

VURDERING AV RISIKO VED ANLEGG FOR FARLIG STOFF

Vedlegg 7 - Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap

Rapportnr.: 2018-1200, Rev. 1

Dokumentnr.: 244734

Dato: 2019-06-28



Prosjektnavn: Vurdering av risiko ved anlegg for farlig stoff DNV GL Oil&Gas
Rapporttittel: Vedlegg 7 - Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg
Oppdragsgiver: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
Kontaktperson: Jan G. Røed
Dato: 2019-06-28
Prosjektnr.: 10126190
Org. enhet: O-NR-SRMH
Rapportnr.: 2018-1200, Rev. 1
Dokumentnr.: 244734

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse:

Utført av: Verifisert av: Godkjent av:

Børre Johan Paaske
Group Leader

Audun Brandsæter
Senior sjefsingeniør

Marianne Hauso
Seksjonsleder

Hans Kristian Norum Eidesen
Konsulent

Olivier Baldan
Avdelingsleder

[Name]
[title]

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2019. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. *
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

Nøkkelord:

Sikkerhet, diesel, bensin, drivstoff

*Distribusjonsliste:

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2019-04-03	For kommentering	HANNORU, OBAL	BRAND	MHAUS
0	2019-06-07	Oppdatert etter kommentarer og tilleggsarbeid	HANNORU, OBAL	BRAND	MHAUS
1	2019-06-28	Oppdatert etter kommentarer og tilleggsarbeid	HANNORU, BJP	BRAND, OBAL	MHAUS

Innholdsfortegnelse

1	INTRODUKSJON	1
2	BESKRIVELSE AV ANLEGGET	1
2.1	Systembeskrivelse	1
2.2	Sikkerhetssystemer	3
3	METODIKK	3
3.1	Fareidentifikasjon	3
3.2	Frekvensanalyse	3
3.3	Konsekvensanalyse	6
3.4	Modellering av feilsannsynligheter for identifiserte scenarier	6
4	EGENSKAPER OG FARER	8
4.1	Diesel	8
4.2	Bensin	8
4.3	Vurderte farer	9
5	SIKKERHETSAVSTANDER	9
5.1	Sikkerhetsavstander for tank med enkel vegg	9
5.2	Sikkerhetsavstander for tank med dobbelt vegg	13
5.3	Sikkerhetsavstand med redusert hullstørrelse for store lekkasjer	15
6	RELEVANTE USIKKERHETER	17
7	REFERANSER	18

1 INTRODUKSJON

Dette vedlegget beskriver risikovurderingene som er gjort for å etablere sikkerhetsavstander for overgrunns drivstoffanlegg.

Risikoanalysen omfatter ulykker relatert til utslipp av diesel og bensin som kan medføre akutt fare for naboer og andre som oppholder seg i omkringliggende områder (3. part) rundt et slikt anlegg. Risiko for personell som arbeider eller av annen grunn oppholder seg ved anlegget, er dermed ikke eksplisitt vurdert i denne analysen.

2 BESKRIVELSE AV ANLEGGET

Modellering omfatter modellering av representativt overgrunns drivstoffanlegg, etter innspill fra DSB og leverandør av slike anlegg.

Anlegget er modellert på flat mark, uten bygninger eller topografi som representeres vesentlige obstruksjoner

2.1 Systembeskrivelse

Anlegget omfatter følgende hovedenheter og operasjoner:

- Fylling av drivstofftanker med fylleslange fra tankbil
- fyllepumpe for bensin på anlegget (diesel fylles med pumpe på bilen).
- lagertank bensin
- lagertank diesel
- overføringslinjer og dispenser/fyllestasjon med integrert pumpe for hhv. diesel og bensin.

Typiske anlegg har et samlet volum på

- 30 m³, med fordeling 20 m³ diesel og 10 m³ bensin.
- 50 m³, med 30 m³ diesel og 20 m³ bensin.

Anleggene har et fotavtrykk på hhv 3 m x 12 m og 3 m x 17 m.

Fyllefrekvens av tanken settes til 1 gang per uke fra tankbil per drivstofftank,

Diesel fylles til lagertank med bilens pumpe, pumpe rate fra 300-700 l/min, og 700 l/min er benyttet i analysen.

Bensin fylles til lagertank med pumpe på tank (bilen er avslått), her er det to opsjoner, 500 eller 1000 l/min. I analysen er 1000 l/min benyttet.

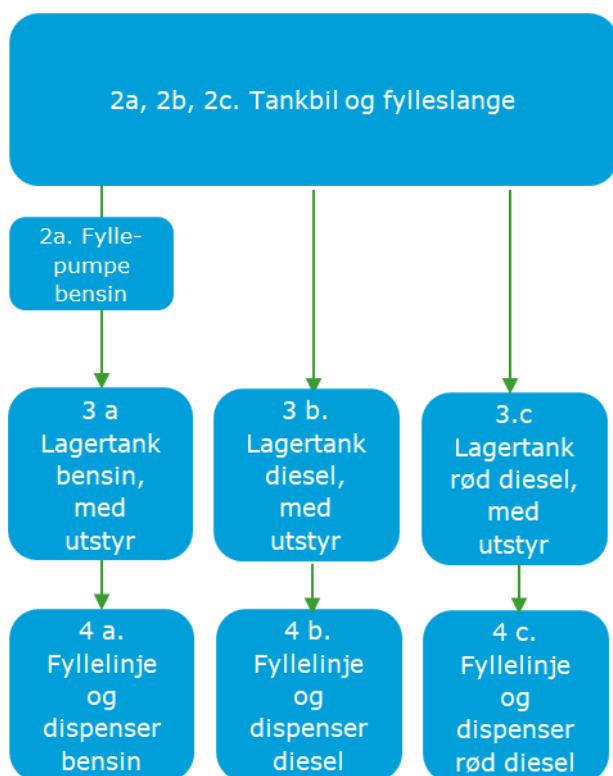
Trykk i tank-fyllelinjene er satt til 2 barg, men de er kun trykksatt og væskefylt under tankfylling. Trykk i pumpelinjen er satt til 3 barg. Linjen frem til bensinpumpen antas kontinuerlig trykksatt.

Det er forutsatt 100 fyllinger av personbiler per døgn fordelt likt mellom bensin og diesel. Ved fylling av stor lastebil/trailer vil frekvensen for fylling fra tank reduseres noe. Modelleringen gjenspeiler fylling av personbiler. Fyllerate er satt til 50 l/min, med tankstørrelse 70l som er et konservativt anslag.

Følgende parametervariasjoner er gjort for tankvolum 30 m³ og 50 m³:

- Hyppighet fylling fra tankbil; ukentlig og hver 14. dag
- Hyppighet tanking til kjøretøy; fylling av hhv 100 biler per døgn og 50 biler per døgn

Flyt-skjema for de forskjellige isolerbare seksjonene av anlegget er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 Flyt-skjema for anleggsdelene, nummerering viser til isolerbare seksjoner i Tabell 3-1.

Tabell 2-1 inneholder mengder og trykk per segment i anlegget, for et 30 m³ anlegg.

Tabell 2-1 Mengder og trykk per segment, 30 m³ anlegg.

Segment nr.	Segmentnavn	Trykk (barg)	Volum (m ³)	Masse (kg)
1	Tankbil	1		36 000
2a	Fylleslange - bensin	2	0,023	16
2b	Fylleslange – diesel	2	0,023	17
2c	Fylleslange - rød diesel	2	0,023	17
3a	Tank med utstyr - bensin	1	10	7200
3b	Tank med utstyr – diesel	1	10	7450
3c	Tank med utstyr- rød diesel	1	10	7450
4a	Fyllelinje – bensin dispenser	3	0,03	18
4b	Fyllelinje – diesel dispenser	3	0,03	19
4c	Fyllelinje – diesel rød dispenser	3	0,03	19

2.2 Sikkerhetssystemer

Følgende sikkerhetssystemer er gjenspeilet i analysen:

Lagertankene kan være dobbeltveggede, slik at lekkasjer i innertanken fanges opp i yttertanken, eller enkeltveggede. Begge typer tanker er vurdert i analysen. Ellers er det ingen oppsamling av lekkasjer utenfor anleggsdelene. Alle tilkoblinger på tankene er på tanktoppen, det er ingen gjennomføringer på undersiden av tankene.

Det er anti-hevert ventil på topp av tankene, slik at tankene ikke kan tømmes dersom det blir brudd i utløpslinje. Det er slangebruddsventil på selve fyllestasjonen.

Overfyllingsvern:

- Bensin:
 - Automatisk elektronisk (flotør og ultralyd) og mekanisk (flotør og ventil/føler),
 - Overfyllingsvern i bilen.
 - Dersom bensintanken er over 10 m³ er det i tillegg overfyllingsvern i lufterøret til tanken.
- Diesel: Sikring på bilen og mekanisk vern på tank.

3 METODIKK

3.1 Fareidentifikasjon

Fareidentifikasjon er den første og viktigste delen av en risikoanalyse. Formålet med fareidentifikasjonen er å identifisere alle forhold som kan lede til en uønsket hendelse.

I fareidentifikasjonen er det tatt utgangspunkt i risikoanalyser utført av DNV GL tidligere, i tillegg til dialog med DSB og en anleggsleverandør. Mulige farehendelser som kan medføre antennebare lekkasjer av bensin og diesel ved anlegget er inkludert i den videre analysen. Videre er farehendelser der en eventuell brann vil kunne gi farlige effekter rundt anlegget, inkludert i den videre analysen.

3.2 Frekvensanalyse

For hver av de definerte farehendelsene, der dette er mulig, beregnes lekkasjefrekvenser basert på utstyrstillinger på mottatte tegninger og lekkasjestatistikk for tilsvarende komponenter i tilgjengelige lekkasjefrekvensdatabaser.

Lekkasjefrekvensen fra prosessutstyr er fordelt på følgende størrelseskategorier:

Lekkasjestørrelse	Representativ hullstørrelse (mm)	Representativ for hullstørrelses-intervall (mm)
Stor	To variasjoner: 35 og 40	>25
Medium	15	10-25
Liten	5	1-10

Den viktigste kilden har vært UK Health and Safety Executive's databaser (HCRD – Hydro Carbon Release Database) /10/, som benyttes i DNV GLs verktøy LEAK. For deler av prosessen hvor tegninger ikke har vært tilgjengelig er det gjort antakelser om antall og type utstyrsenheter basert på informasjon fra leverandør.

For selve lagertankene er det benyttet lekkasje-frekvens fra VROMs «Purple Book», , ref./5/, for hhv enkeltvegget og dobbeltvegget tank. For den dobbeltveggede tanken er det kun modellert lekkasjer som gir utslipp til omgivelsene, og lekkasjer til sekundær-tankene er ikke modellert. Dette gir kun lekkasjer i kategori «stor» for dobbeltvegget tank. For enkeltvegget tank gir disse dataene lekkasjer i kategori «stor» og «medium». Totalt sett for anlegget er det liten forskjell i lekkasjefrekvens til atmosfære for anlegg med enkeltvegget og dobbeltvegget tank basert på data fra Purple Book. For store lekkasjer gir enkeltvegget tank en økning i lekkasjefrekvens på ca 1% for anlegget som helhet, og for medium lekkasjer på ca 4%. Sannsynligheten for å få fullt brudd på lagertankene er svært lav, og modellers ikke som en separat hendelse, men legges til frekvensen for store lekkasjer.

For lekkasje under fylling fra tankbil til drivstoff-anlegget brukes data fra Hazardous Materials Information System (HMIS). HMIS databasen er utgitt av Department of Transportation's Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA), Office of Hazardous Materials Safety (OHMS¹).

Valget av lekkasjefrekvens er gjort ut fra DNV GLs egen gjennomgang av lekkasje- og eksponeringsdata i databasen HMIS (gjort i 2018, som en del av et annet prosjekt utført av DNV GL):

- Bensin: 3.3×10^{-6} lekkasjer per fylling
- Diesel: 1.1×10^{-6} per fylling.

Størrelsesfordeling er satt til 66% små lekkasjer og 34% slangebrudd. Små lekkasjer = 10% av slangediameter.

Lekkasjefrekvenser per isolerbart segment er gitt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Lekkasjefrekvenser per isolerbart segment, lekkasjer per år. 30 m³ anlegg, fylling fra tankbil hver uke, 100 personbiler per døgn, dobbeltvegget tank

Segment nr.	Segmentnavn		Lekkasjestørrelse, lekkasje per år.		
			Stor	Medium	Liten
2a	Fylleslange og tankbil – bensin Inkludert anleggets tank-fyllepumpe for bensin, som gir lekkasjer i medium kategori.	Med isolering	1,23E-04	1,21E-04	6,63E-04
		Uten isolering	1,24E-06	1,34E-05	7,37E-05
2b	Fylleslange og tankbil – diesel	Med isolering	1,13E-05		4,12E-05
		Uten isolering	1,14E-07		4,58E-06
2c	Fylleslange og tankbil - rød diesel	Med isolering	1,13E-05		4,12E-05
		Uten isolering	1,14E-07		4,58E-06
3a	Tank med utstyr - bensin	Med isolering	8,21E-05	5,36E-05	0,00E+00
		Uten isolering	8,30E-07	5,96E-06	1,30E-03

¹ Databasen er åpent tilgjengelig på: <https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/IncidentReportSearch/Welcome.aspx>.

3b	Tank med utstyr –diesel	Med isolering	8,21E-05	5,36E-05	0,00E+00
		Uten isolering	8,30E-07	5,96E-06	1,30E-03
3c	Tank med utstyr- rød diesel	Med isolering	8,21E-05	5,36E-05	0,00E+00
		Uten isolering	8,30E-07	5,96E-06	1,30E-03
4a	Fyllelinje – bensin dispenser	Med isolering	1,14E-04	9,30E-05	0,00E+00
		Uten isolering	1,15E-06	1,03E-05	9,74E-04
4b	Fyllelinje – diesel -dispenser	Med isolering	1,141E-04	9,299E-05	0,00E+00
		Uten isolering	1,153E-06	1,033E-05	9,738E-04
4c	Fyllelinje – diesel rød- dispenser	Med isolering	1,14E-04	9,30E-05	0,00E+00
		Uten isolering	1,15E-06	1,03E-05	9,74E-04
Totalt			1,60E-03	1,89E-03	1,34E-02

Tabell 3-2 Lekkasjefrekvenser per isolerbart segment, lekkasjer per år. 30 m³ anlegg, fylling fra tankbil hver uke, 100 personbiler per døgn, enkeltvegget tank

Segment nr.	Segmentnavn		Lekkasjestørrelse, lekkasje per år.		
			Stor	Medium	Liten
2a	Fylleslange og tankbil – bensin Inkludert anleggets tank- fyllepumpe for bensin, som gir lekkasjer i medium kategori.	Med isolering	1,23E-04	1,21E-04	6,63E-04
		Uten isolering	1,24E-06	1,34E-05	7,37E-05
2b	Fylleslange og tankbil – diesel	Med isolering	1,13E-05	-	4,12E-05
		Uten isolering	1,14E-07	-	4,58E-06
2c	Fylleslange og tankbil - rød diesel	Med isolering	1,13E-05	-	4,12E-05
		Uten isolering	1,14E-07	-	4,58E-06
3a	Tank med utstyr - bensin	Med isolering	9,10E-05	1,43E-04	0,00E+00
		Uten isolering	9,20E-07	1,59E-05	1,30E-03
3b	Tank med utstyr –diesel	Med isolering	8,21E-05	5,36E-05	0,00E+00
		Uten isolering	8,30E-07	5,96E-06	1,30E-03
3c	Tank med utstyr- rød diesel	Med isolering	8,21E-05	5,36E-05	0,00E+00
		Uten isolering	8,30E-07	5,96E-06	1,30E-03
4a	Fyllelinje – bensin dispenser	Med isolering	1,14E-04	9,30E-05	0,00E+00
		Uten isolering	1,15E-06	1,03E-05	9,74E-04
4b	Fyllelinje – diesel -dispenser	Med isolering	1,141E-04	9,299E-05	0,00E+00
		Uten isolering	1,153E-06	1,033E-05	9,738E-04
4c	Fyllelinje – diesel rød-dispenser	Med isolering	1,14E-04	9,30E-05	0,00E+00
		Uten isolering	1,15E-06	1,03E-05	9,74E-04
Totalt			1,61E-03	1,96E-03	1,34E-02

3.3 Konsekvensanalyse

Både konsekvenser og risikoberegninger er gjennomført i DNV GL Software sitt verktøy SAFETI, som modellerer konsekvenser fra utslippsmodellering, via spredningsberegning til endelig påvirkning på mennesker eller strukturer med de samme modellene som i verktøyet Phast, kombinert med en frekvensanalyse som tar hensyn til lekkasjefrekvens, tennkilder, befolkning osv. SAFETI gjør fysiske beregninger av utslipp, spredning av gass og branneffekter, men er ikke et CFD-verktøy (computational fluid dynamics). Modellen tar hensyn til forenklete vurderinger av topografi, i form av overflateruhet på bakkenivå, men reflekterer dermed ikke fysiske obstruksjoner som bygninger, fjell og eller lignende.

3.4 Modellering av feilsannsynligheter for identifiserte scenarier

3.4.1 Utslipp av brannfarlig væske

Risikoanalysen modellerer ulike hendelsesforløp etter at en uønsket hendelse, for eksempel en væskelekkasje, har inntruffet.

I en risikoanalyse benyttes hendelsestrær til å beregne relative bidrag av de forskjellige slutthendelsene som kan oppstå som følge av en uønsket hendelse.

I noen tilfeller vil lekkasjen antennes ganske umiddelbart og forårsake varmestråling. Da er vindretning av liten betydning, men kan påvirke stråleradius.

Bensin har tilstrekkelig avdamping og lavt flammepunkt til å danne gasskyer som kan antenne i normale omgivelsestemperaturer. Hvis lekkasjen ikke antennes tidlig vil gasskyen kunne vokse, og vindretningen påvirker i hvilken grad gasskyen kan medføre eksponering av omkringliggende områder. Diesel vil ved normale omgivelsestemperaturer ikke antenne uten at det er en kraftig tennkilde tilstede, som kan varme dieselen opp til flammepunktet (> 60°C).

Ved detektert lekkasje under lasting vil operatør kunne stenge pumpene ved initiering av nødstop, med følgende pålitelighet og responstider:

- Responstider nødavstengning av operatør (kun under fylling)
 - Stor og middels lekkasje: 30s
 - Liten lekkasje: 3 min
- Rør/slangebrudds-ventil under fylling av privatbil: 5s for rørbrudd. Antas å ikke stenge ved mindre lekkasjer.
- Feilsannsynligheter for nedstenging (dekker deteksjonsfeil og utstyrsfeil):
 - Operatør (når tilstede): 10%.
 - Rørbruddsventil: 1% for store lekkasjer/rørbrudd

En rask inngripen vil være mulig ved fylling dersom operatør er tilstede under hele lossingen og ikke forhindres fra å gripe inn. Ved andre lekkasjer viser erfaring fra tilsvarende anlegg at det kan ta lang tid før nedstengning initieres, særlig for anlegg uten gassdeteksjon eller utløsning av automatisk nedstengning. Dersom man ikke lykkes i å aktivere nødstop vil lekkasjen kunne fortsette helt til tankbilen er tom for drivstoff. Tilsvarende vil gjelde for andre deler av systemet hvor lekkasjer isoleres ved nødstop eller en automatisk sikkerhetsfunksjon.

3.4.2 Modellering av tennsannsynlighet

I en risikoanalyse er tennsannsynlighet en viktig parameter, og angir hvor sannsynlig det er at en gassky antenner, gitt at en lekkasje har funnet sted. Et utslipp som ikke antenner, vil ikke ha skadelige effekter utenom potensielle gifteffekter, mens et antent utslipp vil kunne gi direkte brannskader eller skader på grunn av varmestråling. Antennning av store gasskyer vil også kunne gi eksplosjonsovertrykk.

I risikoanalysen skiller man derfor også mellom umiddelbar og forsinket antennelse. Dette fordi man ved en forsinket antennelse vil kunne ha en brennbar gassky av betydelig størrelse og derfor et større skadepotensial enn ved umiddelbar antennelse.

Sannsynligheten for umiddelbar antennelse av bensinlekkasjer er satt til 0.065, basert på data i Purple-book, ref. /5/.

Forsinket antennelse oppstår ved at en aktiv tennkilde eksponeres for brennbar gass. I denne risikoanalysen er, som nevnt tidligere, DSB sine retningslinjer fulgt, ref. /8/. I disse retningslinjene argumenteres det for at tennsannsynligheten utenfor anleggets område skal settes til 1. Dette betyr at det for alle scenarier hvor en antennbar konsentrasjon av gass kan spres utenfor anleggsområdet, skal det antas at den forsinkede tennsannsynligheten er 1 (gitt at umiddelbar antennning ikke har funnet sted). Med de små størrelsen på anleggene som vurderes i denne analysen samt at et det vil være 3. parts aktivitet helt inn mot anleggsdelene for et slikt fyllanlegg, er det antatt at alle lekkasjer som ikke antenner umiddelbart, antenner ved største utstrekning av antennbar skystørrelse.

Diesel har en vesentlig lavere tennsannsynlighet enn bensin for de aktuelle temperaturene. For diesel-lekkasjer er det derfor valgt å benytte generiske tennsannsynligheter for diesel fra OGP Risk Assessment Data Directory, ref. /11/. Det er «Curve 30 - Tank Liquid - diesel fuel oil» som er benyttet, med umiddelbar tennsannsynlighet på 0.001. Forsinket antennelse er i «Curve 30» i størrelse 0.0001 (små lekkasjer) til 0.0014 (stor lekkasje).

3.4.3 Modellering av effekter på befolkning

Dersom en lekkasje antennes kan mennesker bli utsatt direkte for flammer, eller indirekte for varmestråling fra en brann.

For en antent gassky (flash fire), benyttes en enkel grenseverdi som kriterium for dødsfall. Hvis varmestråling ved farehendelsen overstiger det definerte nivået på et vilkårlig punkt, vil personer som er eksponert omkomme. Sannsynlighet for dødsfall vil tilsvare sannsynlighet for eksponering for varmestråling over grenseverdien.

Effektsonene for stråling fra en væskedamsbrann er modellert som et sett med ellipser. Ellipsene dekker en rekke dødelighetsnivåer, beregnet fra strålingsintensitet og eksponeringstid. Det brukes en probitfunksjon for å estimere en sammenheng mellom de fysiske effektene av brann og sannsynligheten for dødsfall.

Dødsfalls sannsynlighet ved eksponering for varmestråling settes ut fra TNOs probitfunksjon for fatalitetsrate, ref. /5/. Sannsynlighet for død ved eksponering for varmestråling fra en enkelthendelse kan uttrykkes med en probitfunksjon som estimerer sannsynlighet for død basert på mottatt dose uttrykt ved varme fluks (Q) og varighet (t):

- $Pr(C,t) = A + B \ln(Q^t)$ (1)
- Der

- Q = varmefluks, (kW/m²) hentet fra brannmodellen
- t = varighet i minutter, også fra brannmodellen
- Probitfunksjonens parametere for effekt av varmestråling benytter Purple book sine probitkonstanter, ref. /5/.
 - $A = -36,38$
 - $B = 2,56$
 - $n = 4/3$

Dersom en "pøl" av brennbar væske antenner, vil det resultere i en såkalt pølbrann. En pølbrann har normalt en lavere gjennomsnittlig strålingsintensitet til omgivelsen pr.m² flammeoverflate, enn en jetbrann. Dette skyldes først og fremst en mindre effektiv forbrenning i væskepøler med stor diameter (>3-5 meter) fordi brannen ikke suger nok luft til å underholde forbrenningen. Dette reduserer flammemetemperaturen, samtidig som ufullstendig forbrenning (soting) vil skjerme omgivelsene fra flammen.

Gasskybrann er typisk som følge av forsinket antennelse av lekkasje av væske med betydelig avdamping. Etter en forsinket antennelse vil den kortvarige effekten (gasskybrannen) kunne brenne tilbake og gi en pølbrann (væskelekkasjer).

4 EGENSKAPER OG FARER

4.1 Diesel

Diesel er kategorisert som brannfarlig. Lekkasje av diesel vil danne en væskedam ved de trykkene som er på fyllestasjonen. Det vil være liten avdamping fra væskepølen, og diesel vil ved normale omgivelsestemperaturer ikke antenne uten at det er en kraftig tennkilde tilstede, som kan varme diesel opp til flammepunktet (> 60°C). Dieseldamp kan i blanding med luft gi eksplosive blandinger.

Ved de aktuelle trykk i anlegget er jetbrann lite relevant. Ved forbrenning dannes det skadelig forbrenningsprodukter som karbonmonoksid, karbondioksid og svoveldioksid.

Diesel er giftig ved svelging om det kommer ned i luftveiene, og kan være kreftfremkallende.

Diesel er sammensatt av hydrokaborer i væskeform med kokepunkt i intervallet 170-390 °C, og i analysen er diesel modellert som oktan.

4.2 Bensin

Bensin er kategorisert som ekstremt brannfarlig. Lekkasje av bensin vil danne en væskedam ved de trykkene som er fyllestasjonen. Avdamping fra væskepølen vil gi en gassky som er tyngre enn luft, og som kan spre seg til antennelseskilder. Bensindamp kan i blanding med luft ved antennelse gi eksplosjoner. Etter tilbakebrenning til væskepølen vil det dannes en pølbrann. Ved de aktuelle trykk i anlegget er jetbrann lite relevant. Ved forbrenning dannes det skadelig forbrenningsprodukter som karbonmonoksid, karbondioksid og svoveldioksid. Eksplosjonsgrensene for bensindamp er 1 – 8 volum-%.

Bensin er akutt giftig ved svelging om det kommer ned i luftveiene, og kan være kreftfremkallende. Eksponering for bensindamp kan gi dødsighet eller svimmelhet.

Bensin er sammensatt av lettantennelige hydrokarboner i væskeform, og i analysen er bensin modellert som heptan.

4.3 Vurderte farer

4.3.1 Utslipp ved fylling av lagertank

Utslipp i forbindelse med fylling av lagertankene er en av de største farene knyttet til drivstoffanlegget. Her overføres drivstoff via en slange til lagringstanken. Raten ved lossing er oppgitt å være ca. 12-17 liter drivstoff per sekund. En lekkasje som ikke oppdages ved lossing vil dermed raskt føre til et relativt stort utslipp. Nødstopp fra operatør og overfyllingsvern på tankene skal redusere sannsynligheten for at slike lekkasjer varer over en lengre tid.

4.3.2 Utslipp fra lagertank og under fylling til kjøretøy

Lagertanken er atmosfærisk, med unntak av fylling av tank og overføring til drivstoffpumpe under fylling til kjøretøy. Alle gjennomføringer og lekkasjepunkter for tanken er på oversiden av tanken, slik at lekkasjer i rørføringer, instrumentkoblinger og ventiler kun vil skje når drivstoff pumpes til eller fra tanken.

Lekkasjer vil pga. de lave trykkene danne væskepøler. Avdamping av bensin kan gi gassky som gir påfølgende eksplosjon ved antennelse. Diesel gir liten avdamping, og regnes kun å gi en lokal pølbrann ved utslippspunktet.

Lekkasjer under fylling av privatbiler vil være begrenset av små dimensjoner, lave trykk, korte rørlengder samt slangebruddsventiler på fyllepumpen. I tillegg er det anti-hevert funksjon på rørføringene ut av tanken, som begrenser tilgjengelig volum som kan lekke ut ved fullt brudd på overføringslinje til fyllepumpen.

Det er ikke vurdert effekt av ekstern oppvarming av lagertanken som følge av en omsluttende brann. Tanker som er dobbeltvegget, er vurdert å gi noe bedre motstand mot ekstern oppvarming enn enkeltvegget tank.

5 SIKKERHETSAVSTANDER

Dette kapitlet gir sikkerhetsavstander beregnet ut fra risikomodellen for anlegget. Sikkerhetsavstanden er definert som avstanden til risikokonturene for de tre nivåene for årlig individuell dødsfallrisiko:

- 10^{-7} (ytre sone)
- 10^{-6} (midtre sone)
- 10^{-5} (indre sone).

Sikkerhetsavstanden er beregnet fra midtpunktet i anlegget.

Indre, midtre og ytre sone refererer til DSBs soner med oversikt over hvilke tiltak eller type aktiviteter og objekter som er tillatt innenfor de forskjellige sonene, /8/.

5.1 Sikkerhetsavstander for tank med enkel vegg

Resultatene for aktuelle sikkerhetsavstander er gitt i Tabell 5-1 til Tabell 5-4 nedenfor. Som det fremgår av tabellene gir mindre tankstørrelse og lavere frekvens for fylling kun en mindre reduksjon i sikkerhetsavstandene.

Tabell 5-1 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 30 m³, fylling fra tankbil hver uke

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	9	14	18
Fylling av 50 biler per døgn	9	13	16

Tabell 5-2 Sikkerhetsavstand for drivstoffanlegg, 30 m³, fylling fra tankbil hver 14. dag

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	9	14	17
Fylling av 50 biler per døgn	9	11	15

Tabell 5-3 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 50 m³, fylling fra tankbil hver uke

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	10	14	18
Fylling av 50 biler per døgn	9	13	17

Tabell 5-4 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 50 m³, fylling fra tankbil hver 14. dag

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	10	14	17
Fylling av 50 biler per døgn	9	12	16

Tabell 5-5, Tabell 5-6 og Tabell 5-7 gir hovedbidragsyterne til hhv. indre, midtre og ytre sone for anlegg med enkeltvegget tank. Det er store lekkasjer fra fylleslange inkludert anleggets bensin-fyllepumpe under fylling av bensin som er største bidragsyter til risiko.

Tabell 5-5 Hovedbidragsytere for indre sone, 30 m³ tank, fylling en gang hver uke, 100 biler per dag.

Segment no.	Segmentnavn	Fase	Lekkasjestørrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Medium	Ja	24.8
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Stor	Ja	17.9
4a	Fyllelinje og dispenser - Bensin	Væske	Medium	Ja	17.9
4a	Fyllelinje og dispenser - Bensin	Væske	Stor	Ja	15.6
3b	Lagertank med utstyr-diesel	Væske	Liten	Nei	6.3
3c	Lagertank med utstyr-diesel - Rød	Væske	Liten	Nei	6.3
2b	Fylleslange og tankbil - diesel	Væske	Stor	Ja	3.4
2c	Fylleslange og tankbil - rød diesel	Væske	Stor	Ja	3.4

Tabell 5-6 Hovedbidragsytere for midtre sone, 30 m³ tank, fylling en gang hver uke, 100 biler per dag.

Segment no.	Segmentnavn	Fase	Lekkasjestørrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Medium	Ja	30.8
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Stor	Ja	28.6
4a	Fyllelinje og dispenser - bensin	Væske	Medium	Ja	19.8
2b	Fylleslange og tankbil - diesel	Væske	Stor	Ja	9.4
2c	Fylleslange og tankbil - diesel -Rød	Væske	Stor	Ja	9.4

Tabell 5-7 Hovedbidragsytere for ytre sone, 30 m³ tank, fylling en gang hver uke, 100 biler per dag.

Segment	Segmentnavn	Fase	Lekkasje-	Isolering	Risikobidrag
---------	-------------	------	-----------	-----------	--------------

no.			størrelse	(J/N)	
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Stor	Ja	41.3
2b	Fylleslange og tankbil - diesel	Væske	Stor	Ja	26.3
2c	Fylleslange og tankbil - diesel Rød	Væske	Stor	Ja	26.3
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Medium	Ja	5.4

5.2 Sikkerhetsavstander for tank med dobbelt vegg

Resultatene for aktuelle sikkerhetsavstander for anlegg med dobbeltveggede tanker er gitt i Tabell 5-8, Tabell 5-9, Tabell 5-10 og Tabell 5-11 nedenfor. Som det fremgår av tabellene gir dobbeltvegget tank kun en liten reduksjon, sammenliknet med enkeltvegget tank. Årsaken til at det er liten forskjell i utstrekning av sikkerhetsavstandene for anlegg med dobbelt- og enkeltveggede tanker er at frekvensbidraget fra lekkasjer i tankene er små, sammenliknet med øvrige bidragsyttere.

Tabell 5-8 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 30 m³, fylling fra tankbil hver uke

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	9	13	17
Fylling av 50 biler per døgn	8	12	15

Tabell 5-9 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 30 m³, fylling fra tankbil hver 14. dag

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	9	13	16
Fylling av 50 biler per døgn	8	10	14

Tabell 5-10 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 50 m³, fylling fra tankbil hver uke

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	10	13	17
Fylling av 50 biler per døgn	9	12	16

Tabell 5-11 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 50 m³, fylling fra tankbil hver 14. dag

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	10	14	17
Fylling av 50 biler per døgn	9	11	16

Tabell 5-12, Tabell 5-13 og Tabell 5-14 gir hovedbidragsyterne til hhv. indre, midtre og ytre sone for anlegg med dobbeltvegget tank. Det er store lekkasjer fra fylleslange inkludert anleggets bensin fyllerpumpe under fylling av bensin som er største bidragsyter til risiko.

Tabell 5-12 Hovedbidragsytere for indre sone, 30 m³ tank, fylling en gang hver uke, 100 biler per dag.

Segment no.	Segmentnavn	Fase	Lekkasjestørrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Medium	Ja	24.8
2a	Fylleslange og tankbil_Bensin	Væske	Stor	Ja	17.9
4a	Fyllelinje og dispenser - Bensin	Væske	Medium	Ja	17.9
4a	Fyllelinje og dispenser - Bensin	Væske	Stor	Ja	15.6
3b	Tank med utstyr- diesel	Væske	Liten	Nei	6.3
3c	Tank med utstyr- diesel - Rød	Væske	Liten	Nei	6.3
2b	Fylleslange og tankbil - diesel	Væske	Stor	Ja	3.4
2c	Fylleslange og tankbil - rød diesel	Væske	Stor	Ja	3.4

Tabell 5-13 Hovedbidragsyttere for midtre sone, 30 m³ tank, fylling en gang hver uke, 100 biler per dag.

Segment no.	Segmentnavn	Fase	Lekkasjestørrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Medium	Ja	30.8
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Stor	Ja	28.6
4a	Fyllelinje og dispenser – bensin	Væske	Medium	Ja	19.8
2b	Fylleslange og tankbil - diesel	Væske	Stor	Ja	9.4
2c	Fylleslange og tankbil - diesel - Rød	Væske	Stor	Ja	9.4

Tabell 5-14 Hovedbidragsyttere for ytre sone, 30 m³ tank, fylling en gang hver uke, 100 biler per dag.

Segment no.	Segmentnavn	Fase	Lekkasjestørrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Stor	Ja	41.3
2b	Fylleslange og tankbil - diesel	Væske	Stor	Ja	26.3
2c	Fylleslange og tankbil - diesel Rød	Væske	Stor	Ja	26.3
2a	Fylleslange og tankbil - Bensin	Væske	Medium	Ja	5.4

5.3 Sikkerhetsavstand med redusert hullstørrelse for store lekkasjer

Det er gjort en variasjon hvor representativ hullstørrelse for store lekkasjer er redusert fra 40 mm til 35 mm. Variasjonen er gjort på anlegg med enkeltvegget tank. Redusert hullstørrelse gir litt kortere utstrekning av risikokonturene.

Tabell 5-15 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 30 m³, fylling fra tankbil hver uke

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	9	14	17
Fylling av 50 biler per døgn	8	13	16

Tabell 5-16 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 30 m³, fylling fra tankbil hver 14. dag

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	9	13	17
Fylling av 50 biler per døgn	8	12	16

Tabell 5-17 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 50 m³, fylling fra tankbil hver uke

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	10	14	18
Fylling av 50 biler per døgn	9	13	17

Tabell 5-18 Sikkerhetsavstand for overgrunns drivstoffanlegg, 50 m³, fylling fra tankbil hver 14. dag

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av 100 biler per døgn	10	13	17
Fylling av 50 biler per døgn	9	12	16

6 RELEVANTE USIKKERHETER

Risiko defineres ofte som en kombinasjon av sannsynlighet for og konsekvens av uønskede hendelser, men begrepet kan tolkes langt videre. I denne analysen er risikoen fremstilt som årlige sannsynligheter (frekvenser) for dødsfall relatert til håndtering av bensin og diesel. En tolkning av hva risiko egentlig innebærer er at risiko knyttet til en aktivitet er kombinasjonen av mulige fremtidige hendelser og deres konsekvenser, og tilhørende usikkerhet, ref. /7/. Resultatene av risikoanalysen, og dermed de resulterende sikkerhetsavstandene ovenfor, må derfor vurderes i lys av usikkerheten i beregningene og vurderingene som er gjort. Usikkerheten kan være knyttet til antakelser, forenklinger og begrensninger i modellene, kunnskapsgrunnlaget som benyttes, eller til omfanget av risikoanalysen.

Når det modelleres at alle skyer som når utenfor anlegget antenner, vil tidsfaktoren ikke påvirke antennessannsynligheten. Dette betyr at en stor sky - men med kort eksponering av mulige tennkilder fordi lekkasjen raskt stenges ned - vil ha like høy sannsynlighet for antennelse som en lekkasje som ikke stenges og dermed eksponerer mulige tennkilder over lengre tid. Den risikoreduserende effekten av rask nødavstengning blir da ikke reflektert. Tidsfaktoren har i realiteten stor betydning for tennsannsynligheten. I forhold til sannsynlighet for antenning skiller ikke analysen i tennsannsynlighet mellom bensinlekkasjer som medfører svært store gasskyer og hendelser som gir skyer som kun dekker området i umiddelbar nærhet til fyllestasjonen. Analysen er konservativ med tanke på antente effekter av bensinlekkasjer, siden disse er modellert med tennsannsynlighet = 1.

Analysen gir en grov representasjon av et representativt anlegg. Variasjoner i tankvolumer, utstyrsmengder, dimensjoner på rør, operasjon og plassering vil kunne påvirke resultatene. Parametervariasjonene som er gjort gir grunnlag for å si noe om betydning av slike variasjoner. Usikkerhet i antakelser er knyttet til bruk av lekkasjefrekvenser, tilstedeværelsen av ulike tennkilder i anlegget, befolkning og trafikk i nærområdet osv.

Aktiviteter rundt anlegget og plasseringen av det vil kunne påvirke både sannsynligheten for et uhell og forløpet av en lekkasje. Analysen dekker ikke eksternt forårsakede hendelser spesifikt, som påkjørsler av kjøretøy eller skader ifm. anleggsarbeid i området rundt tankene. Frekvensunderlaget fra Purple Book og HCRD dekker i utgangspunktet også eksternt forårsakede hendelser, og med utgangspunkt i dette forutsettes det at denne type hendelser er vurdert og forebygget med utgangspunkt i stedlige forhold.

7 REFERANSER

- /1/ HSE (2012). Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments. Health and Safety Executive, UK.
- /2/ Shell Global Solutions, LNG Hose Failure Probability, SR.14.11.417
- /3/ JIP Ignition Modelling, Time Dependent Ignition Probability Model, Joint Industry Project – DNV, Scandpower, et al. DNV Report No. 96-3629, Rev. 4, 1998-02
- /4/ Sandia National Laboratories (2011). Recommendations on the Prediction of Thermal Hazard Distances from Large Liquefied natural Gas Pool Fires on Water for Solid Flame Models. Sandia Report SAND2011-9415
- /5/ VROM, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Netherlands. (2005). Purple Book Guidelines for quantitative risk assessment. den Haag: PUBLICATIEREEKS GEVAARLIJKE STOFFEN
- /6/ DNV (2008). Offshore QRA Standardised Hydrocarbon Leak Frequencies. Report no. 2008-1768
- /7/ Aven, T. (2011). The risk concept – historical and recent development trends. Reliability Engineering and System Safety 99 (2012) 33–44
- /8/ DSB (2013). Sikkerheten rundt anlegg som håndterer brannfarlige, reaksjonsfarlige, trykksatte og eksplosjonsfarlige stoffer. Kriterier for akseptabel risiko. Tilgjengelig fra: <https://www.dsb.no/rapporter-og-evalueringer/sikkerheten-rundt-anlegg-som-handterer-brannfarlige-reaksjonsfarlige-trykksatte-og-eksplosjonsfarlige-stoffer/>.
- /9/ OGP Risk Assessment Data Directory, Storage incident frequencies, Report No. 434-3, March 2010.
- /10/ UK Health and Safety Executive. (2010). UK Health and Safety Executive, Hydrocarbon Release Database.
- /11/ OGP Risk Assessment Data Directory, Ignition Probabilities, Report No. 434-6.1, March 2010.





Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.