

Oppdatering av risikovurdering – Nidarvoll Varmesentral

R. Kjeldsberg AS

Teknisk notat

Type dokument:

Teknisk notat

Rapport-tittel:

Oppdatering av risikovurdering – Nidarvoll Varmesentral

Kunde:

R. Kjeldsberg AS

Oppsummering

Denne analysen for Nidarvoll Varmesentral bygger videre på tidligere analyser for det eksisterende anlegget. En kvalitativ vurdering av effekt av å introdusere tett gjerde rundt eksisterende anlegg for å redusere spredning av gass er utført. I tillegg er det gjort en vurdering av hvordan risikobildet blir dersom anlegget i fremtiden bygges om til å driftes på biodiesel.

Analysen viser at tett gjerde rundt eksisterende anlegg vil redusere fareavstanden. Videre viser analysen at overgang til biodiesel vil føre til redusert risiko for anlegget i sin helhet, gitt at anlegget designes med sikkerhetsfunksjoner på tilsvarende som i dag. Det anbefales konkrete tiltak som kan øke sikkerheten ytterligere, både inne på anlegget og for tredjepart.

Dokument nr.

ST-001902-2

Forfatter(e)

Prasanna Welahettige, Lars Mogstad

Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.

Revisjon	Dato	Grunn for revisjon	Kontrollert	Godkjent
1.0	19.12.2024	Utkast	Jan Dahlsveen	A. Rydock
2.0	26.05.2025	Endelig	Jan Dahlsveen	A. Rydock



Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	3
1.1	Anlegg og driftssituasjon med LPG	3
1.2	Anlegg og driftssituasjon med biodiesel	4
1.2.1	<i>Regelverk.....</i>	5
1.2.2	<i>Plassering av oljetank ute.....</i>	5
1.3	Forkortelser	6
1.4	Antagelser	6
1.5	Tidligere analyser	7
2	Metodikk	8
2.1	Scenario	8
2.2	Lekkasjefrekvenser.....	8
2.2.1	<i>LPG.....</i>	8
2.2.2	<i>Biodiesel</i>	9
2.3	Konsekvenser.....	9
3	Scenarioer og resultater.....	10
3.1	Drift med LPG.....	10
3.1.1	<i>Frekvenser og konsekvenser.....</i>	10
3.2	Drift med biodiesel.....	14
3.2.1	<i>Frekvenser og konsekvenser.....</i>	14
3.3	Resultater.....	19
3.3.1	<i>Resultater fra LPG scenario.....</i>	19
3.3.2	<i>Resultater fra biodiesel scenario.....</i>	19
4	Usikkerheter.....	20
5	Konklusjon og videre anbefalinger.....	21
6	Referanseliste.....	23



1 Introduksjon

Statkrafts varmesentral på Nidarvoll ligger på R. Kjeldsbergs eiendom i Leirfossvegen. Innen 2032 planlegges en endring på varmesentralen der varmemedium skal endres fra LPG til en form for biodiesel. Ved endring av varmemedium er det et behov for å utrede nye sikkerhetsavstander rundt det nye anlegget. Dette gjelder rundt lokasjon til fyllestasjonen og lagertanken.

For å reflektere mellomfasen (med fortsatt bruk av LPG) og framtidig fase (med nytt varmemedium) er eksisterende risikoanalyse for Nidarvoll oppdatert for å dokumentere hvordan endingene vil påvirke sikkerhetsavstanden rundt anlegget.

1.1 Anlegg og driftssituasjon med LPG

I dag driftes anlegget med LPG som fyringsmedium. Varmesentralen brukes som en buffer for å ta av last i perioder med høyt energiforbruk på Sluppen. I praksis betyr dette at anlegget er i drift (i varierende grad) om vinteren, og står stille om sommeren. LPG-tanken har et volum på 233 m³ og er korrosjonsbeskyttet med påtrykt spenning. Tanken er nedgravd med ca. 1 meter overdekning og området over tanken er inngjerdet. Tanken er instrumentert med sikkerhetsventiler, avluftingsventil for påfylling, stengeventil for uttak av flytende propan/butan (LPG). Tanken har to fylleventiler og en returventil. Stengeventiler for fylling og uttak av propan er pneumatisk operert og vil gå til stengt posisjon ved bortfall av styretrykk.

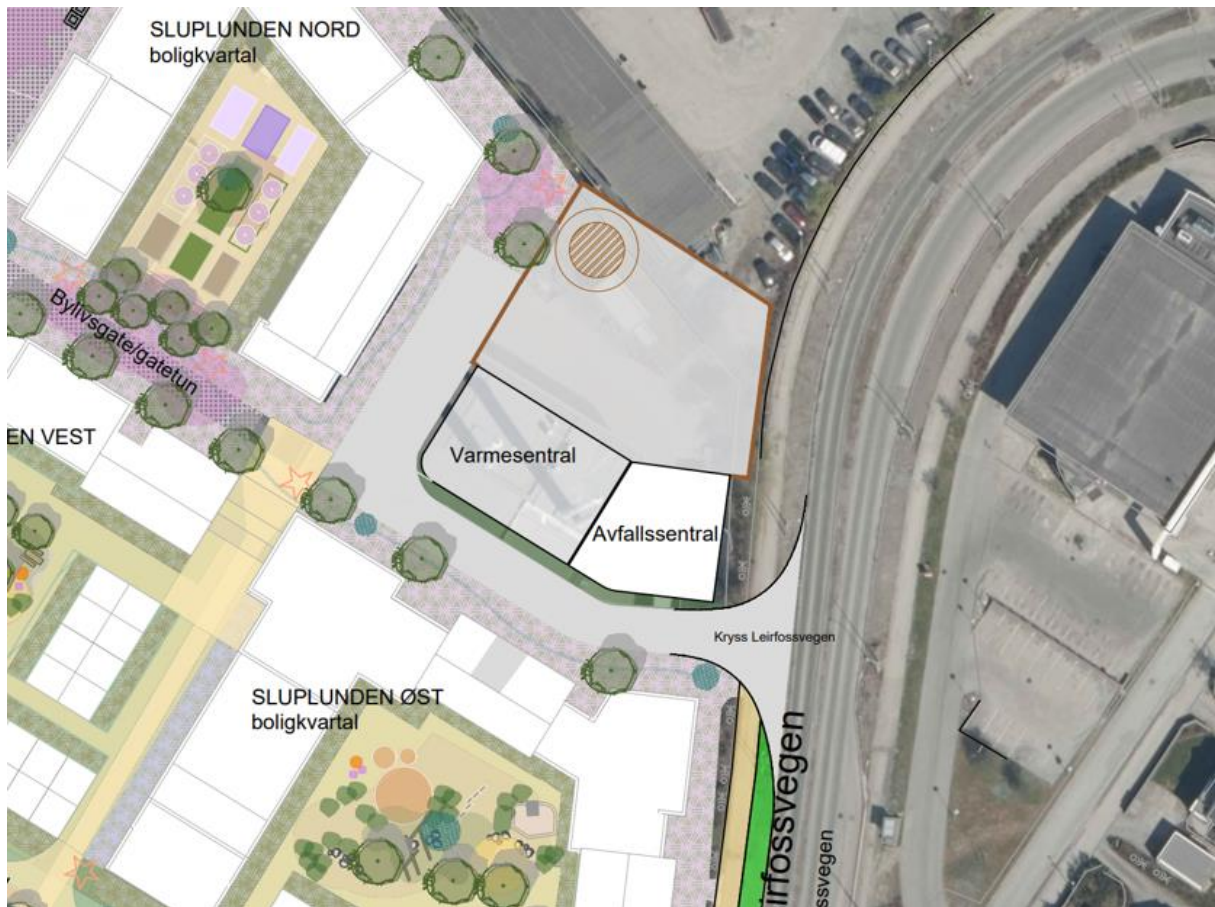
Fordamperhus

Flytende propan føres til fordamper ved hjelp av trykk i tanken. Fordamperen er plassert i en egen bygning, «fordamperhuset», som er plassert på bakken rett over tanken. All elektrisk installasjon er EX-klassifisert, og det er gassdeteksjon inne i bygningen. Bygningen er av en lett konstruksjon, med hovedmål å skjerme fordamperen. I fordamperen fordampes flytende propan til gass ved varmeveksling med en vann/glykol-blanding. Området rundt tanken og fordamper er inngjerdet. Fra fordamperen transporteres propangass ved 0,5-1,0 bar overtrykk i et nedgravd dobbeltvegget stålør inn til kjelhuset.

Fordamperhuset er todelt, med ett lite hus/rom hvor man kan manuelt lese av nivået på tanken, og eventuelt lufte ut.

Kjelhus og kjelanlegg

I kjelhuset er ventiler og regulatorer for styring av gassmengden til brennerne. Anlegget er prosjektert og spesifisert av brennerleverandør. Kjelanlegget består av to gasskjeler på 25 MW, og har designtrykk og temperatur på hhv. 16 bar og 140 °C. Kjelanlegget er underlagt Trykkdirektivet.



Figur 1.1 Statkraft varmesentral på Nidarvoll

1.2 Anlegg og driftssituasjon med biodiesel

Når anlegget evt. bygges om til å driftes med Biodiesel i stedet for LPG vil det gjøres en rekke endringer for å tilpasse det nye fyringsmediet. Etersom anlegget per i dag er designet for LPG er det forventet at mye av utstyret må erstattes med tilsvarende utstyr for å håndtere Biodiesel ved de aktuelle prosessbetingelsene. Materialvalg, pumpepesifikasjoner, varmevekslere, dimensjoner osv. må kontrolleres for å sikre at anlegget er designet i henhold til krav.

Etersom vi ikke har prosessflytdiagram (P&ID) for det nye anlegget vet vi ikke hvordan det vil se ut i den delen av anlegget som er innendørs (nåværende fordamp- og kjelhus). Ifølge Statkraft (Ref. 1) vil biodiesel ha litt enklere prosessutstyr enn gass (dvs. færre instrumenter, flenser og ventiler), og det vil ikke være behov for fordamping/fordamperhus. Selve tanken vil muligens ikke være nedgravd som dagens LPG-tank, men være stående på bakkenivå. Volum på tanken er heller ikke fastsatt, men for denne analysen har vi tatt utgangspunkt i 400m³, som gir dimensjoner med ca. 8 m diameter og 10,5 m høyde. En mulig løsning er at det etableres et større tankanlegg i Trondheim, som vil være et sentrallager for flere mindre anlegg som på Nidarvoll. Dersom dette besluttes vil tanken på Nidarvoll bli vesentlig mindre enn 400 m³, men må da ha flere fylleroperasjoner pr. år for å fylle det samme energibehovet.

Når anlegget driftes med biodiesel i stedet for LPG vil Nidarvoll varmesentral etter planen brukes mer som et reserveanlegg for å håndtere perioder med høyt varmebehov. Det innebærer at sentralen kun er i drift i situasjoner hvor man har bortfall av annen energiproduksjon i fjernvarmesystemet. For å komme dit at Nidarvoll varmesentral blir et «reserveanlegg» må det installeres mer fornybar varmeproduksjon andre steder i fjernvarmenett. Statkraft jobber med dette, men det er vanskelig å slå fast akkurat når det vil være ferdig etablert. Dette er en del av Statkrafts anleggstrategi for Trondheim (Ref. 2).

Foreløpige beregninger anslår omtrent 100-200 driftstimer pr. år. Dette gjør at forbruket av biodiesel vil være betydelig mindre enn dagens forbruk av LPG. Lekkasje under fylling blir dermed mindre sannsynlig, ettersom det vil være færre fyllinger enn det som gjøres i dag.

1.2.1 Regelverk

For biodiesel gjelder litt andre regelverk enn for LPG. En viktig forutsetning for overgangen fra drift med LPG til biodiesel er at Statkraft sørger for at design og drift skjer i henhold til gjeldende regelverk.

1.2.1.1 Oppsamling

Når det gjelder krav til oppsamling av stoffer som er væske ved normale trykk og temperatur er det kapittel 18 i forurensingsforskriften til Miljødirektoratet som er styrende (Ref. 3). Der står det at «*Tanker som inneholder stoffer som er væske ved normalt trykk og temperatur, med unntak av dobbeltveggede tanker som nevnt i bokstav c tredje ledd, skal ha et effektivt oppsamlingsarrangement som minst rommer tankens volum og som tåler de aktuelle kjemikalierne eller det farlige avfallet.*»

Når anlegget skal driftes med biodiesel må altså ett av disse kriteriene oppfylles:

- Tanken må ha et oppsamlingsarrangement som har kapasitet til 110% av tankens volum, eller
- Tanken må være dobbeltvegget

1.2.2 Plassering av oljetank ute

DSBs temaveiledning om bruk av farlig stoff (Ref. 4) inneholder en del krav og anbefalinger knyttet til plassering av oljetank utendørs. For overgrunns oljetank gjelder følgende:

- Skal plasseres på fundament av ubrennbar materiale, jf. eventuelt anvendt standard.
- Grunnen skal være bæredyktig og telefri.
- Området rundt og under tanken skal holdes fritt for vegetasjon, og bør gruses.
- Rørledning til tank må legges slik at setninger i grunnen ikke kan føre til skade på tank eller ledning.
- For tank i det fri gjelder følgende minsteavstander:
 - o Til trevegg, brennbar bygning eller brennbar opplag: 5 m (kan plasseres inntil brannvegg REIM 120)
 - o Til dør, vindu, kjellemedgang, ventilasjonsåpning, nabogrense og offentlig ferdselslinje: 4 meter



- Til tennkilde: 5 meter

1.3 Forkortelser

DSB	Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap
HAZID	Hazard Identification
HSE	Health and Safety Executive
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
PLOFAM	Process Leak for Offshore installations Frequency Assessment Model

1.4 Antagelser

Tabell 1.1 Antagelser knyttet til modellering av utslippsscenarioer av LPG

Emne	Antagelse
Komposisjon LPG	100 % propan
Prosessbetingelser varmemedium	- 40°C, 4.5 barg
Dimensjon losseslange	50 mm indre diameter
Lossing	25 tonn losset, varighet antas å være ca. 1 time og 20 min. Dette gir en losserate på omtrent 5.2 kg/s.
Lossefrekvens	Det antas 147 losseoperasjoner per år.
Revers strømning	Ser bort fra reversert strømning fra tank ved slangebrudd pga. tilbakeslagsventil.
Tid til nedstengning	Det antas at operatør observerer fylleroperasjonen og befinner seg i umiddelbar nærhet til kontrollpanel som kontrollerer start og stopp av operasjon. Følgende nedstengningstider, fra hendelse oppstår til tilførsel stoppet, er antatt: <ul style="list-style-type: none"> • 30 sekunder ved fullt slangebrudd • 30 sekunder ved hull tilsvarende 10% av slangediameter

Tabell 1.2 Antagelser knyttet til modellering av utslippsscenarioer fra Biodiesel

Emne	Antagelse
Komposisjon varmemedium	Biodiesel type FAME, EN 14214 ¹
Prosessbetingelser varmemedium	ca. 10°C, ca. 1.0 barg
Dimensjon losseslange	32 mm ²
Lossing	Hver tankbil leverer ca. 30 tonn. For enkelhets skyld er det antatt samme losserate for biodiesel som for LPG.
Lossefrekvens	Antall losseoperasjoner per år vil variere fra 0 i normalår til om lag 40 som et «rasjonelt worst case scenario» ³
Revers strømming	Antar tilbakeslagsventil på tank, og ser derfor bort fra reversert strømming fra tank ved brudd på losseslange.
Tid til nedstengning	<p>Det antas at operatør observerer fylleroperasjonen og befinner seg i umiddelbar nærhet til kontrollpanel som kontrollerer start og stopp av operasjon.</p> <p>Følgende nedstengningstider, fra hendelse oppstår til tilførsel stoppet, er antatt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 sekunder ved fullt slangebrudd • 30 sekunder ved hull tilsvarende 10% av slangediameter <p>Det antas at store lekkasjer vil detekteres og vil stenges av operatør. For mindre lekkasjer (<0.5 kg/s) kan det ta lengre tid til deteksjon. For lekkasjer fra rørlinjer tilknyttet lagertank presenteres resultater for varigheter på 2 minutter og 1 time.</p>
Generell design	Det forutsettes i denne analysen at biodiesel-anlegget designes i henhold til anerkjent norm, og at relevante standarder og regelverk følges.

1.5 Tidligere analyser

Følgende analyser utført av Safetec er lagt til grunn for denne analysen:

- «Risikoanalyse knyttet til Statkraft varmesentral – Nidarvoll», ST-16743-1, 28.10.2021
- «Innspill til sikkerhetsavstand – Statkraft varmesentral Nidarvoll», ST-18755-2, 26.04.2023
- Masteroppgave, «Hvordan kan kvalitative menneskelige pålitelighetsanalyser gi innsikt i sikkerheten og påliteligheten i fylleroperasjoner av LPG med tankbiler?», juni 2024.

¹ N-TETRADECANE brukes i Phast-simuleringer som har molekulervekt 198,388 g/mol og flash punkt 109,3 °C. DIPPR 105 ligningen brukes til å beregne tetthet.

² Basert på input antar vi samme rate som for LPG. Dimensjon er justert for å oppnå 5.2 kg/s.

³ Ettersom normalsituasjon vil være at fyrkjelen med Biodiesel brukes som reserveanlegg vil det ikke være behov for fylling i et «normalår». I verste fall er det skissert om lag 40 losseoperasjoner.

2 Metodikk

Det er ikke gjennomført en egen HAZID i forbindelse med denne risikovurderingen, men det er tatt utgangspunkt i tidligere analyser som vist til i kapittel 1.5. Med utgangspunkt i den fareidentifikasjonen som er gjort i tidligere analyser, og Safetecs erfaring med denne type anlegg, er det valgt ut scenarioer som forventes å kunne gi konsekvensavstander utenfor anlegget (topphendelser).

For disse hendelsene er det, basert på anleggets design, beregnet frekvenser for lekkasje. Videre er det gjort konsekvensberegninger med bruk av integralverktøyet Phast.

2.1 Scenario

Ulykkesscenariene i denne analysen er valgt basert på tidligere analyser for Nidarvoll varmesentral, i kombinasjon med erfaring fra risikoanalyser Safetec har utført for lignende anlegg.

2.2 Lekkasje frekvenser

2.2.1 LPG

For prosesslekkasjer vil dette være basert på samme utstyr som i risikoanalyse fra 2021 (Ref. 5), og frekvensene beregnet med frekvensmodellen PLOFAM (Ref. 6) er gjenbrukt i denne analysen.

Frekvens for lekkasje under fylling er basert på DSBs retningslinjer (Ref. 7) hvor det anbefales å bruke frekvens midt mellom Shells lekkasjefrekvens for LNG-slanger (Ref. 8) og HSEs lekkasjefrekvens for slanger (Ref. 9).

Tabell 2.1 Lekkasjefrekvens fra losseslange, frekvens per losseoperasjon.

Frekvensmodell	Fullt brudd	25/15 mm hull ⁴
Shell	9.70E-06	1.90E-07
HSE, "Average facilities"	4.00E-06	4.00E-07
Gjennomsnitt	2.05E-06	2.95E-07

⁴ Shell gir frekvens for 25 mm hull og HSE gir frekvens for 15 mm og 5 mm hull. I denne analysen ser vi bort ifra frekvens for 5 mm hull (begrenset konsekvens).

2.2.2 Biodiesel

Frekvensmodellering for lekkasje fra biodiesel er krevende, ettersom det ikke finnes modeller i samme grad som for LPG. Vi vet av erfaring at hovedårsaken til lekkasje ofte er menneskelig svikt. Følgende forutsettes mht. design av anlegget, blant annet:

- at pakningene som brukes er laget for den type olje ved de temperaturer den blir utsatt for;
- at ventiler og annet utstyr er av lignende kvalitet som i dag;
- at man har tilsvarende eller høyere kvalitet på barrierer for å unngå lekkasje (overfyllingsvern, prosedyrer osv.).

Med basis i dette ser vi ingen grunn til at lekkasjefrekvensen skal være høyere for biodiesel enn for LPG. Vi antar derfor samme frekvens som for tilsvarende scenario med LPG, og bruker PLOFAM for å beregne lekkasjefrekvens fra tank og tilhørende rørlinjer.

Et scenario som av og til vurderes i denne type analyser er katastrofalt tankbrudd, altså at selve tankskallet plutselig sprekker. Frekvensen for katastrofalt tankbrudd er svært lav, og datagrunnlaget tilsvarende mangelfullt. I et prosjekt som gjennomføres av Safetec og utstysleverandører (SAFEN⁵), er det blant annet sett på denne problemstillingen og det foreslås at frekvens for tankbrudd sees bort fra, gitt at spesifikke krav og rutiner følges. Kravene er blant annet knyttet til design, installasjon, kontroll og vedlikehold av tanken. Vi legger til grunn at tanken på Nidarvoll designes og installeres etter gjeldende standarder og prosedyrer, og at systematisk tilstandskontroll og vedlikehold følges opp i samsvar med krav i regelverket. Fullt brudd på tank er derfor ikke med som et eget scenario i denne analysen, men frekvensen for brudd på utstyr koblet til tanken er med i vurdering av scenario 2 og 3 for biodiesel.

2.3 Konsekvenser

Konsekvenser av ulykkeshendelser og fareavstander som følge av disse vil bli beregnet ved hjelp av DNVs programvare PHAST 8.61.

Parameter	Verdi benyttet i PHAST
Omgivelsestemperatur	10 grader Celsius
Vind	Standard vind, i.e. 1.5F, 1.5D og 5D, hvor hvert tall og bokstav symboliserer vindstyrke og Pasquill stabilitetsklasse.

⁵ Safe Energy Carriers (SAFEN) er et Joint Industry Project (JIP) hvor et 20-talls aktører deler erfaringer og samarbeider for å tette kunnskapshull i forståelsen av feilmekanismer, farer og ulykkessituasjoner i fornybarindustrien.



3 Scenarier og resultater

Scenariene i denne analysen er todelt. I kapittel 3.1 presenteres scenarier som er relevante for dagens driftssituasjon av anlegget, med LPG som fyringsmedium. I kapittel 3.2 presenteres scenariene som anses relevante når anlegget en gang i fremtiden skal driftes på biodiesel. Denne analysen omfatter kun normal drift for anlegget, og ikke ombyggingfasen og risikoaspekter knyttet til dette arbeidet.

3.1 Drift med LPG

Tabell 3.1 viser hvilke scenarier fra LPG som inngår i risikoanalysen.

Tabell 3.1 Oversikt over scenario for LPG.

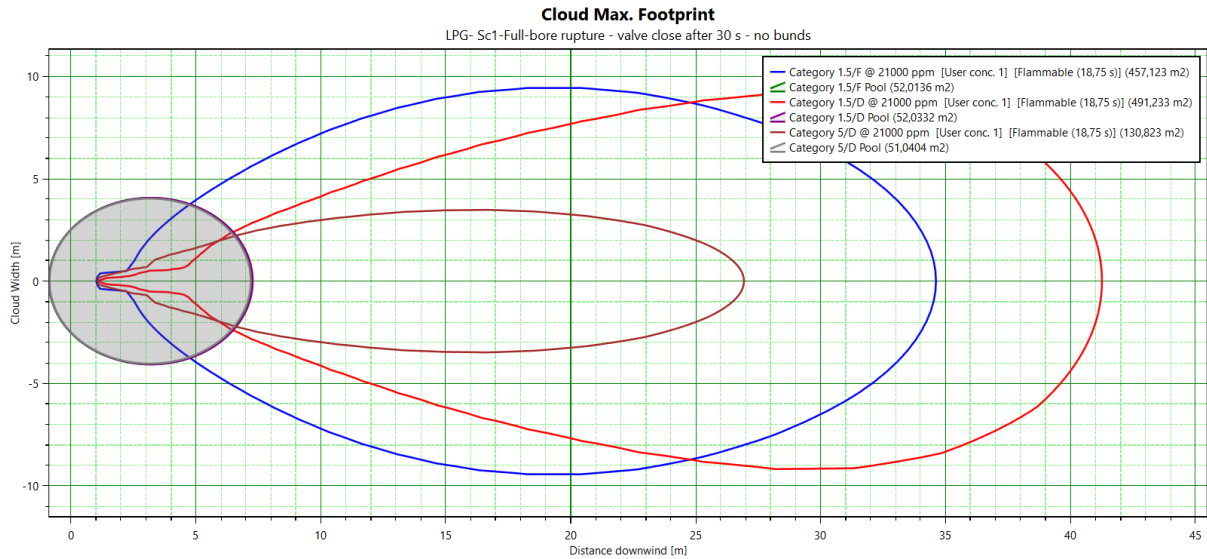
ID	Scenario
1a	Lekkasje av LPG i forbindelse med lossing fra tankbil, fullt brudd på losseslange, nedstengning etter 30 s.
1b	Lekkasje av LPG i forbindelse med lossing fra tankbil, 2.5 mm hullstørrelse (10% av slangediameter). Nedstengning etter 30 s.
2	Lekkasje i fordamperhus
3	Lekkasje i kjelhus

3.1.1 Frekvenser og konsekvenser

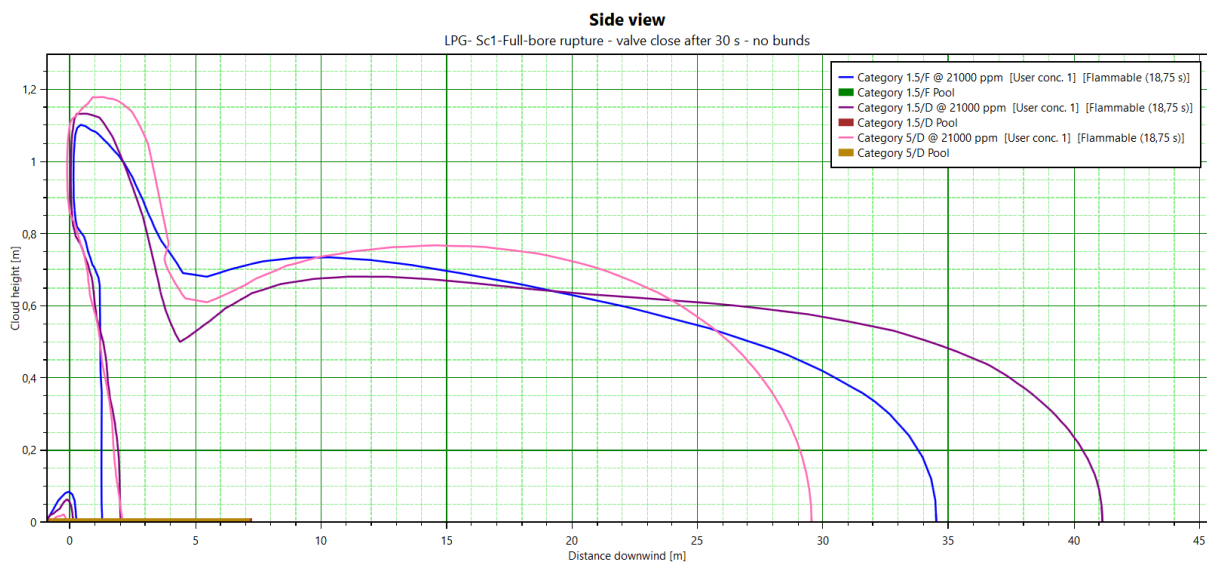
Med 147 losseoperasjoner pr. år beregnes en årlig lekkasjefrekvens til $3.01E-04$ for fullt brudd på losseslange og $4.34E-05$ for små lekkasjer under fylling.

Konsekvensvurderinger fra Phast presenteres i Figur 3.1 - Figur 3.4. Merk at dette forutsetter flatt terreng og åpent område, og er derfor ikke helt representativt for et utslipp på Nidarvoll. Det kan likevel brukes som et utgangspunkt for kvalitative vurderinger og for å vurdere hensiktsmessige risikoreducerende tiltak.

3.1.1.1 LPG – Scenario 1a: Lekkasje av LPG i forbindelse med lossing fra tankbil, fullt brudd på losseslange, nedstengning etter 30 s.



Figur 3.1 LPG-Scenario 1a, maksimal utbredelse av gassky til LFL for tre ulike vindklasser.

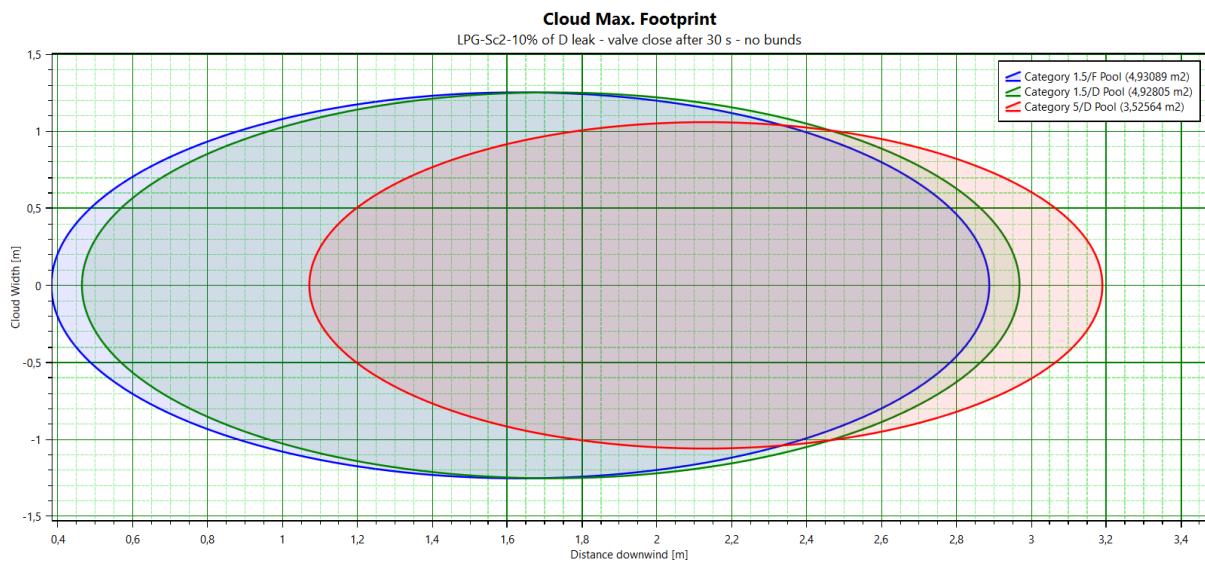


Figur 3.2 LPG-Scenario 1a, gassky i X-Z plan til LFL for tre ulike vindklasser.

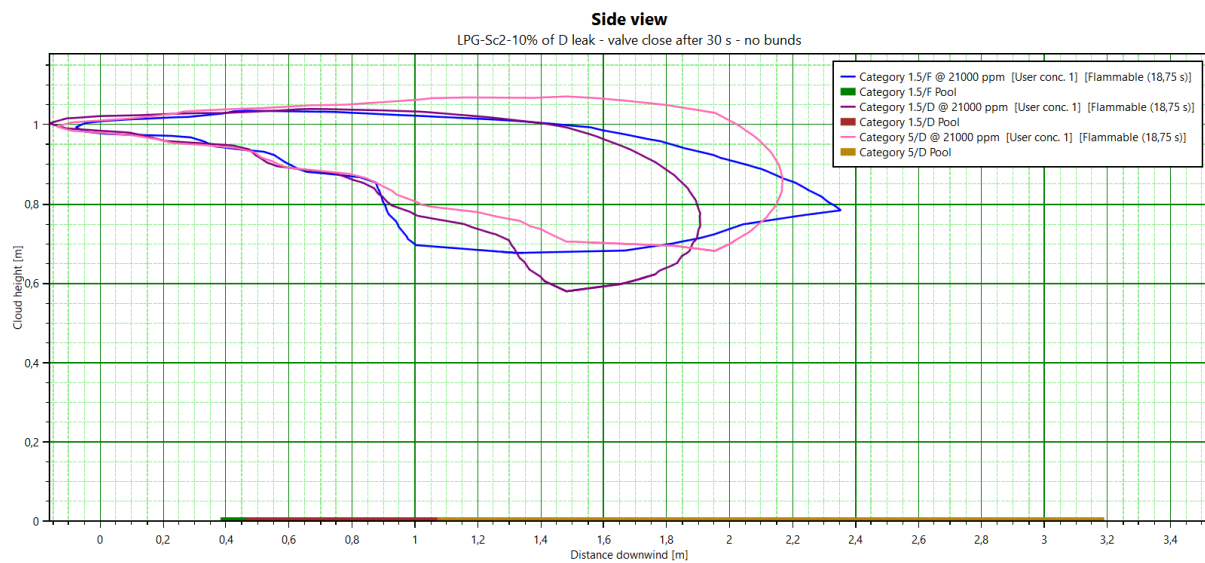
Det bemerkes at Figur 3.2 viser at gasskyen fra dette scenarioet (verste tenkelige - fullt brudd på lasteslange) fører til en sky som er mindre enn 1.5 meter høy.



3.1.1.2 LPG – Scenario 1b: Lekkasje av LPG i forbindelse med lossing fra tankbil, 2.5 mm hullstørrelse (10% av slangediameter). Nedstengning etter 30 s.



Figur 3.3 LPG-Scenario 1b, maksimal utbredelse av gassky til LFL for tre ulike vindklasser.



Figur 3.4 LPG-Scenario 1b, gassky i X-Z plan til LFL for tre ulike vindklasser.



3.1.1.3 LPG – Scenario 2: Lekkasje i fordamperhus

Lekkasjefrekvensen i fordamperhuset ble beregnet i 2021, og er presentert i Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Lekkasjefrekvens og tennfrekvens i fordamperhus

Ratekategori	0.1 – 0.5 kg/s	0.5 – 1 kg/s	1 – 2 kg/s	2 – 4 kg/s	4 – 8 kg/s	8 – 16 kg/s	16 – 32 kg/s	32 – 64 kg/s
Årlig lekkasjefrekvens	1.2E-03	2.9E-04	2.2E-04	1.5E-04	1.5E-04	2.8E-04	1.8E-05	1.2E-05
Frekvens for antent lekkasje	2.1E-06	4.9E-07	3.7E-07	2.5E-07	2.5E-07	4.7E-07	3.0E-08	2.0E-08

Som beskrevet i kapittel 2.2 er disse frekvensene basert på lekkasjefrekvensmodellen for offshoreinstallasjoner. Det er i denne modellen forutsatt at anlegget er i drift hele året, uten justering av driftstid for utstyr som har varierende oppetid. Ettersom anlegget på Nidarvoll er i drift omtrent halve året og helt stoppet det andre halvåret kan man se på frekvensene i Tabell 3.2 som et konservativt estimat.

Mange av hendelsene som ligger til grunn for PLOFAM er en konsekvens av menneskelige feiloperasjoner på komplekse systemer og i forbindelse med vedlikeholdsoperasjoner i nærheten av trykksatt utstyr. Det antas for Nidarvoll at planlagt vedlikehold kan gjøres mens anlegget ikke er i drift, og det vil være få manuelle operasjoner inne i fordamperhuset ettersom anlegget kan driftes fra kontrollrom.

Det er en gassdetektor i fordamperhuset, som vil stenge ned prosessen ved detektert gasslekkasje.

Basert på dette er det vurdert at konsekvensen for lekkasje under drift er vesentlig mindre enn konsekvensen av lekkasje under fylling. Videre konsekvensvurderinger for lekkasje i fordamperhus er ikke en del av denne analysen.

3.1.1.4 LPG – Scenario 3: Lekkasje i kjelhus

Lekkasjefrekvensen i fordamperhuset ble beregnet i 2021, og er presentert i Tabell 3.3.

Tabell 3.3 Lekkasjefrekvens og tennfrekvens i kjelhus

Ratekategori	0.1 – 0.5 kg/s	0.5 – 1 kg/s	1 – 2 kg/s	2 – 4 kg/s	4 – 8 kg/s	8 – 16 kg/s	16 – 32 kg/s	32 – 64 kg/s
Årlig lekkasjefrekvens	5.4E-03	1.3E-03	1.3E-03	6.9E-04	5.5E-04	3.7E-04	4.5E-04	1.9E-04
Frekvens for antent lekkasje	2.6E-05	6.4E-06	5.2E-06	3.5E-06	2.8E-06	2.0E-06	5.9E-04	3.3E-07

Vurderingene for lekkasjer i fordamperhus gjelder også for kjelhus, og videre konsekvensvurderinger for lekkasje i kjelhus er ikke en del av denne analysen.



3.2 Drift med biodiesel

Tabell 3.1 viser hvilke scenarioer fra biodiesel som inngår i risikoanalysen.

Tabell 3.1 Oversikt over scenarioene som inngår i analysen

ID	Scenario
1a	Lekkasje av biodiesel i forbindelse med lossing fra tankbil, fullt brudd på losseslange, nedstengning etter 30 s, ingen oppsamling.
1b	Lekkasje av biodiesel i forbindelse med lossing fra tankbil, 3,2 mm hullstørrelse (10% av slangediameter). Nedstengning etter 30 s, ingen oppsamling.
2a	Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, fullt brudd – Nedstenging etter 1 time, ingen oppsamling.
2b	Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, fullt brudd – Nedstengning etter 1 1 time, med oppsamlingskar.
2c	Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, fullt brudd – Nedstengning etter 2 minutter, med oppsamlingskar.
3a	Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, 3.2 mm hullstørrelse (10% av rørdiameter) – Nedstengning etter 1 time, ingen oppsamling.
3b	Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, 3.2 mm hullstørrelse (10% av rørdiameter) – Nedstengning etter 1 time, med oppsamlingskar.

3.2.1 Frekvenser og konsekvenser

Som beskrevet i kapittel 2.2 antar vi samme frekvens som for tilsvarende scenario med LPG, og bruker PLOFAM for å beregne lekkasjefrekvens fra utstyr tilkoblet lagertank. Ettersom vi ikke har prosessflytdiagram (P&ID) som viser detaljer med dimensjoner og antall utstyr (ventiler, flenser, instrument osv.) har vi brukt frekvens for et lignende anlegg med lagertank over bakken og tilhørende rørarrangement for tilførsel til varmesentral.

Med 40 losseoperasjoner pr. år beregnes en årlig lekkasjefrekvens til $8.19E-05$ for fullt brudd på losseslange og $1.18E-05$ for små lekkasjer under fylling. Som beskrevet i Tabell 1.2 er dette et veldig konservativt estimat basert på et «worst case år». Forventet forbruk i et normalår vil være 0, og dermed vil lekkasjefrekvensen under fyllingoperasjoner også være 0.

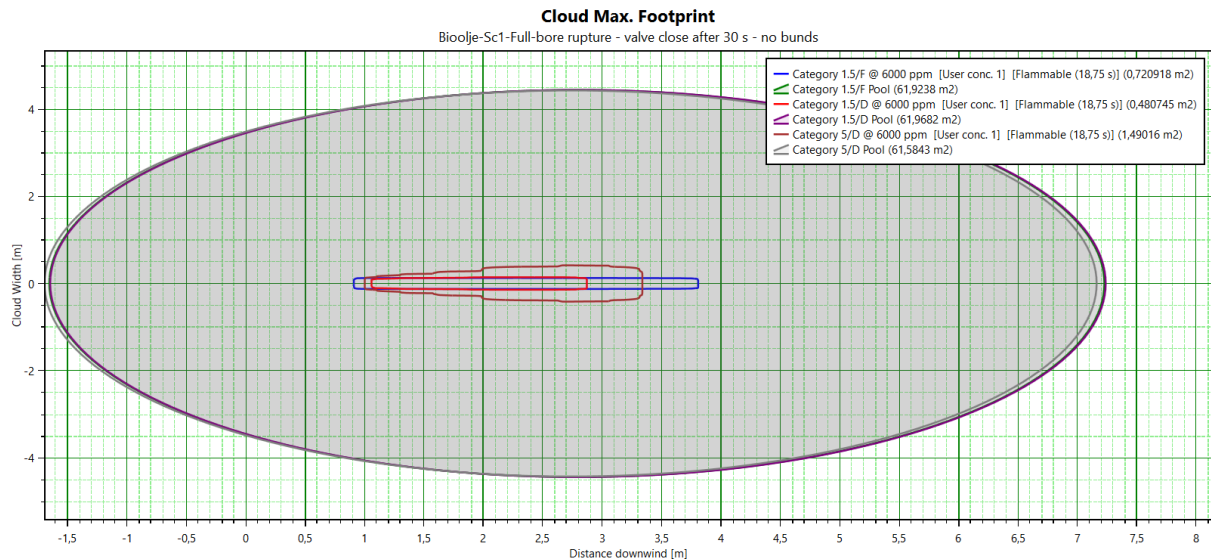
Tabell 3.4 Lekkasjefrekvens for scenarier knyttet til biodieseltank og rørarrangement

Lekkasjerate	0.1 – 1 kg/s	1 – 3 kg/s	3 – 5 kg/s	> 5 kg/s
Lekkasjefrekvens	3.49E-04	1.50E-04	5.88E-05	5.29E-05

Biodiesel i væskeform har lite avdamping, og det skal i utgangspunktet mye til for å antenne en lekkasje. Jetbrann fra biodiesellekkasje er vurdert som veldig lite sannsynlig, og er derfor

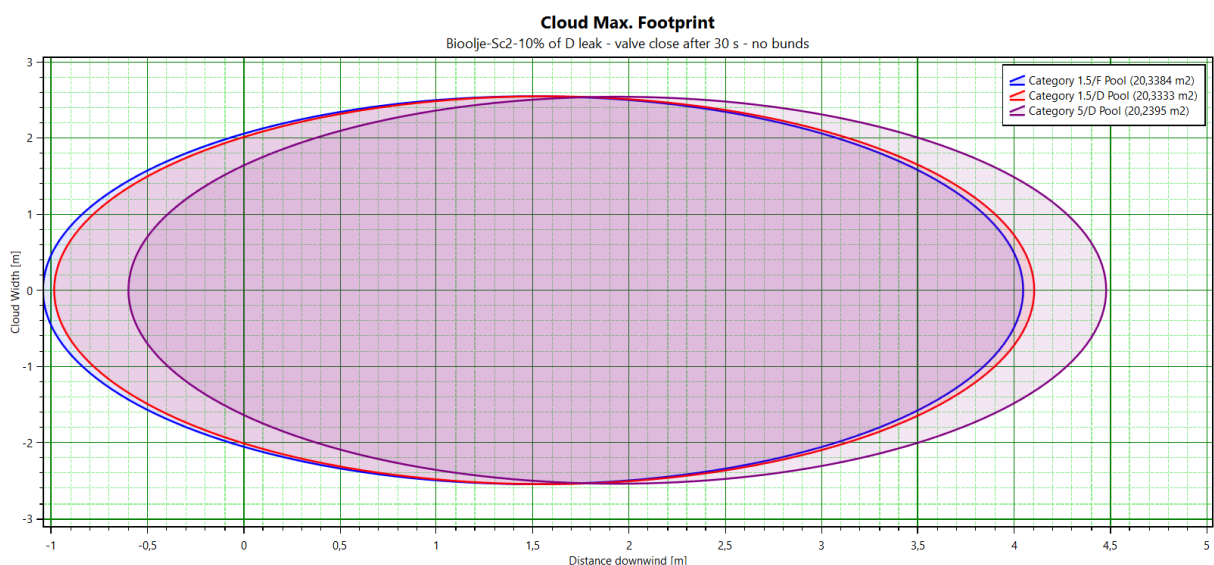
ikke sett nærmere på i denne analysen. Konsekvensen som er vurdert for biodiesel er lekkasje under fylling og lekkasje fra lagertank eller tilhørende utstyr.

3.2.1.1 Biodiesel – Scenario 1a: Lekkasje av biodiesel i forbindelse med lossing fra tankbil, fullt brudd på losseslange, nedstengning etter 30 s, ingen oppsamling.



Figur 3.5 Biodiesel - Scenario 1a: maksimal utbredelse av pøl i X og Y retning

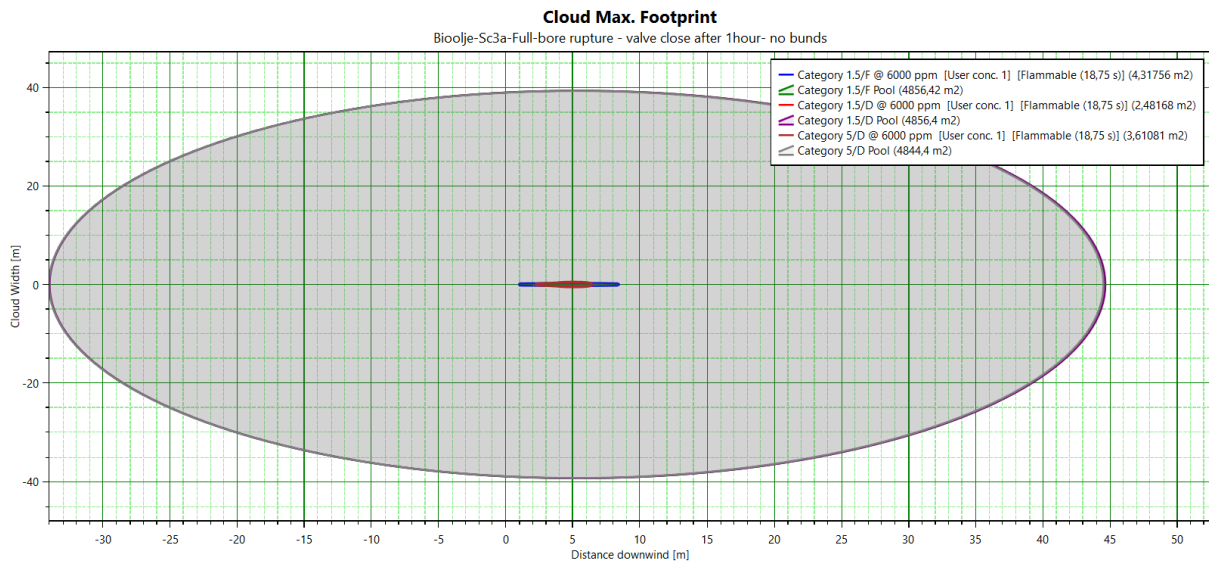
3.2.1.2 Biodiesel – Scenario 1b: Lekkasje av biodiesel i forbindelse med lossing fra tankbil, 3,2 mm hullstørrelse (10% av slangediameter). Nedstengning etter 30 s, ingen oppsamling.



Figur 3.6 Biodiesel – Scenario 1b: maksimal utbredelse av pøl i X og Y retning

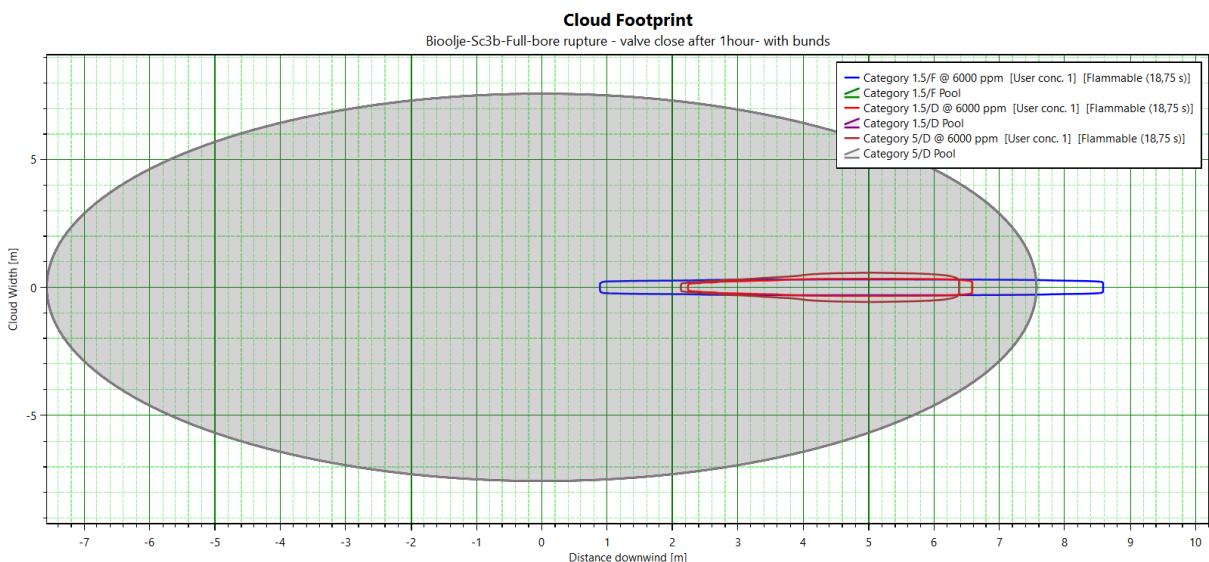


3.2.1.3 Biodiesel – Scenario 2a: Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, fullt brudd – Nedstenging etter 1 time, ingen oppsamling.



Figur 3.7 Biodiesel – Scenario 2a: maksimal utbredelse av pøl i X og Y retninger

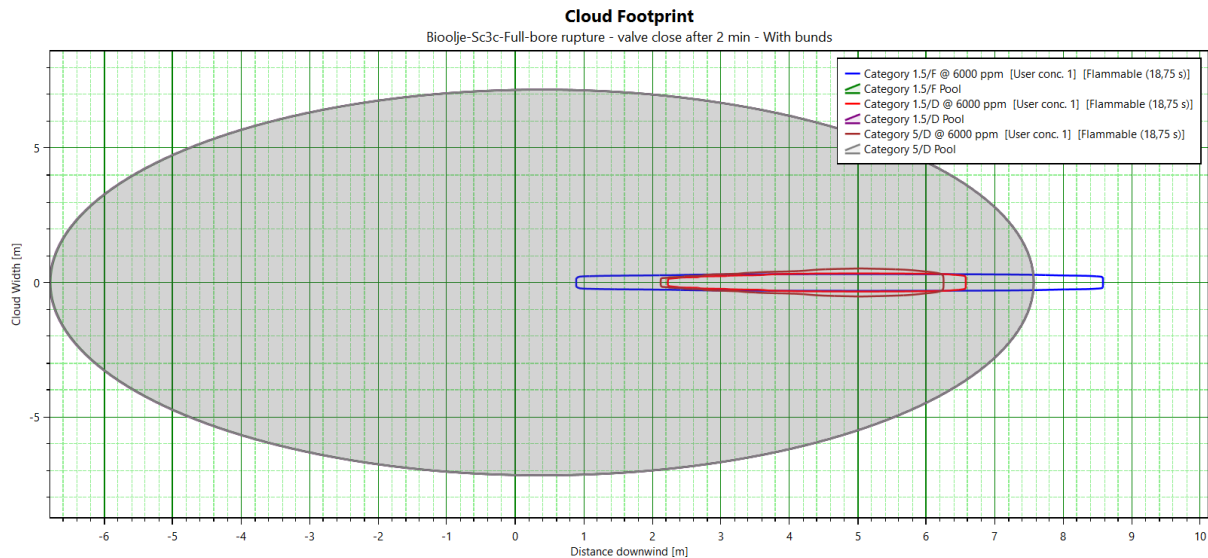
3.2.1.4 Biodiesel – Scenario 2b: Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, fullt brudd – Nedstengning etter 1 1 time, med oppsamlingskar.



Figur 3.8 Biodiesel – Scenario 2b: Utbredelse av pøl i X og Y retning

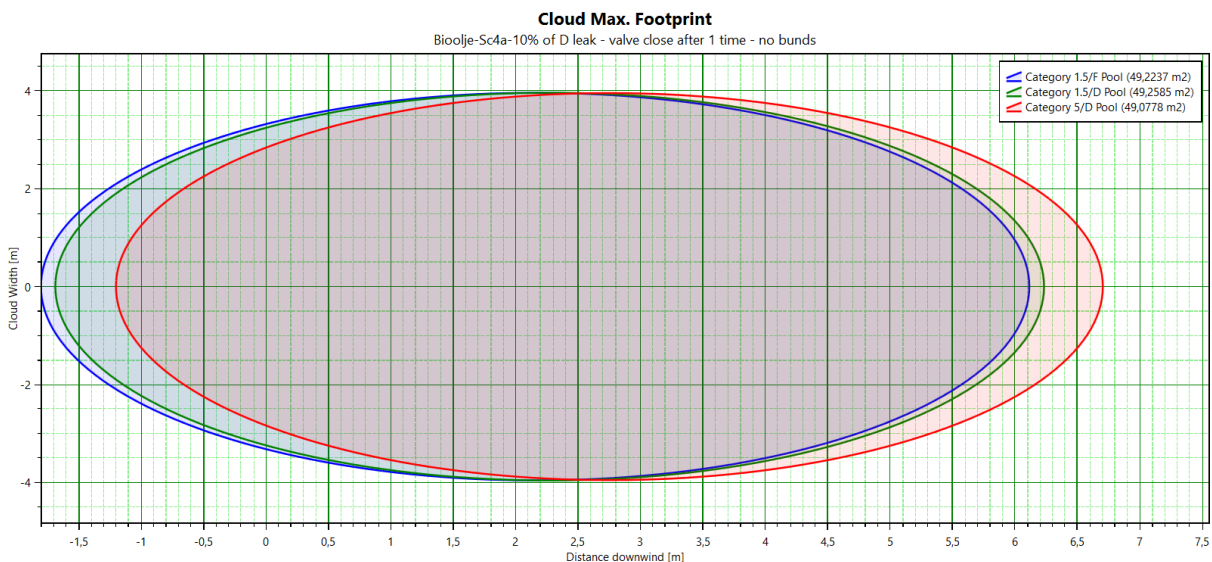


3.2.1.5 Biodiesel – Scenario 2c: Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, fullt brudd – Nedstengning etter 2 minutter, med oppsamlingskar.



Figur 3.9 Biodiesel – Scenario 2c: Utbredelse av pøl i X og Y retning

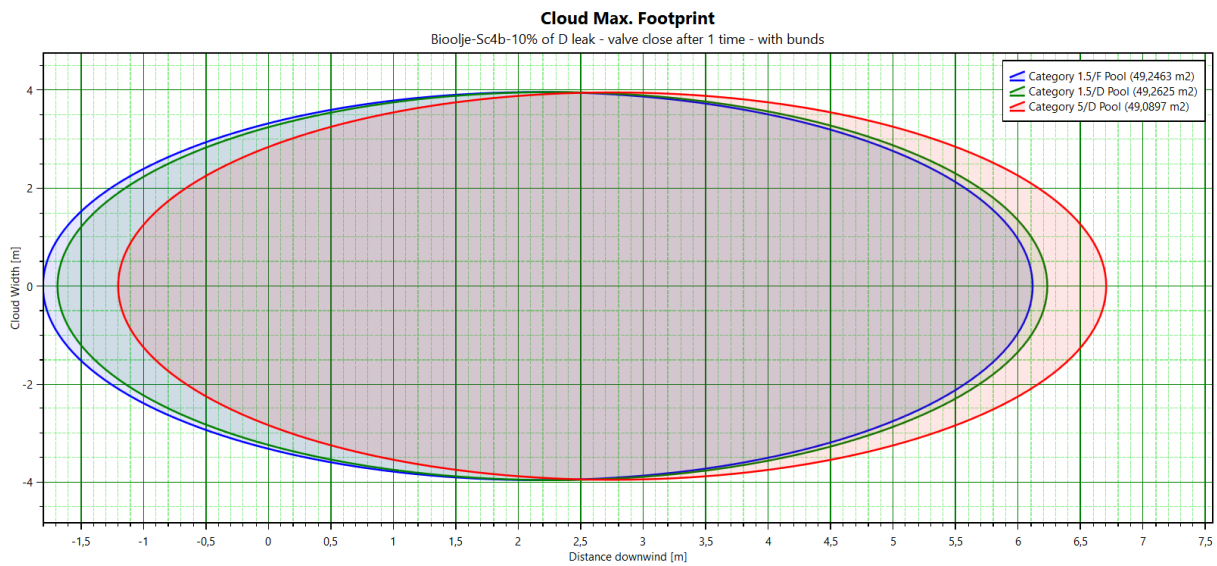
3.2.1.6 Biodiesel – Scenario 3a: Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, 3.2 mm hullstørrelse (10% av rørdiameter) – Nedstengning etter 1 time, ingen oppsamling.



Figur 3.10 Biodiesel – Scenario 3a: Utbredelse av pøl i X og Y retning



3.2.1.7 Biodiesel – Scenario 3b: Lekkasje av biodiesel fra rørsystem tilkoblet lagertank, 3.2 mm hullstørrelse (10% av rørdiameter) – Nedstengning etter 1 time, med oppsamlingskar.



Figur 3.11 Biodiesel – Scenario 3b: Utbredelse av pøl i X og Y retning

3.3 Resultater

3.3.1 Resultater fra LPG scenario

Resultatene i Figur 3.1 viser at maksimal utstrekning av gassky med gitte betingelser er omtrent 42 m. Med uheldig lekkasje- og vindretning vil dette eksponere tredjepart slik som anlegget ser ut i dag. Basert på beregninger presentert i Figur 3.2 ser man høyden på skyen er mindre enn 1.5 meter, dvs. det er vurdert at et at et gasstett gjerde vil hindre at gasskyen spres ut av anleggets eget område. Det er viktig at også porten utformes på en slik måte at den ved å være stengt under fylling vil hindre at gass fra en potensiell lekkasje spres ut fra anlegget i nord-vestlig retning. Både gjerde og port må være tett ned mot bakkenivå.

3.3.2 Resultater fra biodiesel scenario

Resultatene i kapittel 3.2 viser at en langvarig lekkasje fra rørsystem tilknyttet lagertank kan gi store mengder biodiesel (teoretisk 4844 m³ i ideelle omgivelser). I praksis for Nidarvoll varmesentral vil dette føre til at biodiesel vil renne nedover fra lekkasjepunktet. Det er viktig at anlegget utformes slik at en langvarig lekkasje ikke gir væskesøl ned mot veien eller ut av anlegget, men at det i størst mulig grad holdes inne på anlegget. Et tett gjerde/vegg på nord- og østsiden av fyllerplassen vil hjelpe med å redusere utslipp til tredjepart i et slikt scenario. Kanter eller avrenningskanaler i bakken kan også forhindre søl ut av området.

Videre er det viktig at det ikke er aktive tennkilder i området, og at man har prosedyrer som hindrer at en eventuell lekkasje antennes.

4 Usikkerheter

Simuleringer

Simuleringene er gjort i Phast, og tar ikke hensyn til topografi og obstruksjoner som bygninger, tankbil osv. I tillegg er det en viss usikkerhet i fluidtypen som benyttes for simuleringene, og dens egenskaper sammenlignet med den biodiesel-typen som Statkraft kommer til å benytte. I vurderinger basert på resultatene er disse usikkerhetene hensyntatt.

Utslippsscenarioer

Angående utslippsscenarioer er det usikkerhet knyttet til hvordan et lekkasjeraten ved ett slangebrudd vil se ut i praksis. I denne analysen er det antatt at lekkasjen vil ha samme utslippsrate som pumperaten. Etersom biodiesel har vesentlig høyere tetthet enn LPG vil lossraten i kg/s sannsynligvis være høyere enn for LPG. Dette vil påvirke utslippsmengden fra lekkasjen oppstår og til nedstenging.

Barrierer

Det er ikke gjort en fullstendig oppgang av eksisterende barrierer på anlegget. Den viktigste usikkerheten er knyttet til nødstop / dødmannsknapp for nedstenging av lekkasje under fylling. Varigheten av en slik lekkasje har mye å si for konsekvensen, og det er avgjørende at nødstop har tilstrekkelig pålitelighet, og aller helst bør det være en dødmannsknapp som gjør at pumpa stopper dersom operatøren **ikke** trykker på knappen med et gitt tidsintervall. Det er heller ikke kjent om tankbilen har rørbruddsventil som gjør at pumpa stopper om man får slangebrudd. Dette vil i så fall ha stor effekt på konsekvensen ved slangebrudd, ettersom varigheten vil bli veldig kort. I analysen er tid til avstengning basert på intervjuer med tankbil personell som opererer på Nidarvoll varmesentral (Ref. 10).

5 Konklusjon og videre anbefalinger

Selv om frekvensen for lekkasje ved Nidarvoll Varmesentral er lav er det med dagens utforming er det en del scenario som i verste fall kan eksponere tredjepart. Det er derfor identifisert noen tiltak som kan redusere frekvens og/eller konsekvens av hendelser på anlegget. Punkt 1 - 4 er relevant for drift på både LPG og biodiesel, men anses mest kritisk for LPG. Punkt 5 er relevant for drift med biodiesel.

1. Gasstett gjerde rundt anlegget

Phast-resultatene presentert i kapittel 3 viser maksimal utstrekning av gass og biodiesel under gitte forutsetninger, men tar ikke hensyn til topografi og fysiske hindringer (f.eks. hus, tankbil etc.). Utslipp av LPG i væskefase vil i tiden før den fordamper følge topografien å renne nedover. Retning vil da mest sannsynlig være ned mot veien nord/øst for anlegget, eller sørover inne på anlegget. For å hindre at en eventuell lekkasje eksponerer tredjepart er det anbefalt å sette opp gjerder som hindrer at væske/tung gass renner ned mot veien eller ut av anleggets område. Port bør også være stengt ved levering av LPG eller biodiesel. Gjerder og port må være tette, ha typisk høyde på over 1.5 meter, men trenger ikke å være brann/ flammehemmende. Videre må gjerder og port være tett ned mot bakken.

2. Redundant nivåmåling med nedstenging for å hindre overfylling

Det anbefales å installere redundant nivåmåling med nedstengingsfunksjon i tanken som sørger for at det ikke er mulig å overfylle lagertanken. Overfylling i dag kan gi enten utslipp gjennom sikkerhetsventiler på toppen av taket på fordamperhuset, eller utslipp gjennom avluftingsventil dersom den ikke er stengt. Erfaring viser at denne typen hendelser er relativt høyfrekvente, og ettersom en lekkasje potensielt kan eksponere tredjepart burde man se på hvilke tiltak som kan forhindre at utslipp via avluftningsventil eller sikkerhetsventiler skjer ved Nidarvoll varmesentral.

3. Gassdeteksjon i fordamperhus

Det er nå én gassdetektor i fordamperhuset. Ideelt sett burde det vært en i rommet der man leser av nivået på tanken, slik at en eventuell lekkasje gjennom avluftingsventil vil detekteres. I tillegg kunne man hatt to detektorer i fordamperhuset for redundans, men dette anses som sekundært.

4. Prosedyrer for fylling

Ved observasjon av fylling i forbindelse med masteroppgaven (Ref. 10) ble det avdekket at gassleverandør koblet på gassrør ved fylling av væske på tanken. Grunnen til dette var at han måtte bruke pumpa fra egen bil med telleverk for å registrere mengde. Dette gjør at man får toppfylling av væske i stedet for bunnfylling. Det anbefales en full oppgang av prosedyrer for å sikre at prosedyrene er i henhold til dagens praksis (og motsatt), og at fyllingen utføres på en trygg måte.

5. Deteksjon av lekkasje fra rørledninger tilknyttet lagertank

For alle scenarier er hurtig deteksjon avgjørende for å minimere konsekvensen av en lekkasje. Det anbefales derfor å se på hvilke muligheter som finnes for best mulig design av tank og tilhørende rørsystem for å minimere varigheten av en lekkasje. Eksempel på dette kan være rørbruddsventil som sørger for at tankutløp stenger dersom raten

overstiger et settpunkt, eller nivåmåler i tank som gir alarm/stenger ned dersom nivået synker hurtigere enn forbruket.

6 Referanseliste

- 1 Epost fra Magnus Woll Bjartnes til Lars Mogstad, *SV: Antagelser for risikoanalyse Nidarvoll varmesentral*, 25.11.2024
- 2 Epost fra Magnus Woll Bjartnes til Hege Tryggestad, *SV: Sluppen detaljregulering – Stikkord og enkelt underlag til Statkraft varme*, 08.05.2025
- 3 Miljødirektoratet, Forurensningsforskriften
- 4 DSB, *Temaveiledning om bruk av farlig stoff*. Revidert – September 2019
- 5 Safetec, *RISIKOANALYSE KNYTTET TIL STATKRAFT VARMESENTRAL – NIDARVOLL*, ST-16743-1, 28.10.2021
- 6 Lloyd's Register, *Process leak for offshore installations frequency assessment model – PLOFAM (2)*, Report no: 107566/R1, Rev: Final, 06.12.2018
- 7 Vysus Group, *Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff*, Rapportnr.: PRJ11100262033/R1, Rev. Endelig rapport, 01.07.2021
- 8 Shell, *LNG Hose Failure Probability*, SR.14.11417, 2014
- 9 HSE, *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments*, Version 14, 06.11.2017
- 10 Kinga Turlaj, Masteroppgave NTNU, *Hvordan kan kvalitative menneskelige pålitelighetsanalyser gi innsikt i sikkerheten og påliteligheten i fylleroperasjoner av LPG med tankbiler?* Juni 2024

