

VURDERING AV RISIKO VED ANLEGG FOR FARLIG STOFF

Vedlegg 5 - Sikkerhetsavstand for CNG/CBG fylleanlegg for tunge og lette kjøretøy

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap

Rapportnr.: 2018-1200, Rev. 1

Dokumentnr.: 244734

Dato: 2019-07-05



Prosjektnavn: Vurdering av risiko ved anlegg for farlig stoff DNV GL Oil&Gas
Rapporttittel: Vedlegg 5 - Sikkerhetsavstand for CNG/CBG Region Norway
fylleanlegg for tunge og lette kjøretøy
Oppdragsgiver: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap ,
Kontaktperson: Jan G. Røed
Dato: 2019-07-05
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: Dette vedlegget beskriver risikovurderingene som er gjort for å etablere sikkerhetsavstander for CNG/CBG-fyllestasjon for tunge og lette kjøretøy

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

Marta Bucelli
Konsulent

[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.

*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Sikkerhet, farlig stoff, CNG, CBG

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2019-01-18	For kommentering	MARBUC, BJP HANNORU	BRAND, OBAL	MHAUS
0	2019-06-07	Oppdaterte etter kommentarer og tilleggsarbeid.	MARBUC, BJP HANNORU	BRAND, OBAL	MHAUS
1	2019-07-05	Oppdatert etter kommentarer	MARBUC, BJP HANNORU	BRAND, OBAL	MHAUS



Innholdsfortegnelse

1	INTRODUKSJON	1
2	BESKRIVELSE AV ANLEGGET	1
2.1	Systembeskrivelse	1
2.2	Oversikt over alle scenarier inkludert i analysen	2
2.3	Sikkerhetssystemer	3
3	METODIKK	3
4	CNG – EGENSKAPER OG FARER	8
4.1	Lekkasjer av CNG	8
5	SIKKERHETSAVSTANDER	9
5.1	Sikkerhetsavstander for base case	9
5.2	Sikkerhetsavstander med redusert hullstørrelse for store lekkasjer	11
6	RELEVANTE USIKKERHETER	11
7	REFERANSER	13

1 INTRODUKSJON

Dette vedlegget beskriver risikovurderingene som er gjort for å etablere sikkerhetsavstander for CNG/CBG-fyllestasjon for tunge og lette kjøretøy.

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

2 BESKRIVELSE AV ANLEGGET

Modellering av fylleanlegg er basert på mottatt P&ID for representativt anlegg, basert på NS-ISO-EN 16923, samt informasjon fra leverandør.

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

2.1 Systembeskrivelse

Anlegget omfatter følgende enheter og operasjoner:

- CNG
 - Mobile containere (4 stk, 19.3 m³, 220 bar) for tilførsel av CNG til anlegget
 - Forsyningsledning til kompressor
 - CNG-kompressor
 - CNG buffer-tanker (220 bar, 6 stk, 200 l)
 - CNG-dispenser for langtidsfylling og hurtigfylling (220 bar)

Det er to flaskebanker i CNG buffer-tanken, som hver består av tre høytrykksflasker på 200 l i ett segment. Trykk i CNG-dispenser er 220 bar.

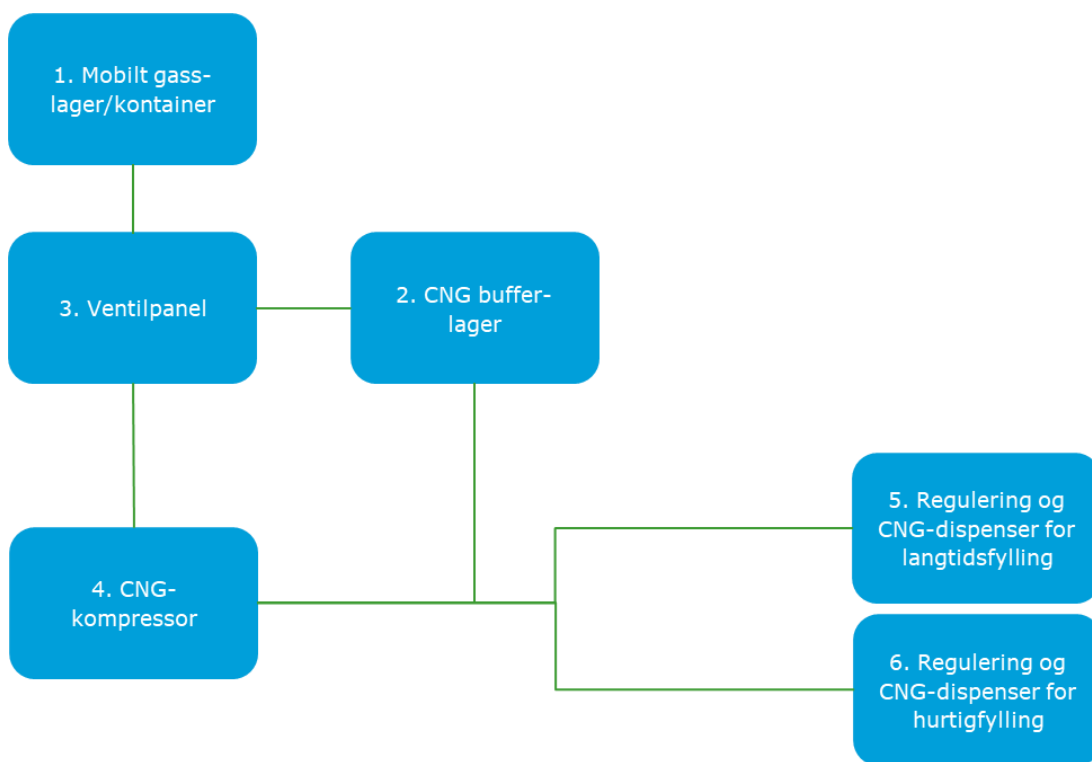
CNG-fylling til kjøretøy:

- Hurtigfylling: Fylletid er 15 minutter per fylling (hurtigfylling). Tankstørrelse på kjøretøy er 1.5 m³ og med trykk 220 bar.
- Natt: 8 timer fylletid, 1 slange per kjøretøy x 8 timer.
- Tankstørrelse på kjøretøy er satt til 1.5 m³, med trykk 220 bar.

Parametervariasjoner:

- Tankvolum mobilt lager (19.3 m³, 40 m³), natt-fylling og hurtigfylling.
 - Fylle-frekvens for kjøretøy:
 - 24 per dag
 - 11 per dag
 - 1 per dag
- Størrelse bufferlager (6 flasker og 30 flasker)

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.

2.2 Oversikt over alle scenarier inkludert i analysen

Error! Reference source not found. viser de hvilke seksjoner av anlegget det er modellert lekkasjer-scenarier for. Alle scenarier modelleres med og uten nedstenging/isolering av lekkasjen.

Tabell 2-1 Sikkerhetsavstand forbruksanlegg CNG - 19.3 m³ mobilt lager, 6 flasker i bufferlager

Segment nr.	Segment	Fase	Temperatur (oC)	Trykk (Barg)	Mengde (kg)
1	Mobilt lager	Gass	15,00	220,00	3379
2	Gasslager	Gass	15,00	225,00	109
3	Ventilpanel	Gass	15,00	220,00	44
4	CNG-kompressor	Gass	15,00	220,00	88
5	Regulering og dispensere for bussfylling	Gass	15,00	220,00	55
6	Regulering og dispensere for fylling av tynge kjøretøy.	Gass	15,00	220,00	44

2.3 Sikkerhetssystemer

Følgende sikkerhetssystemer er reflektert i analysen:

Gassdeteksjon, som ved detektert lekkasje vil stenge ned og isolere anleggsdelene ved initiering av Emergency Shutdown (ESD) og Process Shutdown (ved stengning av ESD og PSD-ventiler). Tanker, kompresser og dispenser er forutsatt å kunne isoleres.

Det er slangebruddventil på CNG-dispenser.

Pumper, kompressorer og flaskebatteri er plassert i containere med mekanisk ventilasjon og eksplosjonspaneler.

Anleggsområdet er omkranset av gjerde og har dimensjoner 15mx15m.

Innenfor anleggsgjerdet er det benyttet EX-beskyttet- utstyr.

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 gjennomført et arbeidsmøte med DSB og en anleggsleverandør, samt at det er tatt utgangspunkt i risikoanalyser utført av DNV GL tidligere. Mulige farehendelser som kan medføre antennbare konsentrasjoner av naturgass utenfor anlegget er inkludert i den videre analysen. Videre er farehendelser der en eventuell brann eller eksplosjon vil kunne gi farlige effekter utenfor 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 mottatt P&ID og lekkasjestatistikk for tilsvarende komponenter i tilgjengelige lekkasjefrekvensdatabaser. Den viktigste kilden har vært UK Health and Safety Executive's databaser (HCRD – Hydro Carbon Release Database), ref. /10/, som benyttes i DNV GLs verktøy LEAK. For deler av prosessen hvor P&ID'er ikke har vært tilgjengelig er det gjort antakelser om antall og type utstyrsenheter i dialog med DSB og leverandør.

For selve CNG-tanken samt CNG høytrykksflasker i buffer-lageret er det benyttet lekkasjefrekvens fra OGP Risk Assessment Data Directory, ref. /9/, hhv. «Pressurized storage Vessel» og «Small containers» Frekvensen for fullt brudd på tankene er lagt til frekvensen for store lekkasjer, slik at fullt brudd er ikke modellert som en spesifikk hendelse.

Lekkasjefrekvensen fra prosessutstyr er fordelt på følgende størrelseskategorier:

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

Tabell 3-1 viser beregnet lekkasjefrekvens for de forskjellige isolerbare segmentene i anlegget per år.

Tabell 3-1 Lekkasjefrekvenser per segment i anlegget, per år.

Segment nr.	Segmentnavn		Lekkasjestørrelse		
			Stor	Medium	Liten
1	Mobilt lager	Med isolering	3,00E-05	1,12E-03	0,00E+00
		Uten isolering	3,33E-06	1,25E-04	1,04E-02
2	Gasslager	Med isolering	5,40E-07	1,13E-04	0,00E+00
		Uten isolering	6,00E-08	1,25E-05	7,57E-03
3	Ventilpanel	Med isolering	0,00E+00	4,36E-03	0,00E+00
		Uten isolering	0,00E+00	4,84E-04	3,18E-02
4	CNG-kompressor	Med isolering	0,00E+00	3,52E-02	0,00E+00
		Uten isolering	0,00E+00	3,91E-03	2,36E-01
5	Regulering og utstyr for langtidsfylling	Med isolering	0,00E+00	3,19E-02	0,00E+00
		Uten isolering	0,00E+00	3,55E-03	1,46E-01
6	Regulering og dispenser hurtigfylling	Med isolering	0,00E+00	3,18E-02	0,00E+00
		Uten isolering	0,00E+00	3,53E-03	1,43E-01
Totalt			3,39E-05	1,16E-01	5,75E-01

Dimensjonene av prosessutstyret på anlegget er mindre enn eller lik DN25, med unntak av lagertankene, slik at det kun er segment 1 og 2 som har lekkasjer i kategori «stor», dvs. hullstørrelse over 25mm.

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 eller lignende.

Naturgass er i konsekvensanalysen modellert som ren metan.

3.4 Modellering av feilsannsynligheter for identifiserte scenarier

3.4.1 Hendelsestre for utslipp av brannfarlig gass

Et hendelsestre modellerer ulike hendelsesforløp etter at en uønsket hendelse, for eksempel en gasslekkasje, 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 eksempelet i Figur 3-1 vises et eksempel på et hendelsestre for lekkasje av brannfarlig gass.

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

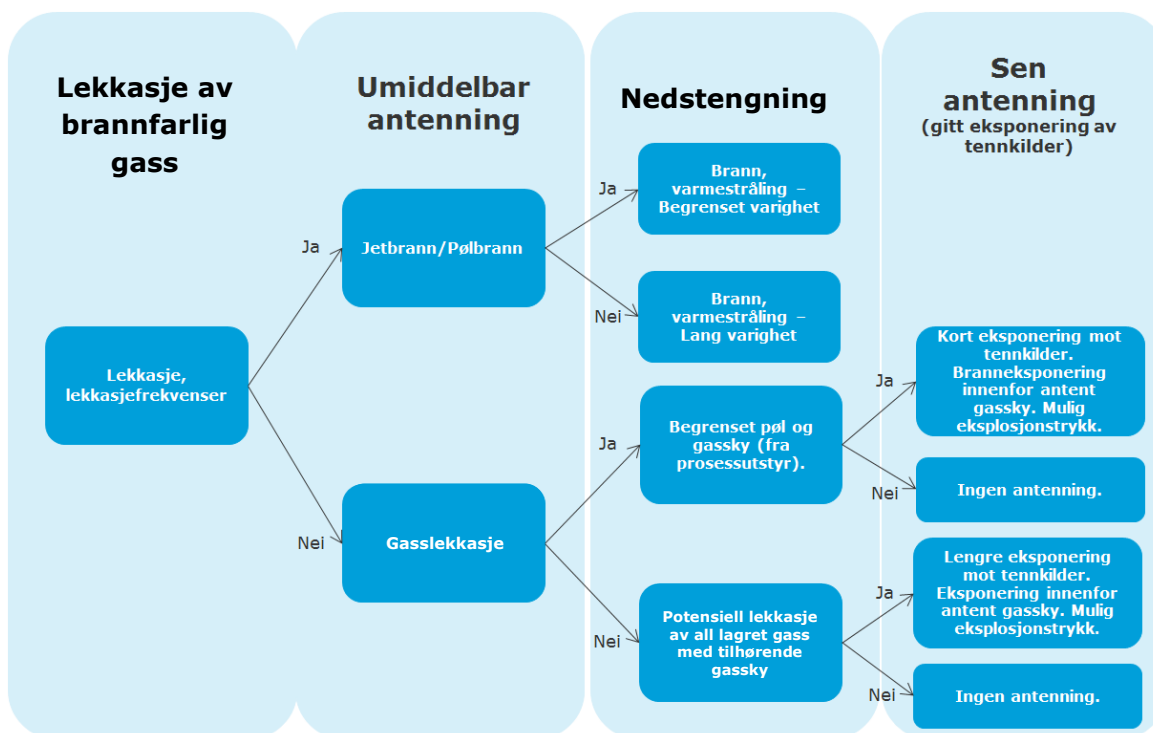
Hvis lekkasjen ikke antennes tidlig vil gasskyen kunne vokse, og vindretningen påvirker hvorvidt gasskyen medfører eksponering av omgivelser eller ikke..

Ved detektert lekkasje vil systemet stenges ned og isoleres ved initiering av Emergency Shutdown (ESD), med følgende pålitelighet og responstider:

- Responstider automatisk deteksjon og nedstengning:
 - Stor og middels lekkasje: 5 s.
 - Liten lekkasje antas å ikke detekteres.
- Feilsannsynligheter for nedstengning (dekker deteksjonsfeil og utstyrsfeil):
 - Automatisk nedstengning:
 - 1% for store lekkasjer
 - 10% for middels lekkasjer.
 - Rør-/slangebruddsventil: 1% for store lekkasjer/rørbrudd

Anlegget modelleres som ubemannet. Erfaring fra tilsvarende anlegg at det kan ta lang tid før nedstengning initieres, særlig dersom gassdeteksjon ikke lykkes og ikke utløser automatisk nedstengning. Dersom man ikke lykkes i å aktivere ESD vil lekkasjen kunne fortsette helt til systemet er tomt for gass. Dette er tatt hensyn til ved at det antas at små lekkasjer ikke detekteres, mens sannsynlighet for å detektere middels lekkasjer er satt til 1/10 av den for store lekkasjer.

Et scenario i SAFETI modelleres frem til én time etter initiell hendelse.



Figur 3-1 Hendelsestre for utslipp av brannfarlig gass

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. Som hendelsestreet i Figur 3-1 også demonstrerer, vil et utslipp som ikke antenner, ikke ha skadelige effekter utenom potensielle gifteffekter, mens et antent utslipp vil kunne gi direkte brannskader eller skader på grunn av varmestråling. Antenning av store gasskyer vil også kunne gi eksplosjonsovertrykk.

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

Sannsynligheten for umiddelbar antenning er presentert Tabell 3-2. Sannsynlighetene er hentet fra den såkalte «JIP-modellen» som ofte benyttes for i risikoanalyser, ref. /3/.

Tabell 3-2 Umiddelbar tennsannsynlighet, ref /3/.

Sannsynlighet for umiddelbar antenning	
Lekkasjestørrelse	Tennsannsynlighet
0.1-1 kg/s	0,0001
1-10 kg/s	0,001
>10 kg/s	0,01

Forsinket antenning oppstår ved at en aktiv tennkilde eksponeres for brennbar gass. I denne risikoanalysen er, som nevnt tidligere, DSB sine retningslinjer fulgt /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 antenning ikke har funnet sted). Med de små størrelsene på anleggene som vurderes i denne analysen, er det antatt at alle lekkasjer som ikke antenner umiddelbart, antenner ved største utstrekning av antennbar skystørrelse.

Naturgass er lett ved normal utendørstemperatur. Ved lekkasje fra segmenter med høye trykk (typisk > 90 bar) vil gassen kjøles ned som følge av Joule-Thomson-effekten, og bli tyngre enn luft. Gassen varmes så opp, og vil stige etter oppvarming ved en lekkasje. Potensielt varmt arbeid og effekt av personell i åpne områder inne på anlegget (bruk av mobiltelefoner, annet ikke-Ex-sertifisert elektrisk utstyr osv.) er ikke hensyntatt i modellen.

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.

Effektsonene for stråling fra en flash-brann eller jetbrann er modellert som et sett med ellipser. Ellipsene dekker en rekke dødelighetsnivåer, beregnet fra strålingsintensitet og eksponeringstid. For flash-brann og jet 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 varmekraft (Q) og varighet (t):

- $Pr(C,t) = A + B \ln(Q^n t)$ (1)
- Der
 - Q = varmekraft, (kW/m^2) hentet fra brannmodellen
 - t = varighet i minutter, også fra brannmodellen
- Probitfunksjonens parametere for effekt av varmestråling benytter Purple book sine probitkonstanter, ref. /5/.
 - $A = -36,38$
 - $B = 2,56,$
 - $n = 4/3$

Naturgass brenner normalt med relativt klar flamme, men for svært store branner kan det selv utendørs bli mangel på oksygen til forbrenningen slik at farlige branngasser dannes. Dette er blant annet beskrevet i ref./4/. Mulige effekter av røykutvikling er ikke modellert i denne analysen. Selv om det ikke kan utelukkes at mennesker på bakkenivå i ulike tilfeller kan eksponeres for røyk, er det forventet at de andre branneffektene vil dominere det umiddelbare risikobildet ved en CNG-lekkasje. Ved en eventuell brann bør man likevel vurdere potensialet for røykspredning som del av ulykkesberedskapen.

Gass-skybrann er typisk som følge av forsinket antenning av lekkasje fra gass-segment etter utslipp til atmosfære. Etter en forsinket antenning vil den kortvarige effekten (gass-skybrannen) kunne brenne

tilbake og gi en jet-brann. En gass-sky kan bevege seg vekk fra lekkasjekilden og antenne i et annet område. Dette gjør at ikke alle forsinkede antennelser medfører en etterfølgende jet-brann.

Ved forsinket tenning av gasslekkasje, kan gass-skyen ha rukket å bygge seg opp og bli relativt stor. Når denne skyen tenner, kan forbrenningsbølgen generere trykk som gir rask trykkøkning i området (eksplosjon). Forbrenningsgassene vil kunne ekspandere i lengderetningen til opp til det dobbelte av gassskyens størrelse før tenning. Ildkulen (eksplosjonen) vil vare 5-15 sekunder og etterfølges av en jet-brann.

Utslipp inne i containere/rom er modellert som utslipp som peker ned i bakken, for å reflektere at det ikke dannes jet'er av betydelig lengde. Utslipp utendørs eller som ikke stanses av vegger og ved fyllestasjonene er modellert som horisontale jet'er.

Effekt av eksplosjoner på personer utendørs vurderes etter Probit basert på Green book sine probitkonstanter, ref./11/.

- $\Pr(P) = A + B \ln(P_s^n)$ (1)
- Der
 - $P_s =$ eksplosjonstrykk (Pa)

A, B og n er konstanter;

- $A = -16,7319$
- $B = 2,44$
- $n = 1$

Lekkasjer under fylling er begrenset til 0,01 kg/s for nattfylling/langtidfylling og til 0,44 kg/s for dagfylling.

4 CNG – EGENSKAPER OG FARER

Komprimert naturgass (CNG) er naturgass under så høyt trykk at den opptar mindre enn 1 % av volumet den ville hatt ved atmosfæretrykk.

Naturgass består hovedsakelig av metan, med små andeler av høyere ordens hydrokarboner. Gassen er svært brennbar i antennebare konsentrasjoner. På grunn av gassens lave kokepunkt er den meget flyktig og lett når den slippes ut i omgivelsene, selv på vinterstid. I denne analysen er CNG modellert som ren metan, dette er den viktigste komponenten i naturgass og også den som er lettest antenneelig.

Naturgass i høye konsentrasjoner har en bedøvende effekt, og kan i verste fall føre til kvelning dersom oksygen i luften fortrenses (for eksempel ved innendørs lekkasje). Innånding av naturgass er ellers ikke ansett å ha noen alvorlige, langsiktige helsemessige effekter.

4.1 Lekkasjer av CNG

Lekkasjer av CNG kan være utslipp fra mobilt lager, forsyningslinje for CNG frem til og med kompressor, lekkasje fra CNG-bufferlager/flaskebank og CNG dispenser under fylling.

De mobile containerne og CNG buffer-lageret har betydelige mengder CNG-lagret. Stor lekkasje fra disse segmentene kan frigjøre en betydelig mengde metan, som ved antenneelse kan gi flashbrann og

eventuelt eksplosjonstrykk. I denne analysen er det effekten av flashbrann som er fremtredende, fordi anleggene er små og åpne med liten grad av fortetting som kan gi opphav til eksplosjonstrykk av betydning. De øvrige delene av anlegget vil ha små mengder metan-gass under høyt trykk, og med relativt sett mindre gass-skyer.

Høytrykksflasker kan plutselig ryke og forårsake en kraftig trykkbølge av uantent gass som ekspanderer. Mulige trykkbølger fra flaskebrudd er ikke inkludert i risikoanalysen, siden det er en forutsetning at alle lekkasjer vil antenne. Mulige fysiske barrierer, f.eks en betongvegg vil ha en risikoreduserende effekt på en slik trykkbølge.

Det er ikke inkludert effekt av prosjektiler eller gjenstander som løsner under en eksplosjon eller et flaskebrudd, og som kan nå ut til publikum.

5 SIKKERHETSAVSTANDER

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

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

Sikkerhetsavstanden er beregnet fra midtpunktet i anlegget.

Indre, midtre og ytre hensynssone 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 base case

Tabell 5-1 viser sikkerhetsavstandene for kjøretøy, kombinert for hurtigfylling på dagtid og langtidsfylling på natt. Som det fremgår av tabellene påvirker ikke fyllefrekvens eller rate sikkerhetsavstandene. Dette skyldes lave lekkasjerater (0.01 kg/s for langtidsfylling og 0.44 kg/s for hurtigfylling) for fylling av kjøretøy.

Parametervariasjonene på lagret mengde CNG på anlegget viser at utstrekning av risikokonturene er mer sensitivt for økning av mengde gass lagret i de mobile lagrene (tanker á 19.3 m³ ved 220 bar), enn for økning i antallet flasker i bufferlageret. Særlig midtre og ytre sone strekkes lenger ut dersom antallet mobile lagertanker økes på anlegget.

Tabell 5-1 Sikkerhetsavstand fylleanlegg for kjøretøy, hurtigfylling (15 min) og langtidsfylling (8 timer)

Parametervariasjon	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av kjøretøy - 2 x 24 per dag	45	62	89
Fylling av kjøretøy - 2 x 11 per dag	45	62	89

Fylling av kjøretøy - 2 x 1 per dag	45	62	89
Doblet mengde gass i mobilt lager, 8 lagertanker á 19.3 m ³ , 220 bar	48	69	97
Økt mengde gass i bufferlager med faktor 5, 30 flasker á 220 l, 220 bar	45	63	89

Tabell 5-2 viser bidraget i prosent til risikonivå representert av indre sone, og Tabell 5-3 og Tabell 5-4 for hhv midtre og ytre sone.

Tabell 5-2 Bidragsyttere til risiko ved indre sone (E-05)

Segment nr.	Segmentnavn	Fase	Lekkasje- størrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag (%)
4	CNG-kompressor	Gass	Small	Nei	76
3	Ventilpanel	Gas	Liten	Nei	10.2
4	CNG-kompressor	Gas	Medium	Ja	6.7
1	Mobilt lager	Gas	Liten	Nei	3.3
2	Gasslager	Gas	Liten	Nei	2.4

Tabell 5-3 Bidragsyttere til risiko ved midtre sone (E-06)

Segment no.	Segment navn	Fase	Lekkasje- størrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag (%)
1	Mobilt lager	Gass	Stor	Ja	35
1	Mobilt lager	Gass	Medium	Ja	32
3	Ventilpanel	Gass	Medium	Nei	14
4	CNG-kompressor	Gass	Medium	Nei	10.7
1	Mobilt lager	Gass	Stor	Nei	3.9
1	Mobilt lager	Gass	Medium	Nei	3.6

Tabell 5-4 Bidragsyttere til risiko ved ytre sone (E-07)

Segment no.	Segment navn	Fase	Lekkasje- størrelse	Isolering (J/N)	Risikobidrag (%)
1	Mobilt lager	Gass	Stor	Ja	88
1	Mobilt lager	Gass	Stor	Nei	9.8
2	Gasslager	Gass	Stor	Ja	2

Største bidragsyter til risiko for midtre og ytre sone er det store mobile lageret for gass, både isolerte og uisolerte lekkasjer. Det høye trykket gir lekkasjerater som gir skyoppbygging eller jetbranner som bidrar til risiko utenfor anleggsområdet også for medium lekkasjer. Medium lekkasjer uten ESD/isolering fra CNG-kompressoren og ventilpanelet gir også et tydelig bidrag til midtre sone. CNG-kompressoren og Ventilpanelet vil ved feil på isolering/ESD få tilført gass fra nabosegmentet som er det mobile lageret og gasslageret, som gir langvarige lekkasjer. CNG-kompressoren og ventilpanelet har høy lekkasjefrekvens og høyt trykk, som gjør at lekkasjer i denne for uisolerte lekkasjer gir tilstrekkelig lange skyer med høy frekvens til å gi et bidrag til indre sone. Kompressoren er anleggsdelen med høyest lekkasjefrekvens. Det er antatt at kompressoren går også når det ikke er fylling av tunge kjøretøy, samt at selve kompressoren ikke bidrar til å begrense strømming ved en lekkasje. Dette betyr at bidraget fra kompressoren er konservativt vurdert. Anleggsdeler som ikke er med i tabellen bidrar totalt med 2% av risikoen representert ved indre sone.

Lekkasjer knyttet til selve fyllingen av kjøretøy bidrar ikke til risikokonturene grunnet lave strømnings- og lekkasjerater.

5.2 Sikkerhetsavstander med redusert hullstørrelse for store lekkasjer

Tabell 5-5 viser sikkerhetsavstandene for CNG fyllestasjon med hullstørrelse for store lekkasjer redusert fra 40 til 35mm. Sikkerhetsavstandene blir noe redusert med redusert hullstørrelse, mest for ytre sone.


Tabell 5-5 Sikkerhetsavstand fylleanlegg for CNG/CBG for tunge kjøretøy, hurtigfylling og langtidsfylling

	Sikkerhetsavstand (m)		
	Indre	Midtre	Ytre
Fylling av kjøretøy – 2 x 24 per døgn	45	60	83

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 LNG. 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, styrken av kunnskapen som benyttes eller i 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. Tidsfaktoren har i realiteten stor betydning for tennsannsynligheten.



Den risikoreducerende effekten av rask nødavstengning som gir isolering av lekkasjer og tennkilder i mindre grad blir reflektert, så lengde det innenfor tidsrommet for nødavstengning lekker ut tilstrekkelig mengde gass til å etablere en stor gass-sky.

Usikkerhet i antakelser er knyttet til bruk av lekkasjefrekvenser, tilstedeværelsen av ulike tennkilder i anlegget, befolkning og trafikk i nærområdet osv. Høyere tennsannsynlighet i eller nær anlegget vil kunne redusere utstrekningen av de lengste konturene, men gir tilsvarende økt risiko nærmere anlegget. Det vil kunne oppstå skyer som driver vekk fra anlegget, og som ved antenning ikke kan brenne tilbake.

For lekkasje av CNG som ikke kan stenges ned vil lekkasjeforløpet og varigheten ha stor variasjon basert på en rekke faktorer. I tillegg vil lekkasjen kunne endre karakter i løpet av hendelsesforløpet. Lekkasjens hullstørrelse, trykk og temperaturforhold spiller naturligvis en stor rolle. Fyllingsgrad og mengde gass i systemet vil også påvirke lekkasjerater og varighet. Det vil derfor være vanskelig å forutse med særlig presisjon hvor lenge et gitt scenario vil vare, og det vil være viktig å overvåke situasjonen kontinuerlig slik at vurderinger kan tas basert på tilgjengelig informasjon.

I tillegg tar risikomodellen ikke hensyn til geometri i anlegget eller faktisk vindrose, hvilket betyr at alle lekkasjeretninger er vurdert like sannsynlige. I virkeligheten vil lekkasjeretningene være noe avhengig av geometrien til utstyret i anlegget samt dominerende vindretninger, samt grad av obstruksjon ved utslipp i forskjellige retninger

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/ VROM, Methoden voor het bepalen van mogelijke schade (Green Book), PGS1, Voorburg, December 2003. (<http://www.vrom.nl/pagina.html?id=20725>, 03 Oktober 2008).





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.