

Planejamento de Resposta a Emergências em Terminais de Líquidos Inflamáveis

Ricardo Rodrigues Serpa, Tiago do Monte Correa Novo
INERCO Consultoria Brasil Ltda.

1. OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo discutir as questões relacionadas com os acidentes em tanques de armazenamento de líquidos inflamáveis, bem como a elaboração de planos de emergência que sejam capazes de responder de forma adequada a esses eventos.

Para tanto, além de uma breve retrospectiva histórica sobre o tema, incluindo as questões relacionadas à análise de riscos, é feita uma avaliação crítica dos aspectos normativos associados a esses estudos e sua relação com os planos de emergência, propondo ajustes em alguns parâmetros atualmente utilizados em simulações de efeitos físicos cujo enfoque, em geral, se destina à avaliação dos riscos de fatalidade das pessoas expostas e situadas externamente às instalações, não contemplando, portanto, critérios voltados para a exposição de brigadistas tão pouco para o dimensionamento e localização dos recursos de combate.

Dessa forma, esse trabalho, por meio do estudo de um caso hipotético, propõe a adoção de parâmetros e critérios diferenciados a serem contemplados nas simulações de efeitos físicos associados a incêndios em tanques de produtos inflamáveis, com vista a subsidiar as ações de resposta a esses eventos, servindo de orientação para o dimensionamento e posicionamento de equipamentos de combate a incêndios, contribuindo para a segurança de bombeiros e brigadistas.

2. DESCRIÇÃO DO TRABALHO

2.1 Incêndios em Tanques de Líquidos Inflamáveis

Os líquidos inflamáveis são, em geral, armazenados em tanques verticais atmosféricos com tetos fixos ou flutuantes como ilustrado nas Figuras 1 e 2.

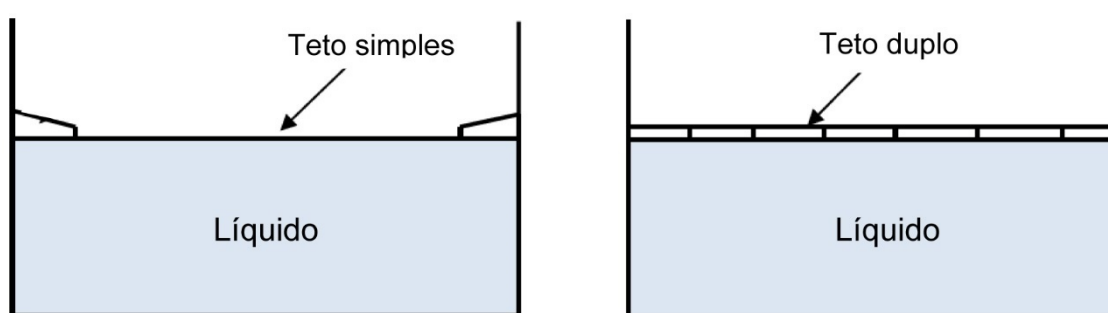


Figura 1 – Tanques de teto flutuante [1]

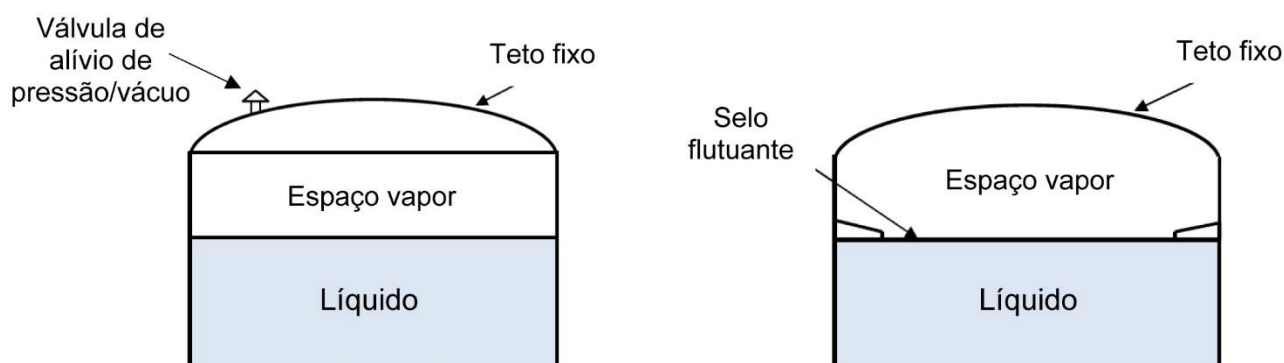


Figura 2 – Tanques de teto fixo [1]

Em geral, as principais causas dos incêndios em tanques de líquidos inflamáveis estão associadas a:

- Realização de trabalhos a quente (soldas, cortes, etc.);
- Eletricidade estática durante as operações de transferência dos produtos;
- Superenchimento do reservatório com vazamento seguido de fogo;
- Incêndio externo atingindo o reservatório.

Essas e outras situações levam a diferentes tipos de incêndios, como por exemplo:

- Explosão interna na fase vapor em tanques de teto fixo seguida de incêndio;
- Fogo na superfície do líquido (incêndio em poça elevado);
- Incêndio no *vent* do reservatório;
- Incêndio em poça limitado pelo dique de contenção do reservatório;
- *Boilover* e *sloper*.

Tanto a construção e montagem, como os sistemas de proteção contra incêndio dos tanques estão bem regulamentados por meio de normas nacionais e internacionais, entre as quais se destacam: API 620 e 621, NFPA 30, ABNT NBR 17505, entre outras.

Dependendo do tipo e tamanho do tanque, bem como das características do produto armazenado, devem ser dimensionados os sistemas de proteção contra incêndio, que podem incluir:

- Sistemas fixos de injeção de espuma (câmaras e injeção na base), como mostra a Figura 3;
- Sistemas móveis de combate com espuma (Figura 4);
- Sistemas de refrigeração com água (hidrantes, canhões, fixos e móveis, e anéis de refrigeração com *sprinklers*).

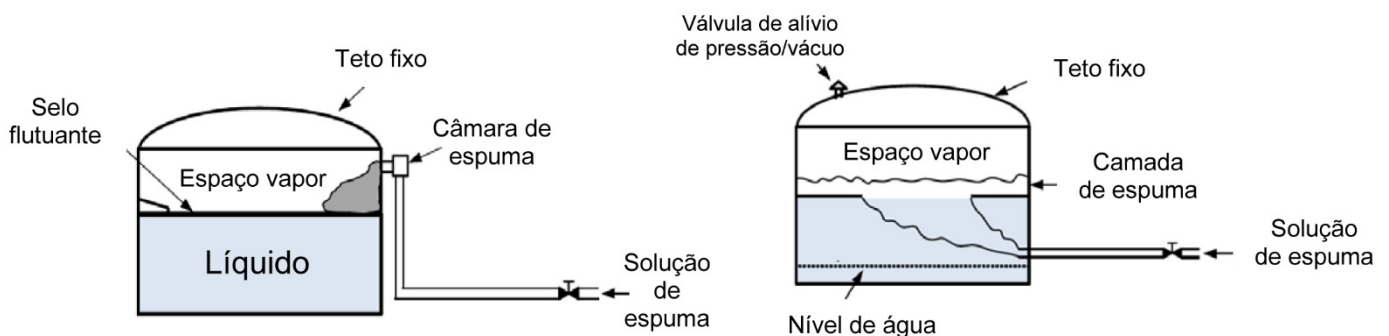


Figura 3 – Sistemas de injeção de espuma [1]

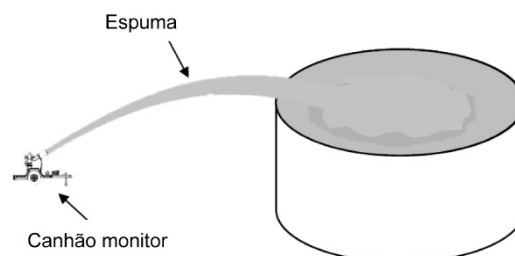


Figura 3 – Sistema móvel de combate a incêndio com espuma [1]

Nos casos onde o incêndio é precedido por uma explosão no tanque, em geral os sistemas fixos de injeção de espuma são comprometidos, fazendo com que somente os outros meios de combate possam ser aplicados.

Por outro lado, os incêndios externos que atingem tanques de tetos fixos podem dificultar muito a injeção de espuma por meios externos na medida em que, em muitos casos, os tetos não são colapsados, não permitindo a injeção externa de espuma sobre a superfície do produto que está em queima.

Assim, podem ser muitos os cenários apresentados exigindo diferentes tipos de equipamentos e estratégias de resposta, merecendo destaque as questões relacionadas com o porte e capacidade dos recursos empregados, além das questões de segurança das pessoas envolvidas nessas operações.

2.2 Estudo de Análise de Riscos

O Estudo de Análise de Riscos (EAR) é de fundamental importância para a elaboração de planos de emergência, tanto em relação aos procedimentos de resposta que devem ser compatíveis com os possíveis efeitos decorrentes dos cenários acidentais avaliados, como para o dimensionamento dos recursos para fazer frente a essas ocorrências.

No Brasil, os Estudos de Análise de Riscos passaram a ser implementados, de maneira formal, ou seja, como pré-requisito para a operação de empreendimentos que manipulam substâncias tóxicas e inflamáveis, no final da década de 80, após a ocorrência de importantes incidentes, em particular no Estado de São Paulo, como por exemplo o incidente da Vila São José (Vila Socó), em Cubatão.

A exemplo do que ocorria à época na Europa com a implantação da Diretiva de Seveso e nos Estados Unidos com os Programas *RMP* (*Risk Management Program*) da *EPA* (*Environmental Protection Agency*) e *PSM* (*Process Safety Management*) da *OSHA* (*Occupational Safety and Health Organization*), os órgãos ambientais passaram a exigir a elaboração desses estudos no âmbito do licenciamento ambiental, prática que tem se aperfeiçoado ao longo dos últimos anos.

Ocorre que, como não poderia deixar de ser, o EAR, no contexto do licenciamento ambiental, tem por objetivo avaliar os riscos de fatalidade impostos pelas instalações consideradas perigosas para as comunidades circunvizinhas (população de entorno), não considerando portanto, os efeitos internos às instalações e pessoas, efeitos esses que influem diretamente nos possíveis danos aos trabalhadores e exposição dos brigadistas que atuarão no combate aos incidentes e que devem ser considerados na elaboração dos planos de emergência.

Assim, a grande diferença das avaliações de risco para as comunidades circunvizinhas às instalações praticadas no licenciamento ambiental daquelas para subsidiar os planos de emergência com enfoque preservação da integridade física dos brigadistas reside nos tempos de exposição adotados nas simulações dos efeitos físicos (consequências) dos incêndios, uma vez que, no primeiro caso, se tratam de exposições de curto prazo para avaliação de efeitos agudos e, na segunda situação, em longos períodos de exposição em função das atividades de combate a incêndios.

Nas normas técnicas e manuais adotados pelas Agências Ambientais, na maioria dos casos, se utiliza para um tempo de exposição de 20 segundos [2] para o cálculo dos efeitos agudos às pessoas expostas à radiação térmica de incêndios, já que se espera que essas abandonem rapidamente a área perigosa numa situação de emergência.

Para exemplificar o acima mencionado, a Norma CETESB P4.261 [3], cujo enfoque é a estimativa dos riscos agudos (curta exposição) para as pessoas externas ao empreendimento, as simulações dos efeitos de incêndios devem considerar o tempo de exposição de 20 segundos anteriormente mencionado e os efeitos às pessoas do público expostas devem ser calculados considerando as probabilidades de fatalidade de 100%, 50% e 1%, cujos níveis de radiação térmica correspondem, respectivamente a 35,0 kW/m², 18,4 kW/m² e 9,8 kW/m², utilizando-se a equação de *Probit* de Tsao & Perry [4].

Do exposto, é possível observar que os curtos tempo de exposição utilizados no EAR para fins de licenciamento ambiental e avaliação dos riscos de fatalidade às pessoas expostas externamente às instalações

envolvidas nos incidentes não podem ser aplicados para subsidiar a definição de medidas de proteção a brigadistas e posicionamento dos recursos de combate aos incêndios, uma vez que, nessas situações, se faz necessário considerar tempos de exposição maiores aos quais os brigadistas estarão expostos, mesmo que com roupas de proteção adequadas, razão pela qual devem ser definidos níveis de radiação térmica que permitam tal exposição.

2.3 Exposição à Radiação Térmica em Operações de Combate a Incêndios

Os bombeiros e brigadistas que atuam em operações de combate a incêndios ficam expostos a diferentes riscos nessas atividades, merecendo destaque o estresse e a exposição a altas temperaturas e elevados níveis de radiação térmica, o que certamente causam um grande desgaste físico e emocional.

Para determinar níveis seguros de exposição a elevadas temperaturas e determinar níveis seguros de exposição à radiação térmica o Conselho Consultivo das Brigadas de Bombeiros da Escócia (*Scottish Central Fire Brigades Advisory Council*) realizou um experimento combinando medidas desses parâmetros na tentativa de identificar limites seguros para a realização dos trabalhos de combate ao fogo [5].

Para tanto, um bombeiro teve sua roupa de proteção adaptada com equipamentos para registro dos dados de interesse, como pode ser observado na foto da Figura 4.



Figura 4 – Sensores instalados na roupa de proteção do bombeiro [5]

Os autores ressaltam que nesse estudo não foi e, provavelmente nunca será, possível definir completamente o ambiente de um cenário de combate a incêndio, no entanto, destacam que as informações obtidas certamente propiciaram a ampliação do conhecimento desse ambiente, no que diz respeito aos efeitos sobre o bombeiro, principalmente no que diz respeito aos efeitos físicos, visando a adoção de medidas para a sua proteção nesses eventos.

O gráfico apresentado na Figura 5 mostra um resumo simplificado dos resultados obtidos para temperatura, radiação térmica e tempo de exposição obtidos no experimento. Nesse gráfico foram utilizadas as seguintes classificações:

Situações de rotina, as quais se aplicam à maioria das condições de operação experimentadas por um bombeiro, o que inclui temperaturas elevadas, mas não níveis de radiação térmica direta do fogo; os limites propostos para essas condições foram 25 minutos de exposição a 100°C e um limite de radiação térmica de 1,0kW/m².

Condições perigosas, quando um bombeiro deve operar por um curto período exposto a altas temperaturas combinadas com a radiação térmica. Os limites propostos para essas situações foram 1 minuto de exposição a temperatura de 160°C e um limite de exposição a 4,0kW/m².

Condições extremas que incluem situações de resgate, com exposição de temperaturas até 235°C e 10,0kW/m².

Condições críticas onde os bombeiros não devem operar (acima de 235°C e 10,0kW/m²).

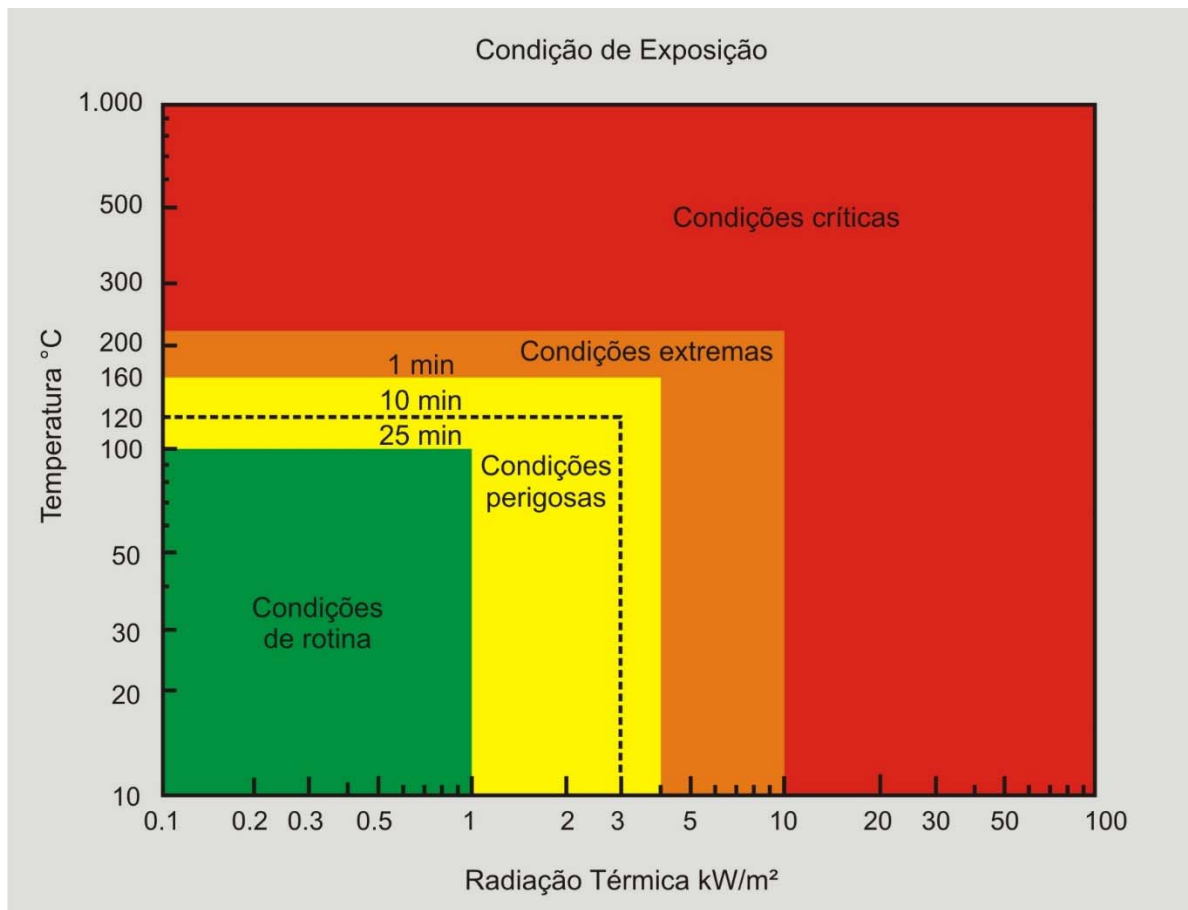


Figura 5 – Condições de exposição dos bombeiros [5]

Segundo CCPs, 2000 [6], 4,73kW/m² corresponde a uma intensidade de calor em áreas onde as ações de emergência com duração de alguns minutos podem ser realizadas para brigadistas sem blindagem, porém com roupas de proteção apropriadas e 1,6kW/m² corresponde a um nível de radiação térmica que não causará desconforto para uma longa exposição.

Com base nas duas referências mencionadas é possível considerar que para uma operação rotineira de combate a incêndio um brigadista deve estar exposto a níveis de radiação térmica situado entre 1,0 e 1,6kW/m², enquanto que para ações rápidas, por exemplo, resgate de uma vítima ou um rápido reparo, 4,73kW/m² deve ser o nível adotado como referência.

3. ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de determinar as distâncias seguras para brigadistas em operações de combate a incêndios em tanques de líquidos inflamáveis foi simulado um caso hipotético num tanque de teto fixo contendo hexano e com as seguintes características:

- Diâmetro: 33,5 m;
- Altura: 11,3 m;

- Volume aproximado: 10.000m³;
- Dimensões da bacia de contenção: 80 x 80 x 1,6m.

Foram realizadas duas simulações com o *software PHAST* [7]; a primeira considerando o fogo na superfície do líquido no tanque (9 m de altura) e a segunda o incêndio em poça na bacia de contenção do reservatório.

Os dados de entrada utilizados no modelo *user defined* foram os seguintes:

- Temperatura ambiente: 25°C;
- Temperatura do solo: 30°C;
- Categoria de estabilidade atmosférica: C (período diurno);
- Velocidade do vento: 3m/s;
- Umidade relativa do ar: 80%;
- Rugosidade do terreno: 1m.

Os resultados estão apresentados na Tabela 1 que segue.

Tabela 1 – Resultados das simulações

Radiação Térmica (kW/m ²)	Distância (m)	
	Incêndio no Tanque	Incêndio em Poça
4,73	76,9	95,8
1,6	166,9	170,3
1,0	204,8	206,4

Observando os resultados das simulações apresentados na Tabela 1, é possível observar que para o aos incêndios no tanque de hexano utilizado como referência, para uma operação de resgate rápida (exposição a poucos minutos), essa ação só poderá ser realizada a uma distância da ordem de 77m do costado do tanque no caso do fogo se encontrar na superfície do líquido e a 95,8m da parede do dique de contenção caso se trate do incêndio na poça do produto dentro da bacia de contenção.

Por outro lado, para os brigadistas que estarão diretamente envolvidos nas operações de combate com tempos de exposição prolongados, estes deverão se situar a, pelo menos, 167m no caso do incêndio no tanque e a 170m da parede do dique no caso do fogo na bacia de contenção.

A Figura 6 apresenta as distâncias obtidas para o nível de radiação térmica de 1,6kW/m² e a localização dos brigadistas para a realização das operações de combate em segurança.

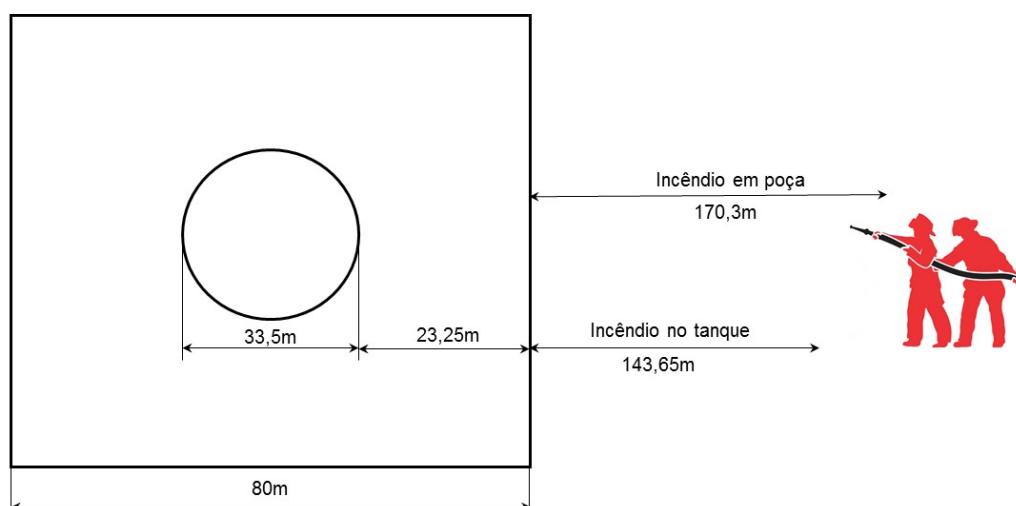


Figura 6 – Posicionamento dos brigadistas nas distâncias para 1,6kW/m² de radiação térmica

Essas distâncias de referência, obtidas a partir das simulações de diferentes cenários, devem servir também para a localização dos respectivos meios de combate, como por exemplo, hidrantes manuais ou canhões fixos e móveis, os quais deverão atender as especificações e capacidades definidas nas normas e instruções técnicas dos projetos de combate a incêndios com a eficiência requerida.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os incêndios em tanques contendo líquidos inflamáveis têm ocasionado, nos últimos anos, danos de grande monta em instalações industriais e, em particular, em terminais de armazenamento dessas substâncias.

As operações de combate a essas situações emergenciais se demonstram bastante desgastantes e de alto risco para as equipes de resposta, requerendo diferentes estratégias e, na grande maioria dos casos, recursos humanos qualificados e equipamentos compatíveis com os cenários apresentados.

Os Estudos de Análise de Riscos, considerados como importantes instrumentos para subsidiar a elaboração de Planos de Emergência e as estratégias de combate, devem considerar os aspectos relacionados tanto com a eficiência do combate ao fogo, como a integridade física dos brigadistas; assim, se espera que esse trabalho possa contribuir para a revisão dos critérios empregados nesses estudos no tocante aos parâmetros requeridos nas simulações dos efeitos físicos associados aos incêndios, de forma que os procedimentos emergenciais e os equipamentos de combate possam ser adequadamente avaliados e implementados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MANSOUR, K. A. Fire in large atmospheric storage tanks and their effects on adjacent areas. Loughborough University, UK, 2012.
- [2] VROM. Guidelines for quantitative risk assessment: Purple Book, CPR 18E. the Netherlands, 2005.
- [3] CETESB. Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência. Norma técnica P4.261/2011, 2ª Ed., São Paulo, 2014.
- [4] TSAO, C. K. & PERRY, W. W. Modifications to the vulnerability model: a simulation system for assessing damage resulting from marine spill. Coast Guard, USA, 1979.
- [5] FOSTER, J. A. & ROBERTS, G. V. Measurements of the firefighting environment. Research Report Number 61. Central Fire Brigades Advisory Council, Scotland, 1994.
- [6] CCPs. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Ed. American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.
- [7] DNV-GL. Process Hazard Analysis Software Tools (PHASt). Vs. 6.7.