Bron: Luketa, Hanlin (2006).

3.1.4 FLASH FIRE

Een flash fire kan ontstaan wanneer dampen van een onmiddellijke of continue afgifte in benedenwindse richting worden afgedreven naar een ontstekingsbron en ontvlammen.

Wanneer het gedeelte van de gaswolk tussen de onderste brandbare limiet (LFL) en de bovenste brandbare limiet (UFL) een ontstekingsbron vindt, zullen de vlammen zich door de wolk voortbewegen (voortplanten), zij het bij relatief lage snelheden 10-12 m/sec, op voorwaarde dat de gaswolk niet is ingesloten of zich in een omgeving met een hoge obstakeldichtheid (verstopt) bevindt.

Dit wordt een flash fire (steekvlam) genoemd omdat de ontsteking terugkeert naar de bron (plas- of puntafgifte).

3.1.5 JET FIRE

Een jet fire (fakkelbrand) doet zich voor wanneer onder druk staand gas of vloeistof vormen van damp afgeven die ontbranden. In het geval dat de gaswolk ontbrandt, gaan de vlammen terug naar de bron, waar een jet fire zal ontstaan vanaf het punt van de drukontlasting. De intensiteit van de hitte is zeer hoog > 300kW/m².

Een jet fire kan zeer ingrijpende gevolgen hebben op apparatuur zoals tanks en leidingen als de vlam op apparatuur terechtkomt die niet effectief is geïsoleerd. Onbeschermde staal snel zal verzwakken en een verdere escalatie van de situatie zal het gevolg zijn.

Enkelwandige LNG druktanks zijn zeer kwetsbaar voor jet fires; als de insluiting faalt, kan dat leiden tot een plotselinge afgifte van verdampend product en een vuurbal (BLEVE).

3.1.6 GASWOLKEXPLOESIE

Een uitstroming van LNG, zoals reeds besproken, zal snel leiden tot de vorming van een brandbare gaswolk. Als er een vertraging in de ontbranding is en de wolk zich bevindt in een afgesloten ruimte of een ruimte met een hoge obstakeldichtheid (overbelast), dan zal de resulterende brandvoortplanting zodanig in snelheid toenemen dat er overdruk en explosieschade ontstaan.

3.1.7 BLEVE

Een BLEVE doet zich voor wanneer een LNG-tank totaal uitvalt (instantaan falen) bij een verhoogde temperatuur, vaak als gevolg van vlamcontact (jet fire) of mechanische inslag op het insluitingselement van de tankwand. De daaruit voortvloeiende daling van de druk en de ontsteking van de enorme dampafgifte resulteren in een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE), vaak te herkennen als een vuurbal en daaropvolgende explosieschade. Tanks met een verhoogde druk en een enkelwandige constructie zijn vatbaarder voor een BLEVE.

3.1.8 RAPID PHASE TRANSITION

In het geval van een LNG-uitstroming op het water kan er, naast de hierboven beschreven incidenten, een zogenaamde 'Rapid Phase Transition (RPT)' plaatsvinden, m.a.w. een snelle faseovergang.

Een RPT is een fysieke explosie die zich voordoet als het resultaat van het hevige koken van het cryogene LNG door intens contact met warm water. Vanwege de overdruk veroorzaakt door een RPT, blijft dit beperkt tot de directe omgeving van de afgifte, waardoor dit incidentscenario doorgaans niet in aanmerking wordt genomen wanneer het risico voor mensen wordt vastgesteld.

Tests hebben aangegeven dat dit verschijnsel kan optreden wanneer de temperatuur van het water hoog is (12-17°C afhankelijk van de mengintensiteit) en een lage samenstelling van methaan aanwezig is in het cryogene mengsel.

Recente gebeurtenissen hebben aangetoond dat een RPT ook optreden kan als warm gas wordt ingevoerd in een pijp met LNG.

3.1.9 ANDERE GEVAREN

3.1.9.1 VERSTIKKING

Verstikking is een conditie met een ernstig tekort aan zuurstoftoevoer naar het lichaam wat voortkomt uit een abnormale ademhaling. Verstikking veroorzaakt algemene hypoxie, die hoofdzakelijk de weefsels en organen aantast.

Er zijn veel omstandigheden die kunnen leiden tot verstikking. Allemaal worden ze gekenmerkt door het onvermogen om een langere periode voldoende zuurstof binnen te krijgen via ademhaling. Verstikking kan leiden tot coma of overlijden.

Methaan is ook verstikkend en kan zuurstof verplaatsen in een gesloten ruimte. Verstikking kan het gevolg zijn als de zuurstofconcentratie door verplaatsing wordt teruggebracht tot minder dan ongeveer 16%, omdat de meeste mensen een vermindering van 21% tot 16% zonder nadelige gevolgen kunnen tolereren. De concentratie van methaan waarbij het risico op verstikking groot wordt, is veel hoger dan de concentratie van 5-15% in een brandbaar of explosief mengsel.

Methaanemissie kan in verblijven doordringen en de scheepsbemanning blootstellen aan significante methaanniveaus. Sommige scheepsverblijven hebben speciaal ontworpen terugwinningssystemen onder het hoofddek om dit gas actief op te vangen en weg van de ruimte te ontluchten.

3.1.9.2 CRYOGENE EFFECTEN

LNG-opslag tanks zijn ontworpen om te voorkomen dat LNG in contact komt met de binnenste en buitenste wanden, maar het is denkbaar dat zich incidenten voordoen waarbij LNG in contact komt met de wanden. Het is mogelijk dat een afgifte van vloeibaar LNG aan de binnenste wand leidt tot lagere temperaturen voor gebieden van de wandconstructie die niet ontworpen zijn voor cryogene temperaturen.

De internationale ontwerpregels voor schepen vereisen dat gebieden waar ladingtanglekkage kan voorkomen, zijn ontworpen voor contact met cryogeen LNG.

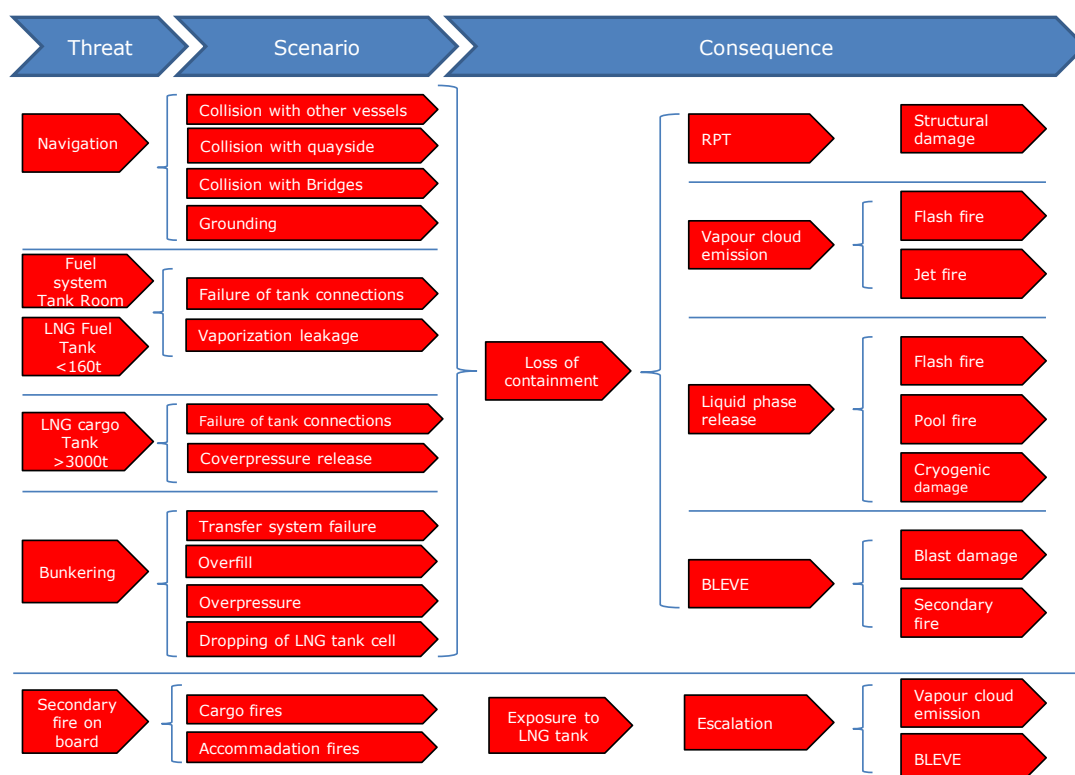
Een in 2001 gepubliceerd onderzoek (Lloyds Register) bevat korte beschrijvingen van 9 LNG-uitstromingen met LNG-tankers die plaatsvonden tussen 1965 en 1989. Zeven van deze negen uitstromingen leidden tot brossen breuk van het dek of de tankafdekkingen en sommige hebben ertoe geleid dat het vaartuig weken uit dienst was voor urgente reparatiewerkzaamheden. Gegeven de plaats waar de schade zich voordeed (bijvoorbeeld het dek of de tankafdekking) is het waarschijnlijk dat al deze afgiftes optraden bij leidingen die tijdens LNG-transfers werden gebruikt.

Moderne vaartuigen moeten ook voldoen aan de huidige scheepsontwerpregels en zijn ontworpen met staal dat geschikt is voor lage temperaturen in gebieden waar LNG-lekkage kan leiden tot contact met het dek of de interne constructies.

3.2 SCENARIO'S VOOR SMALL SCALE LNG IN DE BINNENVAART

3.2.1 INLEIDING

In dit onderzoek worden de mogelijke scenario's beschreven waarbij een uitstroming van LNG betrokken kan zijn, met of zonder brand als gevolg. In het onderzoek wordt niet de waarschijnlijkheid berekend dat deze gebeurtenis plaatsvindt. De gevolgen zijn in kaart gebracht en gecategoriseerd om een eenduidige responsstrategie voor elk scenariogevolg te formuleren. In afbeelding 32 hieronder worden de mogelijke scenario's geïdentificeerd die kunnen leiden tot een verlies van de insluiting met de algemene escalatiemogelijkheden. Elk scenario wordt afzonderlijk meer in detail besproken.



Afbeelding 32 Overzicht van mogelijke scenario's

3.2.2 POTENTIËLE GEVAREN

Potentiële gevaren als gevolg van opzettelijke of onopzettelijke uitstromingen van grote hoeveelheden LNG omvatten thermische straling van de gaswolkbranden (ook wel aangeduid als flash fires) en plasbranden.

Er is algemene overeenstemming onder LNG-experts [1] over de volgende aspecten van potentiële LNG-brand- en explosiegevaren:

- Dampen van niet-ontbrande uitstromingen van LNG hoeven niet ver in ontwikkelde gebieden te gaan voordat ze een ontstekingsbron vinden en terug naar de bron branden.
- Als er een vertraagde ontsteking van de gaswolk optreedt, en op voorwaarde dat de wolk niet ingesloten is en rijk aan methaan, zullen de LNG-dampen branden in de vorm van een gaswolkbrand.
- Een gaswolk die over een bedrijfs- of woongebied gaat, zal vrijwel zeker vroeg in zijn benedenwindse beweging een ontstekingsbron tegenkomen en het resulterende gaswolkvuur zal terugbranden naar de bron.
- Het gaswolkvuur zal terugbranden naar de bron en een plasvuur veroorzaken bij de bron als de afgifte continu is en de duur ervan langer dan de tijd die de wolk nodig heeft om een ontstekingsbron te vinden.
- Als de gaswolk ingesloten is, kan de vlam versnellen en resulteren in een explosie. De omvang van de explosie en de explosieschade hangen af van verschillende factoren, zoals de hoeveelheid gassen boven de onderste explosiegrens, de aanwezigheid van obstakels en de mate van insluiting, de samenstelling van de gaswolk en de kracht van de ontstekingsbron.
- Als onmiddellijke ontsteking optreedt, zal een plasbrand ontstaan. De omvang van de plasverpreiding (diameter) en vlamhoogte hangen af van verschillende factoren, zoals de stroomsnelheid van LNG, het oppervlak waar de lozing op terechtkomt (water of bodem), de geometrie van het lozingsoppervlak, de ruwheid van het lozingsoppervlak, de samenstelling van de afgifte, de temperatuur van de afgifte, de windsnelheid van de omgeving, de omgevingstemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid.
- Als de vloeistofplas niet ingesloten is en de voorraad LNG groot, zal het vuur blijven branden totdat alle brandstof is uitgeput door de plasbrand. Het is niet praktisch of zelfs mogelijk om grote LNG-plasbranden te blussen die het gevolg zijn van grote lozingen van LNG, tenzij de stroom van LNG die de plas voedt, kan worden gestopt.
- Het maximale gebied voor gaswolkbrandgevaar bij grote LNG-uitstromingen wordt doorgaans geschat door het berekenen van de benedenwindse verspreidingsafstand naar de onderste explosiegrens (LFL) en een zijwindse verspreidingsafstand tot $\frac{1}{2}$ LFL bij een lage windsnelheid en stabiele atmosferische omstandigheden. Deze maximale brandgevaarzone is zeer onwaarschijnlijk in een situatie waar de wolk boven bevolkte gebieden overdrijft. Zoals aangegeven in punt 3 hierboven zal de wolk snel een ontstekingsbron tegenkomen en terugbranden naar de bron voordat de maximale gevarezone is bereikt.
- Alleen mensen die zich buiten de brandbare grenzen van de gaswolk bevinden, kunnen gewond raken door de korte blootstelling aan een zeer hoge thermische straling van het gaswolkvuur, direct contact met de vlam, secundaire branden van kleding en het inademen van hete verbrandingsproducten.
- Aangenomen wordt dat mensen in het vaartuig niet gewond zullen raken bij de flash fire; mocht er echter een plasbrand zijn, dan kunnen de mensen in het vaartuig misschien niet ontsnappen uit de brandende constructie zonder directe verwondingen door de hitte. Een flash fire zal de verblijven aan boord van buitenaf ontsteken en de vluchtroutes afsnijden.

3.2.3 NAVIGATIE-INCIDENTEN

3.2.3.1 INLEIDING

Hoewel er internationaal al veel navigatie-incidenten in havens zijn geweest (17 van 80.000 LNG tankertransporten), is er tot nu toe geen ongecontroleerde vermindering van insluiting van LNG gemeld.

Deze botsingincidenten kunnen resulteren in de vervorming van de LNG-insluiting en een latere uitstroming van LNG naar de omgeving uit de LNG-brandstoftank of de LNG ladingstank.

Incidenten waarbij er sprake is van een verhoogd risico op verminderde insluiting:

- Aanvaring met andere vaartuigen
- Botsing met steiger
- Botsing met bruggen
- Abusievelijk aan de grond lopen van het schip

3.2.3.2 AANVARING MET ANDERE VAARTUIGEN

De hieronder vermelde scenario's zijn verbonden aan een verlies van insluiting voor LNG-brandstoftanks en LNG-ladingstanks. De uitstromingshoeveelheden voor een brandstoftank zijn tot 160 m³ en voor een ladingstank tot 1.000 m³ per compartiment (1.870m³ voor een membraantank).

De kinetische energie en de locatie van de tank zijn van invloed op de hoeveelheid die vrijkomt en de consequentie van de gebeurtenissen. Een inslag onder een hoek van 90 graden van een schip met een ander vaartuig is een waarschijnlijk scenario in een havengebied, terwijl het bij een botsing op de rivier waarschijnlijker eerder gaat om boeg-tot-achtersteven-scenario's die een minder grote impact hebben. Zoals eerder vermeld in dit verslag: als de tanker en scheepsbrandstoftanks ontworpen zijn in overeenstemming met de IMO-normen, dan moet er minstens 780 mm afstand zijn tussen de romp en de tankeenheid.

Eerdere onderzoeken hebben geleid tot de definitie van drie afgiftescenario's voor botsingsituaties. Deze kunnen worden geraadpleegd in het Fluxys Report om de gevolg/escalatie-mogelijkheden te bepalen. Er zijn insluitingsbreuken gedefinieerd voor openingen met een diameter van 1000 mm, 150 mm en 75 mm voor het schatten van de afgiftesnelheden en de daaruit voortvloeiende plasbrandomvang.

De consensus van scheepswerven is dat de maximale capaciteit voor één tank van de binnenvaart circa 800 m³ is; derhalve kan een directe correlatie worden aangewezen voor de geraamde afgiftehoeveelheden voor de bovenstaande openingsmaten in de onderstaande tabel.

Scheeps-capaciteit	Gat (Ø = 75 mm)			Gat (Ø = 150 mm)			Gat (Ø = 1.000 mm)		
	Snelheid	Duur	Afgegeven massa	Snelheid	Duur	Afgegeven massa	Snelheid	Duur	Afgegeven massa
	[kg/s]	[s]	[ton]	[kg/s]	[s]	[ton]	[kg/s]	[s]	[ton]
800m ³	48,3	1.800	86,7	193,3	1.032	198,2	8.592	24	213,1

Tabel 3 Representatieve afgiftesnelheden voor LNG in nautische incidenten met LNG-schepen en warme LNG (-138 °C, 4 Barg), Bron: Fluxys.

Een botsing die leidt tot een breuk van de LNG-tank kan resulteren in een uitstroom van vloeistof in de scheiding tussen de tank en de scheepsromp; bij een grote breuk is een rechtstreekse uitstroom in het water mogelijk.

Er is een mogelijkheid dat de cryogene afgifte de constructie van het vaartuig aantast en wellicht de omvang van de gebeurtenis beïnvloedt door de brosse breuk van de scheepsconstructie. Hoewel dit mogelijk is, zijn er ontwerpen en fysieke kenmerken die een escalatie door cryogene effecten beperken (bijvoorbeeld tankscheiding, waterinstroom, interactie met botstend vaartuig).

Het breekpunt kan eveneens van invloed zijn op de uitstroming. Een breuk in de insluiting boven water zou kunnen leiden tot een gedeeltelijke uitstroming van de tankinhoud (69%).

De uitstroming die op het water drijft, wordt opgewarmd wat leidt tot een verhoogde verdamping van de LNG. De diepte van de brandstof in de onbegrensde plas kan 100 mm bij de uitstroom zijn en uitdunnend tot 1mm op de uiterste punten. De verspreiding van LNG in het water wordt beïnvloed door de wind en de effecten van de rivierstroming.

De plasgrootte wordt gestabiliseerd wanneer de uitvoer van de afgifte overeenkomt met de verdampingssnelheid van de plas op de buitenste grenzen. De diameter van de plas voor een vertraagde ontsteking is ook geschat en is te zien in de onderstaande tabel, rekening houdend met de 800m³ als het meest van toepassing zijnde.

Scheepstype	800m ³
Gat (Ø – 75 mm)	9,2 m
Gat (Ø – 150 mm)	18,3 m
Gat (Ø – 1,000 mm)	115,7 m

Tabel 4 Berekende plasbranddiameters die kunnen optreden na een uitstroming van koud LNG als gevolg van een nautisch ongeval en vertraagde ontsteking.

Een breuk van de insluiting onder water kan een andere reactie hebben omdat de uitstroom kan worden teruggedrongen door de tegendruk van het water tegen de LNG-product; echter, in tegenstelling tot het scenario boven water, kan 100% van de lading verloren gaan.

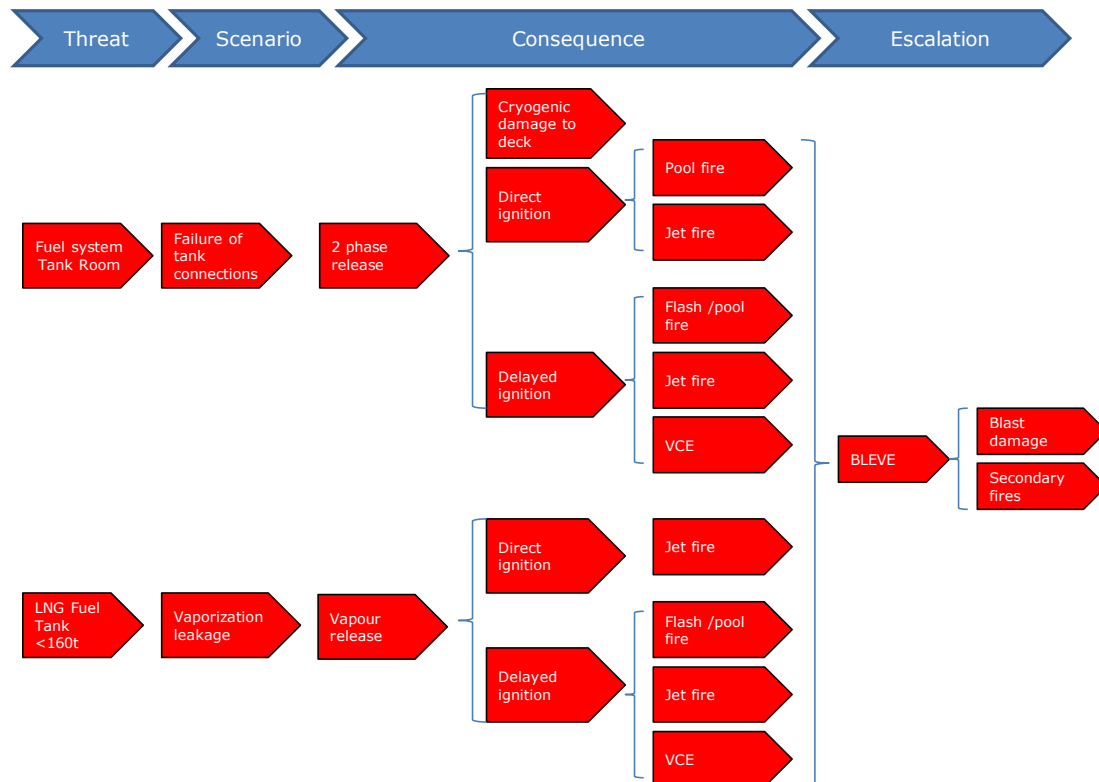
Binnendringen van water in de tank is onwaarschijnlijk, maar de verhoogde dampspanning kan zich ophopen waardoor de overdrukklep wordt geactiveerd. Een ander probleem is de plotselinge reactie met LNG in het water (RPT) leidend tot mogelijke constructieschade.

In het geval de gasafgifte en LFL een ontstekingsbron bereiken, kan een flash fire het gevolg zijn waarbij de uiterste punten in seconden wegbranden en een vlammenfront met ongeveer 10 m/sec terugkeert naar de hoofdplas. De plas zal worden weggebrand.

Ook effecten van de omliggende omgeving moeten in aanmerking worden genomen. De mogelijke gevolgen van een vertraagde ontsteking in overbelaste gebieden zoals stedelijke gebieden of kustlijnen met veel hout, kunnen resulteren in overdrukopeenhopping en verdere explosieschade.

Ook kleinere uitstromingen in de afgesloten ruimtes tussen de tank en de scheepsromp kunnen leiden tot een gaswolkexplosie, mocht er een opeenhoping van gas en een vertraagde ontsteking van het gas zijn.

Het onderstaand schema toont de mogelijke scenario's en de gevolgen voor navigatie-incidenten.



Afbeelding 33 Gebeurtenissenboom voor navigatie-incidenten.

3.2.3.3 BOTSING MET KADE

Een botsing met de kade bij het manoeuvreren is een waarschijnlijk navigatie-incident, maar door de lage snelheden tijdens het manoeuvreren, is een LNG-uitstroming onwaarschijnlijk.

Een incident dat zich heeft voorgedaan bij een LNG-schip op een ligplaats, als het wordt getroffen door een ander vaartuig bijvoorbeeld, zou een meer realistisch scenario zijn.

Dit type gebeurtenis kan leiden tot verlies van insluiting, zoals een LNG-uitstroming tijdens het bunkeren of een rechtstreekse breuk van de tankinsluiting.

3.2.3.4 BOTSING MET BRUG

De LNG-opslag tanks op het dek zijn niet beschermd tegen beschadiging van buitenaf, daarom is het realistisch schade aan de tank te verwachten en de mogelijke uitstroming van LNG-gas of damp als het schip botst met een brug. Ontsteking kan resulteren in een plasbrand, flash en jet fire afhankelijk van de druk in de tank.



Afbeelding 34 Schade na een botsing op de Elbe (Duitsland).

3.2.3.5 AAN DE GROND LOPEN

De meeste gevallen van aan de grond lopen zijn geen direct probleem voor de veiligheid van de bemanning en bewoners. Dit is afhankelijk van de schade aan de lading of brandstoftank en de mogelijkheid van lekkage van gevaarlijke stoffen in de lucht en water.

Wanneer een vaartuig wordt gevoed met LNG-tankers, zal er een LNG-brandstofopslag aan boord zijn. Als de LNG-tank op het dek wordt opgeslagen, zal de tank niet worden beschadigd bij het aan de grond lopen.

Wanneer de LNG-tank onder dek wordt opgeslagen, is er een kleine kans dat de tank wordt beschadigd als de impact op de romp van het aan de grond lopen meer dan 0,8 meter is. Wanneer de LNG-tank beschadigd is en lekt, zal LNG rechtstreeks in contact met het water komen en dat kan leiden tot RPT en de ontwikkeling van gas/dampwolk op het wateroppervlak. De meest geloofwaardige schade zijn kleine scheurtjes in de vervormde metalen behuizing van de LNG-tank.

Wanneer de vacuümisolatie van de LNG-tank beschadigd is en de binnenste metalen behuizing van de tank intact is, wordt de LNG opgewarmd door de temperatuur van de lucht of het water (wanneer de romp lekt). De druk van het LNG-verdampingsgas stijgt en de veiligheidsklep wordt geopend. De LNG-tank wordt afgeblazen door de overdruk op de LNG-tank voor een lange periode (afhankelijk van de hoeveelheid LNG).

3.2.4 BRANDSTOFINSTALLATIE-INCIDENTEN (LNG AANGEDREVEN VAARTUIGEN)

Het ontwerp en de veiligheidsvoorschriften voor opslagtanks en on-board-brandstofbeheerssystemen verkleinen de kans op een incident, maar er zijn enkele scenario's geïdentificeerd als mogelijke incidenten resulterend in een verlies van insluiting met bekende gevolgen. Deze scenario's:

- Defecte tankaansluitingen
- Defecte gasbehandelingssystemen, zoals de verdamper in de tankkamer
- Afgifte van damp in de machinekamer

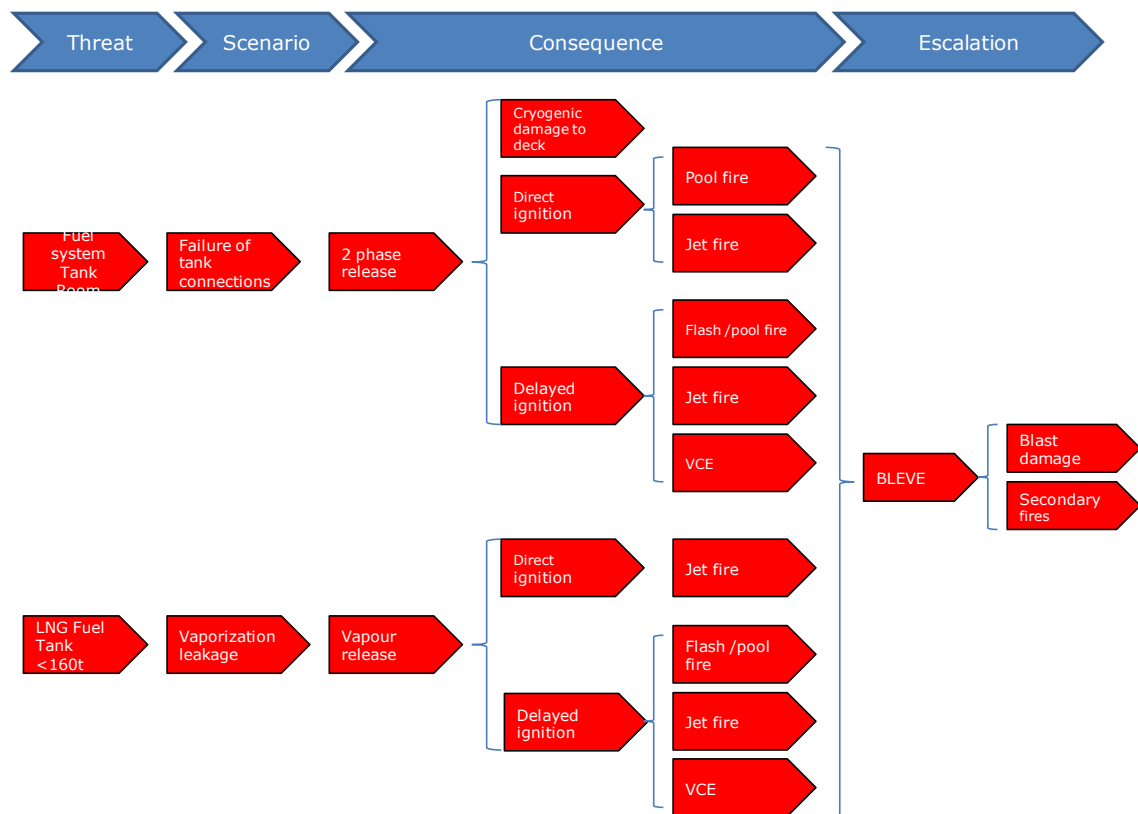
Vloeistoflozingen door lekkage of het falen van een tank/slangaansluiting kan een aantal gevolgen hebben. Ten eerste kan het cryogene effect van de vloeistof schade aan het dek en constructie-elementen toebrengen, als die elementen niet beschermd zijn tegen de extreem lage temperaturen. Onderstaande foto toont schade aan dekplaten veroorzaakt door een LNG-lek.



Afbeelding 35 Koudscheur dekplaat. Bron: DNV GL.

De algemene gebeurtenissen bij het vrijkomen van dampgas en de gevolgen daarvan kunnen hier worden toegepast. De lozing van vloeibare afvalstoffen vormt namelijk een brandbare plas waar direct contact zou resulteren in een plasbrand en een vertraagde ontsteking zou resulteren in een flash fire of gaswolkexplosie in afgesloten ruimten.

Drukontlasting uit tanks zou resulteren in een jet fire en eventuele plasbranden. Als de vlammen de druktank zouden aantasten leidend tot totale uitval van de tank, dan is het gevolg een BLEVE.



Afbeelding 36 Gebeurtenissenboom voor onderdelen van het brandstofsysteem.

3.2.5 SCENARIO VOOR LADINGTANKINCIDENTEN

De scenario's inzake een ladingstank-insluitingssysteem voor bunkerschepen zijn vergelijkbaar met die van het brandstoftanksysteem zoals hierboven beschreven, behalve dat de uitstromingshoeveelheden groter zijn (tot 1000m³).

Naast de scenario's in verband met een vloeistoflek uit de tank kunnen er zich situaties voordoen waarbij het gasbeheersysteem op deze tanks kookt. Deze scenario's omvatten dampafgifte in de atmosfeer vanuit het ventilatiesysteem als de druk in de tank de operationele limieten overschrijdt. Een aannemelijk scenario kan een eenvoudige ontsteking van damp uit een opening zijn, zoals een blikseminslag in het ventilatiesysteem van het vaartuig.

3.2.6 SCENARIO MET BETREKKING TOT BUNKERACTIVITEITEN

3.2.6.1 INLEIDING

Dit verslag concentreert zich op de overslag van schip naar schip en van vrachtwagen naar schip; echter, een grotere overslag van terminal naar schip is ook mogelijk. Hoewel de hoeveelheden van productoverslag verschillend zijn, zijn de scenario's vergelijkbaar.

Een andere besproken methode, naast de productoverslag via flexibele slangen, is het laden van een tankcel - een container die op het dek van het schip wordt geladen en die vervolgens wordt gekoppeld aan het brandstofsysteem van het schip.

De belangrijkste scenario's:

- Defect van overslagsysteem (slang, armen en koppelingen)
- Overvulling van de bunkertank
- Overdruk van bunkertank
- Laten vallen van een tankcel bij kraanoperatie

De onderstaande tabel geeft de hoeveelheden en de slangafmetingen aan die worden verwacht bij de verschillende bunkeroperaties.

<i>Bunkertypen</i>	<i>Bunkercapaciteit (ontvanger)</i>	<i>Snelheid van overslag</i>	<i>Slang- of armdiameter</i>
<i>Vrachtwagen naar schip</i>	$\leq 160m^3$	$100m^3/u$	$\leq 3''$
<i>Schip naar schip</i>	$\leq 3000m^3$	$1000m^3/u$	$\leq 6''$
<i>Terminal naar schip</i>	$\leq 4000m^3$	$3000m^3/u$	$\leq 10''$

Tabel 5 Voorbeelden van overdrachtsnelheden en slangdiameters. Bron Fluxys.

Een slangleiding kan breken of continu lekken tijdens het bunkeren totdat de automatische/handmatige noodstop is geactiveerd. De hoeveelheid die wordt afgegeven is afhankelijk van de slangformaten. De eerste is een vrachtwagenoverslag waarbij een 3" leiding wordt gebruikt en vervolgens hogere overdrachtsnelheden van schip naar schip of van terminal naar schip waar dampretourleidingen zijn ingezet. De bijbehorende plassen zijn geraamd in de vorige tabellen.

3.2.6.2 LOZINGEN VOOR VRACHTWAGEN NAAR SCHIP-BUNKEREN

De volgende lozingen voor vrachtwagen naar schip-bunkeren kunnen worden gebruikt:

Type (los-)laadslang of -arm	Conditie: -160 °C, 5 barg		Conditie: -138°C, 9 barg	
	Breuk	Lek	Breuk	Lek
3" LNG (50 m ³ /u)	8,9 kg/s	0,56 kg/s	8,0 kg/s	0,72 kg/s
3" LNG (100 m ³ /u)	17,7kg/s	0,56 kg/s	16,0 kg/s	0,72 kg/s

Tabel 6 Uitstroming van LNG na uitvallen van (los)laadslang of -arm tijdens (lossen) laden vrachtwagen, Bron: Fluxys.

De volgende plasdiameters kunnen worden gebruikt:

Installatie	Type defect	Directe ontsteking	Vertraagde ontsteking
3 inch slang of arm (50 m ³ /u)	Breuk	149 m ² (Ø = 138 m)	1.089 m ² (Ø = 138 m)
	Lek	10 m ² (Ø = 138 m)	34 m ² (Ø = 138 m)
3 inch slang of arm (100 m ³ /u)	Breuk	84 m ² (Ø = 138 m)	542 m ² (Ø = 138 m)
	Lek	10 m ² (Ø = 138 m)	34 m ² (Ø = 138 m)
(los-) laadpomp	Lek	10 m ² (Ø = 138 m)	34 m ² (Ø = 138 m)

Tabel 7 Maximale grootte plasbrand op lading in geval van directe of vertraagde ontsteking van incidenteel uitgestroomde LNG (geen insluiting, -160 °C) op het land. Bron: Fluxys.

3.2.6.3 LOZINGEN VOOR SCHIP NAAR SCHIP-BUNKEREN / TERMINAL NAAR SCHIP-BUNKEREN

De volgende lozingen voor schip naar schip-bunkeren / terminal naar schip-bunkeren kunnen worden gebruikt voor de *losslang* of *-arm*:

Type (los-)laadslang of -arm	Conditie: -160°C, 5 barg		Conditie: -138°C, 9 barg	
	Breuk	Lek	Breuk	Lek
4" LNG	35,42 kg/s	1,0 kg/s	32,1 kg/s	1,3 kg/s
6" LNG	88,55 kg/s	2,3 kg/s	80,2 kg/s	2,9 kg/s
8" LNG	177,1 kg/s	4,0 kg/s	160,4 kg/s	5,1 kg/s
10" LNG	265,6 kg/s	6,3 kg/s	240,6 kg/s	8,0 kg/s
12" LNG	354,2 kg/s	9,0 kg/s	320,8 kg/s	11,5 kg/s
14" LNG	531,3 kg/s	12,3 kg/s	481,3 kg/s	15,6 kg/s

Tabel 8 Uitstroming van LNG na uitvallen van (los)laadslang of -arm tijdens (lossen) laden van een schip. Bron: Fluxys.

De volgende lozingen voor schip naar schip-bunkeren / terminal naar schip-bunkeren kunnen worden gebruikt voor *de dampretourslang of -arm*:

Type (los-)laadslang of -arm	Conditie: -160°C, 5 barg		Conditie: -138°C, 9 barg	
	Breuk	Lek	Breuk	Lek
4" dampretour	0,7 kg/s	0,007 kg/s	4,2 kg/s	0,04 kg/s
6" dampretour	1,3 kg/s	0,01 kg/s	7,5 kg/s	0,08 kg/s
8" dampretour	2,8 kg/s	0,03 kg/s	16,9 kg/s	0,17 kg/s
10" dampretour	3,9 kg/s	0,04 kg/s	23,0 kg/s	0,23 kg/s
12" dampretour	5,0 kg/s	0,05 kg/s	30,1 kg/s	0,30 kg/s
14" dampretour	7,8 kg/s	0,08 kg/s	47,0 kg/s	0,47 kg/s

Tabel 9 *Uitstroming van LNG na uitvallen van dampretourslang of -arm tijdens (lossen) laden van een schip. Bron: Fluxys.*

De volgende plasdiameters kunnen worden gebruikt:

Type (los-)laadslang of -arm	Directe ontsteking		Vertraagde ontsteking	
	Breuk	Lek	Breuk	Lek
4" LNG	127 (Ø = 12,7m)	13,5 m ² (Ø = 12,7m)	201 m ² (Ø = 12,7m)	5,7 m ² (Ø = 12,7m)
6" LNG	314 m ² (Ø = 12,7m)	8,0 m ² (Ø = 12,7m)	507 m ² (Ø = 12,7m)	12,6 m ² (Ø = 12,7m)
8" LNG	629 m ² (Ø = 12,7m)	14,5 m ² (Ø = 12,7m)	1,012 m ² (Ø = 12,7m)	22,9 m ² (Ø = 12,7m)
10" LNG	940 m ² (Ø = 12,7m)	22,1 m ² (Ø = 12,7m)	1,514 m ² (Ø = 12,7m)	35,3 m ² (Ø = 12,7m)
12" LNG	1,257 m ² (Ø = 12,7m)	32,2 m ² (Ø = 12,7m)	2,019 m ² (Ø = 12,7m)	51,5 m ² (Ø = 12,7m)
14" LNG	1,886 m ² (Ø = 12,7m)	44,2 m ² (Ø = 12,7m)	3,039 m ² (Ø = 12,7m)	69,4 m ² (Ø = 12,7m)

Tabel 10 *Maximale grootte plasbrand voor lozing op water in geval van directe of vertraagde ontsteking. Bron: Fluxys.*

De hierboven vermelde hoeveelheden zijn gebaseerd op de veronderstelling dat een noodstopstelsel (automatisch of handmatig) binnen 120 seconden werkt. Voor scenario's waarbij het schip, het ontvangende schip of het bunkervaartuig, per ongeluk losbreekt van de ligplaats en de droge breuk koppeling niet werkt, kunnen de bovenstaande ontlastingssnelheden worden toegepast. Lekkage van de flexibele slangleidingen of -armen resulteren in een plas die een gaswolk vormt, die rechtstreeks kan ontbranden of aan een vertraagde ontbranding is onderworpen. De gevolgen zijn al beschreven in de vorige gebeurtenissenbomen voor plasbranden.

Cryogene schade aan de dekplaten van het schip moeten eveneens in aanmerking worden genomen, hoewel escalatie hier onwaarschijnlijk is.

3.2.7 OVERVULLING

Maatregelen ter voorkoming van overvulling zouden dit specifieke scenario kunnen elimineren, maar toch niet helemaal overbodig maken. Indien een tank wordt overvuld, dan neemt de dampdruk in de tank toe, waardoor de overdrukklep wordt geactiveerd via het ontluchtingskanaal boven dek.

3.2.8 OVERDRUK VAN BUNKERTANK

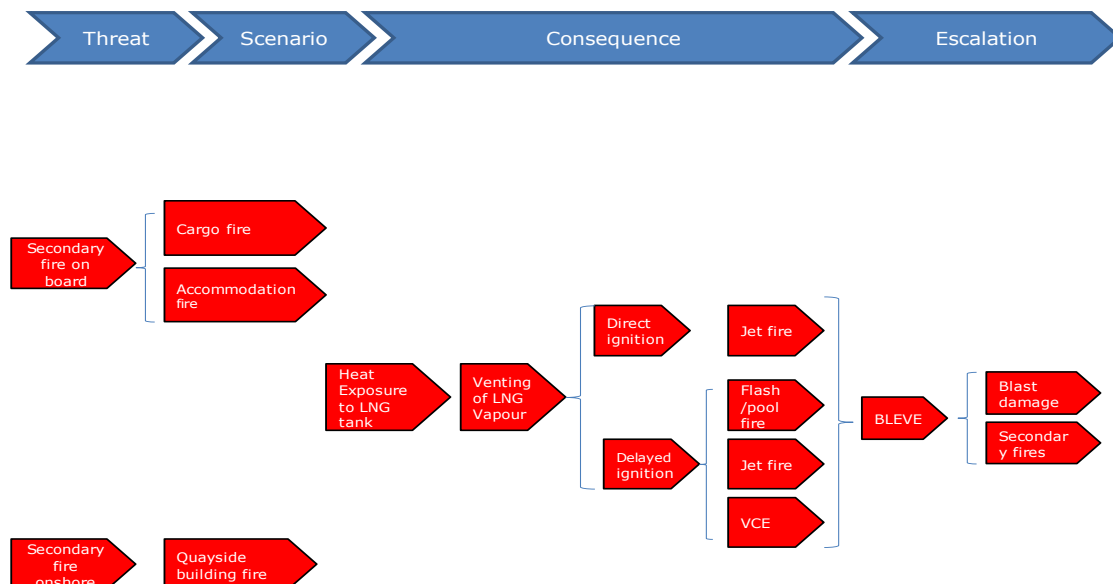
Tijdens het bunkeren kan het klotsen door de hoge overdrachtssnelheden ook leiden tot opwarming van de LNG en de druk in de tank verhogen totdat de overdrukklep wordt geactiveerd. De ontlading naar de atmosfeer moet geen probleem zijn tenzij er een ontstekingsbron in de nabijheid van de ventilatie is, bijv. ontstekingsbronnen op het bunkerende schip.

3.2.9 LNG BRANDSTOFCEL

LNG tankcontainers kunnen op een schip worden geladen voor de toevoer van brandstof naar de scheepsmotoren of ze kunnen worden geladen als deel van de lading. In ieder geval is er een risico dat de tank valt tijdens hijskraanoperaties. De gevolgen van een container die is gevallen, zijn vergelijkbaar met een scenario met een plas of drukontlasting, met of zonder vuur en waar de insluiting volledig faalt, kan een koude BLEVE het gevolg zijn.

3.2.10 SECUNDAIRE BRANDEN AAN BOORD WAARBIJ GEEN LNG IS BETROKKEN

Een brand aan boord, of deze komt uit de lading (anders dan LNG), de verblijven of zelfs andere voorvallen dichtbij, kan van invloed zijn op de LNG die aan boord is opgeslagen. Realistische gebeurtenissen omvatten blootstelling van de tank of aanverwante apparatuur aan hoge temperaturen, wat op zijn beurt in de beginfase kan escaleren tot stoomafgifte en in extreme gevallen tot een totale uitval van het insluitingssysteem of een mogelijke BLEVE.



Afbeelding 37 Gebeurtenissenboom voor branden anders dan LNG.

3.3 STAAT VAN PARAATHEID: OVERZICHT HAVENS

De Rijn-Main-Donau-havens die in het onderzoek waren betrokken, ontvingen een vragenlijst van de projectgroep. De informatie die deze vijf havens - in de Rijnkorridor - met Falck hebben gedeeld, is gebruikt om te beschrijven hoe LNG tot nu toe in de Rijnkorridor is meegenomen in de operationele voorbereiding op (onvoorziene) scenario's en in de planvorming daartoe.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de deelnemende havens gepresenteerd in alfabetische volgorde.

3.3.1 HAVEN VAN ANTWERPEN

De haven van Antwerpen heeft een onafhankelijke derde partij opdracht gegeven een risicobeoordeling (onderzoek) uit te voeren om een indicatie te krijgen van het effect van LNG, niet alleen voor de binnenvaart maar ook op grote schaal (importterminals met zeeschepen).

Het onderzoek heeft de omvang van de LNG-risico's - in het Antwerpse domein - gepresenteerd. Zes risico's zijn geïdentificeerd op basis van het vrijkomen van LNG als gevolg van situaties zoals:

- Kleinschalige opslag (small scale)
- Binnenvaartschip laden
- Bunkeren
- Aanvaring schip tegen schip

Maatregelen zijn getroffen om de geïdentificeerde risico's te verminderen en zijn gebaseerd op onderzoeken en ervaringen, sommige deels op basis van gezond verstand en kennis in het bedrijf of elders.

Sommige maatregelen kunnen worden aangepakt als regelgevende richtlijnen.

Antwerpen heeft procedures beschikbaar om LNG te beheersen. De informatiebron die voor deze procedures is gebruikt, is gedeeltelijk gebaseerd op particuliere en publieke partijen.

De haven heeft aangegeven dat er onvoldoende beschikbaarheid is van adequate - op LNG noodsituaties toegespitste - noodteams, om te reageren. Beschikbare hulpverleners hebben daartoe niet de juiste omvang (of slechts gedeeltelijk) en beschikken tot op heden niet over de specifieke competenties om om te gaan met LNG-scenario's. Maar tegelijkertijd geeft de beantwoorder van de vragenlijst aan dat het personeel goed geschoold is om te zorgen voor doeltreffende inzetplannen met betrekking tot veelvoorkomende incidenten.

Er is geen informatie beschikbaar over LNG-scenariobegeleiding en er zijn geen LNG-noodplannen ontwikkeld. De scenariovereisten in de noodplannen zijn niet beschikbaar. Ook voldoen de huidige voorzieningen van brandblussystemen (brandweer)-systemen (bijvoorbeeld droogpoeder en schuim) niet aan de minimale goede (industriële) praktijk. Mobiele brandbestrijdingsapparaten (FiFi) zijn slechts ten dele beschikbaar.

Uitgebreide voorzieningen voor nooduitschakelingssituaties zijn slechts ten dele beschikbaar.

De incident commander is opgeleid in crisisbeheersing. De commander heeft directe lijnen met andere bevoegde autoriteiten en andere overheidsinstanties aangaande small-scale LNG. Tot slot zijn er goede contacten met (onafhankelijke) media om het publiek te informeren in geval van een LNG-noodgeval.

De belanghebbende partijen met betrekking tot LNG zijn de Milieudienst, de Havenautoriteit en Brandweer. Waarbij laatstgenoemde twee de belangrijkste rol spelen.

3.3.2. HAVEN VAN MANNHEIM

Het gebied van Mannheim heeft geen onderzoeksresultaten als een impuls voor hun operationele paraatheid bij LNG-ongevallen. De haven heeft gedeeltelijk een aantal procedures geproduceerd om LNG-scenario's te beheren.

Het beschikt over een deels opgeleid noodteam om op te treden in geval van nood. Dit team heeft gedeeltelijk de juiste grootte en is enigszins competent om om te gaan met LNG-noodsituaties.

Er is geen informatie beschikbaar over scenariobegeleiding.

De huidige brandblussystemen (droogpoeder en schuim) en de beschikbare capaciteiten voldoen aan de minimale goede (industriële) praktijken.

Er is een belangrijke rol weggelegd voor de Milieudienst in de regelgeving betreffende de LNG-aspecten.

Naast de Milieudienst spelen de havenautoriteit en de Brandweer slechts een kleine rol in het LNG-domein.

Echter geen enkele partij speelt een belangrijke rol in LNG-incidentbeheer.

De incident commander is opgeleid in crisisbeheersing voor optreden bij reguliere incidenten. De commander heeft directe contacten met (andere) overheidsinstellingen.

3.3.3. HAVEN VAN ROTTERDAM

Net als Antwerpen heeft Rotterdam een onafhankelijke derde partij opdracht gegeven een risico-onderzoek uit te voeren om een indicatie te krijgen van het effect van LNG, niet alleen voor de binnenvaart maar ook op grote schaal.

De evaluatie heeft een omvang van de LNG-risico gepresenteerd: er zijn meerdere risico's geïdentificeerd, zoals overslag op vrachtwagens en treinen, benzinestations en ook LNG op grotere schaal.

Maatregelen zijn ingesteld om de geïdentificeerde risico's te verminderen en zijn gebaseerd op onderzoeken en ervaringen.

Er zijn ook elementaire scenariokaarten die door het personeel op terminals en schepen kunnen worden gebruikt, maar deze zijn gebaseerd op het aanpakken van kleine incidenten zoals brand in stuurhuizen of machinekamers. Er zijn echter geen richtlijnen over wat de bemanningsleden moeten doen in geval dat een incident niet kan worden ingeperkt.

Sommige maatregelen kunnen worden aangepakt als regelgevende richtlijnen. De huidige procedures zijn niet toereikend voor noodsituaties. De informatiebron die voor deze procedures is gebruikt, is een product van de samenwerking tussen particuliere en publieke partijen.

In het geval van noodsituaties heeft de haven aangegeven dat het gedeeltelijk geschikte noodteams heeft om op te treden (in de haven van Rotterdam wordt de interventie georganiseerd door een publiek-private samenwerking). De beschikbare hulpverleners hebben slechts gedeeltelijk de juiste omvang en zijn slechts gedeeltelijk specifiek competent om om te gaan met LNG-scenario's.

Er is geen informatie beschikbaar over scenariobegeleiding en er zijn enkele noodplannen ontwikkeld. Niettemin voldoen de huidige voorzieningen met droogpoeder niet aan de minimale goede (industriële) praktijk. Aan de andere kant zijn mobiele FiFi-apparaten volledig beschikbaar.

Uitgebreide voorzieningen voor nooduitschakelingssituaties zijn beschikbaar.

De incident commander is opgeleid in crisisbeheersing. De commander heeft directe lijnen met andere bevoegde autoriteiten en andere overheidsinstanties aangaande small-scale LNG. Ook in Rotterdam zijn er goede contacten met (onafhankelijke) media om het publiek te informeren in geval van een LNG-noodgeval.

De belanghebbende partijen met betrekking tot LNG zijn de Milieudienst (DCMR/LIOGS), de Havenautoriteit, de Brandweer en Ambulancezorg (geïntegreerd in de Veiligheidsregio), die alle een belangrijke rol spelen.

3.3.4. HAVEN VAN STRAATSBURG

De haven heeft gemeld dat er geen risicobeoordelingen ten aanzien van LNG-ongelukken zijn uitgevoerd en dat er ook geen noodplannen zijn in geval een LOC optreedt.

3.3.5. HAVEN VAN ZWITSERLAND (BASEL)

De situatie is vergelijkbaar met de haven van Straatsburg.

3.4 BESTAANDE OPLEIDINGEN EN TRAININGEN IN LNG INCIDENTBESTRIJDING

Er zijn nog geen gestandariseerde opleiding- en trainingsprogramma's - toegespitst op optreden bij incidenten met LNG - beschikbaar voor de binnenvaart.

Dessalniettemin is er reeds specialistische kennis beschikbaar, zijn er al trainingen voor hulporganisaties ontwikkeld en zelfs operationeel in enkele opleidingsinstituten.

Deze instituten gebruiken hun eigen opleidings- en trainingsprogramma's voor met name de LNG-awareness. Leerdoelstellingen en methoden verschillen van elkaar.

3.5 GAPS

Als gevolg van dit onderzoek (deel 1 van dit document) zijn de volgende gaps (hiaten) geïdentificeerd:

Planning

- Er is geen bestaande specifiek gevalideerde op maat gemaakte operationele voorbereiding voor small-scale LNG in de binnenvaart.

Mensen

- Er zijn geen bestaande specifiek gevalideerde op maat gemaakte opleidings- en trainingsprogramma's voor optreden bij incidenten met LNG in de binnenvaart.

Uitrusting

- Er is geen bestaand specifiek gevalideerd materieel en apparatuur voor incidentbestrijding t.a.v. small scale LNG in de binnenvaart.

Hier moet worden benadrukt dat deze gaps verwijzen naar professionele hulpverleningsorganisaties zoals brandweer, politie en geneeskundige diensten, de haven- en rivierautoriteiten. Dit zijn geen hiaten die betrekking hebben op de bemanning, officieren, technici of het personeel aan de wal.

3.6 MATRIX

Als gevolg van het bureau-onderzoek naar de huidige kennis over optreden bij LNG-incidenten is de volgende elementaire matrix afgeleid.

Uitleg vooraf:

Rijen : 5 types LNG-vaartuigen (op basis van bestaande technologie)
 Kolommen : 11 categorieën gebeurtenissen (die zich kunnen voordoen langs de Rijn-corridor)
 Cellen : 7 verschillende effecten (A - D) als een mogelijke resultaat (en startpunt voor deel 2)

Incidenten en noodsituaties				Gebeurtenissen:										
				1. aanvaring met ander vaartuig	2. botsing met kade	3. botsing met bruggen	4. aan de grond lopen	5. defecte tankaansluitingen	6. verdampingslekage	7. overdrukafgifte	8. defect overdrachtssysteem	9. overvulling	10. vallen van LNG-tankcel	11. secundaire brand (bijv. vrachtbrand)
Typen:	Vaartuigen met LNG als brandstof en vaartuigen met LNG als lading					B,C D,E		B,C E	B,C	C	B,C D,E			F,G
						B,C D,E		B,C E	B,C	C	B,C		B,C D,E F,G	F,G
	LNG aangedreven schepen	Brandstof-tank(s) op het dek	Vast-gezet											
			Draagbaar											
		Brandstoftank(s) onder het dek		A,B C,D E			A	B,C D,E	B,C	C	B,C D,E			
		Type C tank(s)		A,B C,D E			A	B,C D,E	B,C	C	B,C D,E			
	LNG-tankers/bunker-schepen	Membraantanks		A,B C,D E	B		A	B,C D,E	B,C	C	B,C D,E			

Tabel 11 Scenarios en effecten-matrix (opgesteld o.b.v. expert judgment methodiek).

Uitleg van de effecten:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| A. RPT – constructieschade | E. Vloeistoflozing – cryogene schade |
| B. Gaswolkemissie – flash fire | F. BLEVE – explosieschade |
| C. Gaswolkemissie – jet fire | G. BLEVE – domino / (meer) secundaire brand(en) |
| D. Vloeistoflozing – plasbrand | |

Deze matrix wordt de basis waarop de volgende fase van het bureauonderzoek doorgaat - de ontwikkeling van richtsnoeren voor operationele voorbereiding voor small scale LNG - in de binnenscheepvaart. Deze fase richt zich op de aannemelijkheid van de gebeurtenissen en visualisatie van de effecten voor elk type vaartuig.

DEEL 2

ONTWIKKELING VAN RICHTLIJNEN VOOR OPERATIONELE VOORBEREIDING OPLEIDING EN TRAINING IN INCIDENTBESTRIJDING VOOR SMALL-SCALE LNG IN DE BINNENVAART

4 OPERATIONELE VOORBEREIDING

4.1 TOEPASSINGSGEBIED

Deze tweede fase van het onderzoek richt zich op 'adviezen' en 'richtlijnen' voor alle betrokkenen, die behoefte hebben aan informatie over welke gebiedsverbeteringen moeten worden aangebracht.

4.2 DOELSTELLINGEN

Deel 2 van het document bevat een aanvulling van de matrix van het eerste deel, met adviezen en aanbevelingen voor de geïdentificeerde hiaten en items die zijn behandeld in de matrix in het eerste deel.

Dit deel behandelt tevens:

- ontwikkeling van richtlijnen voor operationele voorbereiding voor small-scale LNG in de binnenscheepvaart. Deze richtlijnen zijn opgenomen als een supplement op de matrix in het eerste deel.
- ontwikkeling van richtlijnen voor opleiding en training in incidentbestrijding toegepast op small-scale LNG in de binnenscheepvaart.

Wanneer training noodzakelijk is, beschrijven deze richtlijnen de opleidingseisen voor elk van de scenario's.

4.3 STAPPENPLAN

4.3.1 BELANGRIJKSTE ONDERWERPEN

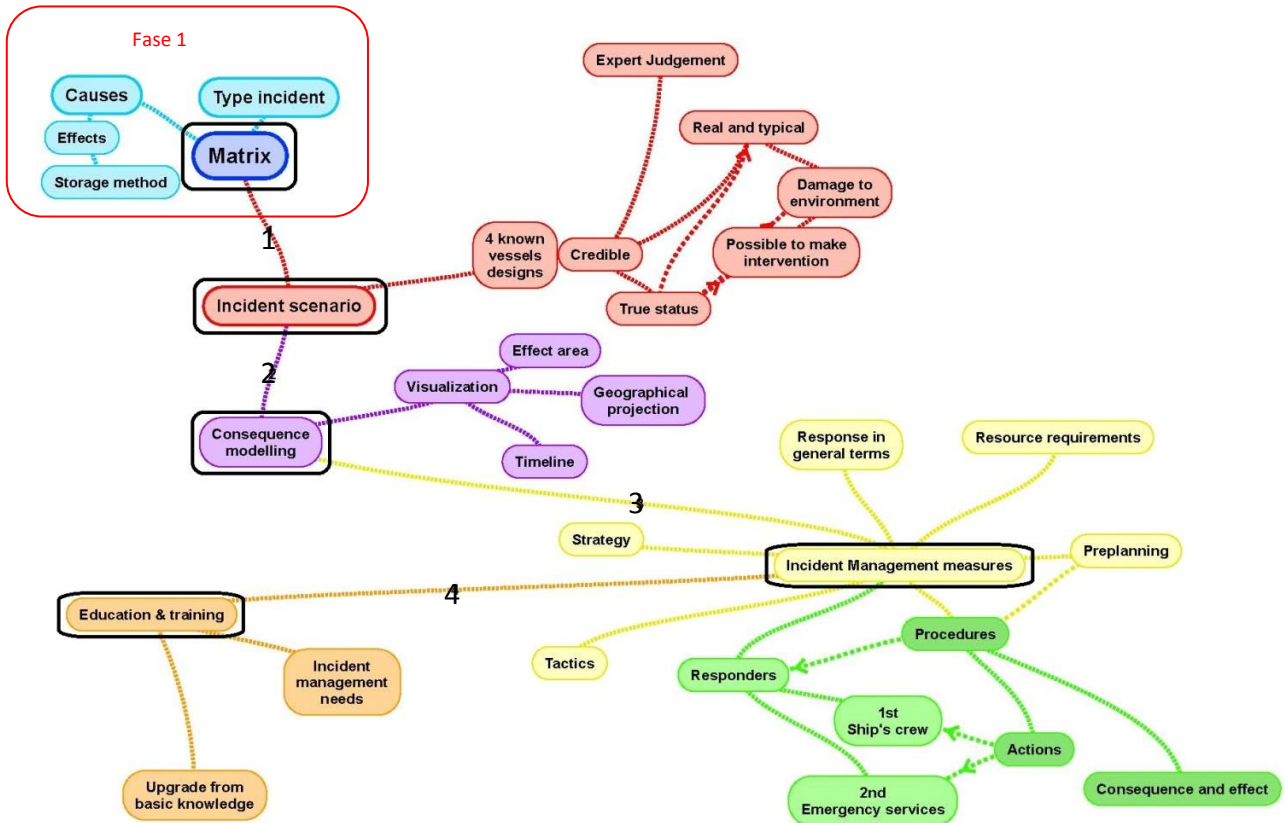
In fase 2 zijn de twee belangrijkste onderwerpen 'operationele voorbereiding' en 'opleiding en training'. Uitgangspunt is de algemene matrix, zoals aangegeven in par. 3.6.

4.3.2 UITGANGSPUNT

Operationele voorbereiding is gebaseerd op geloofwaardige incidentscenario's en leidt tot de identificatie van de vereiste opleidings- en trainingsonderdelen voor dit doel (gevolggebaseerde benadering).

4.3.3 MINDMAP

De volgende mindmap (diagram) wordt door het projectteam gebruikt om de genomen stappen te visualiseren (nummers 1 tot en met 4) en om de onderzoekssubonderwerpen en aanverwante trefwoorden te organiseren.



Afbeelding 38 Mindmap van visualisatie van projectstappen.

4.3.3.1 SUBONDERWERPEN

In dit project zijn de volgende subonderwerpen bestudeerd, geanalyseerd en verder ontwikkeld in chronologische volgorde.

1. Technologische beschrijvingen

TECHNOLOGIE: Deze is gebaseerd op de bureau-onderzoeksmethode van bestaande

- systeemtechnologie op LNG-schepen,
- preventieve veiligheidsmaatregelen en
- geografische kenmerken van de Rijnkorridor

(Zie deel 1).

2. Belangrijke uitstromings-, emissie- en escalatiescenario's

VEREENVOUDIGEN: Het overzicht van belangrijke uitstromings-, emissie- en escalatiescenario's is het resultaat van een analyse en een vereenvoudiging van de bestaande inzichten (zie deel 1).

3. Geloofwaardige scenario's voor inzetplannen en incidentbestrijding

FILTEREN: Alle belangrijke uitstromings-, emissie- en escalatiescenario's worden gefilterd door het beantwoorden van de volgende drie vragen (deze aanpak is afgeleid van Seveso-richtlijnmethode):

1. Het scenario is realistisch en kenmerken,
2. Het scenario kan relevante schade toebrengen aan bezittingen of personen in de omgeving.
3. Interventie van het scenario moet een duidelijk effect hebben om escalatie te voorkomen.

Alleen de scenario's die aan alle drie de criteria voldoen, worden geselecteerd (door deskundigen) als geloofwaardige scenario's voor inzetplannen en incidentbestrijding. Bronintensiteit en effecten zijn belangrijke parameters.

Met onwaarschijnlijke catastrofale scenario's (zoals een vliegtuigcrash op een vaartuig) of scenario's waarvan de waarschijnlijkheid dat ze zich voordoen vrijwel nihil is, is geen rekening gehouden.

4. Gevolgmodellerings

BESCHRIJVEN: Geselecteerde geloofwaardige scenario's worden per type gesorteerd in omgekeerde volgorde (technologie en gevolg).

Een representatief scenario per type (aannemelijk om voor te bereiden) wordt beschreven en gevisualiseerd door een brand / verspreidingskaart. Vier verschillende scenariokaarten worden ontwikkeld.

5. Planning inzetplannen

PLANNEN: Op basis van die brand / verspreidingskaarten worden vier scenariospecifieke plannen met inzetplannen (SSERP's) ontwikkeld. In ieder plan wordt gespecificeerd:

- Incidentbestrijdingsstrategie
- Overzicht van activiteiten/taken voor incidentbestrijders
- De 'in te zetten capaciteit' (apparatuur/middelen voor inzetplannen).
- Overwegingen voor gezamenlijk commando

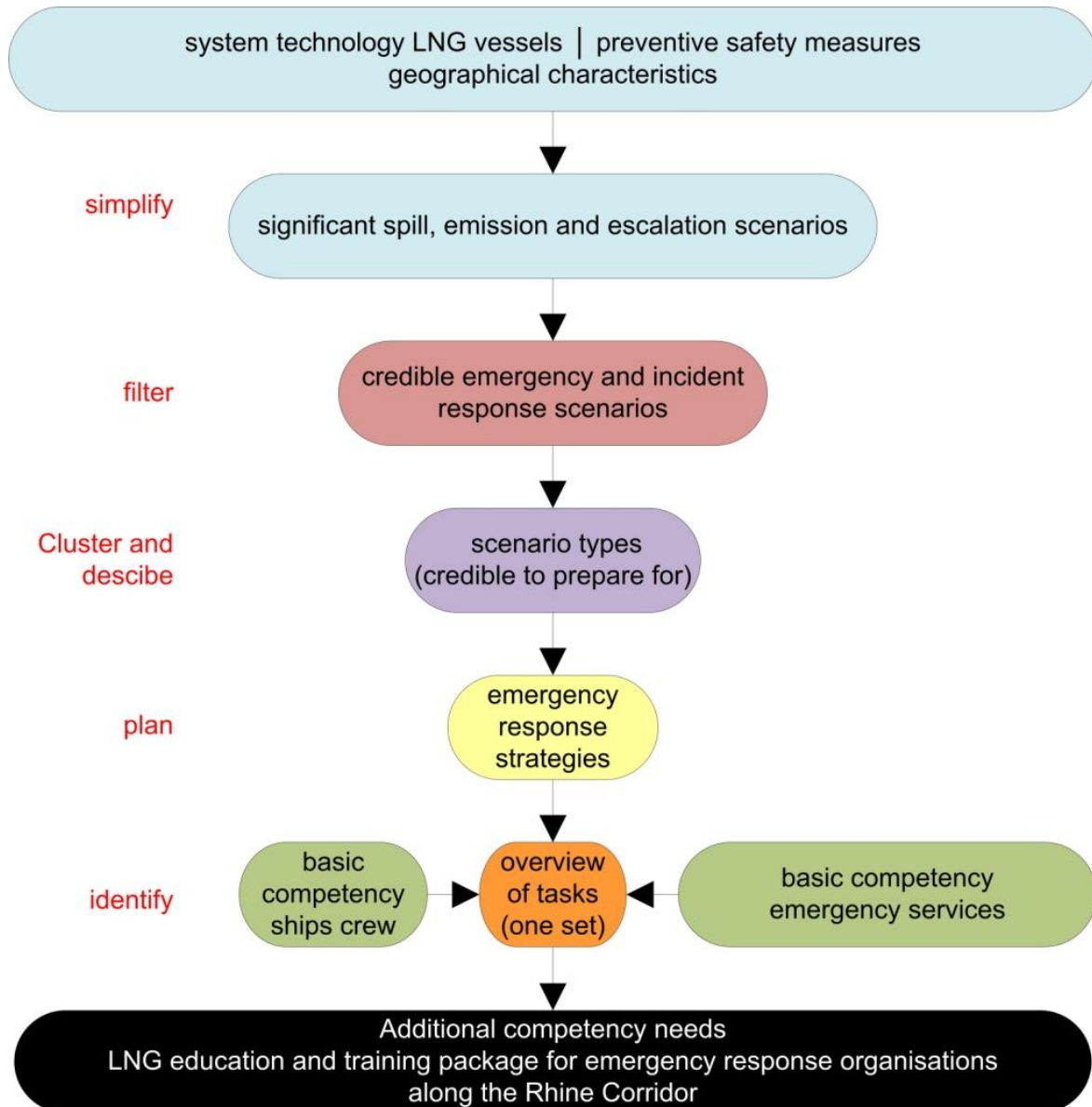
6. Opleiding en training

IDENTIFICEREN: Op basis van het overzicht van taken voor incidentbestrijding (de initiële en de professionele hulpverleners) worden de vereiste LNG-opleidingsonderdelen geïdentificeerd.

Deze opleidingsonderdelen zijn gericht op vakbekwaamheid van hulpverleningsorganisaties langs de Rijnkorridor in het aanpakken van incidenten die kunnen ontstaan met LNG in de binnenscheepvaart.

4.3.3.2 STROOMSCHEMA

De stappen kunnen ook worden gevisualiseerd in het volgende stroomschema. De kleuren van de cellen komen overeen met die van de vorige mindmap.



Afbeelding 39 De systematische benadering van identificatie van de vereiste opleidings- en trainingselementen.

4.4 RICHTLIJNEN VOOR OPERATIONELE VOORBEREIDING

4.4.1 INLEIDING

Bij de voorbereiding van LNG-incidenten moeten beslissingen worden genomen op de verschillende niveaus binnen de hulpverleningsorganisatie om het incident doelmatig te beheren. Noodmaatregelenbeheer is een belangrijk onderdeel van inzetparaatheid. We onderscheiden drie besluitvormingsniveaus binnen de noodmaatregelen:

- Strategische besluitvorming
- Tactische besluitvorming
- Technische besluitvorming

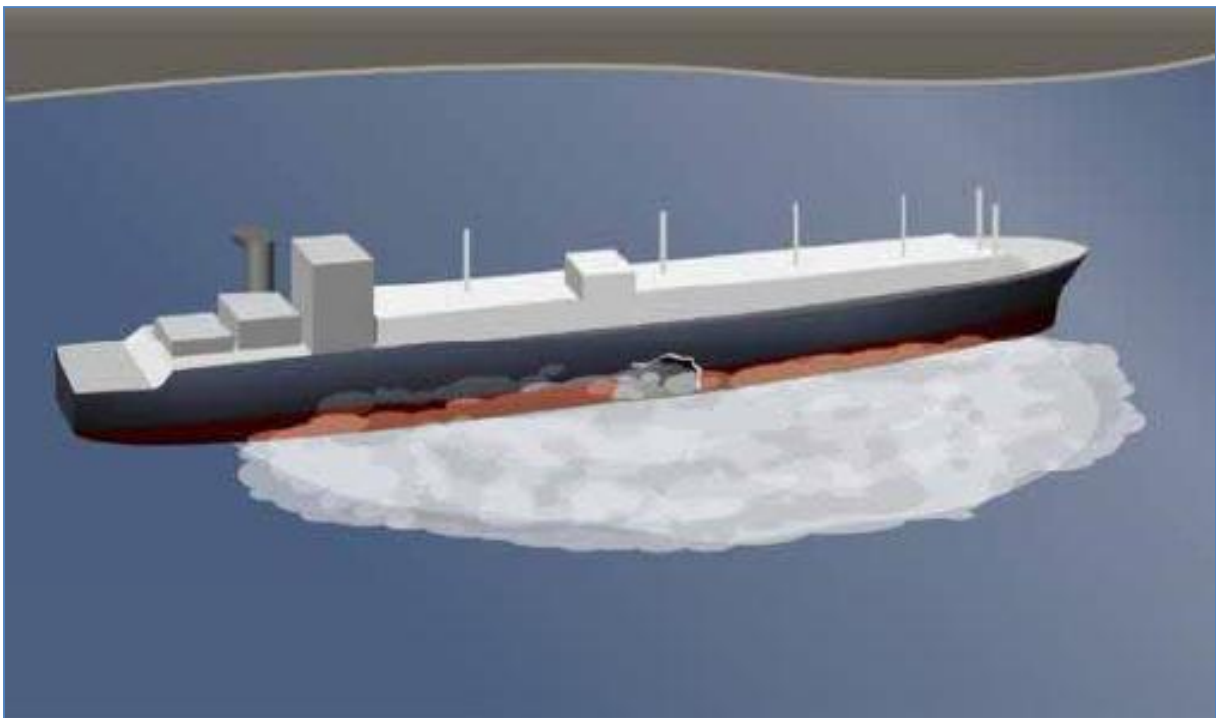
De vorm van incidentbeheer wordt niet verder besproken in dit document omdat dit niet valt binnen de reikwijdte van dit project. Om de verantwoordelijke personen een geïnformeerd besluit te kunnen laten nemen, bieden we u een aantal suggesties voor de ondersteuning van dat proces. Alleen de specifieke strategieën, tactieken en technieken voor incidenten met LNG-incidenten op de binnenvaart zullen worden behandeld. Er wordt van uitgegaan dat de hulpdiensten de algemene kennis voor scheepvaartincidenten met gevaarlijke stoffen over de binnenwateren hebben.

4.4.2 KENNIS VAN EN INZICHT IN LNG-INCIDENTEN IN DE BINNENSCHIEPVAART

De strategieën beschrijven hoe kan worden omgaan met incidenten, die zouden kunnen gelden voor één of meer incidentscenario's:

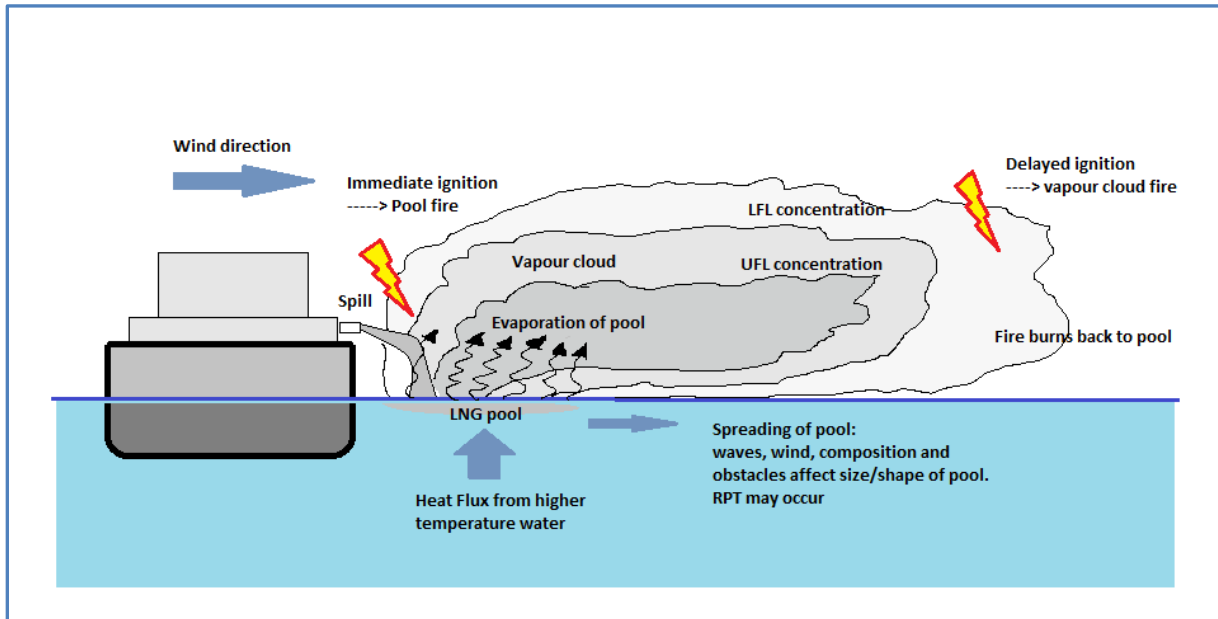
- LNG-gaswolk
- LNG-plas
- Rapid Phase Transition (snelle faseovergang - RPT)
- Brand (niet ingesloten en ingesloten plasbrand / jet fire / BLEVE)

Voor het behandelen van LNG-uitstromingen op water hebben de hulpdiensten algemene informatie nodig voor optimale besluitvorming.



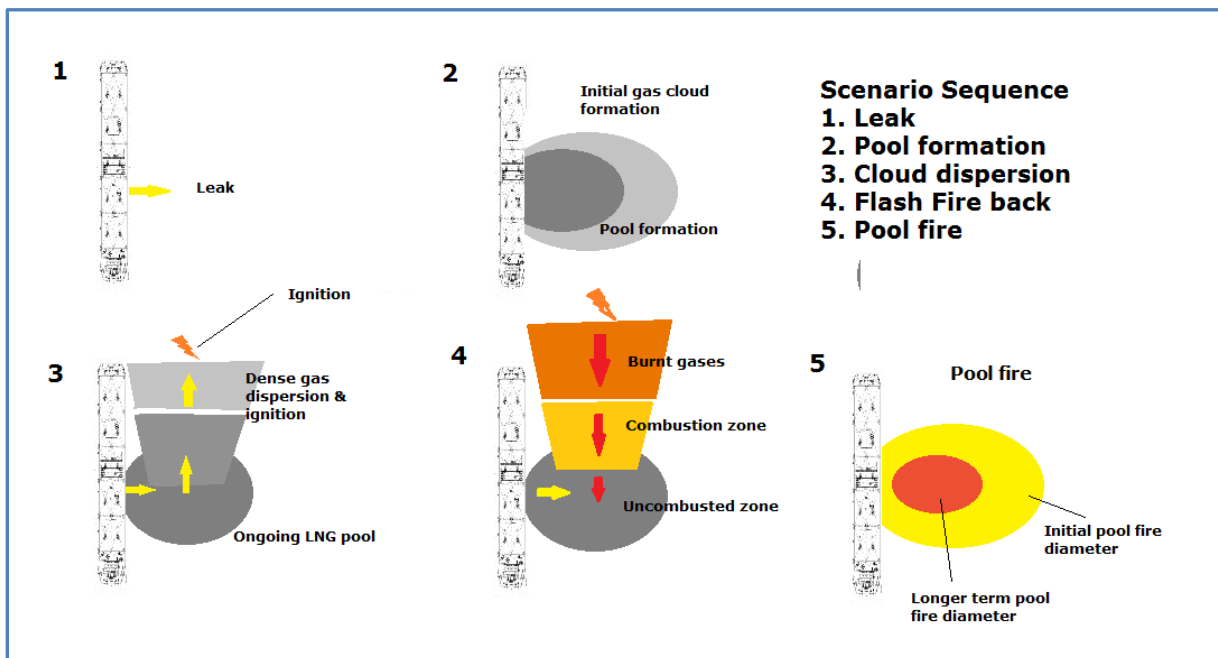
Afbeelding 40 Uitstroming op water [2]

De duur van de vloeistofuitstroming, de snelheid van vrijkomen, de uitbreidingssnelheid en de snelheid van verdamping zijn belangrijke factoren voor de schatting van de veilige afstand voor (brandbare) dampverspreiding en straling van plasbranden.



Afbeelding 41 Mogelijke brandscenario's wanneer LNG op het water uitstroomt [2].

Ook inzicht te krijgen in de dynamiek van tijdsafhankelijke gebeurtenissen, die na elkaar op plaats incident plaatsvinden, is relevant:



Afbeelding 42 Scenario-opeenvolging [4].

4.4.3 LNG-UITBREIDING

LNG is een vloeistof (vloeibaar aardgas) met ten minste 82% methaan. Echter vaak is de inhoud ongeveer 91% methaan (benchmark) of zelfs meer. Het kookpunt van LNG is ongeveer -162°C onder normale atmosferische druk (1 bar).

Wanneer de vloeistof (-162°C) uitstroomt tijdens een LNG-incident, hangt de uitbreidingssnelheid (vloeistof/gasequivalent) af van de omgevingstemperatuur.

Vloeibare (kookpunt) / gasequivalent onder atmosferische druk (1 bar)	
Omgevingstemperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	Equivalent (mol/mol)
0	589
15	621
25	643

Tabel 12 Verhouding vloeistof/gasequivalent bij atmosferische druk

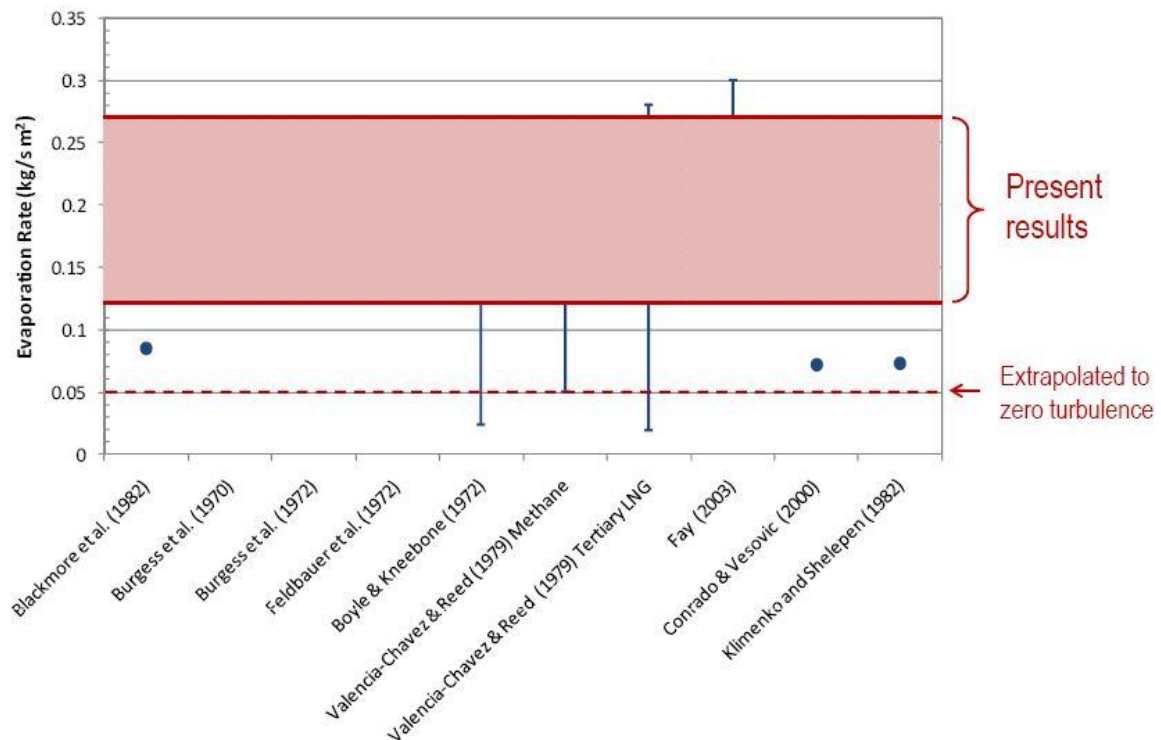
4.4.4 LNG-VERDAMPING

4.4.4.1 PARAMETERS VERDAMPINGSSNELHEID

LNG-verdamping kan sterk variëren afhankelijk van:

- turbulentie-intensiteit
- laagdikte vloeistof
- water- en luchttemperatuur, en
- windsnelheid

Al deze verschillende parameters resulteren in verschillende LNG-verdampingsnelheden. In de volgende afbeelding zijn de field tests weergegeven.



Afbeelding 43 Verdampingssnelheden [2].

4.4.4.2 AAN TE HOUDEN VERDAMPINGSSNELHEDEN T.B.V. INCIDENTBESTRIJDING

Na een studie van veldtests [5] voor de verdampingssnelheden en de situatie voor de binnenvaart (ondiep water) zijn de volgende verdampings- en regressiesnelheden voor LNG-uitstromingen op water gevalideerd.

LNG-verdampingssnelheden* (LNG-plas op water)	Dichtheid kg/m ³	Verdampingssnelheid*		Regressiesnelheid* mm/minuut
		kg/m ² /s	m ³ /m ² /min	
LNG	430-470	0,16	15	20

Tabel 13 Verdampingssnelheid op water

*) alle getallen zijn afgerond en het gemiddelde bij verschillende resultaten van veldtesten en verdampingstijden.

4.4.4.3 BEHEERSING LNG-GASWOLK DOOR WATERNEVEL

Een lekkage van LNG wordt geïnterpreteerd als het vrijkomen van vloeistof met een temperatuur tussen -170 °C en -107 °C. De uitstromingssnelheid is evenredig met de dampdruk en de grootte van het gat (diameter). Wanneer LNG in het water uitstroomt, is de verdampingssnelheid ongeveer 15 m³/m²/min. Dit is een ruwe indicatie.

Verdampingssnelheid van LNG op water is ongeveer: 15 m³/m²/min

De koude LNG-damp is aanvankelijk zwaarder dan lucht en kan een zichtbare condenswaterwolk wanneer de vochtigheid > 55 % is. De visuele grenzen van de gecondenseerde wolk in het horizontale vlak kunnen worden aangepast naar 100% LFL van methaan. De lengte van de gaswolk is afhankelijk van factoren zoals temperatuur, windrichting en de snelheid van LNG-verdamping.

De brandbare grenzen van een gaswolk kunnen worden gedefinieerd met behulp van een geschikt gasdetectie-apparaat. Een speciaal gasdetectie-apparaat is vereist, omdat niet alle standaarduitrusting snel en nauwkeurig meet.

De omvang van een LNG -gaswolkafgifte op water zal vaak worden beperkt door dijken en/of worden beïnvloed door geografische/structurele kenmerken. Afhankelijk van de hoogte van de dijken en de snelheden van de uitstroming kan LNG verder uitstromen en zich verspreiden over de grenzen van de waterwegen. In andere gevallen kan de LNG-gaswolk worden ingesloten door hoge oevers, gebouwen en berghellingen; het effect zal resulteren in het kanaliseren van de wolk. In deze situaties zijn computermodelleerprogramma's om de omvang van de wolk te bepalen, niet effectief.

De omvang van de migratie van een LNG -gaswolk wordt beïnvloed door:

- De opwarming van de koude LNG-damp waardoor het methaangas lichter dan lucht wordt en als gevolg daarvan naar de atmosfeer stijgt. Dit kan worden versneld worden door het gebruik van waternevel van watermonitoren of watergordijnen. NB: Methaangas is niet oplosbaar in water!
- Het gebruik van een waterscherm of watergordijn, waardoor een kleine koude gaswolk kan worden tegengehouden of ingesloten.
- Op grondniveau grond kan er een reductie van gas/dampconcentraties van ongeveer 18% minimaal en 65% maximaal plaatsvinden als gevolg van een goede toepassing van waternevels.

Voor een standaard omlaaggerichte sproeiconfiguratie treedt een reductie op van 65% methaan massafractie. Dit geldt bij de laagste windsnelheid van 1 m/s, maar dan wel bij de hoogste verdampingsnelheid (max. laagdikte). Bij een windsnelheid van 4 m/s bedraagt de afname slechts 18%.

**Bereik van 18% tot 65% vermindering van het impactgebied
door toepassing van waternevel**

Een gaswolk mag niet migreren in afgesloten ruimtes, in vaartuigen of gebouwen, aangezien de ontsteking van de damp zal leiden tot een Confined Vapour Cloud Explosion (ingesloten gaswolkexplosie - CVCE) en andere secundaire branden.

Dit verschijnsel is ook bekend als 'gas-pocketing'. De volgende preventieve maatregelen kunnen worden gebruikt om te voorkomen dat personen gewond raken:

- Als de gas/dampwolk inderdaad vaartuigen van de binnenvaart of aangrenzende gebouwen bedreigt, is de eerste prioriteit het verwijderen van alle scheepvaart uit de gevarezone of ontruiming van woningen.
- De bewoners of werknemers in het gebouw langs de binnenwateren moeten worden geëvacueerd. Instructies voor uitschakelen van ventilatiesystemen in het risicogebied worden ook dringend aanbevolen.
- Alle ontstekingsbronnen moeten worden geïsoleerd of verwijderd.

4.4.4.4 BEHEERSING DAMPVERSPREIDING DOOR SCHUIM

Dampverspreiding uit een ingesloten LNG-plas kan worden onderdrukt door het aanbrengen van high expansion foam op het oppervlak van de LNG-plas. Deze tactiek kan alleen maar worden overwogen voor ingesloten LNG-plasuitstromingen, maar met de juiste toepassing, kan de dampconcentratie boven de plas met 50% worden teruggebracht [6].

Opmerking: de schuimtoepassing kan in eerste instantie een negatief effect hebben op bestrijding van de LNG-damp in de eerste fase van schuimtoepassing. Dit is het resultaat van een eerste snelle daling van de damptemperatuur gevolgd door een overmatige verdamping.

Daarom dient voorzichtigheid te worden betracht om geen vers water in de LNG toe te laten alvorens de schuimtoepassing te starten.

**Expansion foam is effectief in het verminderen van
de benedenwindse methaanconcentraties,
met als gevolg dalende LFL- en ½ LFL-afstanden.**

Eerdere ervaringen hebben ook aan het licht gebracht dat de minimale effectieve schuimdikte 0,64 m is.

Voor een goede toepassing van high expansion foam is het volgende vereist:

- High expansion foamconcentraat voor cryogene vloeistoffen
- Foam equipment met een expansieratio van 500:1
- Foam application rate van 10 l/m² min (vraag schuimleverancier voor foam application rate voor LNG)

Het vrijkomen van vloeibaar LNG aan boord van een schip kan ernstige gevolgen hebben voor de integriteit van de constructie van het schip vanwege de kenmerken van cryogene LNG.

Met het oog op de bescherming van de constructie wordt vaak preventief water geloosd, waardoor een waterlaag over de constructie-elementen ontstaat die in contact kunnen komen met vrijgekomen vloeibaar LNG. LNG drijft op water en daarom wordt daardoor een kleine lekkage LNG niet alleen weggespoeld overboord maar de vloeistof zal ook snel verdampen.

4.4.4.5 RAPID PHASE TRANSITION (SNELLE FASEOVERGANG) BEHEERSEN

Afhankelijk van de hoeveelheden kan LNG dat in het water wordt geloosd, een RPT vormen. Dit verschijnsel kan ook optreden wanneer water in een LNG-plas wordt gebracht en dit moet indien mogelijk worden vermeden.

Het op een afgewogen manier aanbrengen van waternevel door opgeleide vakmensen kan worden beschouwd als een aanvaardbare tactiek voor het versnellen van de verdamping van het vloeibare LNG. Deze techniek wordt ook wel agitatie genoemd.

4.5 LNG BRANDBESTRIJDING

Als een LNG-gaswolk in de open lucht een vertraagde ontsteking ondergaat, zal dit niet tot een Unconfined Vapour Cloud Explosion (Niet ingesloten gaswolkexplosie - UVCE) leiden.

Het dampmengsel zal namelijk niet explosief verbranden maar juist continu branden, langs het vlamfront terug naar de bron van de afgifte. Afhankelijk van de bron van de afgifte is een plasbrand, jet fire of een tweefasige brand het gevolg. Echter, indien een LNG-uitstroming in een afgesloten ruimte ontsteekt, kan dit gemakkelijk leiden tot een Confined Vapour Cloud Explosion (ingesloten gaswolkexplosie - CVCE).

4.5.1 BRANDDUUR

Om de brandduur van LNG-branden te voorspellen zijn de volgende parameters vereist:

- De omvang van LNG in kubieke meter of massa in kg
- De oppervlakte van de brand in vierkante meter
- Ingesloten plasbrand of niet ingesloten plasbrand

De volgende tabel geeft een vergelijking van verbrandingssnelheden tussen LNG en andere algemeen bekende brandstoffen.

Vergelijking tussen verschillende verbrandingssnelheden (ingesloten brand op schip of land).

	Verbrandingssnelheid		Dichtheid kg/m ³	Calorie MJ/kg	Straling KW/m ²
	mm/minuut	kg/m ² /s			
LNG*	14	0,11	430-470	50,2	220
LPG	13	0,13	585	43,4	140
Benzine	5	0,055	740	-	-
Kerosine	3	0,06	790	-	-
Stookolie	2	0,05	900	-	-

Tabel 14 Vergelijking van verbrandingssnelheden voor de verschillende brandstoffen

*) gemiddelde van verschillende testresultaten

Er zijn ook andere verbrandingssnelheden die gelden voor niet ingesloten plasbranden op water, die verschillen van die welke zijn vermeld in de bovenstaande tabel met betrekking tot ingesloten situatie op het land.

In de onderstaande tabel zijn de waarden afgeleid van de Sandia-verslagen (2004 [7] en 2008 [8]) en het rapport "Large LNG Fire Thermal Radiation – Modelling Issues & Hazard Criteria Revisited" van Phani K. Raj [9].

	Verbrandingssnelheid mm/minuut kg/m ² /s		Dichtheid kg/m ³	Calorie MJ/kg	Straling KW/m ²
LNG (D=<100 m)	18	0,135	430-470	50,2	220
LNG (Grote plas)	21	0,15	430-470	50,2	280

Tabel 15 Verbrandingssnelheden van LNG op water

*) alle getallen zijn het gemiddelde bij verschillende testresultaten.

4.5.2 BRANDBESTRIJDING NIET-INGESLOTEN LNG PLAS

Blussen van LNG-plasbranden op het water is niet uitvoerbaar en de inzetplannen moeten defensief worden ingezet om de effecten van het incident te beheersen met de volgende prioriteiten:

- Escalatie voorkomen
- De brand insluiten
- De brand beheersen

De hittestraling van een LNG-plas op water is het meest intens, bijvoorbeeld na het vrijkomen van een LNG-compartment uit een LNG-transporttanker met een vertraagde ontsteking.

De plas zal zeer groot zijn, maar de duur van het brand is heel kort. In dergelijke gevallen zouden vaste brandbestrijdingssystemen en een passieve hittebestendige coating die deel uitmaken van de integrale ontwerpspecificatie helpen om verdere escalatie te voorkomen.

De eerste brand zou waarschijnlijk al uitgebrand zijn voor de aankomst van de eerste hulpverleners.

In het geval dat de brand nog actief is, zouden de hoge niveaus van stralingswarmte voorkomen dat de hulpverleners het schip naderen in een positie waar monitoren van een blusboot het vuur kunnen bereiken en effectief kunnen zijn. Een BLEVE kan niet worden uitgesloten als de andere blootgestelde LNG-tanks niet voldoende worden afgekoeld.

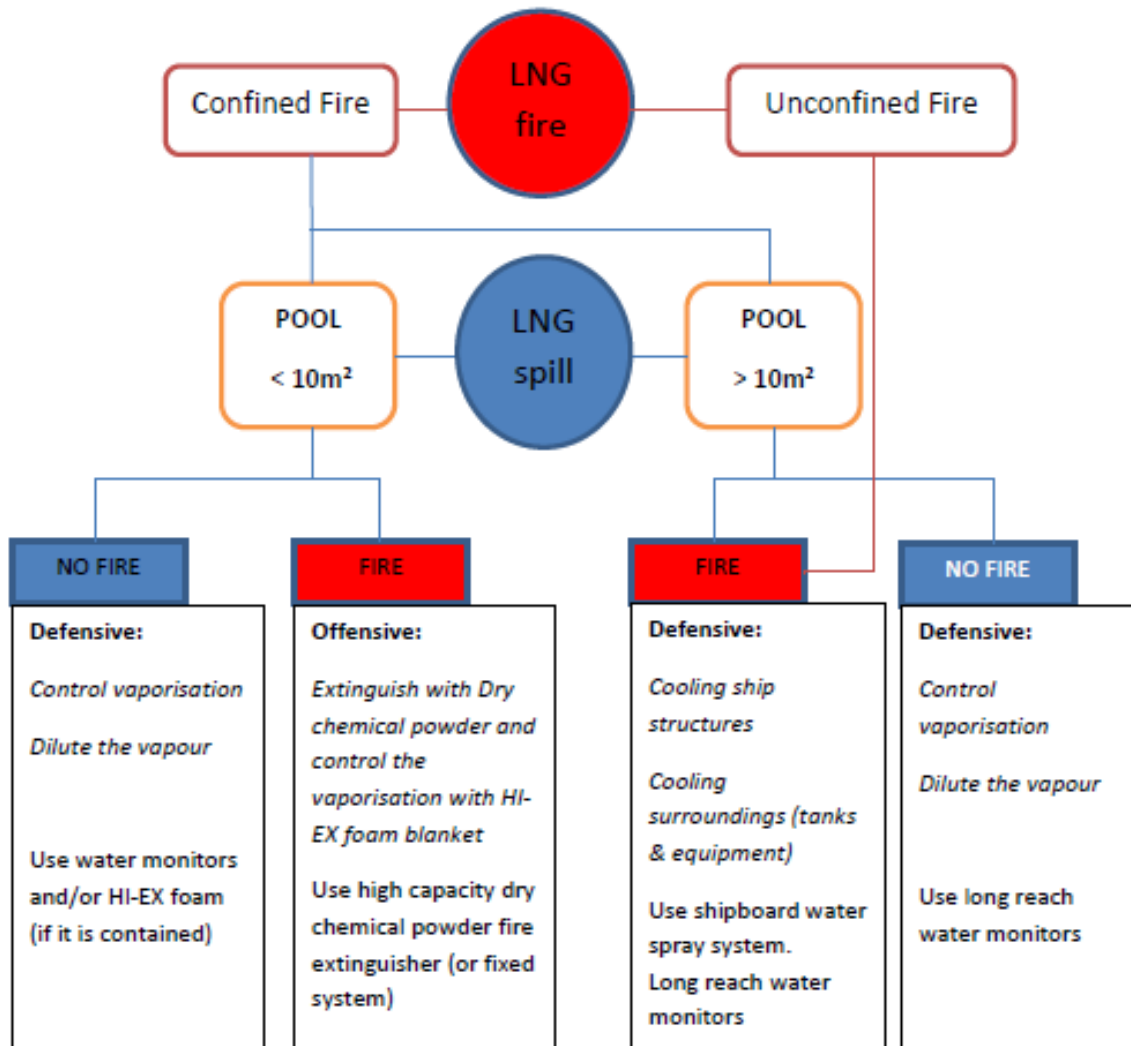
Voor kleinere LNG-plasbranden moeten de hulpdiensten zich concentreren op het koelen van de resterende LNG-compartmenttanks en de constructie van het schip. De koeling kan worden toegepast met een windopwaartse aanpak, bijvoorbeeld vanaf een brandblusvaartuig met waterlevels die gericht zijn op de lengte van het schip.

Hoewel waternevel in de plas niet kan worden vermeden, moet geen volledige waterstraal in de LNG-plas worden gericht.

4.5.3 BRANDBESTRIJDING INGESLOTEN LNG PLAS

Een ingesloten LNG-plasbrand treedt op wanneer het product niet kan wegstromen en is ingesloten (bijvoorbeeld in een dam voor kleine branden <10 m² oppervlakte). Klasse BC droog chemisch poeder kan worden overwogen om actief de brand te blussen. Voor brand met een oppervlakte groter dan 10 m² moet een defensieve strategie worden overwogen.

Het blussen van een LNG-plasbrand met schuim is niet mogelijk, als kan hoog expansief schuim de intensiteit van de brand en stralingswarmte wel kan verminderen al moet het schuim regelmatig worden "bijgevuld" om succesvol te zijn. Opmerking: tijdens de eerste toepassing van schuim is een toename van de intensiteit van een brand te verwachten vóór een vermindering kan worden waargenomen. Schuim met een expansieratio van 500:1 en een dosering van 10 l/m² min worden aanbevolen.



Afbeelding 44 Overzicht brandbestrijdingsstrategie

4.5.4 JET FIRE-BRANDBESTRIJDING

Voor een gasbrand zijn er twee prioriteiten:

- Stop de LNG-stroom (gas) via de noodafsluiting
- Zorg ervoor dat alle andere tanks, leidingen en constructies worden gekoeld met watersproeisystemen (ongeacht of het gaat om een drukbrand, jet fire of plasbrand).

Gebruik een thermische warmtebeeldcamera om te controleren of de koeling kan worden bereikt, wordt aanbevolen. Pas de afkoelingsstrategie als vereist aan.

4.5.5 BLEVE

Een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) is een explosie, bijvoorbeeld veroorzaakt door het breken van het schip, met daarin de LNG vloeistof onder druk (met opslagtemperatuur boven het kookpunt onder atmosferische druk).

Een BLEVE op type A van B of membraantank mag niet mogelijk zijn; Echter, voor een klasse-C tank mag een BLEVE niet worden uitgesloten. Een BLEVE mag zich niet ontwikkelen gedurende een korte blootstelling aan een gebeurtenis op een klasse-C tank als het isolatiemateriaal niet beschadigd is en de onderdruk intact blijft.

Beschadiging van de isolatie en extreme temperaturen kunnen dit leiden tot uitval van de tankwanden en resulteren in een BLEVE. Daarom moet het koelen van andere LNG-tanks prioriteit krijgen om escalatie en de kans op een BLEVE te voorkomen.

4.6 KOELING

4.6.1 STRATEGIE

Het gebruik van een defensieve strategie heeft de voorkeur voor industriële incidenten en dezelfde strategie is ook van toepassing op ongevallen op de binnenvaart.

Mocht de eerste brandbestrijding mislukken, is het risico van escalatie zeer hoog door de aanwezigheid van grote hoeveelheden brandstof in de tanks en leidingen. De risico's nemen toe als de bovenstaande elementen worden blootgesteld aan de hitte van de brand. Daarom moet in de meeste gevallen de eerste actie zijn het koelen van de tanks, leidingen, apparatuur en de constructie van het schip, alvorens het blussen wordt overwogen.

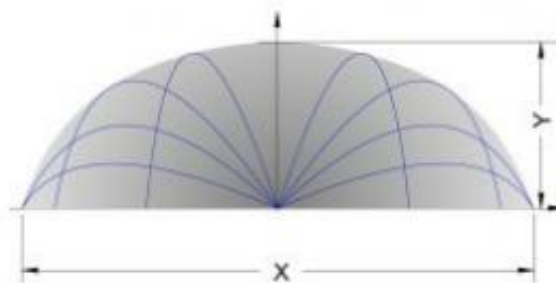
Er zijn situaties waar de brand niet kan worden geblust en de gewenste actie is om het vuur te laten uitbranden. LNG is een product dat zichzelf moet opbranden onder gecontroleerde omstandigheden. Tijdens de gecontroleerde afbranding moeten de omliggende gebieden worden afgekoeld.

4.6.2 CAPACITEITEN

Voor een indicatie van de hoeveelheid water die nodig is voor koeling, kan ook in deze context de richtlijn IP-19 (Energy Institute, voorheen Institute of Petroleum) worden gebruikt (Model code of safe practice: Fire precautions at refineries and bulk storage terminals). In overeenstemming met deze code moet ten minste 10 l/m²/min koelwater worden gebruikt ter bescherming van een scheepsromp tegen vlammen.

In 46CFR154 (Safety standards for self-propelled vessels carrying bulk liquefied gases) zijn de ontwerpcriteria voor waternevelsystemen als volgt gedocumenteerd:

1. 10 l/m²/min. over elk horizontaal oppervlak; en
2. 4 l/m²/min. tegen verticale oppervlak, inclusief de waterafname.



Afbeelding 45 Hydro-afscherming platte-waaierpatroon

In de praktijk bepalen de flow capacity monitoren en/of de hydro-shields - tezamen met bijbehorende optimale werkdruk - de afstand en hoogte van de waterschermen.

4.7 AFSCHERMING MET WATER

4.7.1 BEHEERSING VAN WARMTEBLOOTSTELLING EN GAS/DAMPWOLK

De volgende blusboten, die langs de oevers van de Rijncorridor actief zijn, zijn uitgerust met watermonitoren van voldoende capaciteit en bereik om blootstelling aan warmte en de vermindering van gas/dampconcentraties te beheersen.



Afbeelding 46 Blusboten langs de Rijn

4.7.2 FIFI BOOT-CAPACITEITEN

Er zijn verschillende soorten blusboten:

FIFI 1 : watercapaciteit 2.400 m³/uur

FIFI ½ : watercapaciteit 1.200 m³/uur

FIFI : watercapaciteit 500 m³/uur

4.8 EHBO

4.8.1 BLOOTSTELLING

Cryogene (vloeibaar gemaakte) gassen worden gecondenseerd tot een vloeistof bij atmosferische druk door koeling. In het geval van LNG worden ze afgekoeld tot ongeveer -162 °C.

Op het moment dat tijdens een incident LNG uit haar omhulling vrijkomt resulteert dat in het verdampen van de cryogene vloeistof in een gas, als gevolg van de omgevingstemperatuur. Eén liter cryogene vloeibaar gas genereert aanzienlijke hoeveelheden gas (ongeveer 600 maal het volume ervan).

De zones waar de tanks zijn geplaatst, moeten voldoende zijn geventileerd zodat minimaal de hoeveelheid gegenereerd gas kan worden afgevoerd. Ventilatie moet voorkomen dat er substantiële veranderingen in het zuurstofgehalte van de lucht plaatsvinden. Wanneer grote hoeveelheden uitstromen, zoals bij botsingen, mag ventilatie niet worden beschouwd als een afdoende maatregel voor de hulpverleners omdat de kans op een storing van het systeem groot is.

LNG is niet giftig, maar kan atmosferische zuurstof verdringen wanneer het uitstroomt, wat kan leiden tot verstikking als het zuurstofgehalte daalt tot onder 15%.

Blootstelling aan LNG kan ook leiden tot onderkoeling van het lichaam en/of bevriezing. Als een cryogeen gas wordt ingeademd, kan dit leiden tot bevriezing van de luchtwegen, inclusief de longen.

LNG (dispersie-)wolken kunnen ontstaan als het koude cryogene gas wordt vermengd met warme lucht, omdat het vocht in de lucht condenseert bij afkoeling. In het geval van grote lekken van gekoelde LNG (methaan) kan de vorming van die condenswolken leiden tot verminderd zicht. Aandacht moet worden besteed aan het feit dat zelfs buiten deze wolken een belangrijke verandering in de atmosfeersamenstelling moet worden verwacht.

4.8.2 ACTIES

Volg altijd de ABC-strategie: Airway – Breathing – Circulation – Disability – Exposure (luchtwegen - ademhaling - circulatie - handicap - blootstelling).

Voor de initiële en de professionele hulpverleners (met voldoende persoonlijke beschermingsmiddelen, waarmee blootgestelde slachtoffers kunnen worden gered), is het belangrijk de volgende aspecten in gedachten houden:

- Breng de blootgestelde slachtoffers naar een warme plaats (circa 22 °C), maar pas geen rechtstreeks warmte toe;
- Verwijder voorzichtig (niet trekken) alle kleding die de bloedsomloop naar de getroffen (gewonde) delen kan beperken;
- Spoel de aangetaste plekken van de huid af met grote hoeveelheden lauw water;
- Blijf de aangetaste plekken afkoelen totdat de pijn afneemt.



Bescherm indien nodig de wonden met grote, droge steriele compressen. Waarschuwing: Breng de compressen niet te strak aan omdat dit de bloedsomloop beperkt. Vermijd de aangetaste huid te verplaatsen.

5. RICHTLIJNEN VOOR OPLEIDING EN TRAINING IN LNG INCIDENTBESTRIJDING

5.1 INLEIDING

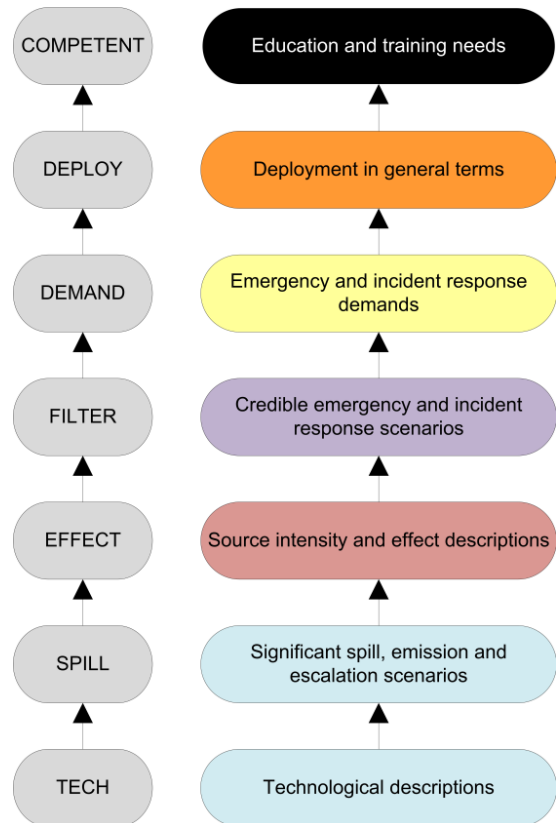
Operationele voorbereiding en planvorming zijn gebaseerd op geloofwaardige incidentscenario's en leiden tot identificatie van opleidings- en trainingsonderdelen die voor dit doel nodig zijn.

Dit hoofdplan volgt een structuur van zeven fasen – zoals geïllustreerd in afbeelding 47 – beginnend met technische beschrijvingen en eindigend met het uiteindelijke resultaat van opleidings- en trainingsbehoeften.

Het is belangrijk te beseffen dat deze opleidings- en trainingsbehoeften van hulpverleners en incidentbestrijders te maken hebben met aanvullende vakbekwaamheid (LNG-specifiek).

Elementaire vakbekwaamheid (non-LNG-specifiek) van alle hulpverleners en incidentbestrijders wordt geacht aanwezig te zijn en te worden bijgehouden.

Hoewel elementaire vakbekwaamheid per regio kan verschillen langs de Rijnkorridor ten gevolge van plaatselijke omstandigheden, kunnen aanvullende LNG-specifieke competentieprofielen breed worden gebruikt.



Afbeelding 47 Zevenfasenstructuur voor opleiding en training.

5.2 SCENARIO'S

5.2.1 BELANGRIJKE UITSTROMINGS-, EMISSIE- EN ESCALATIESCENARIO'S

De benoemde soorten insluiting (op schepen), oorzaken en gevolgen in deel 1 (zie algemene matrix) leiden, op basis van de expertjudgment methodiek, tot de volgende belangrijke uitstromings-, emissie- en escalatiescenario's:

Type insluitingssysteem	Oorzaak	Effect	scenarioref.
1. LNG aangedreven schepen	1. Brandstoftank(s) op het dek	3. botsing met brug	B. Flash fire 1.1.3.B
			C. Jet fire 1.1.3.C
			D. Plasbrand 1.1.3.D
			E. Cryogene schade 1.1.3.E
	5. defecte tankaansluitingen	B. Flash fire 1.1.5.B	
		C. Jet fire 1.1.5.C	
		E. Cryogene schade 1.1.5.E	
	6. verdampingslekkage	B. Flash fire 1.1.6.B	
		C. Jet fire 1.1.6.C	
	7. overdrukafgifte	C. Jet fire 1.1.7.C	
	8. defect overdrachtssysteem	B. Flash fire 1.1.8.B	
		C. Jet fire 1.1.8.C	
		D. Plasbrand 1.1.8.D	
		E. Cryogene schade 1.1.8.E	
	11. secundaire brand (bijv. vracht)	F. Explosieschade 1.1.11.F	
		G. Domino 1.1.11.G	

Type insluitingssysteem		Oorzaak	Effect	scenarioref.
1. LNG aangedreven schepen	2. Brandstoftank(s) onder het dek	1. aanvaring met ander vaartuig	A. Constructieschade	1.2.1.A
			B. Flash fire	1.2.1.B
			C. Jet fire	1.2.1.C
			D. Plasbrand	1.2.1.D
			E. Cryogene schade	1.2.1.E
		4. aan de grond lopen	A. Constructieschade	1.2.4.A
		5. defecte tankaansluitingen	B. Flash fire	1.2.5.B
			C. Jet fire	1.2.5.C
			D. Plasbrand	1.2.5.D
			E. Cryogene schade	1.2.5.E
		6. verdampingslekkage	B. Flash fire	1.2.6.B
			C. Jet fire	1.2.6.C
		7. overdrukafgifte	C. Jet fire	1.2.7.C
		8. defect overdrachtssysteem	B. Flash fire	1.2.8.B
			C. Jet fire	1.2.8.C
			D. Plasbrand	1.2.8.D
			E. Cryogene schade	1.2.8.E
2. LNG-tankers/ bunkerscheepen	1. Type C tank(s)	1. aanvaring met ander vaartuig	A. Constructieschade	2.1.1.A
			B. Flash fire	2.1.1.B
			C. Jet fire	2.1.1.C
			D. Plasbrand	2.1.1.D
			E. Cryogene schade	2.1.1.E
		4. aan de grond lopen	A. Constructieschade	2.1.4.A
		5. defecte tankaansluitingen	B. Flash fire	2.1.5.B
			C. Jet fire	2.1.5.C
			D. Plasbrand	2.1.5.D
			E. Cryogene schade	2.1.5.E
		6. verdampingslekkage	B. Flash fire	2.1.6.B
			C. Jet fire	2.1.6.C
		7. overdrukafgifte	C. Jet fire	2.1.6.C
		8. defect overdrachtssysteem	B. Flash fire	2.1.8.B
			C. Jet fire	2.1.8.C
			D. Plasbrand	2.1.8.D
			E. Cryogene schade	2.1.8.E
	2. Membraantank(s)	1. aanvaring met ander vaartuig	A. Constructieschade	2.2.1.A
			B. Flash fire	2.2.1.B
			C. Jet fire	2.2.1.C
			D. Plasbrand	2.2.1.D
			E. Cryogene schade	2.2.1.E
		2. botsing met kade	B. Flash fire	2.2.2.B
		4. aan de grond lopen	A. Constructieschade	2.2.4.A
		5. defecte tankaansluitingen	B. Flash fire	2.2.5.B
			C. Jet fire	2.2.5.C
			D. Plasbrand	2.2.5.D
			E. Cryogene schade	2.2.5.E
		6. verdampingslekkage	B. Flash fire	2.2.6.B
			C. Jet fire	2.2.6.C
		7. overdrukafgifte	C. Jet fire	2.2.7.C
		8. defect overdrachtssysteem	B. Flash fire	2.2.8.B
			C. Jet fire	2.2.8.C
			D. Plasbrand	2.2.8.D
			E. Cryogene schade	2.2.8.E

Tabel 16 Overzicht scenario's betreffende incidentbestrijding

Dit scenario-overzicht (ref. 1.1.3 .B en 2.2.8.E) wordt gebruikt als input voor de volgende stap: 'Analyse geloofwaardige scenario's betreffende incidentbestrijding'.

5.2.2 GELOOFWAARDIGE LNG INCIDENTBESTRIJDINGS-SCENARIO'S

De belangrijke uitstromings-, emissie- en escalatiescenario's (ref. 1.1.3.B tot 2.2.8.E) worden gefilterd op geloofwaardigheid t.a.v. incidentbestrijding door het beantwoorden van de volgende drie vragen:

1. Is het scenario realistisch en kenmerkend?
2. Kan het scenario relevante schade toebrengen aan bezittingen of personen in de omgeving?
3. Kan interventie van het scenario een duidelijk effect hebben om escalatie te voorkomen?

Alleen de scenario's die aan alle drie de criteria voldoen, worden geselecteerd (o.b.v. expert judgment) als geloofwaardige scenario's t.b.v. incidentbestrijding.

Bronintensiteit en effecten zijn belangrijke parameters. Met onwaarschijnlijke catastrofale scenario's (zoals een vliegtuigcrash op een vaartuig) of scenario's waarvan de waarschijnlijkheid dat ze zich voordoen vrijwel nihil is, is geen rekening gehouden.

Deze analyse resulteerde in een selectie van de volgende 4 geloofwaardige incidentbestrijdings-scenariotypes:

Uitstromings-, emissie- en escalatiescenario's-	filtercriteria ¹⁾			Scenario geloofwaardigheid	Gesorteerd op type incidentbestrijdings- scenario ²⁾
	1	2	3		
1.1.3.D	Ja	Ja	Ja	Ja	SCEN-1 (IWT-LNG-SSERP-1)
1.1.11.G	Ja	Ja	Ja	Ja	SCEN-4 (IWT-LNG-SSERP-4)
1.2.8.E	Ja	Ja	Ja	Ja	SCEN-2 (IWT-LNG-SSERP-2)
1.2.5.D	Ja	Ja	Ja	Ja	SCEN-3 (IWT-LNG-SSERP-3)

Tabel 17 Overzicht geloofwaardige incidentbestrijdingsscenario's

- 1) De filtercriteria voor inzetplannen en incidentbestrijding:
 1. Het scenario is reëel en typerend,
 2. Het scenario kan relevante schade toebrengen aan bezittingen of personen in de omgeving.
 3. Interventie van het scenario moet een duidelijk effect hebben om escalatie te voorkomen.
- 2) Gefilterde en gesorteerde types inzetplannen en incidentbestrijdingsscenario's:

SCEN-1: LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, 50m3 **LNG brandstoftank op het dek**, aanvaring met brug, defectief leidingstelsel, voortdurende uitstroming LNG, de gaswolkverspreiding, geen **ontsteking LNG**, escalatie met langdurige gas/dampconcentraties, directe eliminatie van alle ontstekingsbronnen en waterafscherming nodig.

SCEN-2: Tankwagen naar schip bunkeren, **LNG-brandstoftank onder dek**, verbroken slangleiding, beperkte lozing van LNG, vrije uitstroom op water, RPT, cryogene schade aan schip **geen ontsteking LNG**.

SCEN-3: Binnenvaart LNG tanker/bunker schip, **LNG cargo tanks**, container valt van het gebunkerde schip bovenop het bunkerende schip, korte continue uitstroming LNG, vrije uitstroom in water, RPT, **vertraagde ontsteking LNG**.

*SCEN-4: LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, 50m³ **LNG brandstoftank op het dek**, aanvaring met een ander vaartuig, **directe ontsteking lading** (benzine), warmteblootstelling aan LNG brandstoftanks, escalatie bij langdurige blootstelling, koeling nodig binnen 15 minuten.*

Deze scenario's SCEN-1, SCEN-2, SCEN-3 en SCEN-4 zijn de input voor de volgende stap: 'consequence modelling'.

5.3 CONSEQUENCE MODELLING

5.3.1 NOODZAKELIJKHEID

Alvorens strategieën voor incidentbestrijding te ontwikkelen, moet scenariospecifiek inzicht in thermische, damp- en gasconcentraties en hun effecten worden verkregen.

5.3.2 VOORDELEN

Met gevolgmodellering via Phast DNV- software worden visuele indicaties van mogelijke thermische en gasconcentratieniveaus rond scenario's SCEN-1, SCEN-2, SCEN-3 en SCEN-4 gegeven.

5.3.3 METEOROLOGISCHE INVOERGEGEVENS

Gegevens	Invoer
Omgevingstemperatuur	15 °C
Relatieve vochtigheid	60 %
Windsnelheid	9 m/s

Tabel 18 Meteorologische gegevens

5.3.4 ALGEMENE PRINCIPES MATE VAN WARMTECONTOUREN EN WOLKVERSPREIDINGSCONTOUREN

5.3.4.1 EFFECTEN OP MENSEN - BRANDEN

- Personeel dat wordt blootgesteld aan een jet fire of (in het geval van plasbranden) in het directe vlamfront worden verondersteld dodelijke slachtoffers te zijn;
- Mensen die worden blootgesteld aan $> 32 \text{ kW/m}^2$ worden verondersteld dodelijke slachtoffers te zijn;
- Mensen die worden blootgesteld aan $< 12 \text{ kW/m}^2$ tot $> 6,3 \text{ kW/m}^2$ worden verondersteld 3e graadsbrandwonden op te lopen;
- Mensen die worden blootgesteld aan $< 6,3 \text{ kW/m}^2$ worden verondersteld snel 2e graads brandwonden op te lopen en 3e graadsbrandwonden binnen enkele minuten;
- Hulpverleners kunnen toegang krijgen tot $6,3 \text{ kW/m}^2$ -zone voor handmatige hulp maar alleen als ze gekleed zijn in vol vuurbestendige PBM ("Bunkerkleding") en alleen voor periodes van minder dan 1 minuut.

5.3.4.2 EFFECTEN OP CONSTRUCTIES - BRANDEN

Het volgende wordt verondersteld voor gevolgen van brand op constructies zonder bescherming:

- Lichte constructies kunnen in 5 min uitvallen als ze worden blootgesteld aan vuur met hoge warmtestromen. Hoge warmtestromen liggen in het bereik van 200 kW/m² tot 300 W/m²;
- Zware, grote constructies kunnen in 10 min uitvallen als ze worden blootgesteld aan vuur met hoge warmtestromen. Lagere warmtestromen zijn minder dan 200 kW/m²;
- Uitval van apparatuur of constructies als deze zich binnen 100 kW/m² bevinden, ontwikkelt zich in 30 minuten;
- Constructies die langere tijd blootstaan aan lagere niveaus van hittestraling zijn gevoelig voor instorting. Een hittestraling van 25 kW/m² met een blootstellingstijd van 30 minuten of meer kan leiden tot aanzienlijke verzwakking en kan leiden tot ineenstorting.

5.3.5 SCEN-1

Aannemelijk scenario voor inzetplannen en incidentbestrijding

LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, LNG brandstoftank aan dek, botsing met brug, defectief leidingstelsel, voortdurende uitstroming LNG, gaswolkverspreiding, geen ontsteking van LNG, escalatie met langdurige gas/dampconcentraties, directe eliminatie van alle ontstekingsbronnen en waterafscherming nodig.



Casestudy

Een bestaand in de vaart zijnde LNG-binnenvaartschip.

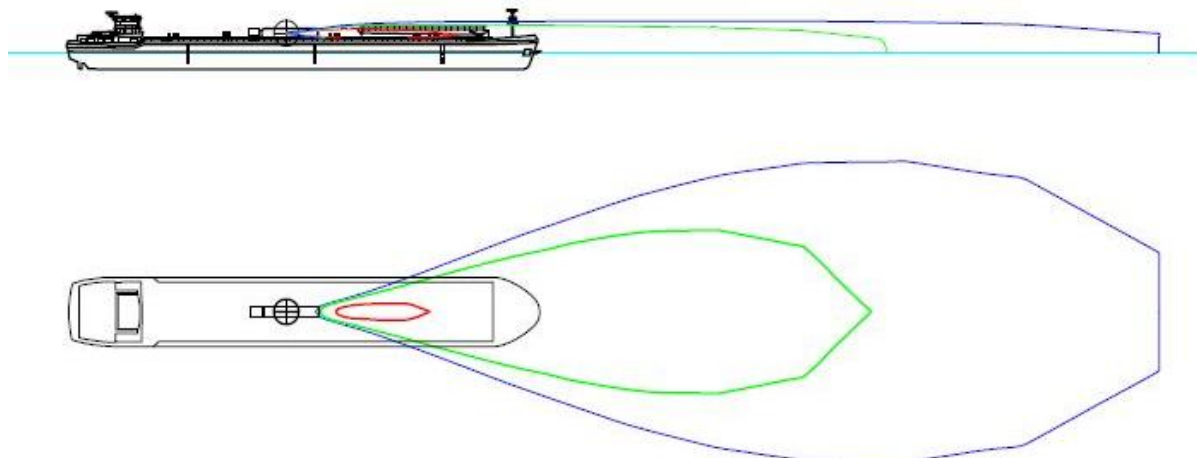
Invoer

Het LNG-aangedreven vaartuig heeft een vaste LNG-tank op het dek (dubbelwandig type C) met een capaciteit van 40 m³. Het scenario gaat uit van een aanvaring met een brug, met als gevolg een pijpleidingdefect en niet ontstoken stoomafgifte. De criteria die in het scenario zijn gebruikt, worden uiteengezet in onderstaande tabel.

<i>Gegevens</i>	<i>Invoer</i>
Tankgrootte	40 m ³
Lozing	Onafgebroken
Snelheid	48,3 kg/sec
Tijdsduur	360 sec
LNG-temperatuur	-138 °C
LNG-tankdruk	4 barg

<i>Concentratie</i>	<i>Benedenwindse afstand</i>
25.000 PPM (50% LFL)	203 m
50.000 PPM (LFL)	136 m
150.000 PPM (UEL)	34 m

Tabel 19 Phast input en resultaatgegevens Scenario 1



Afbeelding 48 Phast-modellingsschema's Scenario 1

De berekeningen tonen aan dat in dit scenario slechts een klein deel van het schip binnen de UFL zou vallen, maar het merendeel van het schip zou in de LFL vallen een in benedenwindse richting. Raadpleeg bijlage 2.1A voor meer informatie.

5.3.6 SCEN-2

Aannemelijk scenario voor inzetplannen en incidentbestrijding

LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, LNG brandstoftank onder het dek, tankwagen naar schip bunkeren, verbroken LNG-overslagslang, defectieve noodknop op truck, beperkte continue uitstroom van LNG, vrije uitstroom in water, RPT, cyrogene schade aan scheepsconstructie.

Casestudy

Bunkering van schip van een tanktruck is een realistisch scenario net als elke overslagoperatie. In dit geval kan de beweging van het schip leiden tot het breken van een slangleiding. De hoeveelheid LNG-uitstroom hangt af van de efficiëntie van de ESD-systemen en de alertheid van de mensen die het bunkeren uitvoeren.



Afbeelding 49 Overdracht truck naar schip

Invoer

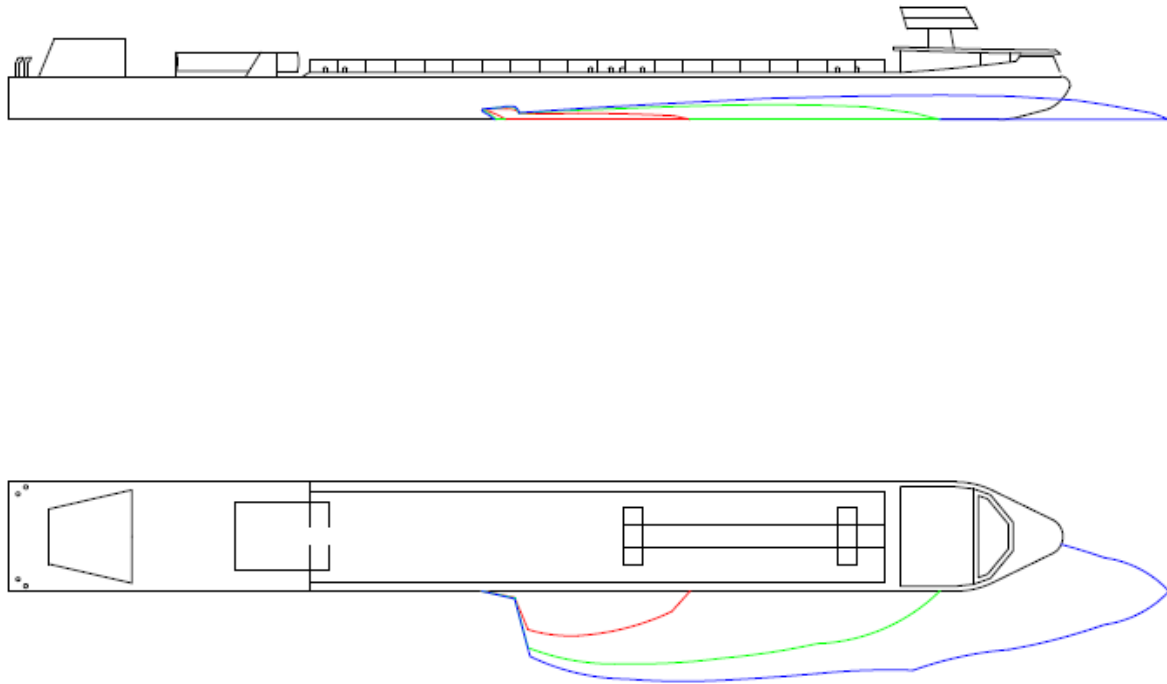
Het schip heeft een vaste LNG-tank (dubbelwandig type C) onder het dek met een capaciteit van 50 m³. Het scenario veronderstelt een defect van een aantal barrières tijdens het bunkeren van een schip van een tankwagen, waarbij de toevoerslang faalt en releases LNG in het water tegen de constructie van het schip.

De criteria die in het scenario zijn gebruikt, worden uiteengezet in onderstaande tabel.

Gegevens	Invoer
Tankgrootte	50 m ³
Afmeting gat	75 mm ø
Lozing	Onafgebroken
Snelheid	3000 kg/uur
Tijdsduur	60 sec
LNG-temperatuur	-162 °C
LNG-tankdruk	150 mbarg

Concentratie	Benedenwindse afstand
25.000 PPM (50% LFL)	71,25 m
50.000 PPM (LFL)	47,98 m
150.000 PPM (UEL)	22,78 m

Tabel 20 Phast input en resultaatgegevens Scenario 2



Afbeelding 50 Phast-modelleringschema Scenario 2

De berekeningen tonen aan dat in dit scenario slechts een klein gebied binnen de UFL zou vallen. De LFL zou zich uitstrekken langs de waterlijn voor het merendeel van het schip in een benedenwindse richting. Raadpleeg bijlage 2-2A voor meer informatie.

5.3.7 SCEN-3

Aannemelijk scenario voor inzetplannen en incidentbestrijding

Binnenvaart LNG tanker/bunker schip, LNG cargo tanks, container valt van het gebunkerde schip bovenop het bunkerende schip, korte continue uitstroming LNG, vrije uitstroom in water, RPT, vertraagde ontsteking LNG.

Casestudy

De toekomstige bunkering van zeeschepen terwijl het ontvangende schip zelf wordt geladen met containers heeft een verhoogd risico op een breuk van de leidingen als gevolg van vallende containers of vastsjorren.

Het komt regelmatig voor dat containers overboord vallen. De casestudy is gericht op het bunkerschip dat LNG overbrengt op een containerschip wanneer het incident plaatsvindt.



Afbeelding 51 Voorbeeld LNG binnenvaart bunkerboot.



Afbeelding 53 Afbeeldingen van incidenten waarbij containers overboord zijn gevallen op een schip eronder.

Invoer

De LNG (schip naar schip) overdracht was al minuten daarvoor aan de gang met een stroomsnelheid van 0,18 m³ LNG per seconde (op dit moment is het bereik stroomsnelheden voor STS-bunkeren 1000 - 10.000 m³ per uur). Een container valt overboord op een afgemeerde LNG bunkerbak (zie vaartuig boven) naast een ontvangend containerschip waar de lading 30 meter hoog wordt gestuwd.

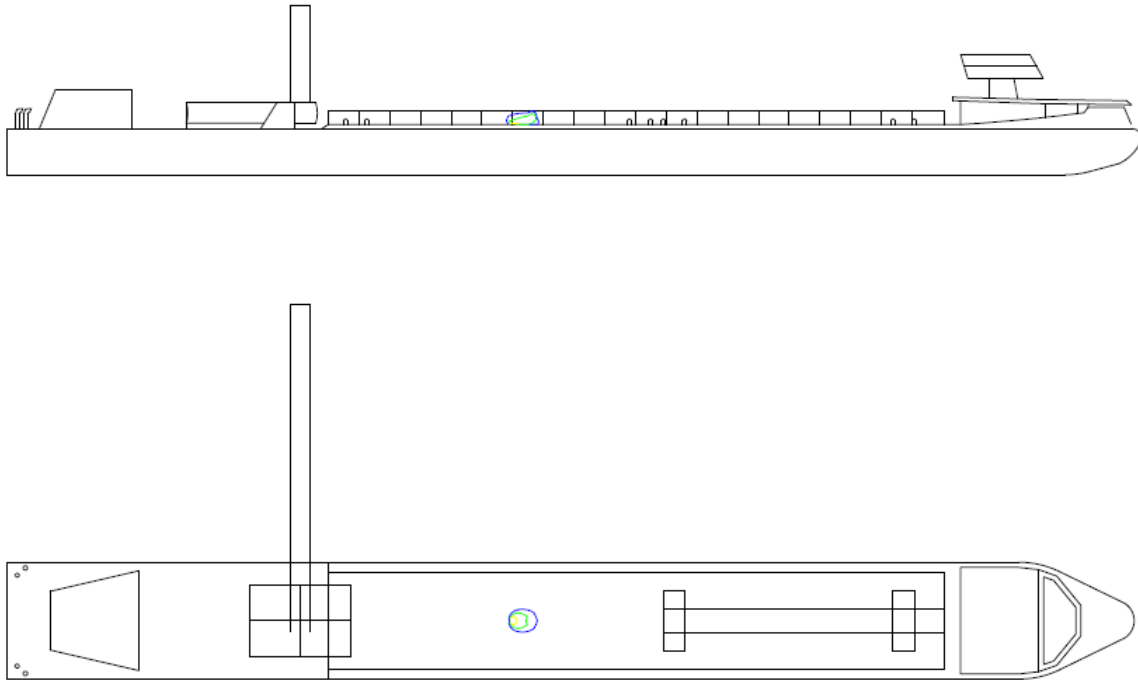
Het resultaat is een breuk van het leidingstelsel aan dek (ook mogelijk dit te beschrijven voor een defect van de laadarm). Het vaartuig heeft een overloopklep, maar deze werkt niet goed als gevolg van de inslag. De bemanning heeft er 90 seconden voor nodig om het proces handmatig te stoppen. Bijna 16 m³ LNG stroomt vanaf het dek in het water aan de andere kant van het schip. De damp ontbrandt na een vertraging van zes minuten.

De criteria die in het scenario zijn gebruikt, worden uiteengezet in onderstaande tabel.

Gegevens	Invoer
Tankgrootte	300 m ³
Afmeting gat	150 mm ø
Lozing	Onafgebroken
Snelheid	kg/sec
Tijdsduur	90 sec
Tijd tot ontsteking	360 sec
Hoeveelheid	16m ³
LNG-temperatuur	-160 °C

Hittestraling	Benedenwindse afstand
6,3 KW/m ²	2,5 m bij een hoogte van 0,25 m
12,5 KW/m ²	2,29 m bij een hoogte van 0,52 m
32 KW/m ²	Niet berekend betekent dat het ingesloten is in de plasvlammen

Tabel 21 Phast input en resultaatgegevens Scenario 3



Afbeelding 53 Phast-modelleringschema Scenario 3

De berekende hittestraling van de resulterende 16 m³ plasbrand wordt beperkt tot het dek en stroming in het water. 32 kW/m² is in de omgeving van de vlammen, maar te verwachten was dat de brand zich zou verspreiden naar de diensten op het dek. Raadpleeg bijlage 2.3A voor meer informatie.

5.3.8 SCEN-4

Aannemelijk scenario voor inzetplannen en incidentbestrijding

LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, LNG brandstoftank op het dek, aanvaring met een ander vaartuig, directe ontsteking lading (benzine), warmteblootstelling aan LNG-brandstoftanks, escalatie bij langdurige blootstelling, koeling nodig binnen 15 minuten.

Casestudy

Bestaand in de vaart zijnde LNG-binnenvaartschip.

Invoer

De binnenvaarttanker is een LNG-aangedreven vaartuig voor vracht. Het olietankschip heeft 6 tanks (ongeveer 500 m³ elk) en vervoert vracht variërend van minerale oliën tot chemicaliën.



Afb. 54 Voorbeeld LNG binnenvaartschip

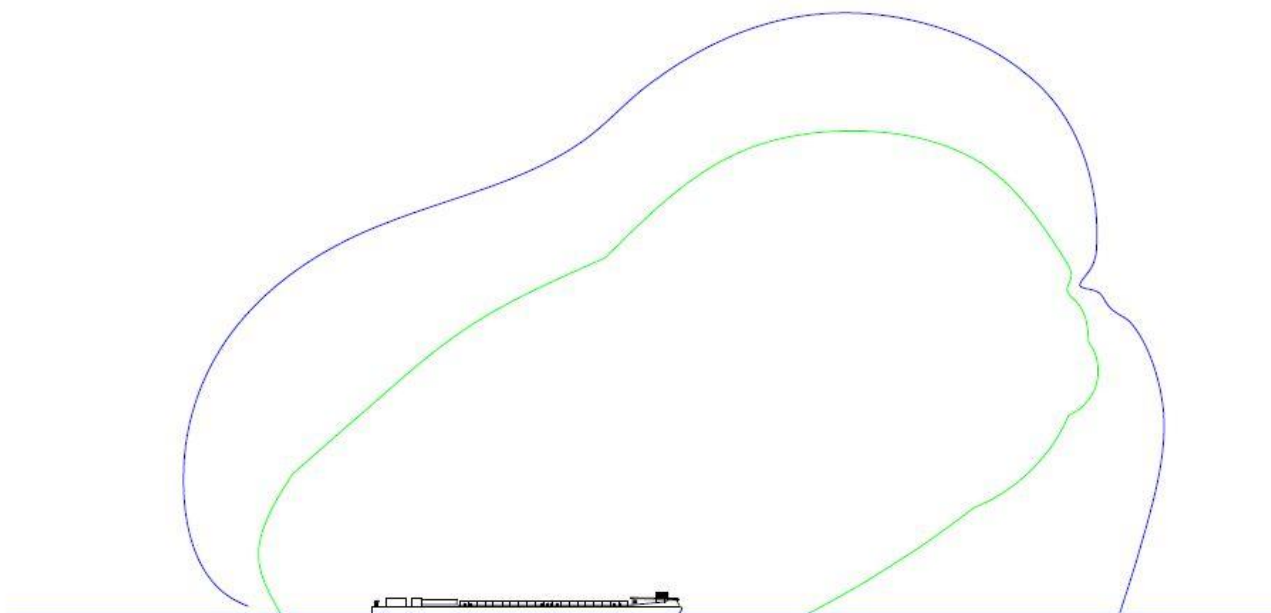
Het scenario veronderstelt een aanvaring met een ander vaartuig, waardoor een gat in de tank ontstaat. Hierdoor ontstaat er uitstromingsplas op het water met een plasbrand met een vertraagde ontsteking.

De criteria die in het scenario zijn gebruikt, worden uiteengezet in onderstaande tabel.

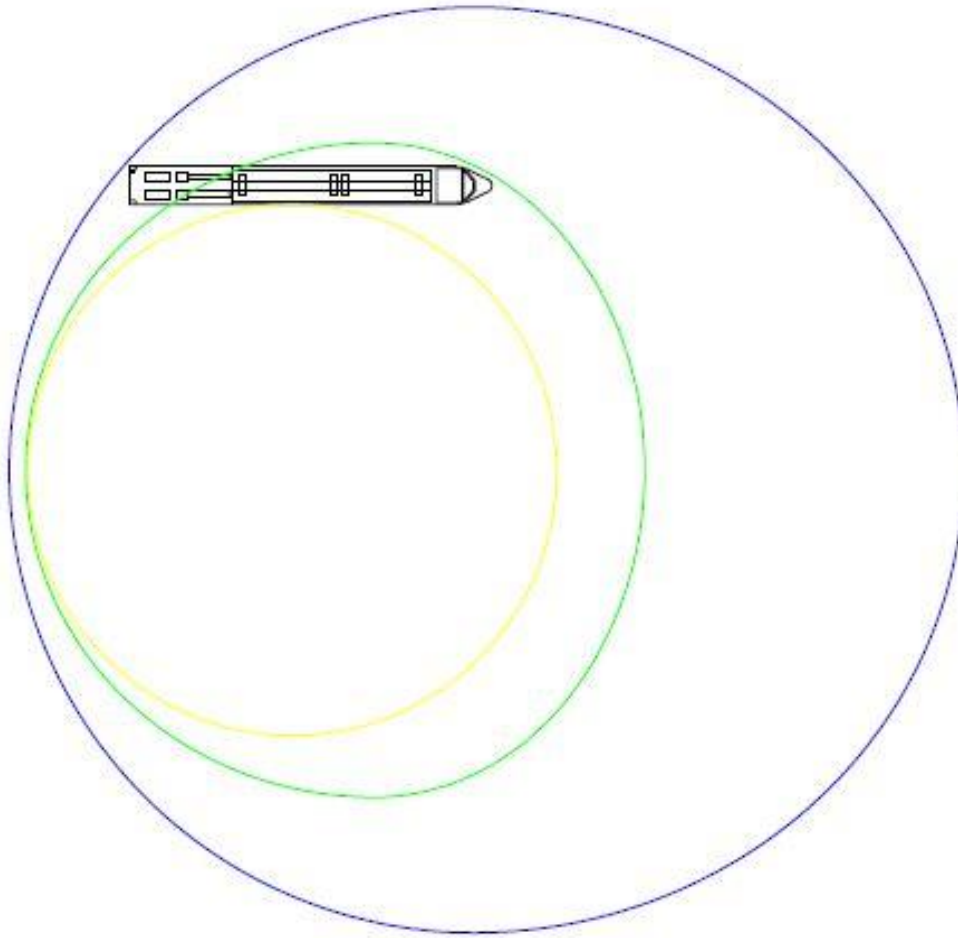
<i>Gegevens</i>	<i>Invoer</i>
Tankgrootte	500m ³
Afmeting gat	1.000 mm ø
Lozing	Onafgebroken
Snelheid	8.592 kg/sec
Tijdsduur	42 sec
Plasdiameter	160,68 m

<i>Hittestraling</i>	<i>Benedenwindse afstand</i>
6,3 kW/m ²	204 m
12,5 kW/m ²	107 m
32 kW/m ²	Niet beschikbaar

Tabel 22 Phast input en resultaatgegevens Scenario 4



Afbeelding 55 Phast-modelleringschema - zijaanzicht - Scenario 4



Afbeelding 56 Phast-modelleringschema - bovenaanzicht - Scenario 4

De berekeningen tonen aan dat in dit scenario het merendeel van het schip binnen het $12,5 \text{ kW/m}^2$ gebied zou zijn. Met name LNG-tanks vormen een groot punt van zorg.

De 32 kW/m^2 -contour is niet berekend in dit geval. Dit betekent gewoonlijk dat dit niveau van thermische straling zou worden ingesloten in de vlam van het vuur.

Raadpleeg bijlage 2.4A voor meer informatie.

Deze nieuw verworven scenariospecifieke inzichten – in thermische, damp- en gasconcentraties en -effecten – worden gebruikt als input voor de volgende stap: 'planvorming'.

5.4 PLANVORMING

5.4.1 NOODZAKELIJKHEID

Voordat de benodigde opleidings- en trainingsonderdelen worden geïdentificeerd, dient de scenario-specifieke hulpverlening te worden gepland.

5.4.2 VOORDELEN

Door scenariospecifieke inzetplannen te ontwikkelen (SSERP's), ontstaan acties voor noodmaatregelen. Alle scenario-specifieke acties samen vormen de basisinvoer voor aanvullende opleiding en training voor hulpverleners en incidentbestrijders.

5.4.3 SCEN-1

Het beschouwde incidentbestrijdingsscenario: LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, LNG brandstoftank aan dek, botsing met brug, defectief leidingstelsel, voortdurende uitstroming LNG, gaswolkverspreiding, geen ontsteking van LNG, escalatie met langdurige gas/dampconcentraties, directe eliminatie van alle ontstekingsbronnen en waterafscherming nodig.

5.4.3.1 STRATEGIE

- Bevestig LNG uitstroming
- Alarmeer hulpdiensten
- Isolatie van de LNG-uitstromingsbron, als dat veilig en praktisch is om te doen
- Vermijd betreding van de gasgevaarzone
- Breng vaartuig aan wal indien mogelijk
- Evacuatie van personen aan boord en de bemanning
- Start brandbluspompen aan boord
- Gebruik waternevel in de vorm van waterschermen/gordijnen die gasmigratie minimaliseren
- Eerste beoordeling van omvang "gaswolk" en gebieden die kunnen worden getroffen
- Eerste identificatie van potentiële ontstekingsbronnen en eliminatie/minimalisering
- Regelingen voor bijeenkomst externe hulpgroepen bij Forward Control Point (bruggenhoofd - FCP)
- Elimineren ontstekingsbronnen in getroffen gebied
- Beperken of stoppen navigatieverkeer om te voorkomen dat vaartuigen in gevaarzone terechtkomen
- Gebruik van draagbare gascontroleapparatuur om gaswolkomvang in de gaten te houden
- Gemeentelijke brandweer beoordeelt voorwaarden voor permanente veiligheid
- Ondersteuning waternevelcontrole
- Voortdurende bewaking van wind- en weersomstandigheden
- Hulpverleners staan op veilige afstand tot gebied veilig is bevonden.

5.4.3.2 INITIËLE HULPVERLENERS (BEMANNING)

Handelingen

- Bevestig LNG uitstroming
- Alarmeer hulpdiensten
- Probeer de LNG-lekkage te isoleren (activeren ESD)
- Ventilatie schip UIT om te voorkomen dat gas in het schip wordt gezogen
- Start bluspomp en sprinkler-beveiligingssysteem (indien aangebracht)
- Overweeg om het schip naar de wal te manoeuvreren op een veilige plaats (indien mogelijk)
- Evacueer alle niet noodzakelijke personen (passagiers en bemanning)
- Bereid je voor om de hulpdiensten te ontvangen

Materieel/middelen

- Detectiesysteem(en) en/of visuele observatie
- Bluspompbediening
- Watersproeisysteem
- ESD systemen
- Ventilatiesysteem
- Noodstroomvoeding

Informatie/opmerkingen

Elimineer alle ontstekingsbronnen aan boord. Indien vast opgestelde waterschermen zijn aangebracht, kan activering hiervan helpen voorkomen dat een gaswolk over de verkeersbrug (indien aanwezig) trekt.

Indien het lek niet kan worden gestopt: evacueer alle personen naar een veilige locatie bovenwinds. Evacuatie naar de wal geniet de voorkeur. Maar indien de lekkage substantieel is: voorkom dat het schip in een gebied met hoge bevolkingsdichtheid terecht komt of in gebied met een hoog potentieel aan ontstekingsbronnen.

Herpositioneer het schip alleen indien dit veilig is:

- machinekamer en brug aan de bovenwindse zijde van de lekkage.
- schip 100% los van het aangevaren object (brug)
- noodstroomvoeding voor propulsie is beschikbaar (na ESD)
- watersproeisystemen zijn geactiveerd.

Breng de lokale brandweer op de hoogte dat vanaf dit moment alle opgesomde acties zijn uitgevoerd.

5.4.3.3 PROFESSIONELE HULPVERLENERS (HULPVERLENINGSDIENSTEN EN DE RIVIER/HAVENAUTORITEITEN)

Handelingen

- Benader incident bovenwinds
- Maak contact met schipper/havenmeester
- Beoordeel omvang gaswolk
- Elimineer ontstekingsbronnen in het gebied van de gaswolk
- Zet waterscherm op om gaswolk te verspreiden
- Monitor met gasmeetapparatuur de omvang van de gaswolk
- Monitor omvang gaswolk met gasmeetapparatuur. Volg gaswolk visueel met thermische warmtebeeldcamera.
- Beoordeel continu de incidentcondities voor doorlopende veiligheid en bied ondersteuning voor waternevelcontrole. Adviseer indien verdere evacuatie-eisen noodzakelijk zijn.
- Bereid voor op brand
- Nazorg: controleer op 'gas pocketing' in alle gebouwen en besloten ruimten in het gebied van de gaswolk.
- Zet incidentgebied af en evacueer omliggend gebied in het spoor van de gaswolk.
- Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied

Materieel/middelen

- Forward Control Point (bruggenhoofd - FCP) bovenwinds van incident
- Volledige opzet bluswaterpomp/TAS
- Mobiele watermonitoren
- Mobiele waterschermen
- Gasmeetapparatuur
- (hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera
- Reddingsboot
- Blusboot met water monitor(en)
- Alle hulpverleners hebben de juiste PBM's om brandwonden te voorkomen in geval een ontsteking van de gaswolk plaatsvindt.

Informatie/opmerkingen

De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten. Voor LNG-uitstromingen kunnen waternevelinstallaties en/of draagbare watermonitoren worden gebruikt voor het insluiten, afsluiten of richting geven van het vrijgekomen gas en voorkomen dat dit gas een ontstekingsbron bereikt.

Indien benedenwinds de gaswolk zich verplaatst richting een gebied dat duidelijk geen ontstekingsbronnen bevat, kan worden overwogen om bovenwinds waterschermen op te zetten indien zich ontstekingsbronnen in deze richting bevinden. Opmerking: er dient gedurende de inzet nooit worden aangenomen dat windrichting en windsnelheid constant zullen blijven.

Verplaatsing van de gaswolk kan worden beïnvloed door het omliggende gebied. Houd er rekening mee dat hoge rivieroeveren en gebouwen de vorming van de gaswolk kan trechteren. Gaswolken kunnen worden weggeleid van gevoelige gebieden. Echter, het opwarmen van de gaswolk met waternevel zal eraan bijdragen dat het gas zich veilig in de atmosfeer zal verspreiden.

'Gas pocketing' betekent dat het koude LNG verdampt tot gas in een besloten ruimtes zonder ventilatie. Het kan een veroorzaker zijn van een explosie.

5.4.3.4 OVERWEGINGEN VOOR EEN GEZAMENLIJK COMMANDO

- Meteorologische informatie
- Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen
- Communicatie
- Berging
- Scheepvaartverkeer op de binnenwateren

5.4.3.5 POTENTIËLE GEVAREN EN ANDERE PUNTEN VAN ZORG

Het is altijd verstandig te veronderstellen dat een gaswolk op elk moment kan ontsteken.

Bij elke interventie, na een goede basisanalyse en voortdurende risicobeoordeling, zou moeten worden overwogen om waterschermen of waterstraal op te zetten om de omvang van de gaswolk te reduceren; om deze op zijn plek te houden; of om deze te laten verspreiden tot onder zijn LFL.

Het gebruik van waternevelstralen ter ondersteuning van verdamping van gas op of nabij de bron is alleen uitvoerbaar indien de uitstroming niet van enige omvang of schaal is. In de meeste gevallen dient zo'n inzet te worden ondersteund door brandslangen teams met waterschermen ter bescherming van de teams die de inzet met waternevelstralen doen.

Contact met het cryogene LNG kan leiden tot brandwonden. Ook de standaard beschermende brandweerkleding kan ingeval van directe aanraking met cryogene LNG worden aangetast.

Ontsteking van een niet-opgesloten gaswolk kan resulteren in een gasverbranding terug naar de bron (burn back) resulterend in bijvoorbeeld een fakkelbrand (of plasbrand). Gasophoping in een besloten ruimte of bebouwde omgeving kan leiden tot een CVCE (confined gas cloud explosion) en - indien ontstoken - resulteren in aanzienlijke explosieschade en secundaire branden.

Een (warme) BLEVE moet niet worden uitgesloten indien er zich direct vlamcontact met onbeschermde/beschadigde tanks of leidingen voordoet.

Raadpleeg bijlage 2.1B voor meer informatie.

5.4.4 SCEN-2

Het beschouwde incidentbestrijdingsscenario: LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, LNG brandstoftank onder het dek, tankwagen naar schip bunkeren, verbroken LNG-overslagslang, defectieve noodknop op truck, beperkte continue uitstroom van LNG, vrije uitstroom in water, RPT, cryogene schade aan scheepsconstructie.

5.4.4.1 STRATEGIE

- Bevestig LNG uitstroming
- Activeer ESD
- Alarmeer autoriteiten
- Vermijd betreding van de gasgevaarzone

- Evacueer personeel uit het getroffen gebied
- Voorkom ontsteking van dampen
- Stop scheepvaart in het gebied
- Voortdurende bewaking van wind- en weersomstandigheden

5.4.4.2 INITIËLE HULPVERLENERS (BEMANNING)

Handelingen

- Bevestig LNG uitstroming
- Activeer ESD op LNG-overdrachtssysteem
- Schakel ventilatiesystemen uit
- Alarmeer hulpdiensten
- Beoordeel het risico van gaswolkontsteking
- Evacueer het schip voordat de gaswolk de scheepsbrug / de verblijfsruimten bereikt
- Ga naar de autoriteiten en verstrek alle relevante, technische LNG- en vaartuiggegevens.
- In geval van brand: verlaat het schip.

Materieel/middelen

- Detectiesysteem(en) en/of visuele observatie
- ESD-systemen
- Ventilatiesystemen
- Noodstroomvoeding
- Reddingsuitrustingen

Informatie/opmerkingen

De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten.

Stel het risico vast van ontsteking van de gaswolk en verlaat het schip direct indien de zichtbare wolk de volgende gebieden kan bereiken:

- Andere schepen
- Verkeer / auto-/snelweg
- Andere ontstekingsbronnen

Indien niet veilig: verlaat het schip bovenwinds. Wanneer iedereen veilig is: geef voorrang aan het voorlichten van de incidenthulpverleners.

5.4.4.3 PROFESSIONELE HULPVERLENERS (HULPVERLENINGSDIENSTEN EN DE RIVIER/HAVENAUTORITEITEN)

Handelingen

- Red bemanning indien noodzakelijk / mogelijk.
- Hanteer een defensieve strategie.
- Ondersteun watergordijn/scherp of sproei om de gaswolk te verspreiden.
- Onderzoek vaartuigintegriteit in verband met cryogene schade.
- Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied.

Materieel/middelen

- Volledige opzet bluswaterpomp/TAS.
- Mobiele watermonitoren.
- Mobiele waterschermen.
- Gasmeetapparatuur.
- (hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera.
- Reddingsboot.
- Blusboot met water monitor(en).

- Alle hulpverleners hebben de juiste PBM's om brandwonden te voorkomen in geval een ontsteking van de gaswolk plaatsvindt.

Informatie/opmerkingen

Gebruik waternevel of waterschermen voor verspreiding gaswolk. Neem contact op met operator voor de LNG-hoeveelheden; bevestig de acties en bevindingen van de operator. Houd rekening met mogelijke aanwezigheid brandbare en gevaarlijke goederen/cargo. Voorkom dat bluswater in de de LNG-plas komt en dat de damp toeneemt.

5.4.4.4 OVERWEGINGEN VOOR EEN GEZAMENLIJK COMMANDO

- Meteorologische informatie
- Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen
- Communicatie
- Vaartuigintegriteit
- Scheepvaartverkeer op de binnenwateren

5.4.4.5 POTENTIËLE GEVAREN EN ANDERE PUNTEN VAN ZORG

Bij vrijkomen van LNG kan bij toepassing van water het 'uitregenen' daarvan in de LNG-plas in eerste instantie leiden tot een hogere verdampingssnelheid van de LNG.

Raadpleeg bijlage 2.2B voor meer informatie.

5.4.5 SCEN-3

Het beschouwde incidentbestrijdingsscenario: Binnenvaart LNG tanker/bunker schip, LNG cargo tanks, container valt van het gebunkerde schip bovenop het bunkerende schip, korte continue uitstroming LNG, vrije uitstroom in water, RPT, vertraagde ontsteking LNG.

5.4.5.1 STRATEGIE

Initieel:

- Bevestig LNG uitstroming
- Activeer ESD
- Alarmeer autoriteiten
- Vermijd betreding van de gaswolk
- Voorkom ontsteking
- Ga naar bovenwindse walkant voor veilige redding/evacuatie.

Na vertraagde ontsteking:

- Gebruik startscenario
- Blus met droog chemisch poeder
- Koel de scheepsconstructie
- Voorkom secundaire brand (omgeving)
- Bescherm de lading (containers)
- Stop scheepvaart in de directe omgeving
- Evacueer bewoners in verband met warmtestraling (indien dichtbij - ondersteuning waternevel)
- Voortdurende bewaking wind- en weersomstandigheden.

5.4.5.2 INITIËLE HULPVERLENERS (BEMANNING)

Handelingen

- Bevestig LNG-uitstroming uit de schepen als gevolg van de inslag van een container die op dek is gevallen
- Probeer om de LNG-uitstromingsbron te isoleren (activeren ESD)
- Alarmeer hulpdiensten
- Activeer waternevelsystemen indien beschikbaar/mogelijk
- Sluit ventilatiesystemen
- Beoordeel het risico dat de gaswolkontsteking de accommodaties bereikt
- Ga naar de autoriteiten en verstrek alle relevante, technische LNG- en vaartuiggegevens.
- Probeer te blussen met poeder
- Bij escalatie: verlaat schip

Materieel/middelen

- Detectiesysteem(en) en/of visuele observatie
- Bluspompbediening
- Watersproeisysteem
- ESD-systemen
- Ventilatiesysteem
- Noodstroomvoeding
- Noodankersysteem
- Reddingsuitrustingen
- Droog chemisch poeder

Informatie/opmerkingen

- De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten.
- Stel het risico vast van ontsteking van de gaswolk en verlaat het schip direct indien de zichtbare wolk de volgende gebieden bereikt;
 - Bewoond en/of industrieel gebied
 - Andere schepen
 - Verkeer / auto-/snelweg
 - Andere ontstekingsbronnen
- Indien niet veilig: verlaat het schip bovenwinds.
- Als voor anker gaan niet mogelijk is: strand het schip!
- Evacuatie:
 - Bovenwinds of haaks op de windrichting
 - Vanaf de andere kant dan botsingzijde
 - Wees bedacht op mogelijke knallen / koude explosies (RPT's)
- Stel de incidenthulpverleners meteen ervan op de hoogte als iedereen veilig is.

5.4.5.3 PROFESSIONELE HULPVERLENERS (HULPVERLENINGSDIENSTEN EN DE RIVIER/HAVENAUTORITEITEN)

Handelingen

- Red bemanning indien noodzakelijk / mogelijk.
- Als de brand nog steeds gaande is bij aankomst: blussen met droog chemisch poeder.
- Regel een blusboot om de scheepsconstructie af te koelen. (of vanaf de wal)
- Zet waternevelkoeling in voor de andere brandstoftanks, vracht en gevaarlijke goederen die door de hitte van de brand zijn getroffen.
- Start voorbereiding bergingsoperatie voor de slachtoffers.
- Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied.

Materieel/middelen

- Droog chemisch poeder
- Volledige opzet bluswaterpomp/TAS.
- Mobiele watermonitoren.
- Mobiele waterschermen.
- Gasmeeapparatuur.
- (Hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera
- Reddingsboot.
- Blusboot met watermonitor(en).
- Alle hulpverleners hebben de juiste PBM's om brandwonden te voorkomen in geval ontsteking van gaswolk plaatsvindt.

Informatie/opmerkingen

- Diverse objecten in het getroffen gebied kunnen secundaire brandhaarden vormen.
- Vanwege de relatief kleine omvang van de brand, heeft een offensieve strategie een goede kans van slagen en dient daarom te worden overwogen.
- Gebruik waternevel of waterschermen om de slachtoffers te beschermen tegen warmtestraling.
- Neem contact op met de schipper voor de LNG-hoeveelheden en benadruk zijn acties en bevindingen.
- Wees bewust van mogelijke aanwezigheid brandbare en gevaarlijke goederen/cargo.
- Voorkom dat bluswater in de LNG plas komt, om de omvang van het vuur te beperken.
- LNG-brandbestrijding is alleen mogelijk met klasse BC droog chemisch poeder.

5.4.5.4 OVERWEGINGEN VOOR EEN GEZAMENLIJK COMMANDO

- Het dient nooit te worden verondersteld dat windrichting en windsnelheid hetzelfde/constant zullen blijven.
- Cryogene schade aan de constructie van het schip kan de integriteit aantasten.
- Verbranding van het koude methaan is minder vervuילend voor het milieu dan een verspreiding die niet is ontstoken. Vorming van een plas hangt af van de weersomstandigheden.

5.4.5.5 POTENTIËLE GEVAREN EN ANDERE PUNTEN VAN ZORG

- Ondanks dat het een scenario met kleine uitstroming is, dient alle aandacht uit te gaan naar het voorkomen van verdere escalatie
- Bij vrijkomen van LNG kan bij toepassing van water het 'uitregenen' daarvan in de LNG-plas in eerste instantie leiden tot een hogere verdampingssnelheid van de LNG.

Raadpleeg bijlage 2.3B voor meer informatie.

5.4.6 SCEN-4

Het beschouwde incidentbestrijdingsscenario: LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip (bijv. Greenstream), LNG brandstoftank op het dek, aanvaring met een ander vaartuig, directe ontsteking lading (benzine), warmteblootstelling aan LNG-brandstoftanks, escalatie bij langdurige blootstelling, koeling nodig binnen 15 minuten.

5.4.6.1 STRATEGIE

- Bevestig benzine-uitstroming
- Alarmeer hulpdiensten

- Isolatie van de benzine-uitstromingsbron, als dat veilig en praktisch is om te doen
- Vermijd betreding van de gevarezone
- Breng aan wal indien mogelijk
- Evacuatie van personen aan boord en de bemanning
- Start brandbluspompen aan boord
- Gebruik sprinklerinstallatie om LNG-brandstoftanks af te koelen en gebieden die kunnen worden getroffen
- Regelingen voor bijeenkomst met externe hulpgroepen bij Forward Control Point (bruggenhoofd - FCP)
- Beperken of stoppen navigatieverkeer om te voorkomen dat vaartuigen in gevarezone terechtkomen
- Gemeentelijke brandweer beoordeelt voorwaarden voor permanente veiligheid
- Gebruik schuim om plasbrand te blussen
- Ondersteuning waternevelcontrole om omgeving af te koelen
- Voortdurende bewaking van wind- en weersomstandigheden
- Hulpverleners staan op veilige afstand tot gebied veilig is bevonden.

5.4.6.2 INITIËLE HULPVERLENERS (BEMANNING)

Handelingen

- Bevestig benzine-uitstroming
- Alarmeer hulpdiensten
- Probeer lekkage te isoleren
- Start bluspomp en sprinkler-beveiligingssysteem (indien aangebracht)
- Overweeg om het schip naar de wal te manoeuvreren op een veilige plaats (indien mogelijk)
- Evacueer alle niet noodzakelijke personen (passagiers en bemanning)
- Bereid je voor om de hulpdiensten te ontvangen

Materieel/middelen

- Bluspomp en vaste waterbeschermingsinstallatie

Informatie/opmerkingen

- Indien het lek niet kan worden gestopt: evacueer alle personen naar een veilige locatie bovenwinds. Evacuatie naar de wal geniet de voorkeur. Als het lek substantieel is, verplaats voertuig niet naar dichtbevolkte gebieden.
- Breng de lokale brandweer op de hoogte dat vanaf dit moment alle opgesomde acties zijn uitgevoerd.

5.4.6.3 TWEEDE HULPVERLENERS (HULPDIENTEN EN DE RIVIER/HAVENAUTORITEITEN)

Handelingen

- Benader incident bovenwinds
- Maak contact met schipper/havenmeester
- Zet waternevel in om LNG-brandstoftanks af te koelen
- Zet blusschuim in voor blussen plasbrand
- Beoordeel continu de incidentcondities voor doorlopende veiligheid en bied ondersteuning voor waternevelcontrole. Adviseer indien verdere eisen aan evacuatie noodzakelijk zijn.
- Bereid voor op brand
- Zet incidentgebied af en evacueer omliggend gebied in de omvang van de gaswolk.
- Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied
- Inzet blusboot voor blusschuim / waternevel voor blussing en koeling omgeving

Materieel/middelen

- Forward Control Point (bruggenhoofd - FCP) bovenwinds van incident

5.4.6.4 OVERWEGINGEN VOOR EEN GEZAMENLIJK COMMANDO

- Meteorologische informatie
- Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen
- Communicatie
- Berging
- Scheepvaartverkeer op de binnenwateren

5.4.3.5 POTENTIËLE GEVAREN EN ANDERE PUNTEN VAN ZORG

Bij elke interventie, na een goede basisanalyse en voortdurende risicobeoordeling, zou moeten worden overwogen om blussing met blusschuim uit te voeren en watergordijnen op te zetten om de omgeving af te koelen, waaronder de LNG brandstoftanks.

Een (warme) BLEVE moet niet worden uitgesloten indien er zich direct vlamcontact met onbeschermde/beschadigde tanks of leidingen voordoet.

Let op: Wanneer het schip op drift raakt, zal het incident zich ook verplaatsen.

Raadpleeg bijlage 2.4B voor meer informatie.

Deze nieuw verworven scenario-specifieke inzichten in strategie, acties, uitrusting en middelen, evenals overwegingen voor een gezamenlijk commando vormen de input voor de laatste stap: 'aanvullende opleiding en training voor hulpverleners en incidentbestrijders'.

5.5 OPLEIDING EN TRAINING

5.5.1 AFBAKENING

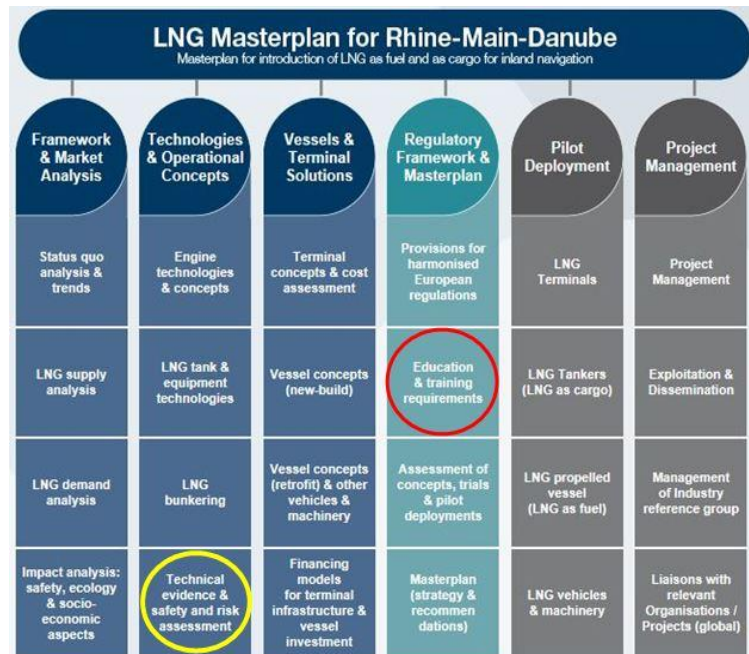
In scenario-specifieke planning voor inzetplannen maken we een onderscheid tussen de initiële en de professionele hulpverleners.

Initiële hulpverleners : bemanning (zoals machinist, stuurman, matroos, kapitein)
 Professionele hulpverleners : hulpdiensten (zoals brandweer, politie en geneeskundige diensten, haven- en binnenwaterautoriteiten)

Eerste noodmaatregelen bij een LOC, emissie en/of uitstroming kan alleen kan worden uitgevoerd door de bemanningsleden van het schip binnen de eerste minuten van de gebeurtenis tot het moment dat professionele hulpverleners aankomen en het incident overnemen.

Incidentbestrijding mag alleen worden uitgevoerd door professionele hulpverleners met aanvullende vakbekwaamheid voor dit specifieke doel (LNG-incidentbestrijding voor de binnenvaart in de Rijn corridor).

In de specificatie van de werkzaamheden binnen het LNG-Masterplan voor Rijn-Main-Donau wordt de ontwikkeling van opleiding en training voor de bemanning van een schip (in noodsituatie: initiële hulpverlener) weergegeven onder activiteit kolom 4: Regelgevingskader & Masterplan, subactiviteit 2: opleidings- en trainingsvereisten (zoals rechts geïllustreerd door de rode cirkel). Tender SuAc 4.2: "Opleidings- en trainingsvereisten, ontwikkeling van training en opleiding van hulpdiensten" is weergegeven onder activiteit kolom 2: Technologie en operationele concepten, subactiviteit 4: Technische gegevens en veiligheids en risicobeoordeling (zoals geïllustreerd rechts door de gele cirkel). Tender SuAc 2.4: LNG: inzetplannen en incidentbestrijding.



2.4: LNG: inzetplannen en incidentbestrijding. Afbeelding 57 LNG-Masterplan voor de Rijn – Main – Donau

Daarom maakt de ontwikkeling van training en opleiding voor de bemanning van een schip (SuAc 4.2) geen deel uit van dit project (SuAc 2.4). Paragraaf 3.5 "opleiding en training" richt zich alleen op de behoeften van de professionele hulpverleningsdiensten.

5.5.2 STRUCTUUR

Een elementair opleidings- en trainingsprogramma helpt deelnemers de leerdoelen te behalen.

Om efficiënt gebruik te maken van tijd en om een effectieve leerervaring te garanderen, moet er een integratie plaatsvinden van de drie fasen van 'kennis, inzicht en vaardigheden'.

Fase 1 Kennis

De verwerking van informatie, feiten, omschrijvingen of vaardigheden door een theoretische opleiding en leren om de bekendheid met het onderwerp te vergroten.

Fase 2 Inzicht

Inzicht vereist het ontwikkelen van betekenisvolle relaties tussen verschillende soorten kennis en vaardigheden, waarbij de basiskennis wordt toegepast op verschillende situaties en instellingen. Inzicht ligt op een dieper niveau dan 'kennis'.

Fase 3 Vaardigheden

De toepassing van kennis in praktische zin; hoe je iets moet doen en het demonstreren en in de praktijk toepassen van die vaardigheden. De initiële opleidings- en trainingscursus bestaat uit 10 elementen met betrekking tot paraatheid (fasen 1 en 2) en reactie (fase 3) van hulpverleningsorganisaties.

5.5.3 ELEMENTEN

De volgende trainingselementen zijn gericht op vakbekwaamheid van incidentbestrijdingsorganisaties langs de Rijn corridor, inclusief het aanpakken van incidenten die kunnen ontstaan met LNG in de binnenscheepvaart.

Element	Object	Onderwerp	Kennis	Lezen	Vaardigheden
01	Eigenschappen en gedragingen van LNG	Herkomst en productie van LNG;		X	
		De methode en kenmerken van de verschillende opslagmedia die methaan bevatten;	X		
		Verschillen in fysieke eigenschappen en hun namen BOG, CNG, LCNG, LNG en LPG;	X		
		De verschillen in vervoersetikettering en regelgeving, de UN-nummers, IMO en ADN;	X		
		De verschillen in waarden voor LPG en methaan;		X	
		Lezing en interpretatie van een chemie-kaart of MSDS van LNG;			X
02	Beschrijvingen en gevaren van LNG	Het effect van de temperatuur op de gedragingen en eigenschappen van gassen;		X	
		Intrinsieke veiligheid en explosies;		X	
		De cryogene effecten op de huid, kleding en materialen;		X	
		LNG-faseovergangsproces;	X		
		Het verschijnsel en de gevolgen van een RPT (snelle faseovergang);	X	X	
		Herkennen van de gevaren als reactie op visuele waarneming;	X		
		Het gevaar van gaswolken en het inzetten van verspreidingsmodellen;	X		
		Het verschijnsel en de gevolgen van BLEVE;	X		
		Gevaren detecteren met gasmeetapparatuur en temperatuurmeetapparatuur;	X		X
		Warmtestraling van een LNG-brand: - Codes voor warmtestralingscirkels - Effecten van warmtestraling	X	X X	

03	LNG-binnenschepen; ontwerp en veiligheidstechniek	Herkenning LNG-opslag, pijpleidingen en installaties van on-board vaartuigen, waaronder: - LNG-brandstofsysteem en indeling; - LNG-bunkersysteem; - LNG-brandstof/opslagtanks; - LNG-cargotank types.	X	X X X	X
		Herkennen van de verschillende types cryogene isolatie en de gevaren van isolatiebeschadiging;		X	
		Machinerkamerveiligheid;	X		
		De ADN-en binnenvaartvoorschriften voor LNG;	X		
		NL-1473, Installatie en uitrusting voor vloeibaar aardgas - Ontwerp van landinstallaties;		X	
		Elektrische noodontgrendelingskoppelingen (PERC's);		X	
		Noodstopssystemen (ESD).		X	
04	De LNG-behandeling en processen	Kennis van productie en behandelingen waarbij LNG is betrokken: - Vervoer - Bunkeren	X		
		LNG-behandelingen: - Tankwagen naar schip - Schip naar schip - Schip naar wal & wal naar schip		X	
		Herkenning LNG-transport: - LNG aangedreven schepen - LNG-tankers	X		X
05	Processen die kunnen leiden tot een brandbare gaswolk	Jets (vloeistof en tweefase)		X	
		Plasvorming: - totale vaartuiguitval - vloeistofstroomcontact		X	
		Verdamping vanuit de insluiting: - Omslaan - Binnendringen van water		X	
		Rapid Phase Transitions (snelle faseovergangen - RPT's)		X	
		Plasverspreiding		X	
		Plasverdamping		X	
06	Controle van gaswolk	De gedragingen van een gaswolk	X		
		De geografische effecten van een gaswolk		X	
		Werking en gevolgen van: - Water op LNG-damp - Gebruik van waterschermen en -gordijnen - Gebruik van watermonitoren - HI-Ex schuim	X		X X X X
		Een LNG-plasbrand beheersen met expansief schuim	X		X
		Een jet-fire beheersen	X		X
07	Brand beheersen en brandbestrijding	Draagbare poederblussers	X		X
		Toepassingssnelheden	X		
		Terugslag-effect		X	
		Herontstekingsrisico		X	
08	Meten van een gaswolk - temperatuur	Basisbeginselen van gasmetingen: - Ex-Ox-Tox	X		X
		Relatie dampdruk/temperatuur		X	
		Gebruik van thermische warmtebeeldcamera's: - hittedetectie - koudedetectie - gaswolkdetectie	X	X X X	X X X

09	Brandbestrijdingsstrategieën	Stoppen gasstroom: - ESD - Handmatig	X	X X	
		Gebruik van waternevel: - Ter bescherming van brandweerlieden en mensen die helpen bij de redding van opgesloten personeel vanuit ruimten; - Ter afkoeling van oppervlakken blootgesteld aan hitte; - Ter voorkoming dat warmtestraling door stalen schotten komen bv.	X	X X X	X X X
		Toepassen van droog chemisch poeder: - Type poeder - Berekening minimumsnelheid - Veegtechnieken - Voorkomen directe inslag	X X	X X	X X
10	Incidentenbeheer LNG	Blootstellingsgrenzen voor inwoners en hulpdiensten		X	X
		Het mariene milieu en hulpmaatregelen		X	
		De incidenten en doorslaggevende parameters	X		X
		De strategieontwikkeling voor incidenten: - LNG-uitstroming door technische storingen op een vaartuig - LNG-gasbrand aan boord - LNG-uitstroming op het wateroppervlak - LNG-plasbrand - Gezonken LNG-schip	X	X X X X X	X
		De extra middelen, functionaliteit en (on)mogelijkheden: - Blusboot - Snelle reddingsboot - Marine/binnenvaart (LNG) specialist - Marine/binnenvaart bergingsspecialist - Marine/binnenvaart chemicus	X X X X X	X X	X X

Tabel 23 Elementen t.b.v. opleiding en training.

5.6 SUPPLEMENT OP BASISMATRIX

De opleiding en training t.b.v. incidentbestrijding die dient worden toegepast voor small-scale LNG in de binnenvaart, is een aanvulling op de basismatrix (zie paragraaf 3.6). Voor elk van aangegeven geloofwaardige scenariotypes zijn opleiding en training noodzakelijk.

5.7 VERSCHILLENDE OPLEIDINGEN EN TRAININGEN PER TYPE HULPVERLENINGSDIENST

Het is duidelijk dat meer bewustwording van LNG-rampen en -incidenten vereist is voor alle hulpverleners, of het nu gaat om de scheepsbemanning, de brandweer, havenautoriteiten of medische diensten.

De in 3.5.3 beschreven elementen kunnen worden gebruikt om te beschrijven over welke kennis, inzicht en vaardigheden elke hulpverlener moet beschikken om veilig en doeltreffend te kunnen optreden.

Zo zal de scheepsbemanning al weten hoe LNG aan boord is opgeslagen, maar beschikt men niet over de kennis van de eigenschappen van LNG en weten ze niet wat gevolgen zijn van kleine lekkages of men heeft niet de vaardigheden die nodig zijn om met de noodsituatie om te gaan.

De onderstaande matrix geeft aan welk type opleiding en training vereist is per hulpverlenerscategorie en het niveau van optreden binnen die categorie, d.w.z. operationeel, tactisch of strategisch.

Niveau	Reactiecategorie	Kennis-elementen *	Begrip elementen *	Vereiste vaardigheden *	Trainingsduur (indicatie)
Initiële hulpverleners +	Terminalexploitanten	1, 2, 9	2, 9	9	1 dag
	Tankwagenchauffeurs	1, 2, 9	2, 9	9	
	Scheepsbemanning	1, 2, 9	2, 9	9	
Professionele hulpverleners ±	Operationele brandweerlieden	1-9	1-9	1-9	2 dagen
	Operationeel haven en binnenvaart-hulp personeel	1-9	1-9	3, 5, 6, 9	1 dag
	Medische diensten	1	2	1	½ dag
	Tactische commandofuncties	1-10	1-10	10	2 dagen
	Strategische commandofuncties	1-10	1-10	10	2 dagen

Tabel 24 Trainingseisen voor training van hulpverleners en incidentbestrijders

*Naar elementen 1-10 wordt verwezen in tabel 5.5.3.

- + Opleiding en training van initiële hulpverleners (emergency) dient 50% theoretische kennis en 50% praktische proceduretraining te omvatten inzake hulpverlening bij LNG-uitstroming.
- ± Opleiding en training van professionele hulpverleners (incident) dient een product awareness te omvatten met daarin opgenomen operationele technieken voor de beheersing LNG-incidenten en een scenariotrainning waar de technieken kunnen worden toegepast. Tactische en strategische functies kunnen worden gesimuleerd met een virtual reality-computertraining en/of desktoptraining.

5.8 MULTIDISCIPLINAIRE OEFENINGEN

Zodra de hulpverleningsorganisaties de relevante aanvullende opleiding en training hebben gekregen om hun kennis, inzicht en hulpverleningsvaardigheden te verbeteren, dienen vervolgens de verschillende instanties hun rollen te gaan combineren in een multidisciplinaire oefening met het oog op de vaststelling van het niveau van coördinatie en samenwerking tussen de verschillende diensten bij het beheeren van het incident.

Het uitvoeren van een multidisciplinaire oefening binnen één jaar wordt aanbevolen en daarna met een herhaalfrequentie van om de 3 jaar.

6. AANBEVELINGEN

Diverse voorwaarden zijn bepalend voor het opvullen van de hiaten in operationele paraatheid. De volgende aanbevelingen zijn opgesteld voor de belanghebbenden binnen de invloedssfeer in de Rijnkorridor.

6.1 OMGEVING

Langs de Rijn-Main-Donau zijn de desbetreffende geografische lokaal verschillend in hoogte.

Nederland (Rotterdam 3,4 meter boven het Europese hoogtesysteem, Arnhem 15,4 m) en delen van België (Antwerpen 7,5 m, Gent 8m) zijn voornamelijk vlakke gebieden, met vrijwel alleen laagland rond de delta, terwijl Duitsland (Coblenz 64m, Mannheim 112m, Nürnberg 302m), Frankrijk (Straatsburg 132m), Zwitserland (260m) en Roemenië (Constanta 25m) vooral een heuvelachtige omgeving hebben.

In deze gebieden zijn er verschillende constructies zoals bruggen, dijken en sluizen die van invloed zijn op een uitstroming van vrijkomend LNG.

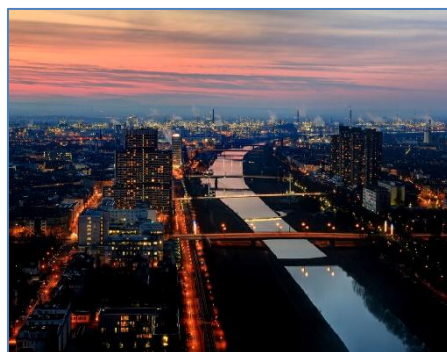
Het is van belang dat alle havenautoriteiten een inventaris opmaken van dergelijke hotspots in de regio's waarvoor zij verantwoordelijk zijn in geval van nood. Na de inventarisatie is het noodzakelijk de risico's van ongecontroleerd vrijkomend koud LNG in deze gebieden vast te stellen.

Afgezien van de hierboven vermelde constructies moeten de autoriteiten de natuurlijke barrières zoals heuvels en bossen (of rijen bomen) verkennen die de verspreide LNG kunnen insluiten/tegenhouden. Rioleringen en afvoersystemen bij de rivier moeten ook in overweging worden genomen.

Autoriteiten dienen een inventarisatie uit te voeren van de objecten dicht bij de rivier(en) die kunnen worden getroffen door een (niet)ontstoken uitstroming van LNG, vooral kwetsbare objecten (ziekenhuizen, hotels, scholen, huizen) en vitale constructies (bijvoorbeeld vitale infrastructuur) langs de corridor, maar ook lokale gevaarlijke zones (bijv. industrie) die kunnen leiden tot escalatie/domino van een incident.

6.2 BEVOLKING

Publieke en particuliere partijen in desbetreffende regio's moeten de mogelijkheid hebben om met de scenario's die in dit rapport zijn beschreven, om te gaan. Het uitwisselen van kennis en vaardigheden kan de maatregelen versterken om het hoofd te bieden aan dit soort incidenten. Pre-planning en coördinatie met alle (lokale) hulpdiensten zowel op land als op de waterwegen wordt aanbevolen, zodat deze incidenten professioneel en efficiënt kunnen worden beheerst.



6.3 MEETAPPARATUUR

Een nauwkeurige beoordeling van de omvang van het incident is van essentieel belang bij die tactische en strategische plannen. Autoriteiten moeten de mogelijkheid hebben om methaan-gasemissies te detecteren met compatibele gasmeetapparatuur ter ondersteuning van het beoordelingsproces met betrouwbare informatie.



Het is raadzaam dat de hulporganisaties over de benodigde gasmeetapparatuur beschikken om LNG/ methaan-gasemissies te detecteren en dat zij personeel heeft dat competent is om de apparatuur te gebruiken en de metingen te interpreteren.

6.4 TOEREIKENDE WATERCAPACITEIT

Vanwege de impact die de in dit rapport uitgewerkte scenario's hebben aangetoond, is het belangrijk dat de autoriteiten langs de Rijnkorridor voldoende pompen op de wal (door brandweerwagens) en water (door blusboten) beschikbaar hebben, om de gevolgen van een escalatie te minimaliseren.

In de praktijk bepaalt de hoeveelheid water (capaciteit) van de monitoren en/of hydroshields samen met hun optimale werkdruk het monitorbereik voor de hoogte van de waterschermen.



6.5 TOOLS VOOR OPERATIONELE VOORBEREIDING

Alle autoriteiten die verantwoordelijk zijn voor operationele paraatheid moeten de inzet van de scenario's in hun eigen regio regelen met behulp van de beschreven contouren voor hittestraling en explosieniveaus en deze projecteren op de binnenvaartactiviteiten in de invloedssfeer van het Rijn-Main-Donau-project.

Met deze voorbeeldcontouren als sjabloon is het mogelijk een snelle scan van de hot spots in de havens te maken, evenals een snelle scan van de maatregelen die nodig zijn door door de bevoegde autoriteiten in samenwerking met private partners in de LNG small-scale (en mid-scale) keten.

DEEL 3

STRATEGISCH ADVIES

OP WELKE WIJZE
DE BEVINDINGEN TE
COMMUNICEREN MET
DE BELANGHEBBENDEN
DIE DEZE INFORMATIE
NODIG HEBBEN

7. KENNISVERSPREIDING: STRATEGISCH ADVIES

7.1. INLEIDING

7.1 SCOPE

In dit deel wordt strategisch advies gegeven voor wat betreft de vraag hoe de bevindingen uit deel 1 en 2 aan de belanghebbenden kunnen worden verstrekt.

7.1.2 DOELSTELLING

Er worden ten aanzien van small-scale LNG transport in de binnenvaart op de Rijncorridor verspreidingsopties benoemd en de betrokken partijen worden hier vermeld.

7.2. VERSPREIDINGSOPTIES

Het promoten van deze ' LNG: Richtlijnen en aanbevelingen voor hulpverleningsorganisaties' aan nationale en internationale belanghebbenden is een belangrijke doelstelling van sub-activiteit 2.4 (en 6.2) en een belangrijke taak van het LNG-Masterplan Consortium. Toekomstige LNG-evenementen vormen goede kansen voor de begunstigen van de projecten om de voornaamste aspecten van dit onderzoeksproject (SuAc 2,4) te promoten. Daarbij dient er naar te worden gestreeft dat:

- Het gepresenteerde goed wordt ontvangen
- Doelgroepen grote belangstelling tonen voor de projectactiviteiten
- Het bewustzijn van het project en LNG als brandstof in het algemeen wordt vergroot.

De projectverantwoordelijke kan een bijdrage leveren met online nieuws, persberichten, folders en brochures en door het opzetten van een SharePoint voor geregistreerde leden en de organisatie van de interne en externe gebeurtenissen evenals actieve deelname aan vele evenementen:

- Ontwikkeling van een online foto- en video-archief
- Productie van promotiemateriaal
- Permanente actualisering van LNG-website
- Publicatie van nieuwsbrieven en folders
- Opstellen en verspreiden van persberichten
- Voortdurende signalering van persberichten/artikelen.
- Twitter-account m.b.t. LNG incidentbestrijding

Er kan veel worden geregeld voor promotionele doeleinden, maar de essentie is - voor nu - dat mensen die deze kennis en inzichten nodig hebben, worden gemobiliseerd en professionele LNG upgrade-instructies krijgen en praktische training.

7.3. BETROKKEN PARTIJEN

De gehele LNG-supply chain langs de Rijncorridor is onderwerp van overweging:

- Zeehavens en binnenhavens
- Havenautoriteiten
- Sleep/duw-activiteiten
- Technologieleveranciers & energieleveranciers
- Autoriteiten hulpdiensten

Binnen het EU LNG Masterplan Rijn-Main-Donau Consortium betreft het alle partners. Meer specifiek de leden van de Industry Reference Group en ook de leden van de Adviesgroep. Zie bijlage 3 voor contactpersonen van de Rhine Port Group.

Bijlagenlijst

<i>Ref.</i>	<i>Sub.</i>	<i>Omschrijving</i>
1		Literatuurlijst
2	0	Overzicht scenariospecifieke inzetplannen
	1A	Grafische weergave casus SCEN-1
	1B	Inzetplan casus SCEN-1
	2A	Grafische weergave casus SCEN-2
	2B	Inzetplan casus SCEN-2
	3A	Grafische weergave casus SCEN-3
	3B	Inzetplan casus SCEN-3
	4A	Grafische weergave casus SCEN-4
	4B	Inzetplan casus SCEN-4
3		Overzicht contactpersonen
4		Overzicht projectdeelnemers

Bijlage 1 | LITERATUURLIJST

- [1] Melhem, Ozog, Kaleikar (2006): Understand LNG Fire Hazards. Weißbuch ioMosaic
- [2] Luketa, Hanlin (2006): A review of large-scale LNG spills: Experiments and modeling. Journal of Hazardous Materials 2006, 20. Mai, 132 (2 - 3): 119 - 40
- [3] Fluxys (2012): Chain analysis: Supplying Flemish ports with LNG as a marine fuel
- [4] Pitblado, DNV Houston (2006) DNV 'LNG decision making approaches compared. Journal of Hazardous Materials, 17. März 2006, 130 (1 - 2): 148 - 54.
- [5] ABS Consulting (2004): Consequence Assessment Methods for Incidents Involving Releases from Liquefied Natural Gas Carriers. Table 2.1
- [6] Gean Woong Yun (2010): Control of Vapor Dispersion and Pool Fire of Liquefied Natural Gas (LNG) with Expansion Foam
- [7] Sandia (2004) Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water
- [8] Sandia (2008) Breach and Safety Analysis of Spills Over Water from Large Liquefied Natural Gas Carriers
- [9] Phani K. Raj (2005) Large LNG Fire Thermal Radiation – Modelling Issues & Hazard Criteria Revisited
- [10] Sandia(2011): Recommendations on the Prediction of Thermal Hazard Distances from Large Liquefied Natural Gas Pool Fires on Water for Solid Flame Models

Bijlage 2

SUAC 2.4

OVERZICHT SCENARIOSPECIFIEKE INZETPLANNEN

(SSERPs)

REF.	INZETPLAN (CODE)	SCHIP (TYPE)	SCENARIO (TYPE)	SCENARIO (GEBEURTENIS)	SCHAAL (LOC)
SCEN-1	IWT-LNG- SSERP-1	LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, 40m3 LNG brandstoftank bovendeks	LNG gaswolk	Botsing met brug, falen van leiding, continue uitstroming LNG, gaswolk dispersie, geen ontsteking	Middel
					Tijdsduur: 360 sec.
					Snelheid: 48,3 kg/sec.
					Klein
SCEN-2	IWT-LNG- SSERP-2	LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, 50m3 LNG brandstoftank benedendeks	LNG gaswolk	Tank truck to ship bunkering, LNG brandstoftank benedendeks , Afgesneden slanglijn, tijdsafhankelijke uitstroming LNG, vrije uitstroom in water, RPT, cryogene schade aan schip geen ontsteking LNG	Tijdsduur: 60 sec.
					Snelheid: 3.000 kg/uur (0,83 kg/sec.)
					Middel
					Tijdsduur: 90 sec.
SCEN-3	IWT-LNG- SSERP-3	Binnenvaart LNG tanker / bunkerschip, 2x 1870 m3 LNG cargo tank	LNG plasbrand	Binnenvaart LNG tanker/bunker schip, LNG cargo tanks , container valt van het gebunkerde schip bovenop het bunkerende schip, korte continue uitstroming LNG, vrije uitstroom in water, RPT, vertraagde ontsteking LNG	Hoeveelheid: 16m ³
					Plas gebied: 0,75 m ²
					Tijd tot ontsteking: 360 sec.
					Groot
SCEN-4	IWT-LNG- SSERP-4	LNG aangedreven binnenvaartvrachtschip, 2x40m3 LNG brandstoftanks 6x 500m ³ cargo tanks (benzine)	Secundaire koolwater- stofbrand (cargo brand anders dan LNG)	Botsing met een ander schip, directe ontsteking (cargo), secundaire brand (benzine cargo), blootstelling LNG- brandstoftanks aan hittestraling, escalatie bij aanhouden hittestraling, koeling vereist binnen 15 minuten.	Tijdsduur: 42 sec.
					Plasdiameter: 160,7 meter
					Koeling binnen: 15 minuten

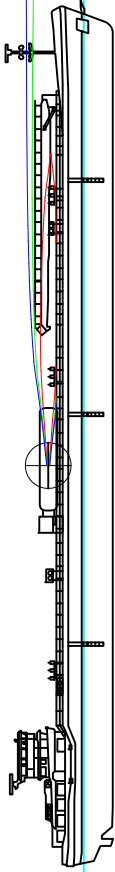
SUAC 2.4

SCENARIOSPECIFIEKE INZETPLANNEN (SSERPs)

WOORDENLIJST

AFKORTING	BETEKENIS
DM (Manager)	Duty inland waterway manager (Officier van Dienst binnenvaart / OvD-W)
(SS)ERP	(Scenario Specific) Emergency Response Plan (inzetplan)
ESD	Emergency Shut Down
FCP	<u>Forward Control Point</u>
FRS	Fire and Rescue Services (Brandweer)
LFL	Lower Flammable Limit
LNG	Liquefied Natural Gas
NG	Natural Gas (vapour)
LPM	Litres Per Minute
RPT	Rapid Phase Transition

Bijlage 2.1A



SHIP INFORMATION

LENGTH: 110 M
WIDTH: 16.2 M
PRODUCT STORED: LNG MODELED AS METHANE
STORAGE CAPACITY: 1 x 40 M3 DOUBLE WALLED STORAGE TANK

EXTENT OF CLOUD DISPERSION DOWNWIND FROM RELEASE CENTER:

25,000 PPM: 203 M
50,000 PPM: 136 M
150,000 PPM: 34 M

EXTENT OF CLOUD DISPERSION CROSSWIND FROM RELEASE CENTER:

25,000 PPM: 18 M
50,000 PPM: 10 M
150,000 PPM: 1 M

EXTENT OF CLOUD DISPERSION HEIGHT FROM RELEASE CENTER:

25,000 PPM: 3.8 M
50,000 PPM: 3.1 M
150,000 PPM: 2.0 M

CONSEQUENCE MODELING PARAMETERS DATA:

TANK SIZE: 40 M³ AMBIENT TEMPERATURE: 15 DEG C
RELEASE RATE: 48.3 KG/SEC RELATIVE HUMIDITY: 60%
SPILL DURATION: 360 SEC WIND SPEED: 9 M/S

REV	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK	APP
1	10/11/14	DRAFT FOR APPROVAL	RP		
0	02/10/14	ISSUED FOR COMMENT	SK	PW	

CLIENT NAME: RHINE PORT GROUP
FALCK RPI PROJECT NO: P1336
DRAWING NO: P1336-FR-02
DESCRIPTION: LNG LEAK DISPERSION FROM A RELEASE FROM ARGONON INLAND BARGE



UPPER FLAMMABLE LIMIT
150,000 PPM

LOWER FLAMMABLE LIMIT
50,000 PPM

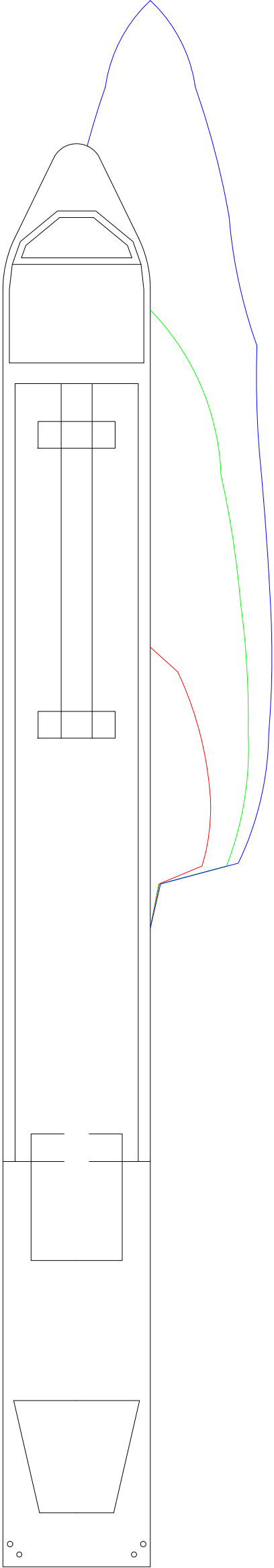
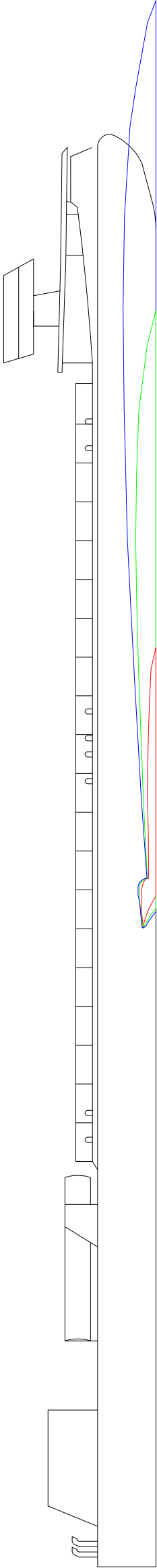
50% LOWER FLAMMABLE LIMIT
25,000 PPM

Bijlage 2.1B

IWT-LNG-SSERP-1 INZETPLAN VOOR:		BOTSING MET BRUG, FALEN VAN LEIDING, CONTINUE UITSTROMING LNG, GASWOLK DISPERSIE, GEEN ONTSTEKING		Document: Goedgekeurd: Revisie:2	BLAD 1 VAN 2
STRATEGIE					
Bevestig gebeurtenis LNG uitstroming – Alarmeer hulpdiensten - Isolatie van de LNG uitstromingsbron, indien mogelijk, veilig en praktisch uitvoerbaar - Vermijd betreding van de gas gevarenzone – Zet het schip aan wal indien mogelijk - evacuatie van personen aan boord en bemanning - opstarten brand pompen aan boord - Gebruik van waternevel in de vorm van water schermen / gordijnen die gasmigratie kunnen minimaliseren - Eerste beoordeling van omvang gaswolk en de gebieden die daaraan kunnen worden blootgesteld - Eerste identificatie van potentiële ontstekingsbronnen en eliminatie / minimalisering daarvan - Voorbereidingen treffen m.b.t. ontvangst aankomende eenheden van de hulpverleningsdiensten bij bruggenhoofd (FCP) - Elimineer ontstekingsbronnen in effectgebied - Beperk of stop scheepvaartverkeer om te voorkomen dat schepen het gevaargebied indrijven - Gebruik draagbare gasdetectieapparatuur om de omvang van de gaswolk te monitoren - Beoordeling van de incident condities door brandweer t.b.v. doorlopende veiligheid - Bluswatervoorziening ondersteuning - Continue monitoring van de wind / weersomstandigheden - Hulpverleners stand-by op veilige afstand tot de omgeving veilig is verklaard.					
1 st RESPONDERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Bemanning	Bevestig LNG uitstroming Alarmeer hulpdiensten Probeer om de LNG uitstromingsbron te isoleren (activeren ESD) Ventilatie schip UIT om te voorkomen dat gas in het schip wordt gezogen Start bluspomp en beveiligingssystemen water (indien aanwezig) Overweeg om het schip naar de wal te manoueveren op een veilige plaats (indien mogelijk) Evacueer alle niet noodzakelijke personen (passagiers en bemanning) Bereid je voor om de hulpdiensten te ontvangen	Detectie system(en) en/of visuele observatie bluspomp bediening Water spray systeem ESD systemen Ventilatie systeem Backup power	Elimineer alle ontstekingsbronnen aan boord. Indien vast opgestelde water schermen, activering hiervan kan helpen voorkomen dat gaswolk over de verkeersbrug (indien aanwezig) trekt. Indien lek niet kan worden gestopt: Evacueer alle personen naar een veilige locatie bovenwinds. Evacuatie naar vaste wal heeft voorkeur, maar indien lekkage substantieel is: Voorkom dat het schip in een gebied met hoge bevolkingsdichtheid terecht komt of in gebied met een hoog potentieel aan ontstekingsbronnen. Herpositioneer op het schip alleen indien het veilig is: • Machine kamer en brug aan de bovenwindse zijde van de lekkage. • Schip 100% los van het aangevaren object (brug) • backup power voor propulsie is beschikbaar (na ESD) • Water spray systemen zijn ge-activeerd. Stel de lokale brandweerofficier er van op de hoogte dat vanaf dit moment alle opgesomde acties zijn uitgevoerd.		
HULPVERLENERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Brandweer	Benader incident bovenwinds Maak contact met schipper / havenmeester Beoordeel omvang gaswolk Elimineer ontstekingsbronnen in het gebied van de gaswolk Zet op waterscherm om gaswolk te dispergeren Monitor met gasmeetapparatuur de omvang van de gaswolk. Volg de gaswolk visueel met thermische warmtebeeldcamera. Continueer beoordeling incident condities voor doorlopende veiligheid en voorzie in ondersteuning van bluswatervoorziening. Adviseer indien verdere eisen aan evacuatie noodzakelijk zijn. Bereid voor op brand Nazorg: controle op ‘gas pocketing’ in alle gebouwen en besloten ruimten in het effectgebied van de gaswolk.	Forward Control Point (bruggenhoofd) gesitueerd bovenwinds t.o.v. het incident Volledige opzet bluswaterpomp/TAS Mobiele watermonitoren. Mobiele waterschermen. Gasmeetapparatuur. (Hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera Reddingsboot. Blusboot met water monitor(en). Alle hulpverleners hebben de juiste PBM’s om brandwonden te voorkomen in geval ontsteking van gaswolk plaatsvindt.	De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten. Voor LNG uitstromingen kan water spray via draagbare monitoren worden gebruikt voor het insluiten, afsluiten of richting geven van het vrijgekomen gas en het voorkomen dat dit gas een ontstekingsbron bereikt. Indien benedenwinds de gaswolk zich verplaatst richting een gebied dat duidelijk geen ontstekingsbronnen bevat, kan worden overwogen om bovenwinds waterschermen op te zetten indien zich ontstekingsbronnen in deze richting bevinden. NB: Er dient gedurende de inzet nooit worden aangenomen dat windrichting en windsnelheid hetzelfde/constant zullen blijven. Verplaatsing van de gaswolk kan worden beïnvloed door het omliggende gebied. Hou er rekening mee dat hoge rivieroevers en gebouwen de vorming van de gaswolk kan trechteren. Een gaswolk kan met water spray weg worden gestuurd van een kritiek gebied, maar vooral het opwarmen van een gaswolk met water spray stimuleert een veilige verdamping in de atmosfeer. ‘Gas pocketing’ betekent dat het koude LNG verdampt tot gas in een besloten ruimte zonder ventilatie. Het kan een veroorzaker zijn van een explosie.		
Havenmeester / RWS	Bereid of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied.				

IWT-LNG-SSERP-1 INZETPLAN VOOR:		BOTSING MET BRUG, FALEN VAN LEIDING, CONTINUE UITSTROMING LNG, GASWOLK DISPERSIE, GEEN ONTSTEKING		Document: Goedgekeurd: Revisie:2		BLAD 2 VAN 2	
POTENTIELE GEVAREN & OVERIGE AANDACHTSPUNTEN							
Het is altijd verstandig te veronderstellen dat een gaswolk op elk moment kan ontsteken. Bij elke interventie, na een goede basisanalyse en voortdurende risicobeoordeling, zou moeten worden overwogen om waterschermen of waterstraal op te zetten om de omvang van de gaswolk te reduceren; om het op zijn plek te houden; of om het te laten verspreiden tot onder zijn LFL. Het gebruik van waternevelstralen ter ondersteuning van verdamping van gas op of nabij de bron is alleen uitvoerbaar indien de uitstroming niet van enige omvang of schaal is. In de meeste gevallen dient zo'n inzet te worden ondersteund door brandslangen teams met waterschermen ter bescherming van de teams die de inzet met waternevelstralen doen. Contact met het cryogene LNG kan leiden tot brandwonden. Ook de standaard beschermende brandweerkleding kan ingeval van directe aanraking met cryogene LNG worden aangetast. Ontsteking van een niet-opgesloten gaswolk kan resulteren in een gasverbranding terug naar de bron (burn back) resulterend in bijvoorbeeld een fakkelbrand (of plasbrand). Gasophoping in een besloten ruimte of bebouwde omgeving kan leiden tot een CVCE (confined gas cloud explosion) en - indien ontstoken - resulterend in aanzienlijke explosieschade en secundaire branden. Een (warme) BLEVE moet niet worden uitgesloten indien er zich direct vlamcontact met ongeschermde/beschadigde tanks of leidingen voordoet.							
Commando Plaats Incident overwegingen							
Meteorologische informatie Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen Communicatie Salvage Scheepvaartverkeer op de binnenwateren							

Bijlage 2.2A



SHIP INFORMATION

LENGTH: 110 M
WIDTH: 13.5 M
PRODUCT STORED: LNG

EXTENT OF CLOUD DISPERSION DOWNWIND .:

25,000 PPM: 71.25 M
50,000 PPM: 47.98 M
150,000 PPM: 22.78 M

EXTENT OF CLOUD DISPERSION CROSSWIND .:

25,000 PPM: 9.4 M
50,000 PPM: 7.58 M
150,000 PPM: 4.73 M

EXTENT OF CLOUD DISPERSION HEIGHT .:

25,000 PPM: 1.38 M
50,000 PPM: 1.26 M
150,000 PPM: 1.12 M

CONSEQUENCE MODELING PARAMETERS DATA:

TANK SIZE: 50 M³ AMBIENT TEMPERATURE: 15 DEG C
RELEASE RATE: 3000 KG/HR RELATIVE HUMIDITY: 60%
SPILL DURATION: 60 SEC WIND SPEED: 9 M/S

REV	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK	APP
0	10/12/14	ISSUED FOR COMMENT	SK	PW	

CLIENT NAME: Rhine Port Group

FALCK RPI PROJECT NO: P1336

DRAWING NO: P1336-FR-06

DESCRIPTION: LNG POOL FIRE – UNIGNITED RELEASE
FROM A TRUCK TO SHIP TRANSFER

UPPER FLAMMABLE LIMIT

150,000 PPM

LOWER FLAMMABLE LIMIT

50,000 PPM

50% LOWER FLAMMABLE LIMIT

25,000 PPM

Falck

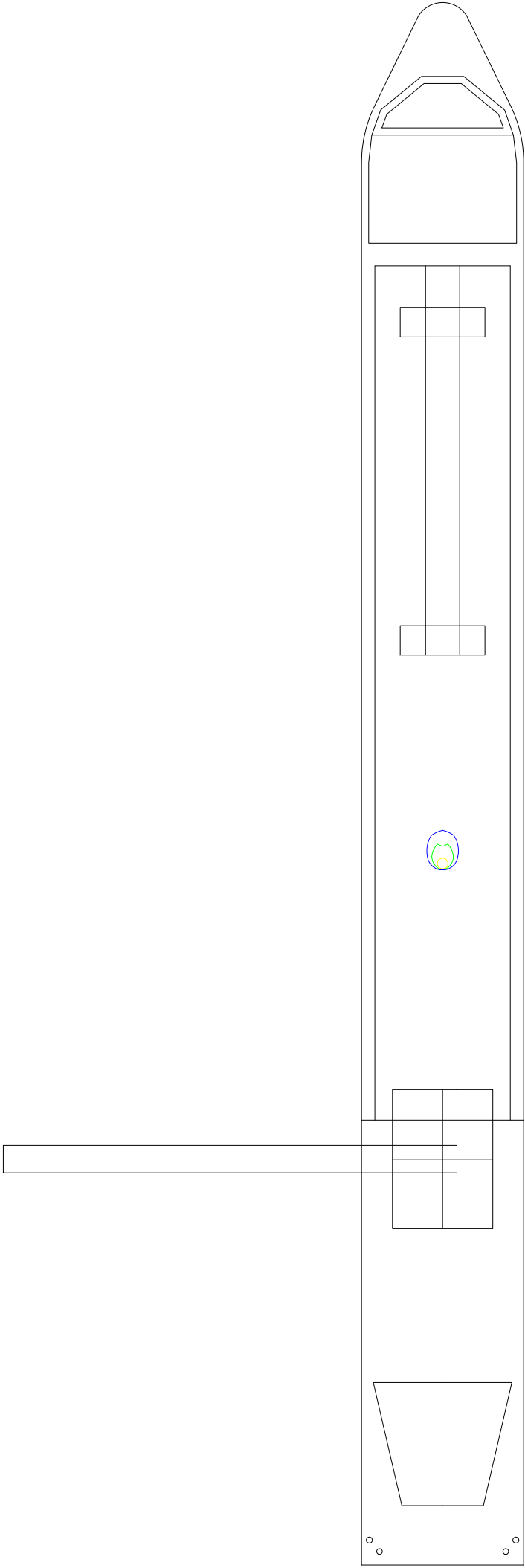
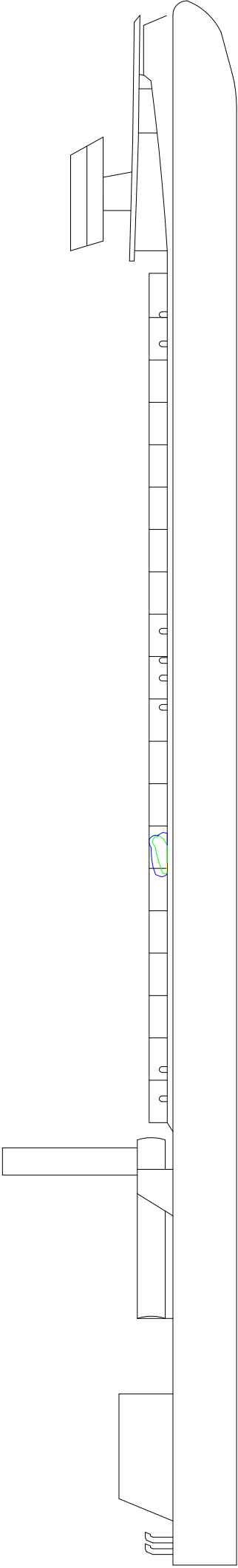


Bijlage 2.2B

IWT-LNG-SSERP-2 INZETPLAN VOOR:	TANK TRUCK TO SHIP BUNKERING, LNG BRANDSTOFTANK BENEDENDEKS, AFGESNEDEN SLANGLIJN, TIJDSAFHANKELIJKE UITSTROMING LNG, VRIJE UITSTROOM IN WATER, RPT, CRYOGENE SCHADE AAN SCHIP GEEN ONTSTEKING LNG			Doc: Approved: Rev: 2	BLAD 1 VAN 2
STRATEGIE					
Initial: Bevestig gebeurtenis LNG uitstroming – activeer ESD – Alarmeer hulpdiensten - Vermijd betreding van de gas gevarenczone – Eerste beoordeling van omvang gaswolk en de gebieden die daaraan kunnen worden blootgesteld - Eerste identificatie van potentiële ontstekingsbronnen en eliminatie / minimalisering daarvan - Voorbereidingen treffen m.b.t. ontvangst aankomende eenheden van de hulpverleningsdiensten bij bruggenhoofd (FCP) - Beperk of stop scheepvaartverkeer om te voorkomen dat schepen het gevareng gebied indrijven - Gebruik draagbare gasdetectieapparatuur om de omvang van de gaswolk te monitoren					
1 st RESPONDERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Shipboard crew	Bevestig LNG uitstroming Alarmeer hulpdiensten Probeer om de LNG uitstromingsbron te isoleren (activeren ESD) Ventilatie schip UIT om te voorkomen dat gas in het schip wordt gezogen Start bluspomp en beveiligingssystemen water (indien aanwezig) Evacueer alle niet noodzakelijke personen (passagiers en bemanning) Bereid je voor om de hulpdiensten te ontvangen		Detectie system(en) en/of visuele observatie bluspomp bediening Water spray systeem ESD systemen Ventilatie systeem Backup power	De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten. Stel het risico vast van ontsteking van de gaswolk en verlaat het schip direct indien de zichtbare wolk de volgende gebieden bereikt; • Bewoonde en / of industrie bebouwing / omgeving • Ander schip • Verkeer / auto-/snelweg • Andere ontstekingsbronnen Indien niet veilig: verlaat het schip bovenwinds. Evacuatie: • Bovenwinds en haaks op de windrichting • Wees bedacht of mogelijke knallen / koude explosives (RPT's) Stel de lokale brandweerofficier er van op de hoogte dat vanaf dit moment alle opgesomde acties zijn uitgevoerd.	
HULPVERLENERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Brandweer	Red bemanning indien noodzakelijk / mogelijk. Gebruik gas dispersie strategie vanaf wal/oever/kade Zet blus boot in voor dispersie van gaswolk (of vanaf kade met mobiele bluseenheid)		Forward Control Point (bruggenhoofd) gesitueerd bovenwinds t.o.v. het incident Volledige opzet bluswaterpomp/TAS Mobiele watermonitoren. Mobiele waterschermen. Gasmeetapparatuur.	Gebruik waterstraal of waterschermen voor dispersie gaswolk Neem contact op met operator voor de LNG hoeveelheden en onderneem op basis van deze bevindingen actie.	
Eigenaar/schipper	Start voorbereiding voor salvage operatie. Controleer op cryogene schade aan structuur schip.			Wees bewust van mogelijke aanwezigheid ontstekingsbronnen	
Havenmeester/RWS	Afzetten incident gebied en evacueer omliggend gebied liggend in de omvang van de gaswolk. Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied.		(Hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera Reddingsboot. Blusboot met water monitor(en). Alle hulpverleners hebben de juiste PBM's om brandwonden te voorkomen in geval ontsteking van gaswolk plaatsvindt.	Wees bewust van mogelijke aanwezigheid brandbare en gevaarlijke goederen/cargo. Voorkom dat bluswater in de LNG plas komt, ter voorkoming explosieve atmosfeer (UEL/LEL).	

<u>IWT-LNG-SSERP-2</u> INZETPLAN VOOR:	TANK TRUCK TO SHIP BUNKERING, LNG BRANDSTOFTANK BENEDENDEKS, AFGESNEDEN SLANGLIJN, TIJDSAFHANKELIJKE UITSTROMING LNG, VRIJE UITSTROOM IN WATER, RPT, CRYOGENE SCHADE AAN SCHIP GEEN ONTSTEKING LNG	Doc: Approved: Rev: 2	BLAD 2 VAN 2
POTENTIELE GEVAREN & OVERIGE AANDACHTSPUNTEN			
Bij vrijkomen van LNG kan bij toepassing van water het 'uitregenen' daarvan in de LNG-plas in eerste instantie leiden tot een hogere verdampingssnelheid van de LNG.			
Commando Plaats Incident overwegingen			
Meteorologische informatie Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen Communicatie Salvage Scheepvaartverkeer op de binnenwateren			

Bijlage 2.3A



SHIP INFORMATION

LENGTH: 110 M
WIDTH: 13.5 M
PRODUCT STORED: LNG

EXTENT OF HEAT CONTOURS DOWNWIND FROM POOL CENTER:

32.0 kW/M2: Within Pool Fire Flame
12.5 kW/M2: 1.23 M
6.3 kW/M2: 2.42 M

EXTENT OF HEAT CONTOURS UPWIND FROM POOL CENTER:

32.0 kW/M2: Within Pool Fire Flame
12.5 kW/M2: 0.4 M
6.3 kW/M2: 0.44 M

EXTENT OF HEAT CONTOURS CROSSWIND FROM POOL CENTER:

32.0 kW/M2: Within Pool Fire Flame
12.5 kW/M2: 0.6 M
6.3 kW/M2: 0.88 M

CONSEQUENCE MODELING PARAMETERS DATA:

SOURCE DIAMETER: 75 MM AMBIENT TEMPERATURE: 15 DEG C
RELEASE RATE: 0.1 KG/SEC RELATIVE HUMIDITY: 60%
SPILL DURATION: 90 SEC WIND SPEED: 9 M/S
POOL DIAMETER: 0.75 M

REV	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK	APP
1	16/12/14	REVISED FOLLOWING CLIENT COMMENT	SK	RP	
0	10/12/14	ISSUED FOR COMMENT	SK	RP	

CLIENT NAME: Rhine Port Group

FALCK RPI PROJECT NO: P1336

DRAWING NO: P1336-FR-05-REV 1

DESCRIPTION: LNG POOL FIRE – UNCONFINED SPILL ON DECK/WATER
FROM A RELEASE FROM THE ARGOS BUNKERING VESSEL

<6.3kW/M2

PERSONNEL

IMMEDIATE 3RD DEGREE BURNS.

EQUIPMENT/ESCALATION

ESCALATION WITH PROLONGED EXPOSURE, COOLING
REQUIRED <15MINS.

<12.5kW/M2

PERSONNEL

IMMEDIATE 3RD DEGREE BURNS.

EQUIPMENT/ESCALATION

ESCALATION WITH PROLONGED EXPOSURE, COOLING
REQUIRED <15MINS.

± 32kW/M2

PERSONNEL

FATALITY ZONE

EQUIPMENT/ESCALATION

RAPID ESCALATION LIKELY WITHOUT RAPID COOLING
<10 MINS.



Falck

Bijlage 2.3B

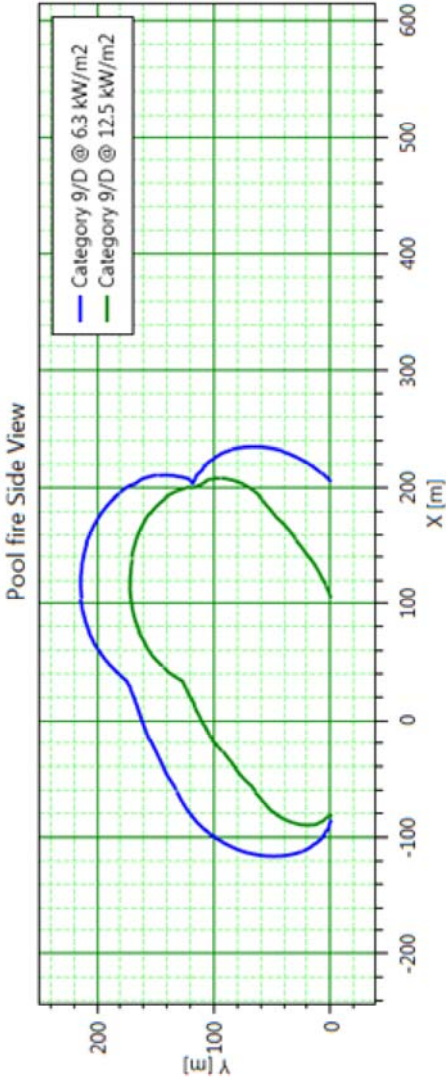
IWT-LNG-SSERP-3 INZETPLAN VOOR:		BINNENVAART LNG TANKER/BUNKER SCHIP, LNG CARGO TANKS, CONTAINER VALT VAN HET GEBUNKERDE SCHIP BOVENOP HET BUNKERENDE SCHIP, KORTE CONTINUË UITSTROMING LNG, VRIJE UITSTROOM IN WATER, RPT, VERTRAAGDE ONTSTEKING LNG		Document: Goedgekeurd: Revisie:2	BLAD 1 VAN 2
STRATEGIE					
Initieel: Bevestig gebeurtenis LNG uitstroming – Activeer ESD - Alarmeer hulpdiensten - Isolatie van de LNG uitstromingsbron, indien mogelijk, veilig en praktisch uitvoerbaar - Vermijd betreding van de gas gevaarenzone – Eerste identificatie van potentiële ontstekingsbronnen en eliminatie / minimalisering daarvan - evacuatie bovenwinds / aan walzijde van personen aan boord / bemanning					
Na vertraagde ontsteking: Gebruik als start inzet; Bluspoging met peoder – Koeling van het schip / structuur – Voorkom secundaire branden (omgeving) – Bescherm de lading / cargo (containers) – stop scheepsvaartverkeer in onmiddellijke nabijheid – evacueer aanwezigen vanwege de hittestraling (indien dichtbij – gebruik waterstraal ter ondersteuning) -					
1 st RESPONDERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Bemanning	Bevestig LNG uitstroming Alarmeer hulpdiensten Probeer om de LNG uitstromingsbron te isoleren (activeren ESD) Ventilatie schip UIT om te voorkomen dat gas in het schip wordt gezogen Start bluspomp en beveiligingssystemen water (indien aanwezig) Evacueer alle niet noodzakelijke personen (passagiers en bemanning) Bereid je voor om de hulpdiensten te ontvangen Probeer te blussen met poeder Bij escalatie: verlaat schip.		Detectie system(en) en/of visuele observatie bluspomp bediening Water spray systeem ESD systemen Ventilatie systeem Backup power Bluspoeder	Elimineer alle ontstekingsbronnen aan boord. Indien vast opgestelde water schermen, activering hiervan kan helpen voorkomen dat gaswolk richting ontstekingsbronnen trekt. Indien lek niet kan worden gestopt: Evacueer alle personen naar een veilige locatie bovenwinds. Evacuatie naar vaste wal Stel de lokale brandweerofficier er van op de hoogte dat vanaf dit moment alle opgesomde acties zijn uitgevoerd.	
HULPVERLENERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Brandweer	Benader incident bovenwinds Maak contact met schipper / havenmeester Beoordeel omvang gaswolk Elimineer ontstekingsbronnen in het gebied van de gaswolk Zet op waterscherm om gaswolk te dispergeren Monitor met gasmeetapparatuur de omvang van de gaswolk. Volg de gaswolk visueel met thermische warmtebeeldcamera. Continueer beoordeling incident condities voor doorlopende veiligheid en voorzie in ondersteuning van bluswatervoorziening. Adviseer indien verdere eisen aan evacuatie noodzakelijk zijn. Blussing met bluspoeder		Forward Control Point (bruggenhoofd) gesitueerd bovenwinds t.o.v. het incident Volledige opzet bluswaterpomp/TAS Mobiele watermonitoren. Mobiele waterschermen. Gasmeetapparatuur. (Hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera Reddingsboot. Blusboot met water monitor(en). bluspoeder Alle hulpverleners hebben de juiste PBM's om brandwonden te voorkomen in geval ontsteking van gaswolk plaatsvindt.	De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk en plasbrand / vlammen ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten. Voor LNG uitstromingen kan water spray via draagbare monitoren worden gebruikt voor het insluiten, afsluiten of richting geven van het vrijgekomen gas en het voorkomen dat dit gas een ontstekingsbron bereikt. NB: Er dient gedurende de inzet nooit worden aangenomen dat windrichting en windsnelheid hetzelfde/constant zullen blijven. Blussing met bluspoeder dient vanaf dichtbij plaats te vinden, indien mogelijk	
Havenmeester / RWS	Afzetten incident gebied en evacueer omliggend gebied liggend in de omvang van de gaswolk. Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied.				

<u>IWT-LNG-SSERP-3</u> INZETPLAN VOOR:	BINNENVAART LNG TANKER/BUNKER SCHIP, LNG CARGO TANKS, CONTAINER VALT VAN HET GEBUNKERDE SCHIP BOVENOP HET BUNKERENDE SCHIP, KORTE CONTINUË UITSTROMING LNG, VRIJE UITSTROOM IN WATER, RPT, VERTRAAGDE ONTSTEKING LNG	Document: Goedgekeurd: Revisie:2	BLAD 2 VAN 2
POTENTIELE GEVAREN & OVERIGE AANDACHTSPUNTEN			
Ondanks dat het een scenario met kleine uitstroming is dient alle aandacht uit te gaan naar het voorkomen van veredere escalatie Bij vrijkomen van LNG kan bij toepassing van water het 'uitregenen' daarvan in de LNG-plas in eerste instantie leiden tot een hogere verdampingssnelheid van de LNG.			
Commando Plaats Incident overwegingen			
Meteorologische informatie Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen Communicatie Salvage Scheepvaartverkeer op de binnenwateren			

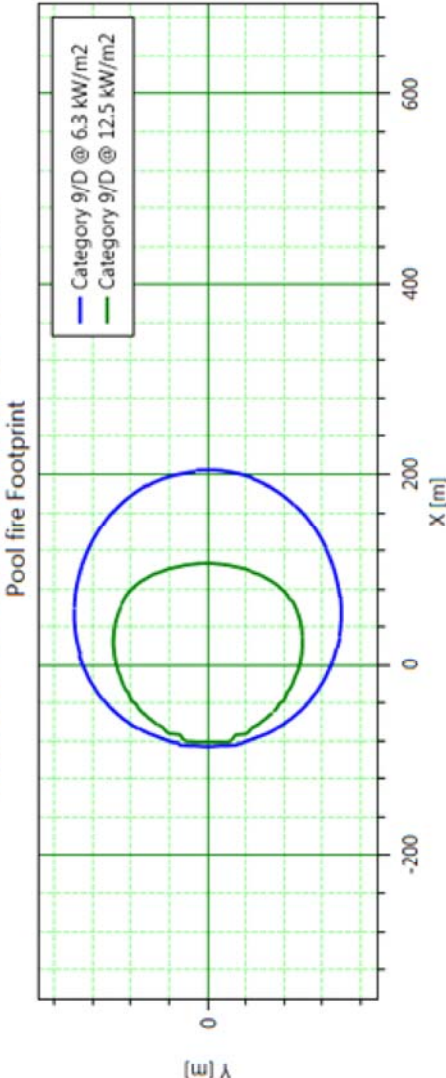
Bijlage 2.4A



Standalone Pool Fire Radiation on a Plane



Standalone Pool Fire Radiation on a Plane



SHIP INFORMATION

LENGTH: 110 M
WIDTH: 11.45 M
PRODUCT STORED: GASOLINE
STORAGE CAPACITY: 6 x 500 m³ STORAGE TANKS

EXTENT OF HEAT CONTOURS DOWNWIND FROM POOL CENTER:

32.0 kW/M2: N/A
12.5 kW/M2: 107 M
6.3 kW/M2: 204 M

EXTENT OF HEAT CONTOURS UPWIND FROM POOL CENTER:

32.0 kW/M2: N/A
12.5 kW/M2: 81 M
6.3 kW/M2: 86 M

EXTENT OF HEAT CONTOURS CROSSWIND FROM POOL CENTER:

32.0 kW/M2: N/A
12.5 kW/M2: 99 M
6.3 kW/M2: 140 M

CONSEQUENCE MODELING PARAMETERS DATA:

SOURCE DIAMETER: 1000 MM AMBIENT TEMPERATURE: 15 DEG C
RELEASE RATE: 8592 KG/SEC RELATIVE HUMIDITY: 60%
SPILL DURATION: 42 SEC WIND SPEED: 9 M/S
POOL DIAMETER: 160.68 M

REV	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK	APP
1	10/11/14	DRAFT FOR APPROVAL	RP		
0	17/10/14	ISSUED FOR COMMENT	JG	SK	

CLIENT NAME: RHINE PORT GROUP

FALCK RPI PROJECT NO: P1336

DRAWING NO: P1336-FR-04

DESCRIPTION: GASOLINE POOL FIRE – UNCONFINED SPILL ON WATER
FROM A RELEASE FROM THE GREENSTREAM VESSEL

<12.5kW/M2

PERSONNEL

IMMEDIATE 3RD DEGREE BURNS.

EQUIPMENT/ESCALATION

ESCALATION WITH PROLONGED EXPOSURE, COOLING
REQUIRED <15MINS.

± 32kW/M2

PERSONNEL

FATALITY ZONE

EQUIPMENT/ESCALATION

RAPID ESCALATION LIKELY WITHOUT RAPID COOLING
<10 MINS.

<6.3kW/M2

PERSONNEL

IMMEDIATE 3RD DEGREE BURNS.

EQUIPMENT/ESCALATION

ESCALATION WITH PROLONGED EXPOSURE, COOLING
REQUIRED <15MINS.

Falck



Bijlage 2.4B

IWT-LNG-SSERRP-4 INZETPLAN VOOR:		BOTSING MET EEN ANDER SCHIP, DIRECTE ONTSTEKING (CARGO), SECUNDAIRE BRAND (BENZINE CARGO), BLOOTSTELLING LNG-BRANDSTOFTANKS AAN HITTESTRALING, ESCALATIE BIJ AANHOUDEN HITTESTRALING, KOELING VEREIST BINNEN 15 MINUTEN.		Document: Goedgekeurd: Revisie: 2	BLAD 1 VAN 1
STRATEGIE					
Bevestig gebeurtenis LNG uitstroming – Alarmeer hulpdiensten - Isolatie van de LNG uitstromingsbron, indien mogelijk, veilig en praktisch uitvoerbaar - Vermijd betreding van de gas gevarenzone – Zet het schip aan wal indien mogelijk - evacuatie van personen aan boord en bemanning - opstarten brand pompen aan boord - Gebruik van sprinkler systeem om de LNG brandstoftanks te koelen en de aangestraalde omgeving - Eerste beoordeling van omvang hittecontouren en de gebieden die daaraan kunnen worden blootgesteld - Voorbereidingen treffen m.b.t. ontvangst aankomende eenheden van de hulpverleningsdiensten bij bruggenhoofd (FCP) - Beperk of stop scheepvaartverkeer om te voorkomen dat schepen het gevareng gebied indrijven - Beoordeling van de incident condities door brandweer t.b.v. doorlopende veiligheid – gebruik blusschuim om de koolwaqterstofbrand te blussen - bluswatervoorziening ondersteuning - Continue monitoring van de wind / weersomstandigheden - Hulpverleners stand-by op veilige afstand tot de omgeving veilig is verklaard.					
1 st RESPONDERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
bemannig	Bevestig benzine uitstroming Alarmeer hulpdiensten Probeer om de benzine uitstromingsbron te isoleren (activeren ESD) start bluspomp en sprinkler beveiligingssysteem Overweeg om het schip naar de wal te manoueveren op een veilige plaats (indien mogelijk) Evacueer alle niet noodzakelijke personen (passagiers en bemanning) Bereid je voor om de hulpdiensten te ontvangen		Detectie system(en) en/of visuele observatie bluspomp bediening Deluge sprinkler systeem ESD systemen Backup power	Indien lek niet kan worden gestopt: Evacueer alle personen naar een veilige locatie bovenwinds. Evacuatie naar vaste wal heeft voorkeur, maar indien lekkage substantieel is: Voorkom dat het schip in een gebied met hoge bevolkingsdichtheid terecht komt of in gebied met een hoog potentieel aan ontstekingsbronnen. Stel de lokale brandweerofficier er van op de hoogte dat vanaf dit moment alle opgesomde acties zijn uitgevoerd.	
HULPVERLENERS	ACTIES		MATERIEEL / MIDDELEN	INFO / OPMERKINGEN	
Brandweer	Benader incident bovenwinds Maak contact met schipper / havenmeester ESD Inzet deluge sprinkler systeem voor koelen LNG brandstoftanks en evt. andere kritieke objecten Inzet blusschuim voor blussen benzine plasbrand Continueer beoordeling incident condities voor doorlopende veiligheid. Voorzie in ondersteuning van bluswatervoorziening.		Forward Control Point (bruggenhoofd) gesitueerd bovenwinds t.o.v. het incident Volledige opzet bluswaterpomp/TAS Mobiele schuim/watermonitoren. Mobiele /waterschermen. Gasmeetapparatuur. (Hoge resolutie) thermische warmtebeeldcamera Reddingsboot. Blusboot met schuim/water monitor(en). Alle hulpverleners hebben de juiste PBM's om brandwonden te voorkomen in geval ontsteking van gaswolk plaatsvindt.	De windrichting en weercondities zijn belangrijk voor de projectie van de gaswolk en plasbrand/vlammen/hittecontouren ten opzichte van de lokale geografische situatie en de besluitvorming omtrent prioriteiten. NB: Er dient gedurende de inzet nooit worden aangenomen dat windrichting en windsnelheid hetzelfde/constant zullen blijven.	
Havenmeester / RWS	Adviseer indien verdere eisen aan evacuatie noodzakelijk zijn. Afzetten incident gebied en evacueer omliggend gebied liggend in de omvang van de gaswolk. Beperk of stop scheepvaartverkeer rondom het incidentgebied. Inzet blusboot voor blusschuim / waterscherm / waterstraal voor blussing en koeling				
INCIDENT POTENTIAL HAZARDS & OTHER CONCERNS					
Bij elke interventie, na een goede basisanalyse en voortdurende risicobeoordeling, zou moeten worden overwogen om blussing met blusschuim uit te voeren en waterschermen / fixed water systems op te zetten om de aangestraalde objecten te koelen, waaronder de LNG brandstoftanks. Een (warme) BLEVE moet niet worden uitgesloten indien er zich direct vlamcontact met ongeschermde/beschadigde tanks of leidingen voordoet.					
Unified command					
Meteorologische informatie Analyse nabijgelegen gebied en milieugerelateerde overwegingen Communicatie Salvage Scheepvaartverkeer op de binnenwateren					

Havenbedrijf Antwerpen

Entrepotkaai 1
2000 Antwerpen
België

Contactpersoon:

Pieter Vandermeeren
Technisch manager Environment
Telefoon : +32 (3) 229 65 64

Havenbedrijf Mannheim

Rheinvorlandstraße 5
68159 Mannheim
Duitsland

Contactpersoon:

Michael Dietrich
Technisch afdelingshoofd
Telefoon : +49 (0) 621 292 21 53

Havenbedrijf Rotterdam

Wilhelminakade 909
3072 AP Rotterdam
Nederland

Contactpersoon:

Cees Boon
Sector coördinator HMR beleid Havenbedrijf
Telefoon : +31 (0) 102 521 010

Havenbedrijf Straatsburg

25 rue de la Nuée bleue
CS 80407 – F-67002 Strasbourg
Frankrijk

Contactpersoon:

Aurore Mourette
Manager duurzame projectontwikkeling
Telefoon : +33 (0)3 88 21 74 25

Havenbedrijf Basel

Hochbergerstrasse 160
CH-4019 Basel
Zwitserland

Contactpersoon:

Dieter Saha
Afdelingshoofd projecten, scheepvaart en havenbedrijf
Telefoon : +41 (0)61 639 95 94

Gezamenlijke Brandweer

Laan van Nieuw Blankenburg 10
3181 DA Rozenburg
Nederland

Contactpersoon:

B.P. Mo-Ajok
Beleidsadviseur
Telefoon : +31 (0) 885 110 013

Falck Risc

Beerweg 101
(Haven nr. 7033)
3199 LM Maasvlakte – Rotterdam
Nederland

Contactpersoon:

Steve Watkins
Project manager product development & support
Telefoon: +31 (0) 181 376 666

Projectteam	
B.P. Mo-Ajok	Gezamenlijke Brandweer Rotterdam (NL)
S. Watkins	Falck (NL)
G.J. Langerak	Falck (NL)
N. Ramsden	Falck (UK)
R. Roue	Alkane Marine Consultancy (UK)
R. Peeters	Falck (NL)

Klankbordgroep	
M. Bakker	Dagdienstschipper, coördinator blusvaartuigen VRGZ, Brandweer Gelderland-Zuid (NL)
D. Van Gent	Unitmanager operationele voorbereiding & repressie, incidentbestrijding Divisie Havenmeester, Havenbedrijf Rotterdam (NL)
M. Meijer	Coördinator chemisch adviseurs DCMR Milieudienst Rijnmond (NL)
M. van den Berg	Adviseur Gevaarlijke Stoffen DCMR Milieudienst Rijnmond / LIOGS (NL)
L. Labree	Wachtcommandant Gezamenlijke Brandweer Rotterdam (NL)
I. Van de Woude	Beleidsadviseur GHOR Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond (NL)
K. Capello	Commandant van Dienst Geneeskundig Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond (NL)
J. van Houwenhove	Consultant Cryo Advise (BE)

Stuurgroep	
R. Van der Veen	Falck (NL)
S. van der Pol - van den Hurk	Falck (NL)

