

Hashøj Biogas

Bilag 4 til sikkerhedsdokument

Konsekvensrapport



Version 20201008

Hashøj Biogas ApS
Vemmeløsevej 19A
4261 Dalmose

Denne konsekvensrapport er udarbejdet af EnviDan som bilag til sikkerhedsdokumentet for Hashøj Biogas. I konsekvensrapporten gives en nærmere præsentation af den konsekvensanalyse, fra hvilken resultaterne indgår i sikkerhedsdokumentet.

Konsekvensrapporten indledes med en beskrivelse af de forudsætninger og uheldsscenerier, der ligger til grund for konsekvensanalysen.

Herefter gives i afsnit 2 det overordnede resultat af konsekvensberegningen i form af de maksimale sikkerheds- og konsekvensafstande, der er fundet ved gennemregning af uheldsscenerier.

I afsnit 3 præsenteres resultaterne af konsekvensberegningerne for de enkelte uheldsscenerier, og der redegøres for, hvilke uheldsscenerier, der giver anledning til de mest betydende skadesafstande.

Den betydning, konsekvensanalysens resultater har i forhold til de overordnede sikkerhedsforhold på og omkring Hashøj Biogas, er ikke perspektiveret nærmere i denne konsekvensrapport, disse forhold er i stedet diskuteret i Sikkerhedsdokumentet.

Denne version af konsekvensrapporten er udarbejdet i maj og juni 2020 og er en revision af de tidligere versioner. Revisionen er foranlediget af, at der planlægges en udvidelse af anlægget, hvorunder der dels etableres flere reaktorer og et nyt gasopgraderingsanlæg, dels nedlægges modtage- og lagerfaciliteterne for spritaffald.

Indhold

1. Forudsætninger	4
1.1 Vejrforhold	4
1.2 Biogassens sammensætning	5
1.3 Uheldsscenarier	5
1.3.1 Scenarier, der er udeladt	7
2. Sikkerheds- og konsekvensafstanden	8
2.1 Sikkerhedsafstand	9
2.2 Maksimal konsekvensafstand	11
2.3 Opsummering ang. skadesafstande	12
3. Konsekvensanalysens resultater	13
3.1 Reaktor R2	13
3.2 Reaktor R3	16
3.3 Gaslager G1	19
3.4 Gaslager G2	23
3.5 Gasopgradering	26
3.6 Brud/lækage på rørstrækning	28
3.7 Forgiftnings-scenarie	30
3.8 Dominoeffekter	32
3.8.1 Dominoeffekter i praksis	34
4. Kildehenvisninger	39

1. Forudsætninger

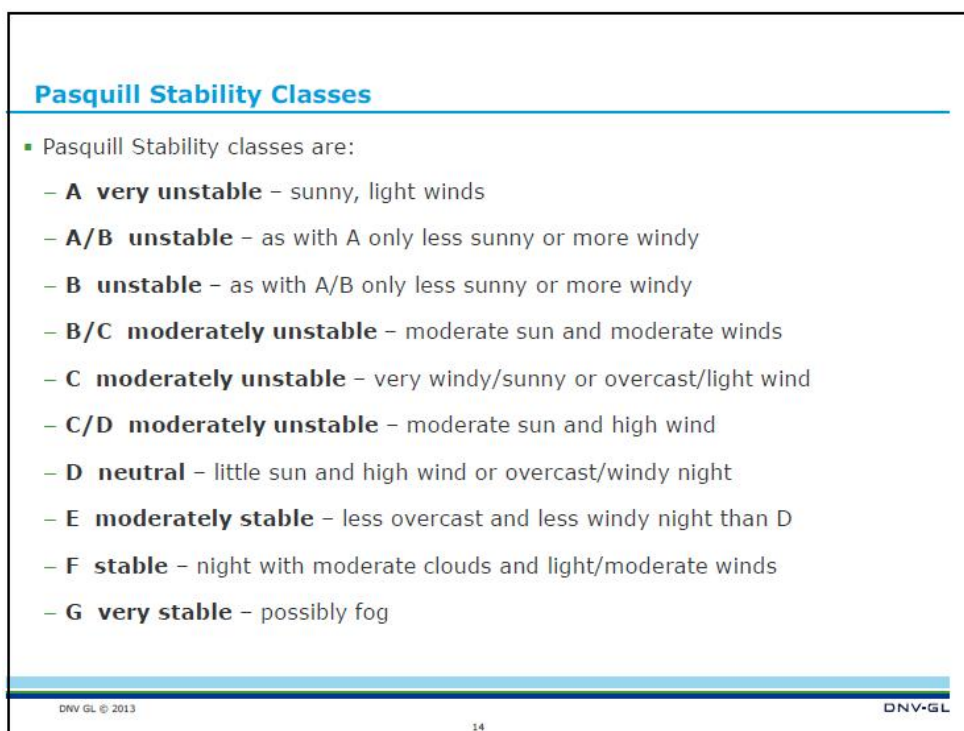
Konsekvensanalysen er udarbejdet ved hjælp af programmet *Phast* (version 8.11.97.0) udviklet og udbudt af firmaet *DNV GL*. Yderligere oplysninger om firmaet kan findes på hjemmesiden www.dnvgl.com.

I forbindelse med den modelkørsel, der finder sted i *Phast*, skal indlægges en række forudsætninger, som der er redegjort for efterfølgende.

1.1 Vejrforhold

Hvis der indtræffer et uheld, vil det aktuelle vejr have en betydende indflydelse på, hvor store konsekvenser dette kan have. Er der eksempelvis tale om et udslip af biogas, vil vindforholdene være afgørende for, i hvilken retning og til hvor stort et område, der vil kunne optræde giftige koncentrationer af svovlbrinte (H_2S), som er den bestanddel af biogassen, der har giftvirkning.

I sammenhæng med konsekvensberegninger inddeles vejrforholdene i kategorier, som betegnes med et tal og et bogstav, eksempelvis 5/D, hvor tallet repræsenterer vindhastigheden i m/s og bogstavet vejrstabiliteten i henhold til de såkaldte *Pasquill Stability Classes*, se Figur 1-1.



Figur 1-1: Pasquill Stability Classes. Kilde: DNV-GL.

Konsekvensberegningernes scenarier er beregnet ved 3 forskellige vejrforhold, hvorefter det, der giver anledning til de største skadesafstande er udvalgt til nærmere analyse. Der er udført beregninger med følgende vejrtypen:

- 1,5/F
- 5/D
- 10/D

Scenarier med lav vindhastighed giver i nogle tilfælde anledning til de mest alvorlige konsekvenser, idet et eventuelt gasudslip her er længere tid om at fortyndes og dermed kan udgøre en mere alvorlig risiko for personer, der befinder sig i umiddelbar nærhed af udslipskilden.

Vejrtypen 5/D er medtaget da denne repræsenterer en meget udbredt vejr-situation i Danmark; mens 10/D viser forholdene ved kraftigere vind.

Hvis der indtræffer et uheld, vil den aktuelle vindretning også have stor betydning for, hvor store konsekvenser der kan indtræffe, idet denne vil have en afgørende betydning for, i hvilken retning f.eks. et udslip af giftig gas vil drive. Dette er indarbejdet i udregningen af sikkerhedsafstand og maksimale konsekvensafstande idet disse beror på den såkaldte effektzone, der tager hensyn til alle vindretninger (ses illustreret i Figur 3-31).

1.2 Biogassens sammensætning

På Hashøj Biogas er det især biogas, der er relevant at betragte i relation til risikoforhold, idet dette stof dels er brændbart og dels indeholder den giftige gas svovlbrinte (H_2S).

Betegnelsen biogas dækker over et principielt set uendeligt antal kombinationer af metan (CH_4) og kuldioxid (CO_2). I den form, det optræder på Hashøj Biogas, vil der typiske være tale om 55 - 65 % metan og 45 - 35 % kuldioxid.

Derudover vil biogassen indeholde meget små mængder af sporstoffer og andre gasser, hvoraf det i risikosammenhæng som nævnt er indholdet af svovlbrinte, der er mest betydende.

I forhold til konsekvensberegningerne er kalkuleret med en biogas med følgende sammensætning:

- 65 vol.-% metan (CH_4)
- 34,7 vol.-% kuldioxid (CO_2)
- 0,3 vol.-% svovlbrinte (H_2S)

Dette repræsenterer en konservativ betragtning, da der vil være tale om den af de praktisk forekomne gassammensætninger, der har størst brændværdi og dermed kan forårsage størst skade ved brand og eksplosion.

Ligeledes vil et svovlbrinteindhold på 0,3 vol.-% svarende til 3.000 ppm repræsentere det i praksis maksimalt forekomne niveau, og dermed også de maksimale konsekvenser i forhold til giftvirkning.

Ved en biogassammensætning som skitseret, vil en blanding af biogas og atmosfærisk luft være brændbar, når biogasinholdet ligger mellem 6,73 % (LFL, Lower flammable level) og 25,3 % (UFL, Upper flammable level). Værdierne er udregnet via materialedatabasen i Phast, øvrige stofdata for biogas med denne sammensætning kan ses i appendix 1 til konsekvensrapporten.

Blandinger, hvor biogasinholdet er under LFL eller over UFL, kan ikke antændes og dermed brænde eller eksplodere: Under LFL er der ikke nok brændbart materiale i blanding, mens der over UFL ikke er tilstrækkelig ilt til at nære forbrændingen.

1.3 Uheldsscenarioer

Som input til konsekvensberegningen opstilles en række uheldsscenarioer, som efterfølgende analyseres. Et uheldsscenario indeholder en anlægskomponent, f.eks. en reaktor, og en hændelse, f.eks. en lækage, hvorfra der udslipper biogas.

De uheldsscenarioer, der er opstillet i forbindelse med nærværende konsekvensberegning, er vist i Tabel 1-1.

I forhold til de tidligere versioner af konsekvensrapporten er der følgende ændringer:

- Reaktor R1, der er den ældste af de nuværende reaktorer, nedlægges. Der udføres derfor ikke beregninger for denne.
- Scenarier, der omhandler spritaffald, er udgået idet faciliteterne til modtagelse og oplagring af spritaffald bliver nedlagt for at give plads til etablering af nye reaktorer.
- Det nuværende gasopgraderingsanlæg nedlægges og der etableres et nyt og større. Konsekvensberegningerne laves for det nye anlæg.
- Der laves konsekvensberegninger for den ene af de 2 nye reaktorer (R3 og R4), der planlægges etableret i første fase af udvidelsen. Disse 2 reaktorer er identiske i størrelse, og derfor vil resultatet af beregningerne også være identiske.

- Beregningen for samtidig eksplosion af alt tilstedeværende gas opdateres under hensyn til de nye forhold, der vil være gældende efter 1. hhv. 2. fase af udvidelsen er gennemført.

Det er planlagt, at der i 2. fase af udvidelsen skal etableres yderligere 2 reaktorer (R5 og R6), som vil være identiske med R3 og R4. På dette tidslunk vil de to nuværende gaslagre (G1 og G2) blive nedlagt, og der vil derfor samlet set ske en reduktion af gasoplaget, idet der er mindre gas til stede i de 2 reaktorer, der etableres, end der er i de 2 gaslagre, der nedlægges.

Betydningen af, at gasoplaget bliver mindre i 2. fase af udvidelsen, kan ses i afsnit 2.3 og 3.8.

Oversigt over behandlede uheldsscenarier				
Anlægsdel	Maksimalt gasindhold	Hændelse	Udslipshøjde	Udslipsdiameter
Enhed	m ³	-	m	mm
Reaktor R2	582	Kollaps	8	-
		Lækage	8	50
Reaktor R3	5.088	Kollaps	10	-
		Lækage	10	200
Gaslager G1	4.075	Kollaps	3	-
		Lækage	3	200
Gaslager G2	12.000	Kollaps	1	-
		Delvis kollaps	1	-
		Lækage	1	200
Gasopgradering	104	Kollaps	3	
Rørstrækning		Lækage/brud	2	75 (250 mm rør)
Alle bygværker indeholdende gas, fase 1	26.937	Samtidig eksplosion (teoretisk hændelse)	-	-
Alle bygværker indeholdende gas, fase 2	21.038	Samtidig eksplosion (teoretisk hændelse)	-	-
Modtagetank		Udslip af svovlbrinteholdig luft	1	-

Tabel 1-1: Oversigt over de uheldsscenarier, der indgår i konsekvensberegningen.

Ved kollaps forstås i denne sammenhæng en hændelse, under hvilken den samlede gas- eller væskemængde i den pågældende anlægsdel øjeblikke frigives til atmosfæren. Herved vil følgende kunne indtræffe, ifald der er tale om gas:

- Gassen antændes umiddelbart efter frigivelsen, hvorved der optræder dels en tidlig eksplosion og dels en gassky-brand (Fireball). Dette kræver tilstedeværelse af en tændkilde efter frigivelsen, samt at der foreligger en blanding, der ligger inden for LFL- og UFL-grænserne. Farlighed består dels i det overtryk, eksplosionen giver anledning til, og dels i den varme-stråling, der fremkommer fra branden.
- Gassen antændes ikke umiddelbart, hvilket kan føre til følgende:
 - Gassen bryder i brand/eksploderer efter en periode (Flash-fire/sen eksplosion), som følge af den driver forbi en tændkilde på et tidspunkt, hvor dens koncentration af

biogas er imellem LFL og UFL. Ophold inden for denne zone (betegnes "Flash fire envelop") er forbundet med absolut dødelighed.

- Gassen bryder ikke i brand, og kan dermed qua dens indhold af svovlbrinte give anledning til forgiftning indtil den er fortyndet op til et uskadeligt niveau.

For gaslager G2 er desuden regnet på et scenarie, hvor hele indholdet af biogas grundet en indtruffen hændelse udledes til atmosfæren i løbet af 10 minutter. Dette scenarie vil i praksis være det, der kan betegnes som "worst case", idet de forhold, der skal være til stede for at foranledige et total kollaps med deraf følgende eksplosion af den samlede gasmængde, vanskeligt kan tilvejebringes i praksis med mindre der er tale om en forsætlig (kriminell) handling.

En lækage er - i modsætning til et kollaps - et konstant udslip som følge af indtrufne utætheder, brud eller lignede i tanke og på rør. I dette tilfælde kan der - udover sen eksplosion og Flash fire - optræder Jet-fire, hvorved forstås en retningsbestemt afbrænding af den lækkede biogas i samme takt som den udledes.

På samme vis som ved kollaps kan der desuden være tale om giftvirkning, hvis den lækkede gas ikke bryder i brand.

I konsekvensberegningerne er der taget udgangspunkt i, at kollaps og lækage i reaktorer sker i gasfasen i overgangen mellem tankside og tanktop, hvilket er 8 m og 10 m over terræn for Reaktor R2 hhv. R3. Lækager i reaktorerne regnes som havende en udslips-diameter på 50 mm i Reaktor R2 hhv. 200 mm i gaslagre og i reaktor R3. Årsagen til denne forskel er begrundet i materialeforholdene, idet toppen af Reaktor R2 er udført i stål mens toppen af Reaktor R3 og gaslagrene er udført i gastætte kunststof-membraner.

Kollaps og lækage fra gaslagre er antaget at ske så tæt ved terrænniveau som muligt, hvor lagrene er fæstnet til hhv. lagertank 1 (G1) og fundament (G2), mens kollaps fra gasopgraderingsanlæggets kolonne er antaget at ske 3 m over terræn.

Lækage fra gasrør er beregningsmæssigt antaget at ske centralt på anlægget i en højde over terræn på 3 m. Gasrør er indregnet med en indvendig diameter på 400 mm og brud som havende en udslips-diameter på 75 mm.

For at undersøge betydningen af en eventuel domino-effekt, hvor en hændelse i én anlægsdel igangsætter en kædereaktion af hændelser på anlægget, er følgende undersøgt:

- Den interne varme- og trykpåvirkning, en hændelse i et bygværk vil have på de øvrige. Dette har til formål at afdække risikoen for dominoeffekt.
- Betydningen for udbredelsen af sikkerheds- og konsekvenszone, hvis alt tilstedeværende gas på anlægget eksploderer momentant og samtidig. Herved undersøges konsekvens af et ekstremt tilfælde af dominoeffekt, der i praksis ikke vil kunne finde sted.

Endelig er undersøgt et uheldsscenario, hvor der fra en fortank sker udslip af luft med et højt indhold af svovlbrinte. Dette er medtaget for at undersøge den giftvirkning, dette vil give anledning til, herunder om et udslip kan have konsekvenser uden for anlægget areal, hvor der færdes personer, som ikke er udstyret med personlige værnemidler eller har viden om de signaler, der indikerer fare for svovlbrinteforgiftning.

1.3.1 Scenarier, der er udeladt

Ved valg af scenarier er der fokuseret på de anlægskomponenter, som qua deres beliggenhed og/eller beholdning vil kunne give anledning til de mest betydende skadevirkninger.

Det er således vurderet, at kollaps/lækage fra hygiejniseringsstanke og gasrensetanke, hvor der maksimalt vil være hhv. 35 m³ og 45 m² biogas til stede, udgør en ubetydelig risiko sammenlignet med f.eks. de gasmængder, der er til stede i reaktorernes headspace og i gaslagrene.

Det samme gør sig gældende for så vidt angår gasrør, gasblæsere etc., hvor der alene er regnet på et rørbrud i et fritliggende gasrør, som transportere den samlede gasproduktion fra anlægget reaktorer.

Transmissionsledningen, der leder opgraderet gas fra Hashøj Biogas til naturgasnettet er ligeledes ikke medtaget, idet denne er nedgravet.

I **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** er placeringen af de nye anlægskomponenter, der kan komme på tale ved fuld udvidelse af Hashøj Biogas, projiceret ind på et luftfoto af anlægget som det fremstår i dag.



Figur 1-2: Oversigtsplan, der viser placering af fremtidige bygninger og tanke.

2. Sikkerheds- og konsekvensafstanden

I dette afsnit opsummeres konsekvensrapportens resultater i form af en præsentation af de maksimale sikkerheds- og konsekvensafstande, der er fundet ved analyse af de mulige uheldsscenerier. Det skal bemærkes, at der ved beregning af disse afstande, der til sammen i rapporten benævnes "skadesafstande", ikke ses på sandsynligheden for, at en given hændelse indtræffer; men alene de konsekvenser, denne vil have.

Risikoen ved at opholdes sig på eller i nærheden af Hashøj Biogas, vil udover en given konsekvens af en hændelse være afhængig af sandsynligheden for at denne indtræffer. Dette forhold er behandlet nærmere i sikkerhedsdokumentet.

Der anvendt følgende definition på hhv. *sikkerhedsafstand* og *maksimal konsekvensafstand*:

- Ved sikkerhedsafstand forstås den afstand fra anlægget, uden for hvilken det ikke er forbundet med livsfare at opholdes sig, ifald det uheld, der giver anledning til den største skadesafstand, finder sted.
- Ved den maksimale konsekvensafstand forstås den maksimale afstand, inden for hvilken der vil kunne være en risiko - men ikke en dødelig risiko - forbundet med at opholde sig, ifald det uheld, der giver anledning til den største skadesafstand, finder sted.

Vurderingen baserer sig på en kvalitativ bedømmelse, hvor der med udgangspunkt i anbefalinger i /1/ for tærskelværdier for varmestråling, eksplosionsovertryk og giftvirkning beregnes, i hvor store afstande fra en given anlægskomponent, der vil fremkomme skadevirkninger af en given størrelse i tilfælde af uheld.

I Tabel 2-1 er vist de tærskelværdier, der er anvendt i rapporten. Tærskelværdierne repræsenterer de i kilderne anvendte erfaringer og best practice; men der vil naturligvis være et individuelt element fra sag til sag hhv. fra person til person, hvorfor der ikke kan tales om en hårfin grænse.

Anvendte tærskelværdier			
	Enhed	Sikkerhedsafstand	Maksimal konsekvensafstand
Eksplosionsovertryk	bar(g)	0,05	0,02
Varmestråling	kW/m ²	4,0	2,5
Giftvirkning, H₂S	ppm	59 (AEGL 3)	32 (AEGL 2)

Tabel 2-1: Anvendte tærskelværdier.

For giftvirkning tages udgangspunkt i de såkaldte AEGL-værdier for en eksponering på 30 minutter. Yderligere oplysninger om AEGL-værdierne kan findes via /7/.

Som det vil fremgå af konsekvensrapportens øvrige afsnit, er det uheldsscenerier, der indbefatter eksplosion, som giver anledning til de maksimale skadesafstande. Skadesafstandene fra varmestråling ved brande og giftvirkning ved udslip af biogas, er i alle tilfælde kortere end tilfældet er for eksplosionsovertryk.

På bygværksniveau er det ikke overraskende uheld, der involverer Gaslager G2, som giver anledning til de længste skadesafstande, idet der her er tale om det største samlede oplag af biogas på anlægget.

I Fase 2 af udvidelsen vil de nuværende gaslagre blive nedlagt, og det vil derefter været en eksplosion som følge af kollaps af en af de nye reaktorer, der giver anledning til de længste skadesafstande. For at synliggøre, hvilken betydning dette har, er der i de efterfølgende præsentationer af sikkerhedsafstand og maksimale konsekvensafstande vist, hvorledes situationen vil være både efter Fase 1 og Fase 2 af udvidelsen.

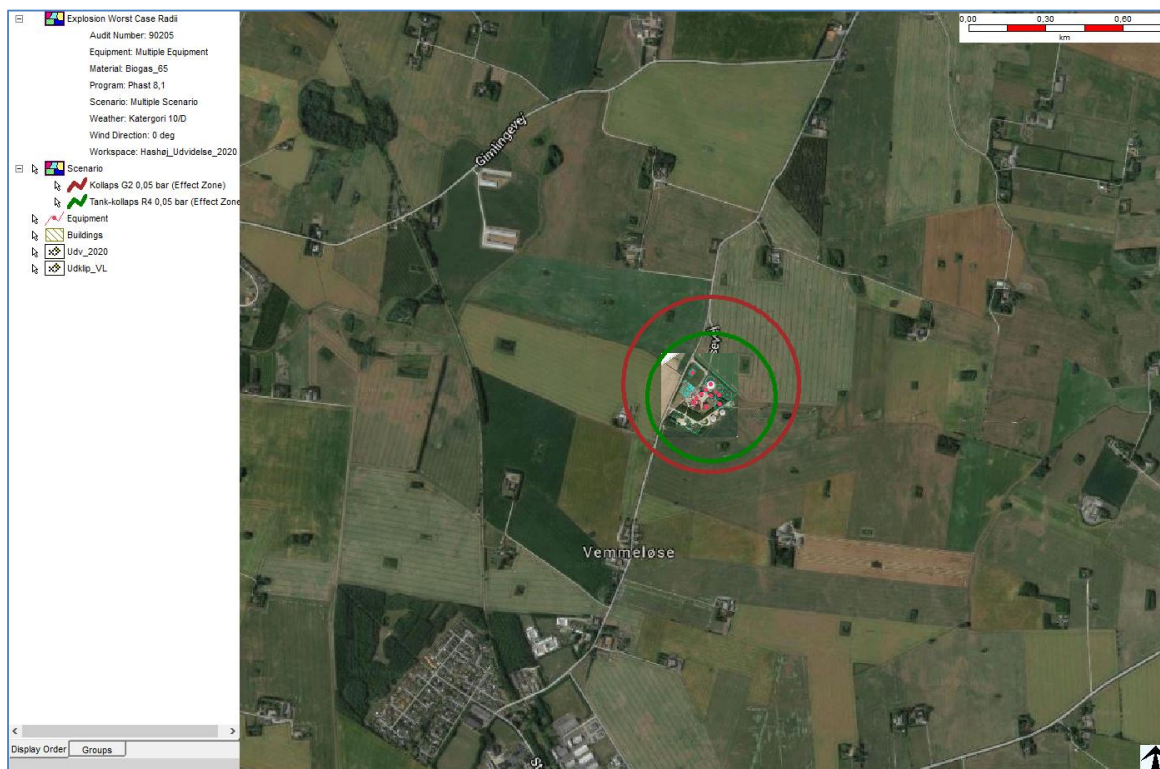
2.1 Sikkerhedsafstand

I Figur 2-1 ses grænsen for dødsrisiko ved eksplosion i forbindelse med et tank- eller gaslagerkollaps, der som nævnt er det uheldsscenarie, som giver anledning til de længste skadesafstande.

Ydergrænsen for cirklen repræsenterer dermed grænsen for, hvor der vil kunne opstå dødsfald ved et uheld på Hashøj Biogas forårsaget af et eksplosionsovertryk på 0,05 bar, og denne afstand er derfor at betragte som sikkerhedsafstanden.

Den viste cirkel er gældende for vejrtyper 10/D og repræsenterer den såkaldte effektzone, d.v.s. at det er yderkonturen dækkende alle vindretninger. Den røde cirkel viser situationen efter Fase 1 udvidelsen, og denne er identisk med den nuværende, idet det som nævnt er et kollaps af det nuværende Gaslager G2, der vil give anledning til de længste skadesafstande både i den nuværende situation og efter Fase 1 udvidelsen er gennemført.

Den grønne cirkel repræsenterer udvidelsen efter Fase 2, hvor det nuværende Gaslager G2 nedlægges og der dermed bliver headspace i de nye reaktorer, der indeholder det største gasoplæg og dermed giver anledning til de længste skadesafstande. Cirklen er beregnet med udgangspunkt i Reaktor R4, der er den af de nye reaktorer, der ligger tættest på offentlig vej.



Figur 2-1: Sikkerhedsafstand defineret som afstand til eksplosionsovertryk på 0,05 bar(g)

I Figur 2-2 er indsat et forstørret udsnit af Figur 2-1.



Figur 2-2: Forstørret udsnit vedr. sikkerhedsafstand.

Det ses, at ingen af de omkringliggende ejendomme er placeret inden for sikkerhedsafstanden; men at denne dog strækker sig ud over anlæggets areal og blandt andet dækker Vemmeløsevej over en strækning på ca. 500 m (Fase 1) hhv. ca. 300 m (Fase 2). I Fase 1 går cirklen desuden delvist ind over ejendommen beliggende på adressen Vemmeløsevej 16, hvor der dog ikke er tale om beboelse.

Et uheldsscenario, der indbefatter en eksplosion i et gaslager vil i praksis være særdeles usandsynlig, idet dette vil forudsætte at den tilstedeværende gas skal være opblandet med atmosfærisk luft til en eksplosiv blanding og derefter momentant frigives til atmosfæren samtidig med, der er en tændkilde til stede.

2.2 Maksimal konsekvensafstand

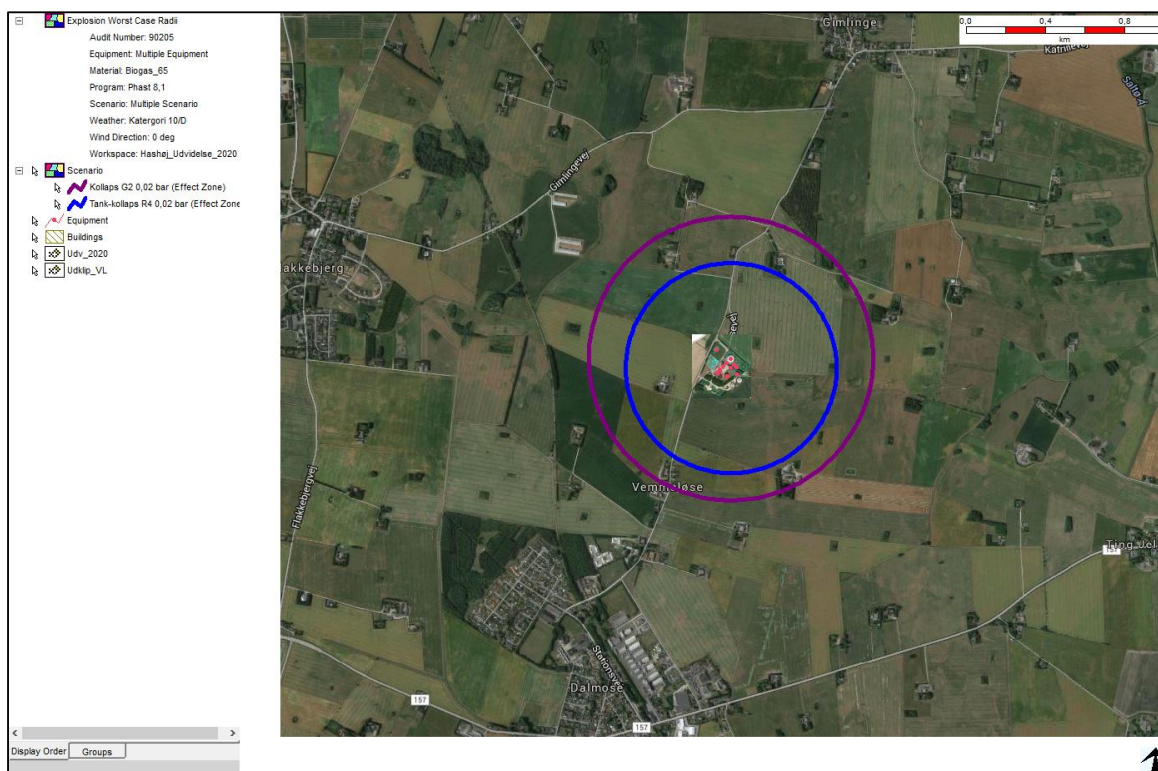
Figur 2-3 er analog med Figur 2-1 med den forskel, at det her er de maksimale konsekvensafstande, der er vist.

Inden for de på figuren viste cirkler vil der kunne ske en betydelig påvirkning i forbindelse med et uheld; men der vil ikke - som tilfældet er ved ophold inden for sikkerhedsgrænsen - være tale om en dødelig påvirkning.

Som tilfældet var ved betragtning af sikkerhedsafstanden, er det også her eksplosion i Gaslager G2 (Fase 1 samt nuværende situation, lilla cirkel) og eksplosion i Reaktor R4 (Fase 2, blå cirkel), der giver anledning til de maksimale konsekvensafstande. Også her repræsenterer cirklerne effektzonen ved vejtype 10/D og dermed alle vindretninger.

Det ses, at der efter gennemførelsen af en Fase 2 udvidelse vil være en relativ betydelig reduktion i den maksimale konsekvensafstand i forhold til den nuværende situation og Fase 1 udvidelsen.

Området inden for den maksimale konsekvensafstand er interessant at betragte i relations til beredskabsindsatsen. Det ses af figuren, at der ikke er større sammenhængende byområder beliggende inden for den maksimale konsekvensafstand, hvilket kunne have kompliceret en eventuel redningsindsats.



Figur 2-3: Maksimal konsekvensafstand defineret som afstand til eksplosionsovertryk på 0,02 bar(g).

2.3 Opsummering ang. skadesafstande

Udvidelsen af Hashøj Biogas er planlagt gennemført i 2 faser. Efter første fase vil der ske en forøgelse af det maksimale gasoplag fra nu ca. 17.300 m³ til ca. 26.900 m³. Til gengæld vil det nuværende tankanlæg til oplag af spritaffald blive nedlagt, hvilket betyder at et par af de uheldsscenerier, der tidligere indgik i konsekvensrapporten, ikke længere er relevante.

Det gælder dels uheld i selve tankanlægget i form af eksplosion og pool-fire, og dels uheld, der indbefatter tankvogne, der leverer spritaffaldet ind på anlægget. Uheld med tankvogne giver den ekstra udfordring, at der her er tale om et bevægelig oplag af brandfarlig væske.

I forhold til sikkerhedsafstand og maksimal konsekvensafstand, sker der ingen ændringer efter Fase 1 af udvidelsen er gennemført, idet der i Fase 1 udvidelsen ikke etableres nye anlæg, der har større gasoplag end der er i det nuværende Gaslager G2. Det vil derfor også efter Fase 1 udvidelsen er gennemført være en hændelse i Gaslager G2, som vil give anledning til de længste skadesafstande.

Når Fase 2 af udvidelsen er gennemført, vil de nuværende Gaslager G1 og Gaslager G2 blive nedlagt og der vil derefter være et maksimalt gasoplag på ca. 21.050 m³. De største enkeltoplag af gas vil derefter være at finde i de nye reaktors headspace; her vil dog i hver reaktor maksimalt være ca. 5.100 m³ gas mod de 12.000 m³, der vil kunne være til stede i Gaslager G2. I forhold til den nuværende situation vil der derfor ske en betragtelig reduktion i de maksimale skadesafstande, når Fase 2 er gennemført, hvilket også fremgår af Figur 2-1 og Figur 2-3.

I Tabel 2-2 er opskrevet sikkerhedsafstand og maksimal konsekvensafstand ved den nuværende situation og efter de forskellige stader af udvidelsen.

Skadesafstande			
	Enhed	Sikkerhedsafstand	Maksimal konsekvensafstand
Nuværende anlæg	m	342	718
Efter Fase 1 udvidelse	m	342	718
Efter Fase 2 udvidelse	m	250	533

Tabel 2-2: Opsummering vedr. skadesafstande.

3. Konsekvensanalysens resultater

Konsekvensanalysens er udarbejdet i programmet *Phast* (version 8.11.97.0) og dets resultater er dokumenteret i rapporter genereret i programmet for de enkelte uheldsscenerier. Da disse rapporter har et omfang på ca. 1.300 sider, er de ikke udskrevet og vedlagt som bilag til konsekvensrapporten i sin helhed; men foreligger alene på digital form.

I konsekvensrapporten er som udgangspunkt anvendt de engelske betegnelser for forskellige typer af brande (jet-fire, fireball og flash-fire), idet der ikke er fundet dækkende danske betegnelser. Betegnelserne dækker over følgende:

Jet-fire: En retningsbestemt brand, der kan opstå ved lækage i et gasrør eller en beholder, der indeholder gas. Gassen afbrændes i samme takt, som den udledes.

Fire-ball: En kort, intens brand, der kan opstå i forbindelse med f.eks. kollaps af tanke med brandbare medier. Fire-ball optræder altid sammen med eksplosion; men en eksplosion medfører ikke nødvendigvis Fire-ball.

Flash-fire: Denne type brand kan opstå, hvis der sker sen antændelse af en brændbar gassky. Ved "sen" forstås, at gasskyen ikke antændes umiddelbart efter den er opstået, men en given tid derefter, når der dels er en tændkilde til stede og dels er en brændbar blanding af den pågældende gas og ilt.

I de tidligere konsekvensrapporter er desuden beskrevet brand som Pool-fire, der er en brand i en væskeansamling, der f.eks. er fremkommet ved lækage af en tank med et flydende medie. Denne type brand kan ikke længere forekommer, idet den alene kunne opstå ved en lækage i tankanlægget til oplag af spritaffald, der som tidligere beskrevet vil blive nedlagt i forbindelse med udvidelsen.

I det følgende er indsat grafer, der viser de beregnede konsekvenser af de i Tabel 1-1 oplyste uheldsscenerier.

Scenerier, der vedrører Reaktor R2, Gaslager G1 og Gaslager G2, er de samme som i de tidligere versioner af konsekvensrapporterne, men der er dog for disse lavet nye beregninger for eksplosioner, idet der i den nuværende version af *Phast* ikke længere udregnes separate skadesafstande for tidlig - hhv. sen eksplosion. I stedet genereres et diagram, der automatisk sammenligner de to situationer og præsenterer de længste skadesafstande.

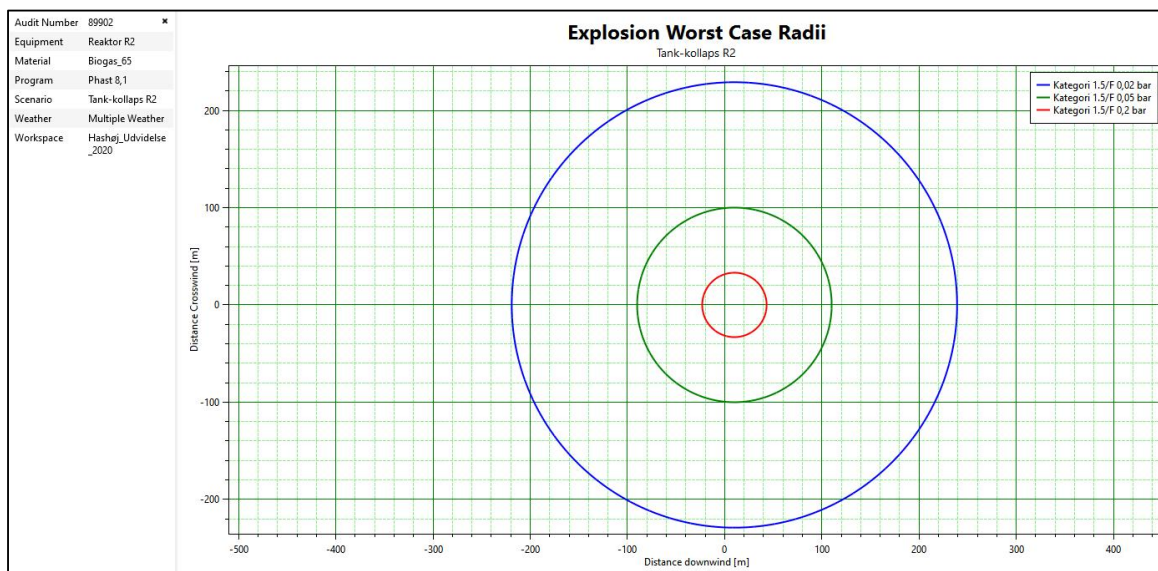
3.1 Reaktor R2

For Reaktor R2 er undersøgt konsekvenserne ved dels tankkollaps og dels en lækage i tankens headspace, d.v.s. den øverste del af tanken, hvor der er 582 m³ biogas til stede. Udslippet ved lækage er forudsat at ske gennem et hul med en diameter på 50 mm i 8 m højde.

Efterfølgende ses grafer, der viser skadesafstande for eksplosion, brand og giftvirkninger i de 2 situationer.

I Figur 3-1 ses afstanden til eksplosionsovertryk på 0,02; 0,05 og 0,2 bar ved tank-kollaps. Diagrammet viser afstandene ved vejrtype 1,5/F, der er den af de 3 betragtede, der giver anledning til de længste skadesafstande, idet der dog kun er tale om variationer på ca. 10 m mellem de forskellige scenarier.

Ved lækage kan ikke dannes en gasblanding, der kan give anledning til eksplosion.

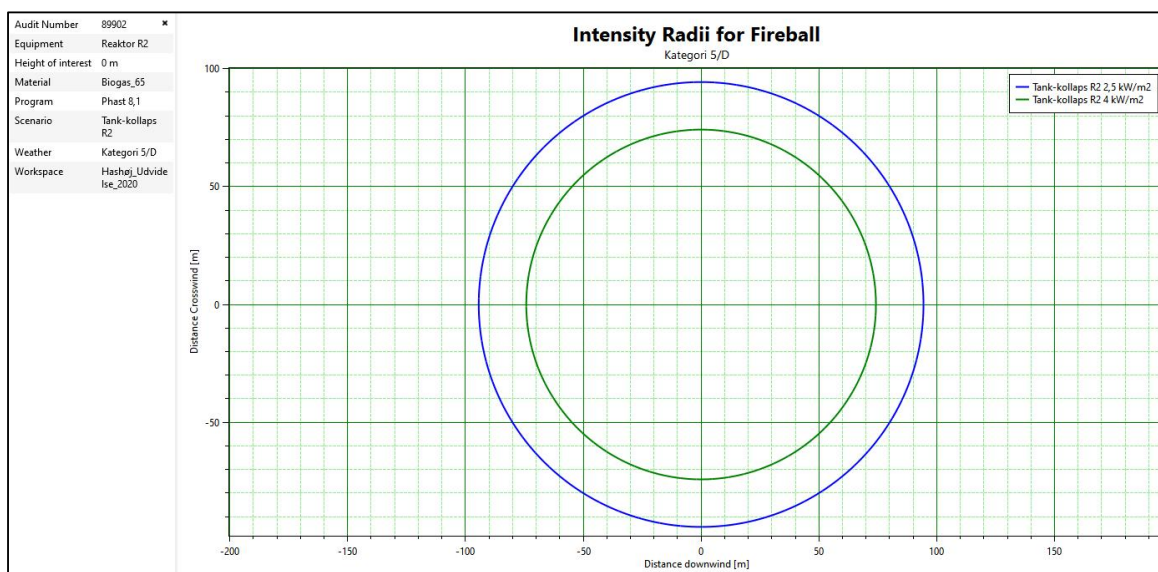


Figur 3-1: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved tank-kollaps i Reaktor R2.

I Figur 3-2 ses afstanden til strålingsniveau på 2,5 og 4,0 kW/m² fra brand som Fire-ball. For dette ulykkes scenarie er skadesafstandene uafhængig af vejrtypen.

Det ses, at afstandene for sikkerhedsafstand (4,0 kW/m²) og maksimal konsekvensafstand (2,5 kW/m²) er væsentligt kortere end tilfældet er for de tilsvarende for så vidt angår eksplosionsovertryk.

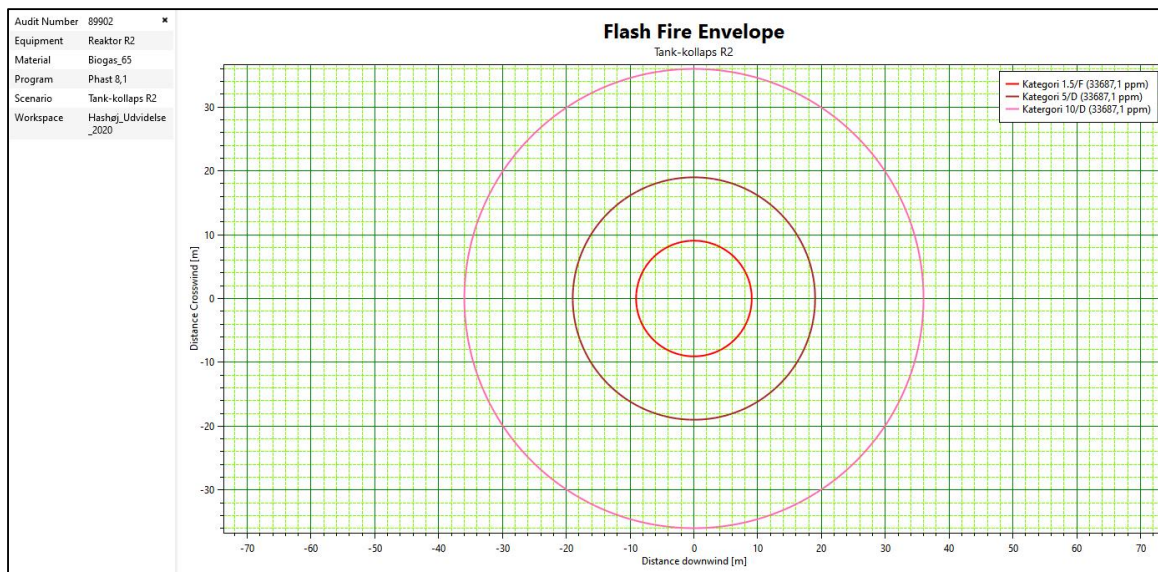
Ved lækage kan ikke fremkomme en situation, der giver anledning til brand som Fire-ball.



Figur 3-2: Afstand til udvalgte strålingsniveauer forårsaget af brand som Fire-ball ved tank-kollaps i Reaktor R2.

I Figur 3-3 ses de maksimale afstande, inden for hvilke der vil kunne optræde en brændbar gassky og dermed opstå Flash-fire. Diagrammet viser situationen for alle tre vejrtyper, og det ses, at skadesafstandene her er meget vejrafhængige og at det er i situationer med kraftig blæst, hvor der kan ske en stor udbredelse af gasskyen, der optræder de længste skadesafstande.

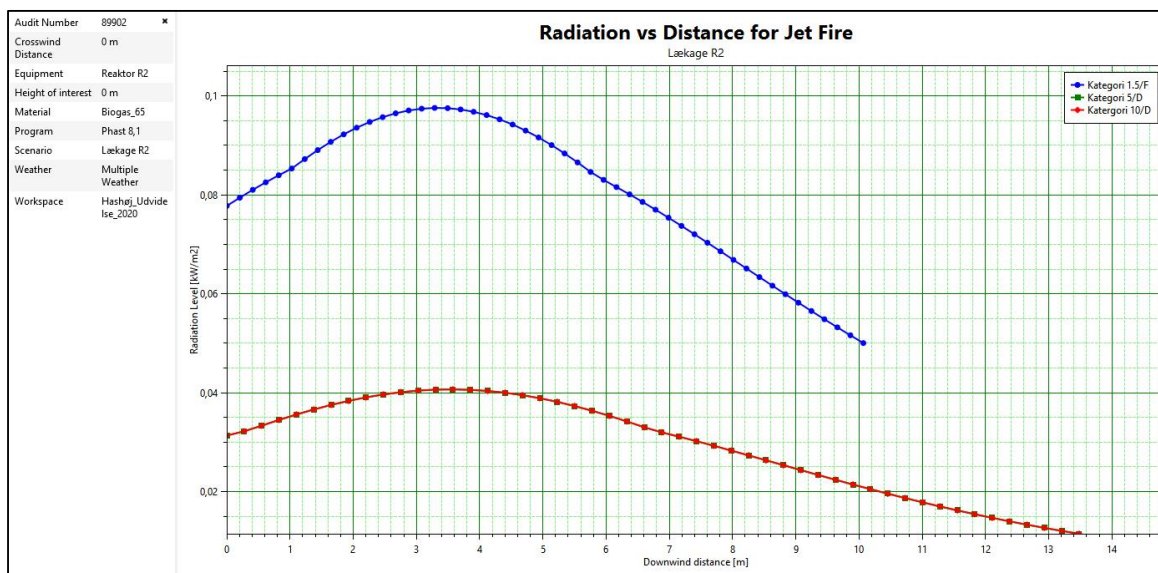
Ved lækage kan ikke fremkomme en situation, der giver anledning til Flash-fire.



Figur 3-3: Maksimale afstande, inden for hvilke der kan optræde brændbar gasky som følge af kollaps eller lækage i R2.

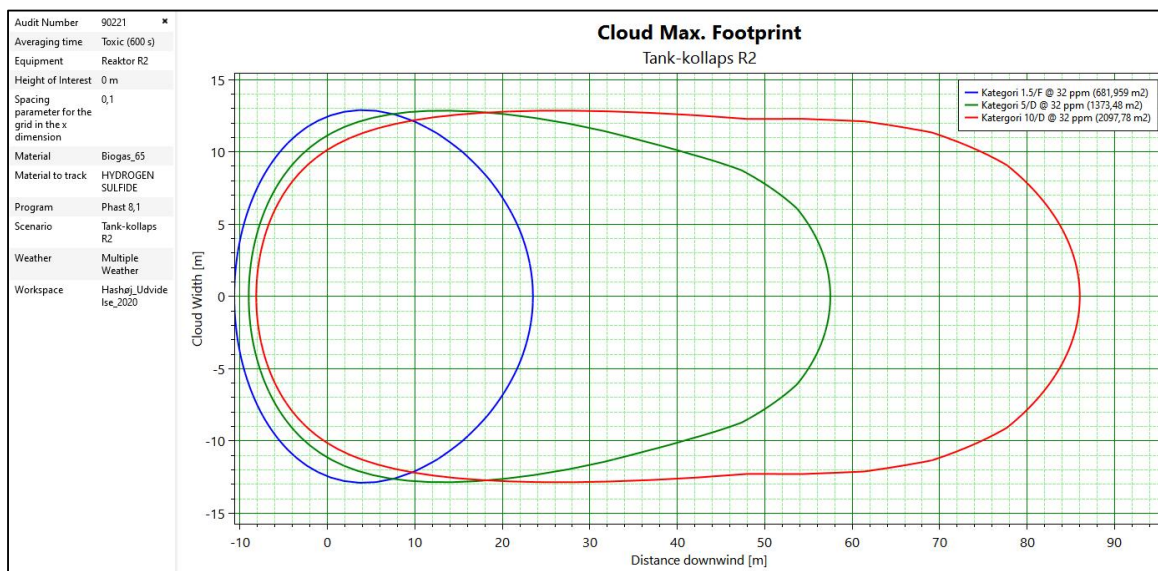
Figur 3-4 viser strålningsniveauet for en Jet-fire som følge af en lækage i Reaktor R2. Figuren viser, hvorledes varmestrålingen vil blive oplevet for en person, der opholder sig i terrænniveau. Det ses, at der er tale om meget lave strålningsniveauer, som ligger langt under værdierne for sikkerheds- og konsekvensafstand på hhv. 4,0 og 2,5 kW/m².

Kurverne for vejrtype 1.5/F og 5/D er sammenfaldne og det er derfor kun den ene, der er synlig i diagrammet.



Figur 3-4: Varmestråling ved Jet-fire som følge af lækage i Reaktor R2.

I Figur 3-5 ses konturen for det område, der under forskellige vejrtypen vil blive eksponeret med et svovlbrinteindhold på til 32 ppm svarende til AEGL2-niveau. Kurverne repræsenterer dermed den maksimale konsekvensafstand for giftvirkning ved kollaps af Reaktor R2. Ved lækage fremkommer ikke koncentrationsniveauer af betydning.



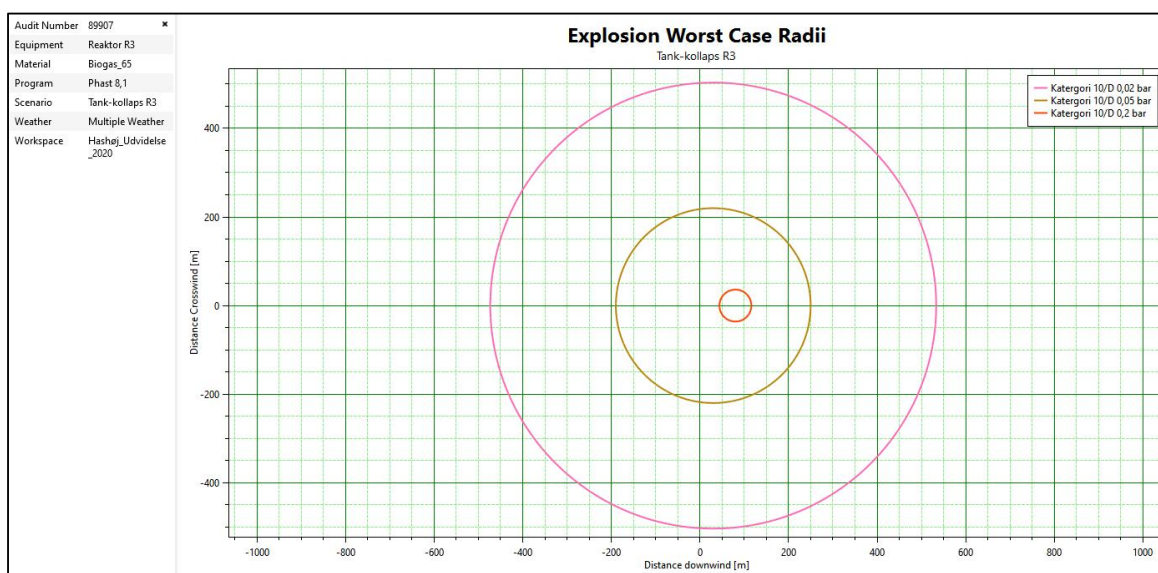
Figur 3-5: Afstand til AEGL-3 niveau (59 ppm) for svovlbrinte som følge af gasudslip fra Reaktor R2.

3.2 Reaktor R3

For Reaktor R3 (og dermed også Reaktor R4, der er identisk med Reaktor R3) er undersøgt konsekvenserne i samme situationer, som der i afsnit 3.1 er gjort for Reaktor R2. Forskellen i de 2 scenarier er, at Reaktor R3 qua sin størrelse og konstruktionsprincip indeholder en større gasmængde i headspace (5.088 m³ mod 582 m³ i Reaktor R2) samt at udslippet fra en lækage desuden sker i 10 m højde over terræn mod 8 m højde for Reaktor R2.

Efterfølgende ses grafer, der viser skadesafstande for eksplosion, brand og giftvirkninger i de 2 situationer. Det skal bemærkes, at de viste resultater vil være identiske for Reaktor R4, der etables samtidig med Reaktor R3, samt for Reaktor R5 og R6, der er planlagt opført i udvidelsens fase 2.

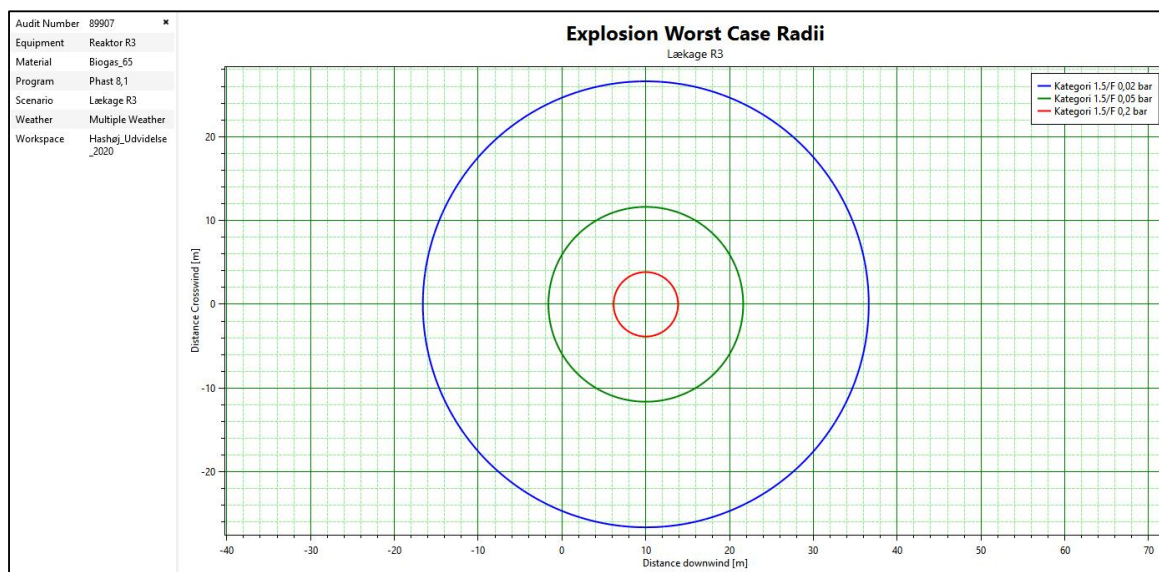
I Figur 3-6 ses afstanden til eksplosionsovertryk på 0,02; 0,05 og 0,2 bar ved tank-kollaps. Diagrammet viser afstandene ved vejrtype 10/D, der er den af de 3 betragtede, der giver anledning til de længste skadesafstande.



Figur 3-6: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved tank-kollaps i Reaktor R3.

I Figur 3-7 er vist afstande til de tilsvarende eksplosionsovertryk ved lækage, hvor det er ved vejrtype 1.5/F, der optræder de længste skadesafstande.

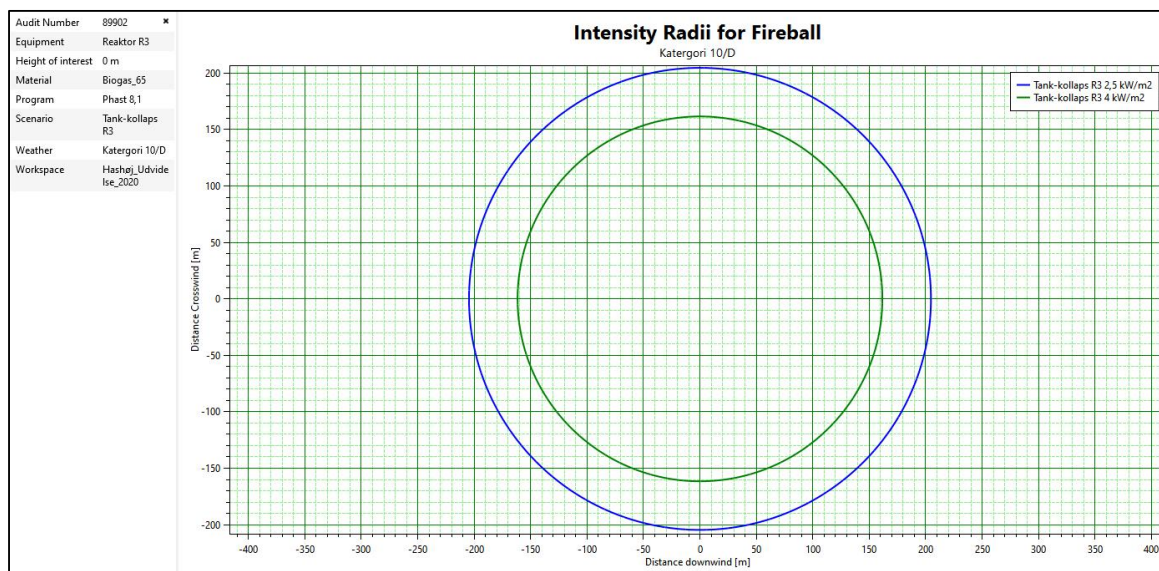
Det ses af diagrammet, at skadesafstandene ved eksplosion som følge af lækage er markant mindre end tilfældet er ved tank-kollaps.



Figur 3-7: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved lækage i Reaktor R3.

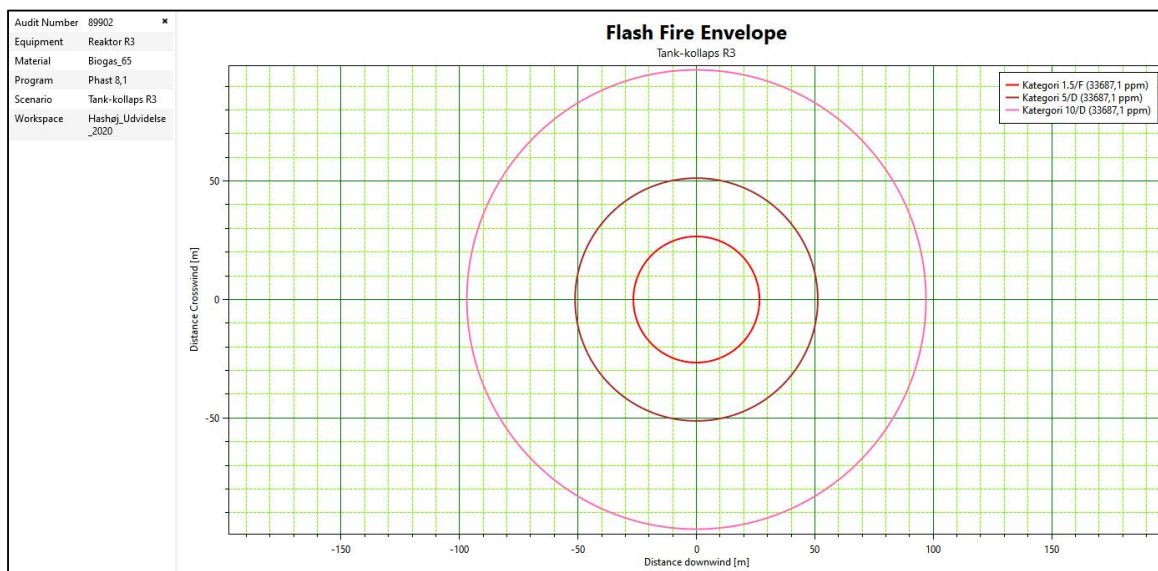
I Figur 3-8 ses afstanden til strålningsniveau på 2,5 og 4,0 kW/m² fra brand som Fire-ball ved tankkollaps. For dette uheldsscenario er skadesafstandene ens for de 3 vejrtyper. Det ses, at afstandene for sikkerhedsafstand (4,0 kW/m²) og maksimal konsekvensafstand (2,5 kW/m²) er væsentligt kortere end tilfældet er for de tilsvarende for så vidt angår eksplosionsovertryk ved tankkollaps.

Ved lækage kan ikke fremkomme en situation, der giver anledning til brand som Fire-ball.



Figur 3-8: Afstand til udvalgte strålningsniveauer forårsaget af brand som Fire-ball ved tank-kollaps i Reaktor R3.

I Figur 3-9 ses de maksimale afstande ved hver af de 3 vejrtyper, inden for hvilke der vil kunne optræde en brændbar gassky og dermed opstå Flash-fire. Det er kun i forbindelse med tank-kollaps, der kan opstå Flash-fire.

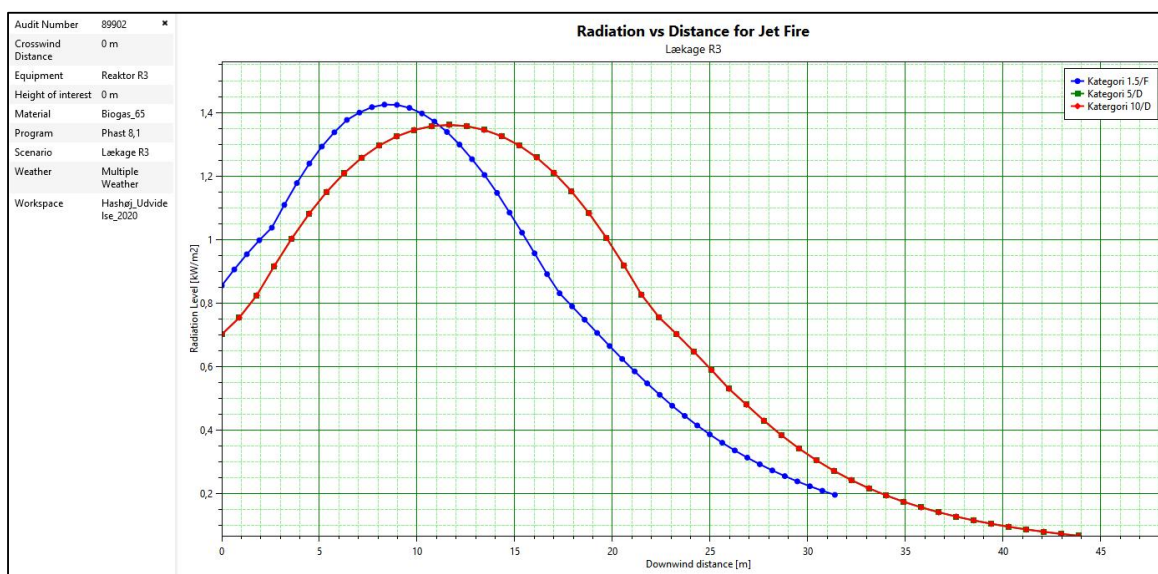


Figur 3-9: Maksimale afstande, inden for hvilke der kan optræde brændbar gassky som følge af kollaps eller lækage i R3.

Ved sammenligning mellem de scenarier, der indbefatter eksplosion, Flash-fire og Fire-ball, ses det at de længste afstande fremkommer når der er tale om eksplosion ved tank-kollaps, derefter følger Fire-ball og Flash-fire (der begge kun kan forekomme ved tank-kollaps). Korteste afstande fremkommer ved eksplosion i forbindelse med lækage.

Figur 3-10 viser strålningsniveauet for en Jet-fire som følge af en lækage i Reaktor R3. Figuren viser, hvorledes varmestrålingen vil blive oplevet for en person, der opholder sig i terrænniveau. Som det også var tilfældet for Reaktor R2, er der tal om strålningsniveauer, der ligger under grænserne for sikkerheds- og konsekvensafstandene.

Linjen for vejrtyperne 10/D og 5/D er sammenfaldne og det er derfor kun den ene, der er synlig i diagrammet.

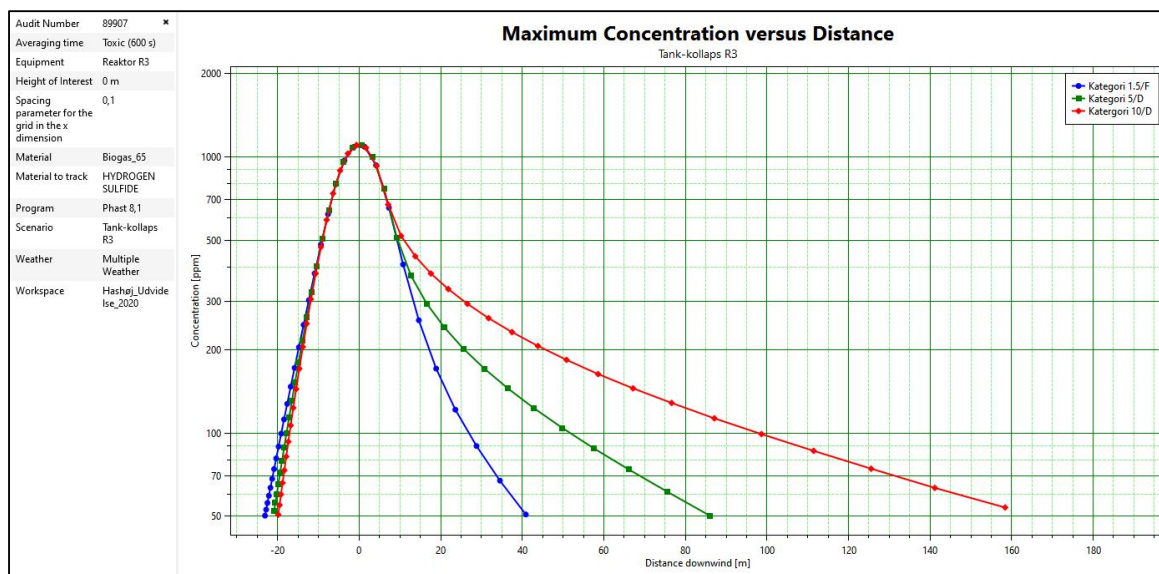


Figur 3-10: Varmestråling ved Jet-fire som følge af lækage i Reaktor R3.

I Figur 3-11 ses koncentrationsniveauet af svovlbrente ved terrænniveau i afhængighed af afstanden fra udslippet. Det ses, at der ved kraftig vind repræsenteret ved vejrtype 10/D vil være en afstand

på op til ca. 160 m, inden for hvilken det vil være forbundet med en betydelig risiko for forgiftning ved længerevarende ophold.

Ved lækage fremkommer ikke koncentrationsniveauer af betydning.



Figur 3-11: Koncentration af svovlbrinte som følge af gasudslip fra Reaktor R3.

3.3 Gaslager G1

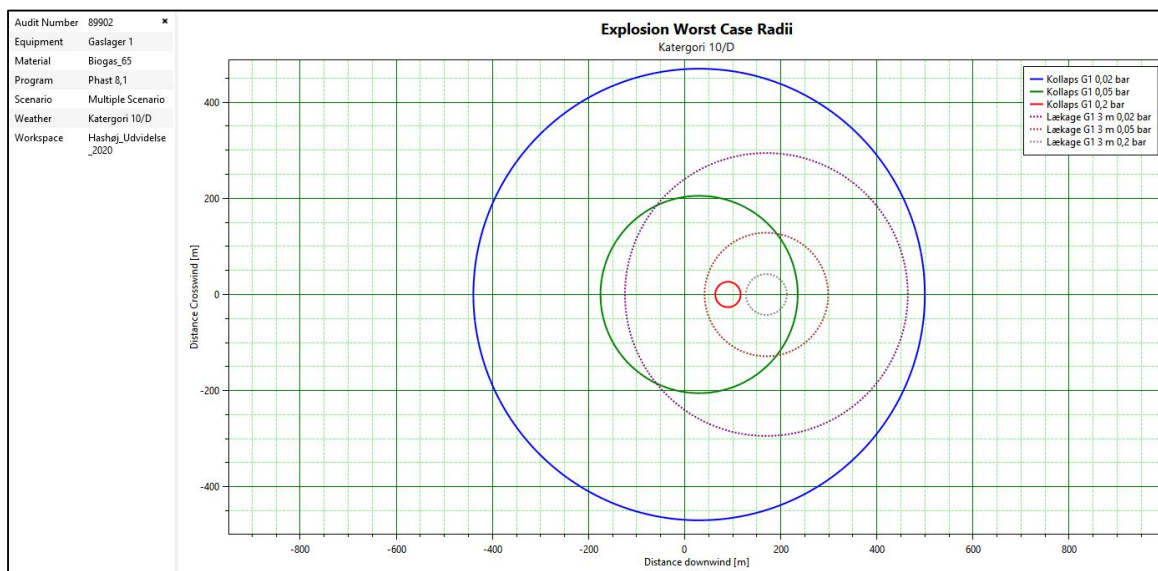
Gaslager G1 er etableret på toppen af Lagertank L1. Når væskeniveauet i lagertanken er på det laveste niveau, vil der maksimalt kunne oplagres 4.075 m³ biogas i gaslagret inklusiv den ikke væskefyldte del af lagertanken.

For Gaslager G1 er undersøgt konsekvenserne ved et totalt kollaps og ved lækage i 2 forskellige situationer. Udslip ved lækage er således beregnet dels gennem et hul med en diameter på 200 mm med center i 3 m højde og dels gennem et hul med en diameter på 3 m med center i 5 m højde.

Efterfølgende ses grafer, der viser skadesafstande for eksplosion, brand og giftvirkninger i disse situationer.

I Figur 3-12 ses afstanden til eksplosionsovertryk på 0,02; 0,05 og 0,2 bar ved dels kollaps og dels lækage gennem et hul med en diameter på 3 m (stiplede kurver). Diagrammet viser situationen ved vejrtype 10/D, der er den af de 3 undersøgte, der giver anledning til de længste skadesafstande.

Ved lækage gennem et hul med en diameter på 200 mm kan der ikke opstå eksplosion.

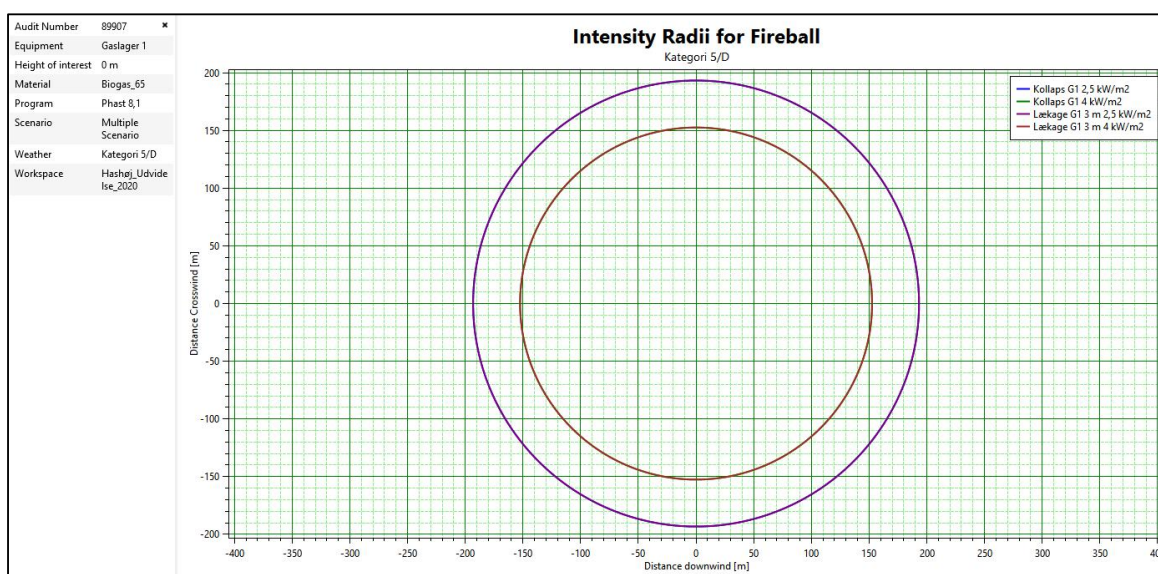


Figur 3-12: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved kollaps af Gaslager G1.

I Figur 3-13 ses afstanden til strålingsniveau på 2,5 og 4,0 kW/m² fra brand som Fire-ball ved kollaps og lækage gennem et hul med en diameter på 3 m.

Det ses, at kurverne er sammenfaldne for de 2 situationer, hvilket indikere at der ved et udslip via en stor lækage i forhold til farlighed ved Fire-ball er sammenlignelig med et totalt kollaps. Det ses endvidere, at afstandene for sikkerhedsafstand (4,0 kW/m²) og maksimal konsekvensafstand (2,5 kW/m²) er væsentligt kortere end tilfældet er for de tilsvarende for så vidt angår eksplosionsovertryk.

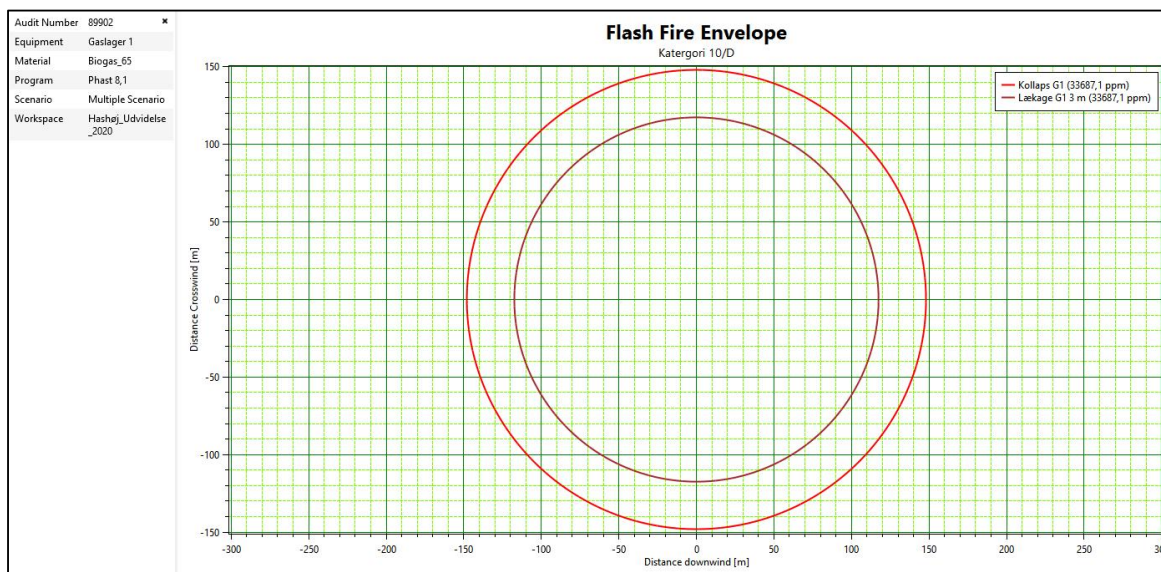
Ved lækage gennem et 200 mm hul kan ikke fremkomme en situation, der giver anledning til brand som Fire-ball, hvilket er en naturlig følge af, at der ej heller kunne opstå eksplosion for dette uheldsscenario.



Figur 3-13: Afstand til udvalgte strålingsniveauer forårsaget af brand som Fire-ball ved kollaps af Gaslager G1.

I Figur 3-14 ses de maksimale afstande, inden for hvilke der vil kunne optræde en brændbar gassky og dermed opstå Flash-fire. Diagrammet viser situationen ved dels kollaps og dels ved lækage gennem et hul med en diameter på 3 m. Der vises resultatet for vejrtype 10/D, der er den af de 3 betragtede typer, som giver anledning til de længste skadesafstande.

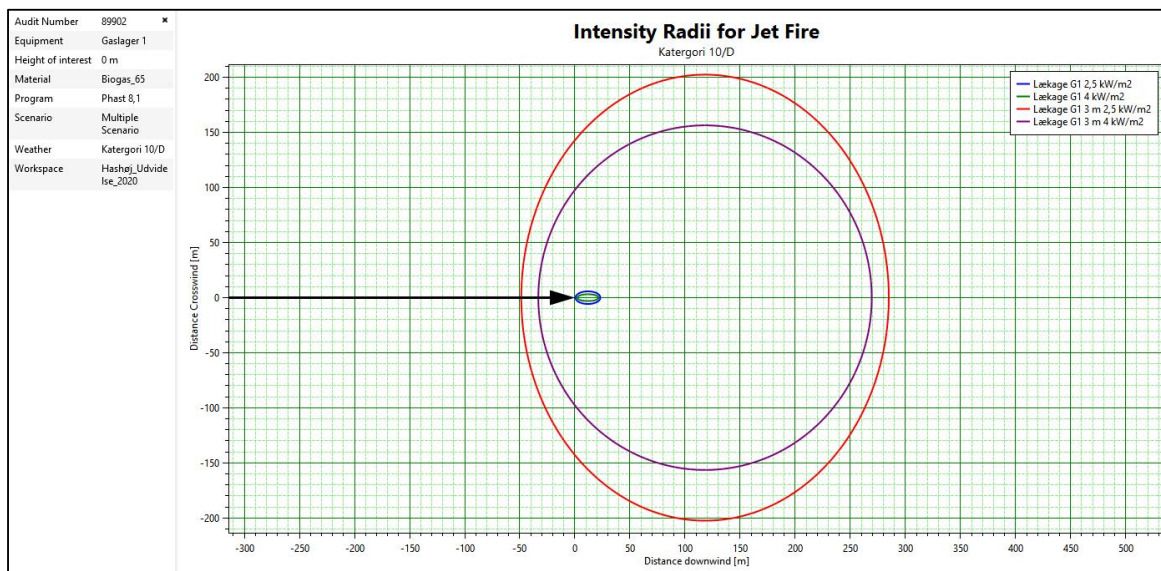
En lækage gennem et 200 mm hul giver ikke risiko for Flash-fire.



Figur 3-14: Maksimale afstande, inden for hvilke der kan optræde brændbar gassky som følge af kollaps eller lækage i G1.

Figur 3-15 viser strålingsniveauet for en Jet-fire som følge af en lækage i Gaslager G1. Figuren viser afstandene til strålingsniveauer på 2,5 og 4,0 kW/m² ved lækage gennem hul med diameter 200 mm hhv. 3 m. Da lækagerne her er forudsat at ske i 3 hhv. 5 m højde, optræder der væsentligt højere strålingsniveauer end tilfældet er ved lækage i reaktorenes headspace.

Det er også her vejrtype 10/D, der er den af de 3 betragtede typer, som giver anledning til de længste skadesafstande.



Figur 3-15: Varmestråling ved Jet-fire som følge af lækage i Gaslager G1.

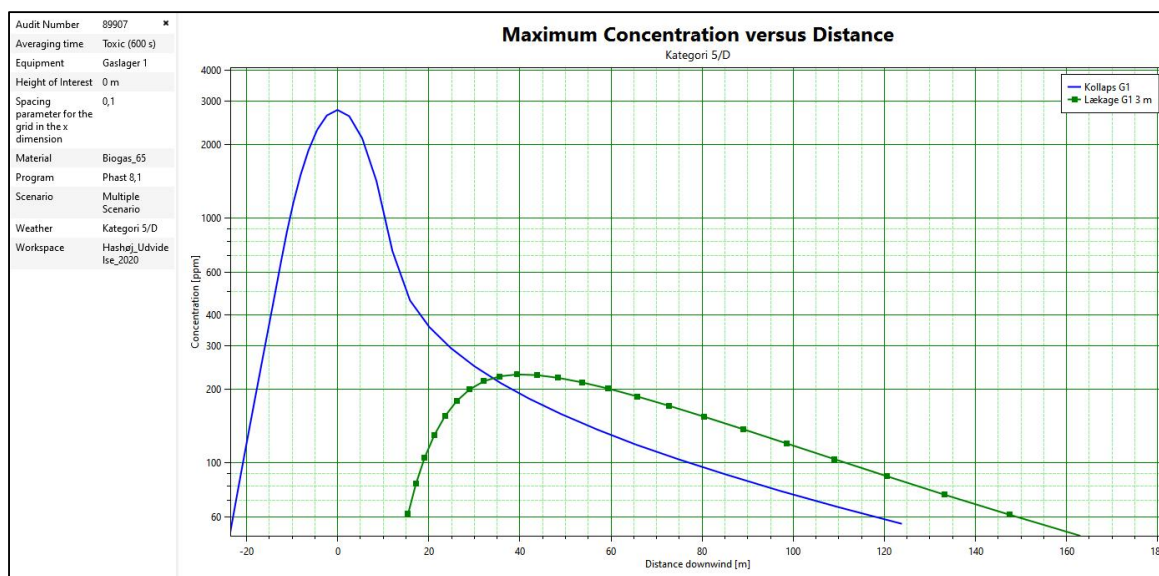
I Figur 3-16 og Figur 3-17 er illustreret giftvirkningen ved dels et kollaps og en lækage gennem et hul med diameter på 3 m. Diagrammerne er lavet ved vejrtype 5/D, og der vil forekomme mindre

variationer ved de øvrige vejrtyper; disse ændringer er dog så minimale at de ikke giver anledning til væsentligt ændret risikoniveau.

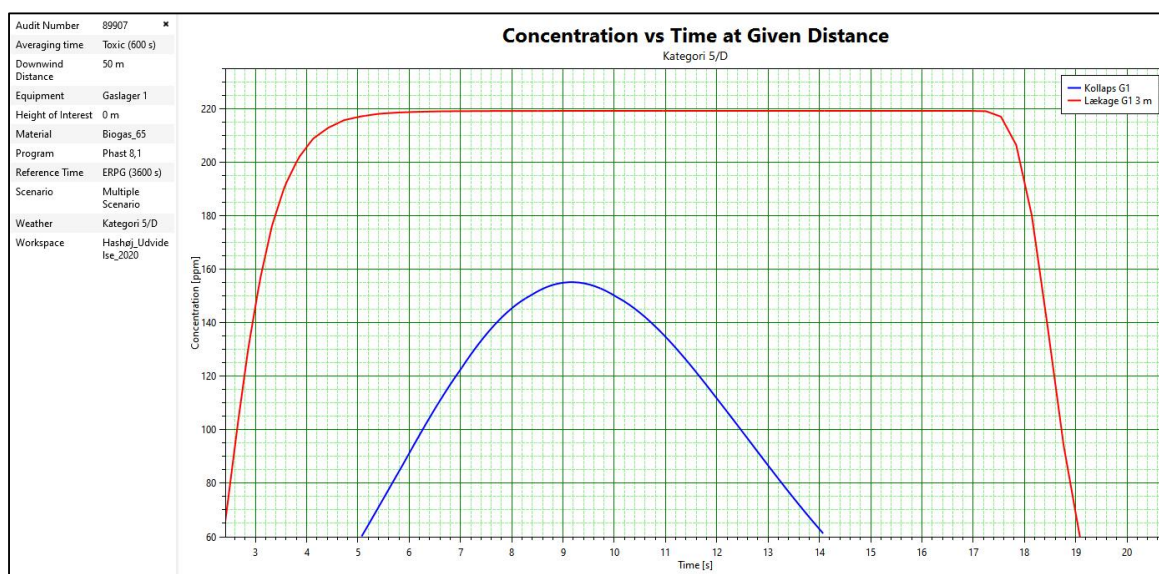
Ved lækage gennem hul med 200 mm diameter fremkommer ikke koncentrationsniveauer af betydning.

I Figur 3-16 ses den maksimale koncentration af svovlbrinte i afhængighed af afstande fra udslipsstedet. Det ses, at der er tale om høje niveauer, der umiddelbart synes at være væsentligt over AEGL-niveauerne (se tabel Tabel 2-1).

For at vise den tidsmæssige eksponering, der er tale om i dette og de øvrige scenarier, er der i Figur 3-17 set på den dosis, som en person i en afstand på 50 m fra udslipsstedet bliver udsat for. Det ses her, at der ved lækage vil være tale om en dosis på op mod 220 ppm, men det ses også, at eksponeringstiden er relativ kortvarig, nemlig ca. 19 sekunder. Ved kollaps er der tale om lavere eksponering, hvilket skyldes at der her vil være tale om en mindre koncentreret gassky.



Figur 3-16: Giftvirkning ved lækage og kollaps i Gaslager G1.



Figur 3-17: Sammenhæng mellem tid og giftvirkning ved lækage og kollaps i Gaslager G1.

3.4 Gaslager G2

Gaslager G2 kan indeholde op til 12.000 m³ biogas, og de efterfølgende konsekvensberegninger er udført under forudsætning af, at lagret er helt fyldt op, således der bliver tale om det værste tænkelige scenarie.

Det ses af de efterfølgende diagrammer, at hændelser omkring Gaslager G2 giver anledning til de længste skadesafstande, der optræder i konsekvensrapporten. Dette er ikke overraskende, idet der i dette lager er tale om det støres enkeltoplag på anlægget.

Grundet det store oplag af gas, er der for Gaslager G2 undersøgt konsekvenserne ved 4 forskellige uheldsscenerier:

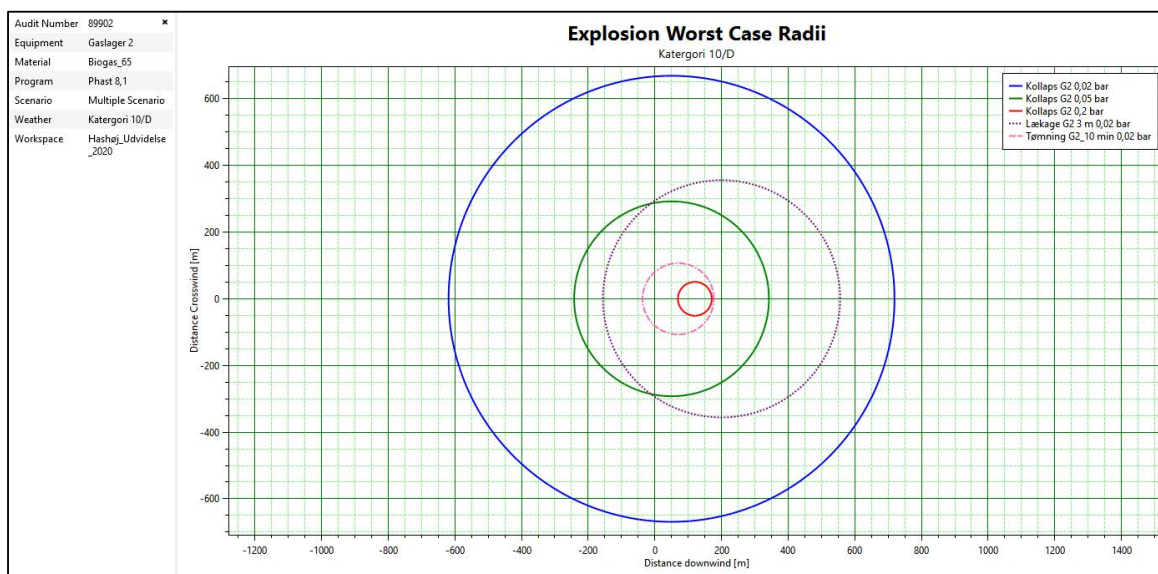
1. Et totalt kollaps.
2. Et uheld, der medfører tømning af lageret i løbet af 10 minutter.
3. Lækage gennem et hul med en diameter på 3 m med center 2 m over terrænet.
4. Lækage gennem et hul med en diameter på 200 mm med center 1 m over terrænet.

Scenarie 2, der omhandler tømning af lagret i løbet af 10 minutter, er medtaget, idet det repræsenterer en mere realistisk uheldssituation end et kollaps, der alene er at betragte som en teoretisk mulighed eller som en konsekvens af sabotagelignende virksomhed.

Scenarie 4, lækage gennem hul med diameter på 200 mm, kan ligeledes betragtes som en illustration af en uheldssituation, der i praksis vil kunne forekomme. Scenarie 2 og 4 kan dermed betragtes som realistisk bud på "worst case scenario" i relation til sædvanlig drift.

Efterfølgende ses grafer, der viser skadesafstande for eksplosion, brand og giftvirkninger i de 4 situationer.

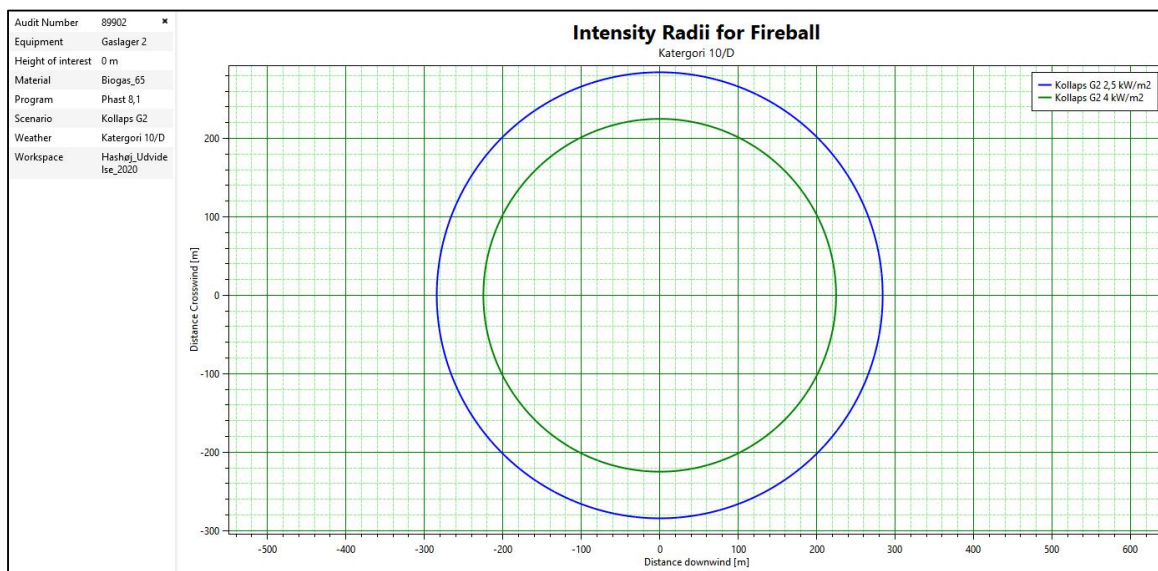
I Figur 3-18 ses afstanden til eksplosionsovertryk på 0,02; 0,05 og 0,2 bar ved kollaps, tømning og lækage gennem hul med diameter på 3 m. Ved lækage gennem hul på 200 mm kan ikke dannes en gasblanding, der kan give anledning til eksplosion.



Figur 3-18: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved kollaps af Gaslager G2.

I Figur 3-19 ses afstanden til strålingsniveau på 2,5 og 4,0 kW/m² fra brand som Fire-ball ved eksplosion. Det ses, at afstandene for sikkerhedsafstand (4,0 kW/m²) og maksimal konsekvensafstand (2,5 kW/m²) er væsentligt kortere end tilfældet er for de tilsvarende for så vidt angår eksplosionsovertryk.

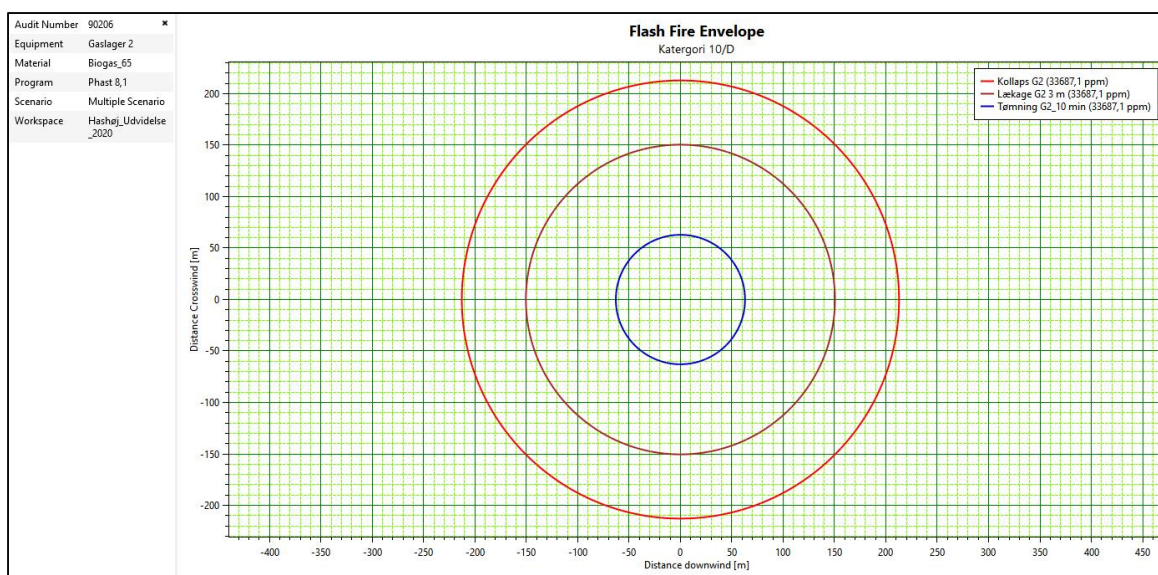
Ved lækage og tanktømning kan ikke fremkomme en situation, der giver anledning til brand som Fire-ball.



Figur 3-19: Afstand til udvalgte strålningsniveauer forårsaget af brand som Fire-ball ved kollaps af Gaslager G2.

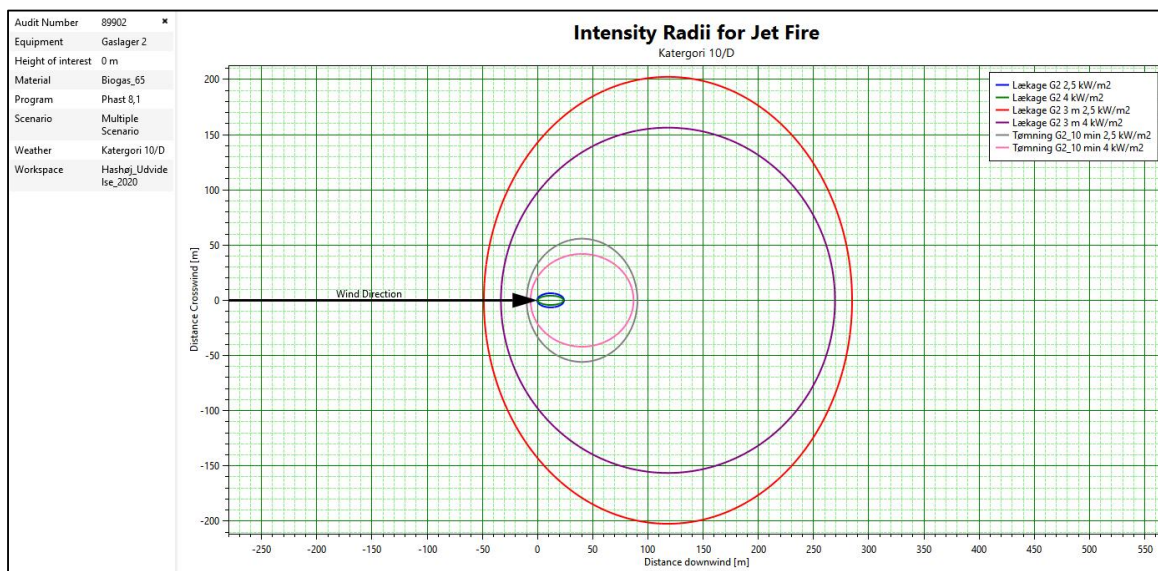
I Figur 3-20 ses den maksimale afstand fra centrum af Gaslager G2, hvor der vil kunne optræde en brændbar gassky og dermed indtræffe Flash-fire. Det kan bemærkes, at der for at indkalkulere en ekstra sikkerhed, er beregnet afstanden til en metanindhold i luften svarende til 50 % af LFL (ca. 3,3 %).

Figurens kurver baserer sig på vejrtype 10/D, der er den af de betragtede vejrtyper, som giver anledning til de længste afstande.

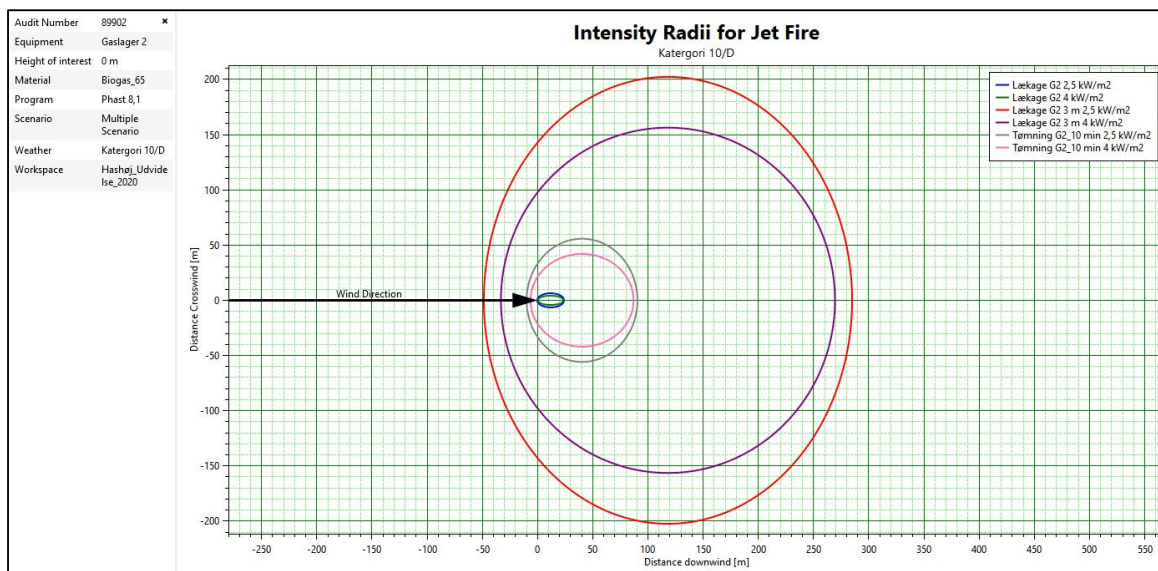


Figur 3-20: Maksimale afstande for udbredelse af brændbar gassky ved kollaps Gaslager G2.

Som det ses, vil der være markante forskelle i afstanden afhængig af uheldsscenariet. Ved kollaps er der tale om ca. 213 m, ved lækage gennem et 3 m hul ca. 150 m og ved tanktømning i løbet af 10 minutter ca. 63 m. Ved lækage gennem et hul med diameter på 200 mm kan der ikke dannes brændbar gassky.



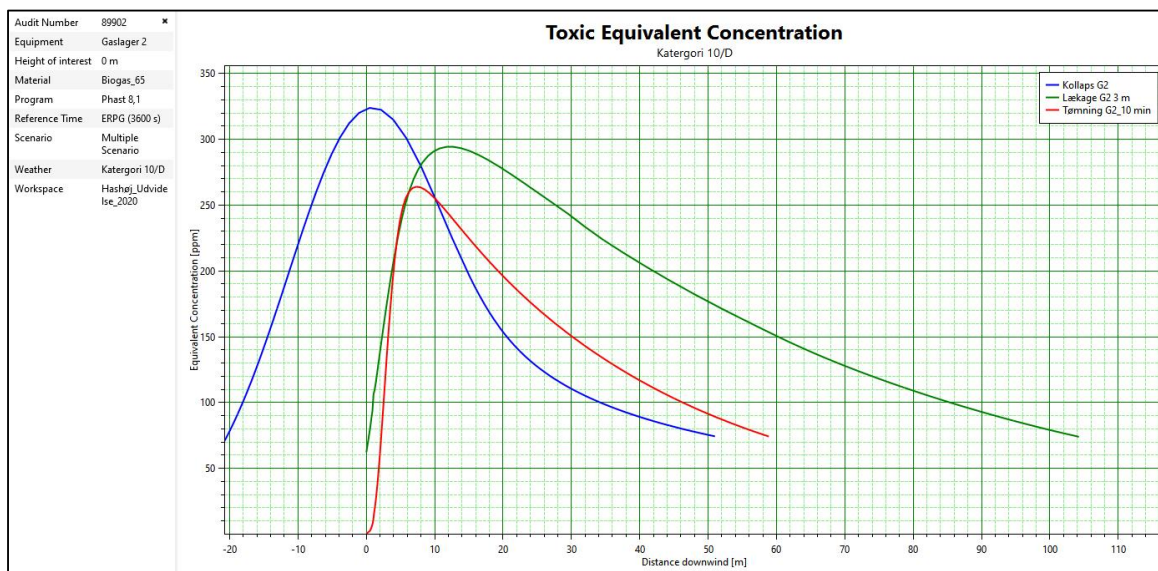
Figur 3-21 viser strålingsniveauet for en Jet-fire som følge af lækage og tømning i Gaslager G2. Figuren viser afstandene til strålingsniveauer på 2,5 og 4,0 kW/m². Da lækage og udtømning her er forudsat at ske i 1 m højde, er der tale om relativt store skadesafstande. Afstandene når dog i ingen tilfælde ud over biogasanlæggets eget areal.



Figur 3-21: Afstand til udvalgte strålingsniveauer ved Jet-fire som følge af lækage og tømning af Gaslager G2.

I Figur 3-22 ses koncentrationsniveauet af svovlbrinte ved terrænniveau i afhængighed af afstanden fra udslippet. Qua den store oplagrede mængde, er der her tale om betydelige afstand til underskridelse af værdierne for AEGL-3 (59 ppm) hhv. AEGL-2 (32 ppm).

Det kan bemærkes, at konsekvensberegningen er regnet særdeles konservativt, idet det er forudsat, at der er tale om urensset biogas med et svovlbrinteindhold på 3.000 ppm. I realiteten har den biogas, der er oplagret i både Gaslager G1 og G2, gennemgået en rensning, således svovlbrinteindholdet typisk vil være under 100 ppm.



Figur 3-22: Koncentration af svovlbrinte som følge af gasudslip fra Gaslager G2.

3.5 Gasopgradering

På Hashøj Biogas har tidligere været et mindre gasopgraderingsanlæg, hvori en del af den producerede biogas på forsøgsbasis kunne opgraderes til naturgaskvalitet. Dette forsøgsanlæg indgik i de tidligere udarbejdede konsekvensrapporter; men der planlægges nu etableret et større opgraderingsanlæg, hvori hele gasproduktionen skal behandles, og i nærværende konsekvensrapport er det dette nye opgraderingsanlæg, der regnes på. Det tidligere forsøgsanlæg vil blive nedlagt i forbindelse med udvidelsen.

Det fremtidige gasopgraderingsanlæg vil - ligesom forsøgsanlægget var - være baseret på aminskrubberprincippet. I denne anlægstype sker opgraderingen i en kolonne, hvori biogassen overbruses med en amin-væske, som populært sagt opsuger biogassens indhold af kuldioxid¹.

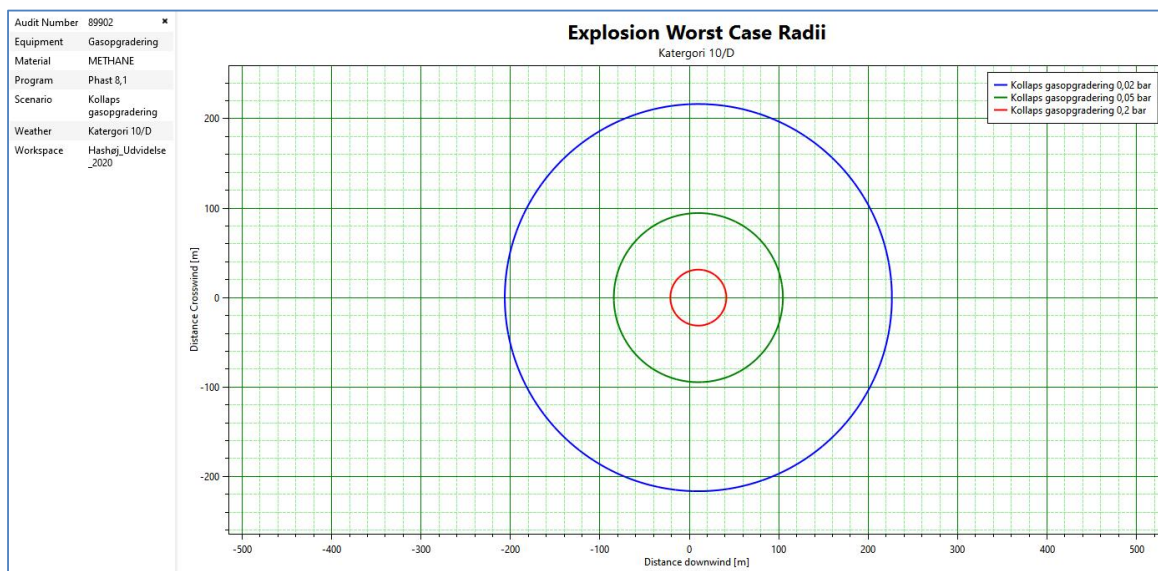
Aminvæsken regenereres efterfølgende ved hjælp af opvarmning i en separat kolonne, hvorved kuldioxiden igen frigives.

I konsekvensanalysen er der regnet på et kollaps, som indbefatter en metanmængde på 51 m³ ved et tryk på 8 bar. Volumen og trykniveau baserer sig på data oplyst af leverandøren.

I praksis vil der ikke være tale om rent metan; men dette uheldsscenario er valgt for at regne konservativt. Kollapset er forudsat at ske i en højde på 3 m over terræn.

I Figur 3-23 ses afstanden til eksplosionsovertryk på 0,02; 0,05 og 0,2 bar ved kollaps. For eksplosion er skadesafstandene uafhængig af vejrtypen.

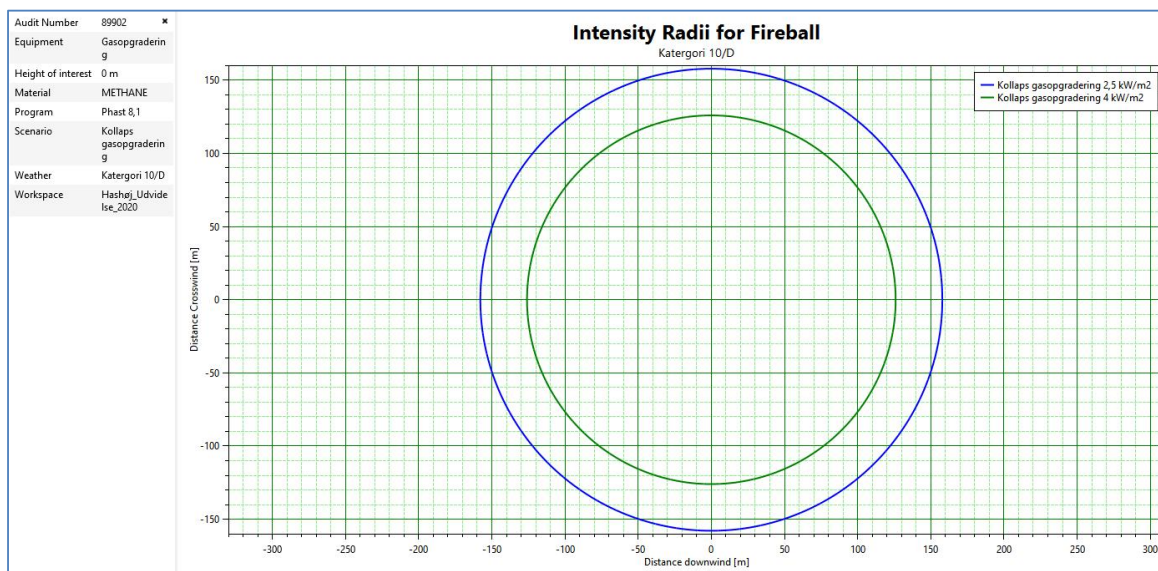
¹ Yderligere oplysninger om gasopgraderingsanlægget findes i sikkerhedsdokumentet.



Figur 3-23: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved kollaps af Gasopgraderingsanlæg.

I Figur 3-24 ses afstanden til strålingsniveau på 2,5 og 4,0 kW/m² fra brand som Fire-ball. Det vil også for dette uheldsscenario gælde, at skades afstandene er uafhængige af vejrtypen.

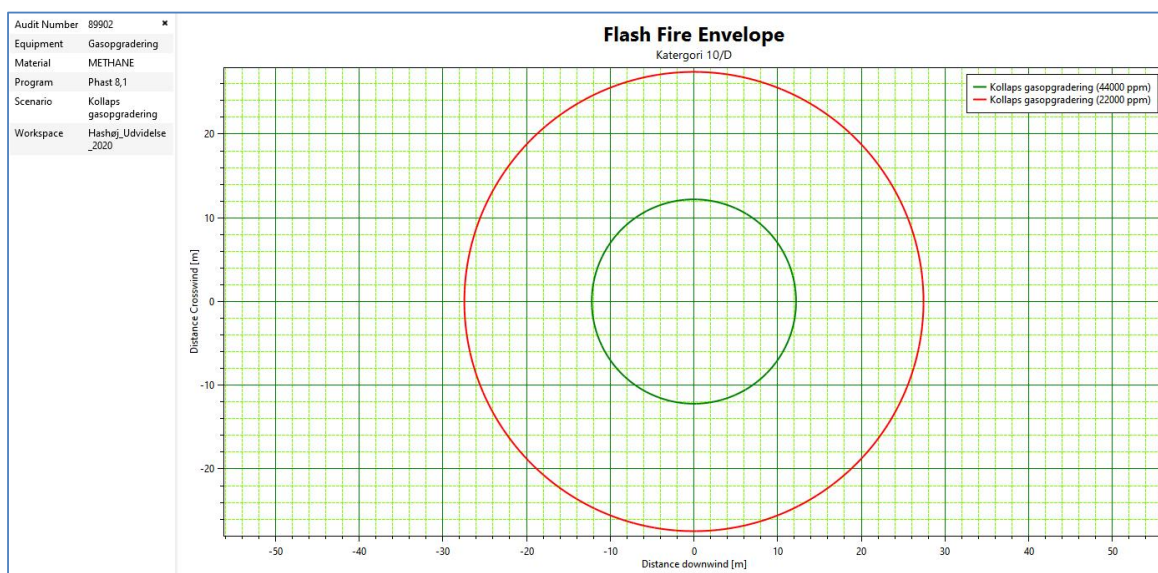
Det ses, at afstandene for sikkerhedsafstand (4,0 kW/m²) og maksimal konsekvensafstand (2,5 kW/m²) er en del kortere end tilfældet er for de tilsvarende for så vidt angår eksplosionsovertryk.



Figur 3-24: Afstand til udvalgte strålingsniveauer forårsaget af brand som Fire-ball ved kollaps af Gasopgraderingsanlæg.

I Figur 3-25 ses de maksimale afstande, inden for hvilke der vil kunne optræde en brændbar gasky og dermed opstå Flash-fire. Figuren er udarbejdet for vejrtypen 10/D, der er den af de betragtede, der giver anledning til de længste skadesafstande.

Den grønne kurve repræsenterer afstanden til LFL-niveau, mens den røde viser afstanden til 50 % af LFL-niveau, der som tidligere nævnt er anvendt ved fastlæggelse af sikkerheds- og konsekvensafstande med henblik på at indarbejde ekstra sikkerhed.



Figur 3-25: Maksimale afstande, inden for hvilke der kan optræde brændbar gassky som følge af kollaps eller lækage i Gasopgraderingsanlæg.

Et kollaps giver ikke anledning til Jet-fire, og da det er forudsat at være metan, der er oplagret, vil giftvirkningerne også være ubetydelige sammenlignet med udslip af biogas.

Ved samlet betragtning af de beregnede scenarier for kollaps af gasopgraderingsanlægget ses det, at eksplosion giver anledning til de længste skadesafstande på efterfulgt af Fire-ball mens området, inden for hvilket der kan opstå Flash-fire, er relativt begrænset.

3.6 Brud/lækage på rørstrækning

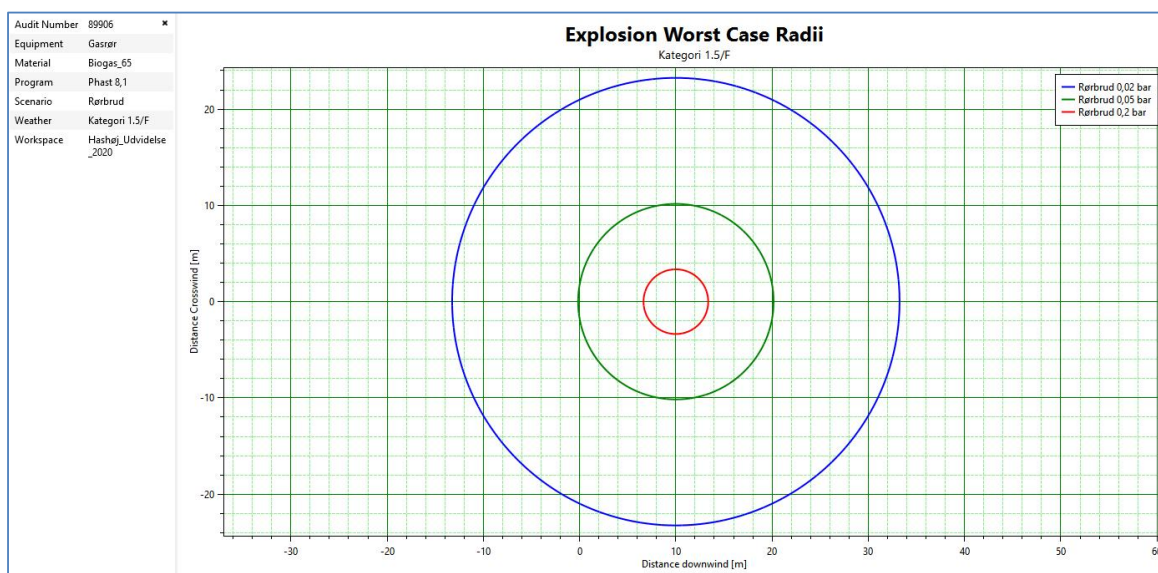
I konsekvensrapporten er regnet på virkningen af et udslip fra et 400 mm gasrør placeret 3 m over terræn, der gennemløbes af den samlede produktion fra biogasanlæggets reaktorer modsvarende en samlet årsproduktion af biogas på ca. 17,5 mio. m³/år.

Udslippet er forudsat at ske gennem et hul med en diameter på 75 mm, som opstår 10 m nedstrøms fra reaktorerne.

Et brud i denne situation kan give anledning til brand og udslip af giftige gasser, og der vil desuden kunne opstå eksplosion, dog kun i situationer med lave vindhastigheder, idet der ved høje vindhastigheder vil ske en så hurtig fortynding af gassen, at der ikke kan samle sig en eksplosiv blanding af gas og atmosfærisk luft.

I Figur 3-26 ses afstanden til eksplosionsovertryk på 0,02; 0,05 og 0,2 bar ved rørbrud. Det er som nævnt kun ved lave vindhastigheder, her repræsenteret ved vejrtype 1,5/F, der kan opstå eksplosion.

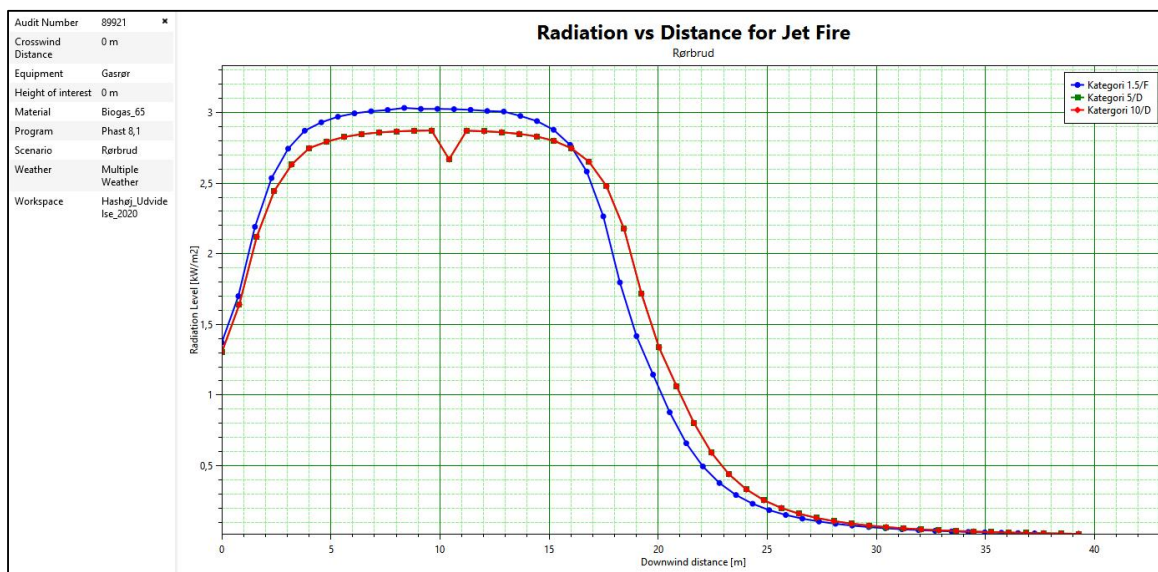
Ved sammenligning med figurer for eksplosion i reaktorer og gaslagre ses det, at der ved rørbrug er tale om relativt korte skadesafstanden.



Figur 3-26: Afstande til udvalgte eksplosionsovertryk ved lækage i gasrør.

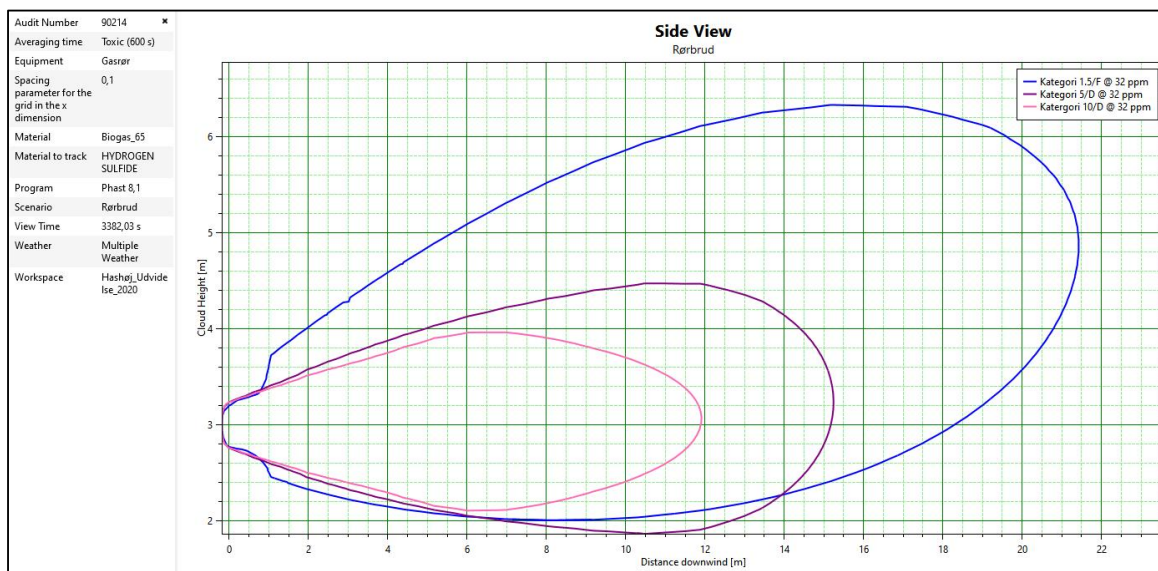
Figur 3-27 viser strålingsniveauet i terrænniveau for en Jet-fire som følge af lækage i gasrør placeret i 3 m højde. Figuren viser strålingsniveauet i afhængighed af afstanden fra udslipstedet. Det ses, at der er tale om relativt høje strålingsniveauer, der ud til ca. 18 m fra udslipstedet ligger over niveauet for konsekvensafstand på $2,5 \text{ kW/m}^2$.

Kurverne for vejrtype 5/D er sammenfaldende med den røde kurve for vejrtype 10/D.



Figur 3-27: Varmestråling ved Jet-fire som følge af lækage/brud på gasrør.

I Figur 3-28 ses sideprofil for et koncentrationsniveau af svovlbrinte på 32 ppm ved de 3 betragtede vejrtypen. En koncentration på 32 ppm vil svare til den maksimale konsekvensafstanden (se Tabel 2-1), og som det ses af figuren, vil der ved lave vindhastigheder være tale om en betragteligt større udbredelse af gasskyens kontur.



Figur 3-28: Koncentration af svovlbrinte som følge af gasudslip fra lækage/brud på gasrør.

3.7 Forgiftnings-scenarie

I de tidligere scenarier er der set på den giftvirkning, der vil fremkomme ved et udslip af biogas, der typisk indeholder en mængde svovlbrinte. Der vil imidlertid også kunne opstå giftige atmosfære, hvis der sker udslip af luft fra tanke med biomasse, idet der her under uheldige sammenfald af omstændigheder i værste fald vil kunne genereres svovlbrinte i høje koncentrationer.

For at undersøge konsekvensen af en sådan hændelse, er der udført et scenarie, hvor der fra anlæggets modtagetank udslipper luft med et svovlbrinteindhold på 1 % (10.000 PPM), hvilket altså er en mere end 3 gange så høj koncentration, som den, der er kalkuleret med ved udslip af biogas.

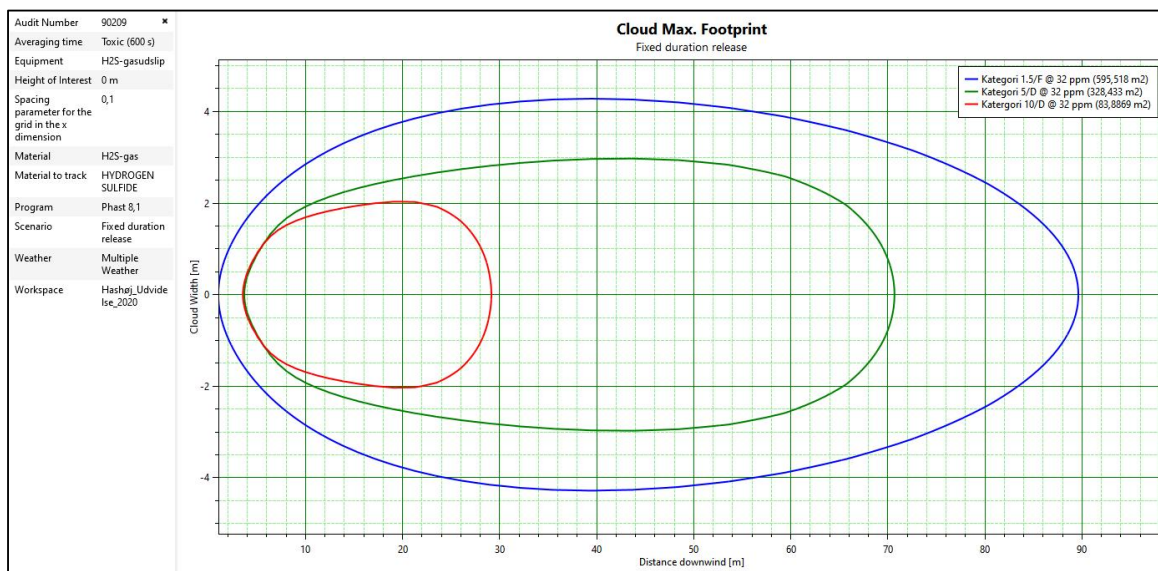
Hvis et udslip af denne karakter sker indendørs, vil det være fatalt for mennesker, der opholder sig derinde uden åndedrætsværn, med mindre der er tale om en begrænset luftmængde i et rum, der er meget kraftigt ventileret.

Udendørs vil der ske en opblanding i atmosfæren, og det vil her være vindforholdende på det pågældende tidspunkt, der vil være betydende for omfanget af det område, der vil være kritisk at opholde sig i.

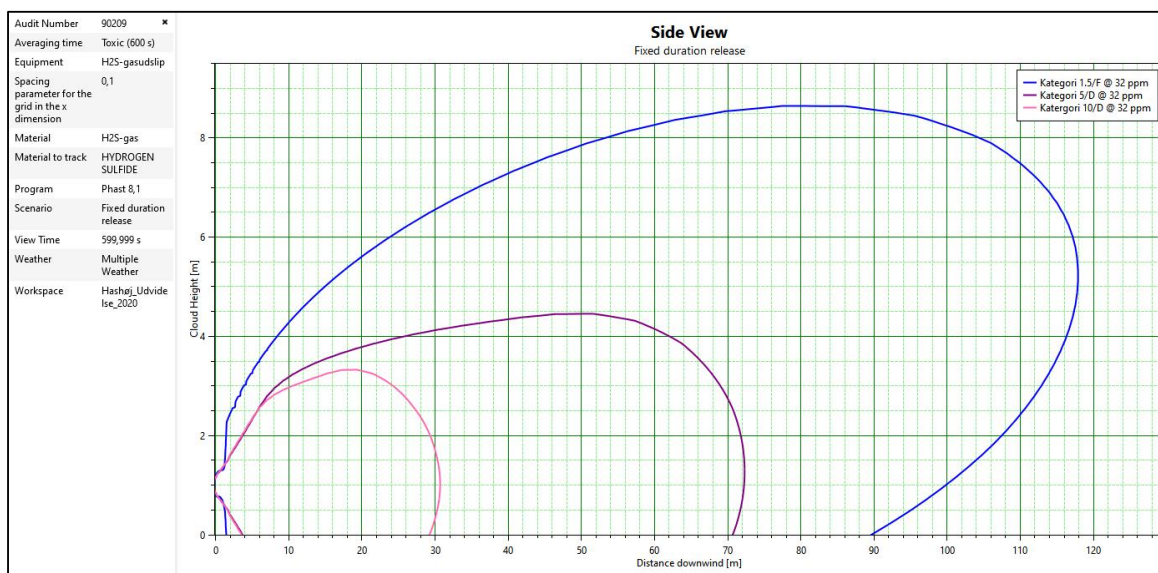
Til illustration af dette er i Figur 3-29 og Figur 3-30 vist udbredelsen af det område, inden for hvilket der vil være et svovlbrinteindhold i luft på mere end 32 PPM, der som nævnt i afsnit 2 repræsenterer den maksimale konsekvensafstand.

Det er antaget, at udslippet af den svovlbrinteholdige luft sker fra den tank, der anvendes til modtagelse af biomasse og som derfor er delvist integreret i aflæssehallen. Udslippet er forudsat at ske i det fri, og det er beregningsmæssigt antaget, at 500 m³ luft med et svovlbrinteindhold på 10.000 ppm udslipper i løbet af 10 minutter.

Som det ses af Figur 3-29 og Figur 3-30 vil det berørte område på en dag med vejrtype 1,5/F nå en afstand, der er mere end 3 gange så lang vertikalt såvel som horisontalt, som tilfældet er ved vejrtype 10/D.



Figur 3-29: Horisontal udbredelse af område, inden for hvilket H₂S-koncentrationen overstiger 32 PPM. Diagrammet viser udbredelsen i terrænniveau.



Figur 3-30: Vertikal udbredelse af område, inden for hvilket H₂S-koncentrationen overstiger 30 PPM.

I Figur 3-31 er de i Figur 3-29 og Figur 3-30 viste kurver projiceret ind på et luftfoto af Hashøj Bio-gas. De ellipseformede kurver viser situationen ved en nordlig vindretning, mens cirklerne repræsenterer det område, der vil blive påvirket i afhængighed af vindretningen. Inderste ellipse/cirkel repræsenterer vejrtype 10/D; midterste vejrtype 5/D og yderste vejrtype 1,5/F.

Det kan bemærkes, at det alene er ved vejrtype 1,5/F og ved vind fra østlige retning, at skadesafstanden rækker ud over anlæggets areal. I denne situation vil en strækning på ca. 70 m af Vemme-løsevej være inden for den blå kurve. Qua at der er tale om en vej - og ikke f.eks. et butiksområde eller et rekreativt areal - vil der sædvanligvis kun være kortvarig færden af personer inden for området, typisk begrænset til den tid, det tager at gennemkøre strækningen.

Dette er meget betydningsfuldt, idet der uden for anlægget færdes personer, der ikke er opmærksom på de faresignaler, der indikerer svovlbrinteindhold i luften, og som ej heller er forsynet med personlige værnemidler, f.eks. gasalarm.



Figur 3-31: Horisontal udbredelse af område, inden for hvilket H₂S-koncentrationen overstiger 30 PPM.

3.8 Dominoeffekter

De ovenfor behandlede scenarier tager alle udgangspunkt i separate hændelse, og der er således ikke kalkuleret med dominoeffekter, hvor f.eks. en eksplosion i ét bygværk giver anledning til at der efterfølgende opstår brand eller eksplosion i andre af biogasanlæggets bygværker.

For at undersøge de mulige, eksterne konsekvenser af eventuelle dominoeffekter, er der opsat et scenarie, hvor den samlede gasmængde i alle bygværker i eksploderer momentant og samtidigt. Disse beregninger er udført for de gasmængder, der vil være til stede efter fase 1 hhv. fase 2 af udvidelsen.

De maksimale gasvolumenerne i disse situationer er ca. 27.000 m³ efter fase 1 og ca. 21.000 m³ efter fase 2, hvor der sker en reduktion som følge af at de eksisterende gaslagre nedlægges. Til sammenligning kan det nævnes, at der i den nuværende bestyknings af Hashøj Biogas maksimalt kan være ca. 17.000 m³ gas til stede. De maksimale gasoplager optræder i de situationer, hvor alle gaslagre er fyldt.

I Figur 3-32 er vist udbredelsen af de områder, der vil være eksponeret for eksplosionsovertryk på 0,02 (Fase 1 = mørk lilla, Fase 2 = lys lilla) hhv. 0,05 bar (Fase 1 = rød, Fase 2 = gul) ved en hændelse, hvor alt tilstedeværende gas i den pågældende fase eksploderer momentant. Afstandene er uafhængige af vejrtypen.

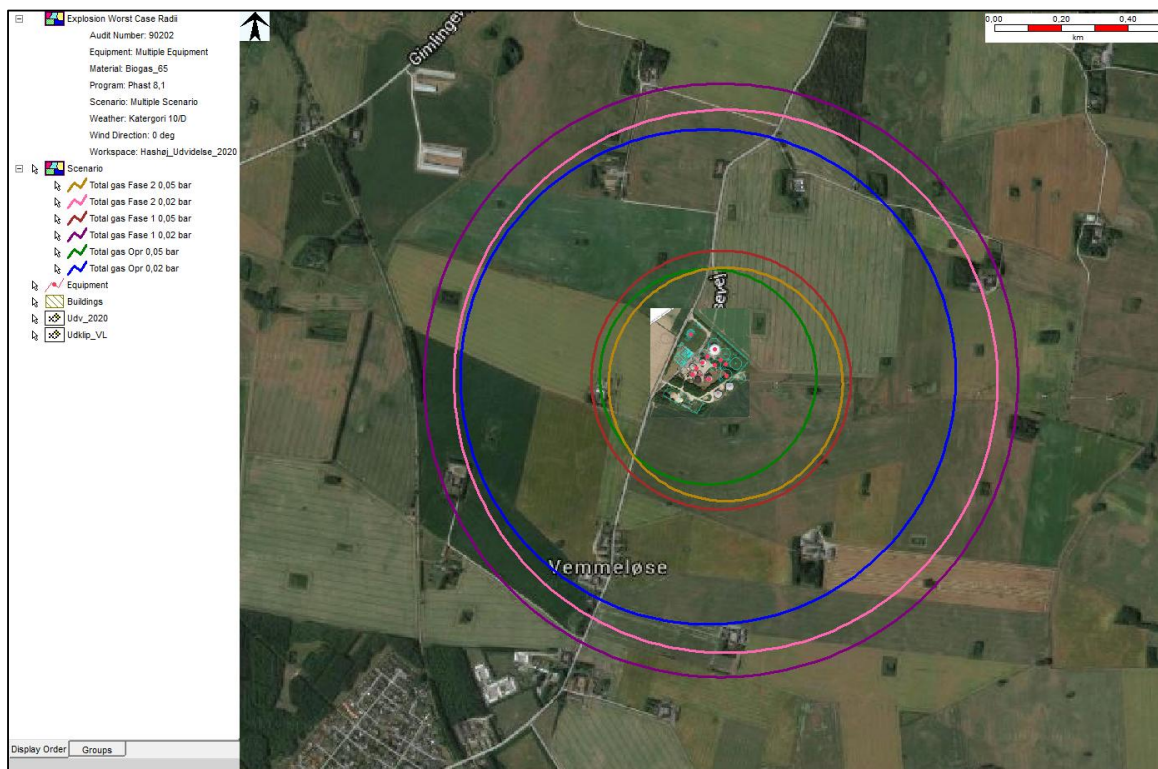


Figur 3-32: Område, der vil være udsat for udvalgte eksplosionsovertryk ved eksplosion af alt tilstedeværende gas.

For at undersøge, hvilken betydning det har, at anlægget udvides, er de viste afstande i Figur 3-32 suppleret med de tilsvarende afstande, der ville fremkomme ifald der indtraf en lignende eksplosion i det nuværende anlæg. Resultatet heraf ses i Figur 3-33.

Cirklerne på figuren repræsenterer følgende:

- Grøn: Eksplosionsovertryk på 0,05 bar ved eksplosion af alt gas i nuværende situation.
- Gul: Eksplosionsovertryk på 0,05 bar ved eksplosion af alt gas, Fase 2.
- Rød: Eksplosionsovertryk på 0,05 bar ved eksplosion af alt gas, Fase 1.
- Blå: Eksplosionsovertryk på 0,02 bar ved eksplosion af alt gas i nuværende situation.
- Lys lilla: Eksplosionsovertryk på 0,02 bar ved eksplosion af alt gas, Fase 2.
- Mørk lilla: Eksplosionsovertryk på 0,02 bar ved eksplosion af alt gas, Fase 1.



Figur 3-33: Sammenligning af forhold før og efter udvidelse.

Ved betragtning af kurverne ses det, at:

- Ved at gå fra den nuværende situation til en Fase 1 udvidelse, sker der ikke overraskende en forøgelse af sikkerheds- og maksimal konsekvensafstand. Det forhold, at de nye reaktorer etableres øst for gaslagrene, betyder at udvidelsen af skadesafstandene fortrinsvis er orienteret i østlig retning og derfor ikke kommer betragteligt nærmere områder med samlet bebyggelse.
- Når Fase 2 af udvidelsen er gennemført, vil de nuværende gaslagre blive nedlagt, og der sker dermed en reduktion af den maksimalt mulige oplagrede gasmængde sammenlignet med Fase 1. Dette betyder, at skadesafstandene for Fase 2 er kortere end for Fase 1; men stadig længere end i den nuværende situation.
- Sammenlignes situationen efter Fase 2 udvidelsen med den nuværende situation, vil der dog kun være en relativ begrænset udvidelse af skadesafstandene, og:
 - Grænsen for sikkerhedsafstand (gul cirkel) vil øges en smule men samtidig forskydes mod øst qua den ændrede placering af bygværker med gasoplag. Udvidelsen vil dermed ske ind over områder, der anvendes til landbrugsformål, og således forskydes væk fra den ejendom, der ligger umiddelbart vest for anlægget på adressen Vemmeløsevej 16 (og som i øvrigt ikke er beboet).
 - Grænsen for maksimal konsekvensafstand (lys lilla cirkel) vil mod vest være stort set sammenfaldende med den nuværende skadesafstand (blå cirkel). Den største forlængelse vil ske mod øst, og dette vil for størstedelens vedkommende være ind over landbrugsjord. Vest for anlægget vil ejendommen beliggende på adressen Vemmeløsevej 31 komme til at ligge inden for grænsen.

3.8.1 Dominoeffekter i praksis

Det domino-scenarie, der er gennemgået i foregående afsnit, vil alene være relevant at betragte ud fra en teoretisk synsvinkel, idet en samtidig, momentan eksplosion alene vil kunne forekomme ved

en tilsigtet handling, hvor alle oplag af gas bliver opblandet med ilt i rette forhold og desuden forsynet med udstyr til samtidig initiering af eksplosion.

Der vil dog være en række dominoeffekter, der vil kunne forekomme i praksis og som derfor er diskuteret i det følgende. Granskningen er opdelt i effekter foranlediget af hhv. varmestråling og eksplosion.

I Tabel 3-1 er anført de korteste afstande (yderkant til yderkant), der er mellem de forskellige bygværker og som derfor ligger til grund for de strålings- og overtryksniveauer, der er vist i Tabel 3-2 og Tabel 3-4.

Afstand mellem udvalgte bygværker [meter]						
Bygværk	R2	R3	R4	G1	G2	Opgradering
Reaktor R2	-	25	19	33	65	125
Reaktor R3	25	-	10	54	58	140
Reaktor R4	19	10	-	15	15	98
Gaslager G1	33	54	15	-	27	72
Gaslager G2	65	58	15	27	-	60
Opgradering	125	140	98	72	60	-
Administration	71	116	89	67	111	103
Gl. aflæssehal	42	74	38	13	69	70
Ny aflæssehal	76	97	53	26	47	16

Tabel 3-1: Anvendte afstande mellem bygværker på Hashøj Biogas.

Dominoeffekter på grund af varmestråling

En brand i et bygværk vil udgøre en umiddelbar fare for personalet, dels som følge af varmepåvirkningen og dels gennem risikoen for indånding af varm og/eller giftig røg. Herudover vil der kunne opstå en så kraftig varmepåvirkning, at der sker antændelse af et eller flere af anlæggets øvrige bygværker.

Varmestråling vil kunne optræde som dels en kortvarig, intens varme forårsaget af brand som fireball og dels som en længerevarende belastning forårsaget af enten jet-fire eller pool-fire (kan ikke længere optræde på Hashøj Biogas efter at spritlager er nedlagt).

I Tabel 3-2 er indsat resultatet af en granskning af, hvor kraftig en varmepåvirkning nogle udvalgte bygværker vil blive påvirket af, ifald der optræder en brand i et af anlæggets øvrige bygværker. Tabellens værdier er fundet ved hjælp af de diagrammer, der genereres i Phast for de enkelte uheldsscenerier.

Der er under hver kombination af bygværker angivet 2 værdier anført som xx/yy, hvor xx er den kortvarige varmebelastning (fire-ball) og yy den længerevarende varmebelastning (jet-fire). I de tilfælde, hvor der ingen påvirkning er, er angivet betegnelsen NA (not adequate - ikke relevant/gyldig).

Det kan bemærkes, at der for brandtypen jet-fire er regnet med, at flammen har retning direkte imod de respektive bygværker.

Eksempel på aflæsning: En hændelse i Reaktor R4 vil maksimalt kunne påvirke Gaslager G1 med en kortvarig varmebelastning på 54,7 kW/m² og en længerevarende varmebelastning på 1,3 kW/m².

Maksimal intern varmepåvirkning [kW/m ²]						
Bygværk, der påvirkes	Bygværk, hvori hændelsen indtræffer					
	R2	R3	R4	G1	G2	Opgradering
Reaktor R2	-	22,4/0,59	50,9/1,06	36,6/0,15	29,2/NA	4,0/NA
Reaktor R3	22,4/NA	-	61,1/1,35	22,4/NA	32,8/NA	3,2/NA
Reaktor R4	29,0/NA	61,1/NA	-	53,3/0,95	64,0/19,0	6,7/NA
Gaslager G1	15,6/NA	24,0/NA	54,7/1,30	-	53,4/0,4	12,4/NA
Gaslager G2	5,1/NA	22,1/NA	54,7/1,30	41,8/0,66	-	17,8/NA
Opgradering	NA /NA	5,2/NA	10,1/NA	15,0/NA	31,7/NA	-
Administration	4,3/NA	7,5/NA	11,8/NA	16,7/NA	14,3/NA	6,4/NA
Gl. aflæssehal	11,0/NA	15,8/NA	34,4/0,12	53,3/5,9	27,3/NA	13,2/NA
Ny aflæssehal	3,8/NA	10,2/NA	24,7/NA	42,8/0,95	39,0/NA	129/NA

Tabel 3-2: Maksimale varmepåvirkninger mellem interne bygværker.

I forhold til at vurdere risikoen for, at en brand i ét bygværk genererer brand i et eller flere tilstødende, vil det især være den længerevarende varmestråling, der er relevant at betragte. I Tabel 3-3 er indsat data udledt af /2/ og /3/ vedrørende effekten af, at mennesker og udvalgte materialer udsættes for forskellige varmestrålingsniveauer.

kW/m ²	Effect
170	Maximum flux measured in a post-flashover compartment
80	Thermal Protective Performance test for personal protective equipment
52	Fiberboard ignites at 5 seconds
29	Wood ignites, given time
20	Typical beginning of flashover at floor level of a residential room
16	Human skin: sudden pain and second-degree burn blisters after 5 seconds
12.5	Wood produces ignitable volatiles by pyrolysis
10.4	Human skin: Pain after 3 seconds, second-degree burn blisters after 9 seconds
6.4	Human skin: second-degree burn blisters after 18 seconds
4.5	Human skin: second-degree burn blisters after 30 seconds
2.5	Human skin: burns after prolonged exposure, radiant flux exposure typically encountered during firefighting
1.4	Sunlight, sunburns potentially within 30 minutes

Tabel 3-3: Effekt af varmestråling på mennesker og udvalgte materialer.

Ved at sammenholde Tabel 3-2 og Tabel 3-3 ses det, at de længerevarende varmestrålingsniveauer, der optræder fra hændelser i anlægget faste bygværker, kun vil ligge over et kritisk niveau i forhold til en brand i Gaslager G2 som kan påvirke Reaktor R4 med 19,0 kW/m². I ingen andre tilfælde giver den længerevarende varmestråling anledning til så høje værdier, at de nærmer sig kritiske niveauer i forhold til at foranledige antændelse.

Dominoeffekter på grund af eksplosionsovertryk

En eksplosion i et bygværk vil foranledige et eksplosionsovertryk, som vil kunne afstedkomme alvorlige skader på det personale såvel som det udstyr og de bygninger, der er på biogasanlægget.

Personskade

Qua det forhold, at hele biogasanlægget er beliggende inden for sikkerhedsafstanden, der i henhold til afsnit 2.1 er defineret som den afstand, uden for hvilken det ikke er forbundet med livsfare at opholde sig, vil en eksplosion for de tilstedeværende på anlægget være en særdeles alvorlige og livstruende begivenhed.

I henhold til /4/ inddeles personskader som følge af eksplosion i følgende 3 kategorier:

1. Primære skader, der er resultat af den rene trykvirkning.
2. Sekundære virkninger fremkommer ved kontakt mellem en person og sprængstykker og andre objekter (f.eks. glassplinter), der slynges af sted ved eksplosionen. Effekten kan sammenlignes med skudlæsioner.
3. Tertiære skader er resultat af, at personen kastes omkuld af lufttrykket. Påvirkningen kan være så voldsom, at arme eller ben rives af (traumatiske amputationer). Øvrige kvæstelser opstår ved legemets kontakt med og opbremsning mod faste flader. Der er typisk tale om lukkede kvæstelser af samme karakter som andre former for ulykker.

Eksplosionsskader kan være kombineret med virkninger af sammenstyrtende bygninger, væltede køretøjer samt med skader grundet giftige gasarter, der er frigivet i forbindelse med eksplosionen. Derudover kan varmpåvirkningen fra eksplosioner give anledning til overfladiske forbrændinger, ligesom indånding af varm luft udgør en stor risiko for dybere termiske påvirkninger.

I forlængelse af ovenstående må det konkluderes, at personer, der opholder sig udendørs på anlægget, med meget stor sandsynlighed vil omkomme, enten øjeblikkelig eller som følge af de følgeskader, en eksplosion giver anledning til.

Personer, der opholder sig indendørs på anlægget og i en vis afstand fra eksplosionen, kan være delvist beskyttede; men vil dog stadig være udsat for stor livsfare grundet følgeskader, ligesom høreskader må forventes at forekomme.

Skader på bygninger og udstyr

En eksplosion i et bygværk vil kunne medføre skader på andre bygværker, eksempelvis sprængning af ruder og deformation eller i værste fald kollaps med deraf følgende alvorlige risici. En eksplosion i f.eks. et af gaslagrene vil kunne have den alvorlige følge, at en reaktor bliver udsat for en så stor trykbelastning, at den/de kollapser.

Dette vil i sig selv udgøre en alvorlig miljø- og sikkerhedsmæssig risiko for det personale, der måtte færdes på anlægget på det pågældende tidspunkt, idet der kan opstå fare for at blive fanget i udstrømmende biomasse.

Ved hjælp af beregningerne i Phast er det klarlagt, hvor store trykpåvirkninger en eksplosion i ét bygværk vil have på et udvalg af de øvrige bygværker. Resultatet af denne kortlægning er vist i Tabel 3-4. Afstandene mellem de forskellige bygværker fremgår af Tabel 3-1.

På baggrund af internationale studier /5/ og /6/ vurderes følgende virkninger af eksplosionstryk at være relevante:

- Tryk under 0,02 bar(g) regnes som "sikker afstand".
- Ved tryk mellem 0,02 og 0,05 bar(g) vil en person være eksponeret for alvorlig med ikke livstruende belastning.
- Ved tryk op til og med 0,07 bar(g) vil der kunne opstå moderate skader på bygninger, dog vurderes disse at yde så stor personbeskyttelse, at der ikke er tale om umiddelbar livsfare.
- Ved tryk over 0,07 bar(g) vil der opstå så alvorlige skader på bygninger, at de ikke længere yder effektiv personbeskyttelse (markeret med orange farve i tabel).

- Ved tryk over 0,14 bar(g) vil vægge og tage på bygninger kollapse (markeret med rød farve i tabel). Beton- og ståltanke vil få alvorlige strukturelle skader; men forventes dog stadig at bevare stabilitet.
- Ved tryk over 0,20 bar(g) vil beton- og ståltanke få uoprettelige skader med stor risiko for kollaps til følge.

Eksempel på aflæsning: En eksplosion i reaktor R2 giver anledning til et eksplosionsovertryk på 2,4 bar ved reaktor R4 og 0,08 bar ved administrationsbygningen.

Internt eksplosionsovertryk [bar]						
Bygværk, der påvirkes	Bygværk, hvori hændelsen indtræffer					
	R2	R3	R4	G1	G2	Opgradering
Reaktor R2	-	19,7	19,7	17,8	4,3	0,04
Reaktor R3	0,78	-	19,7	1,5	8,9	0,03
Reaktor R4	2,4	19,7	-	19,7	19,7	0,05
Gaslager G1	0,32	1,8	19,7		19,7	0,08
Gaslager G2	0,09	1,3	19,7	19,7		0,11
Opgradering	0,04	0,11	0,22	0,4	7,6	-
Administration	0,08	0,16	0,27	0,6	0,31	0,05
Gl. aflæssehal	0,20	0,47	13,7	19,7	1,8	0,08
Ny aflæssehal	0,07	0,22	2,3	19,7	19,7	12,1

Tabel 3-4: Afledte trykpåvirkninger ved eksplosion i udvalgte bygværker.

Det ses, at der i langt de fleste tilfælde er tale om så store eksplosionsovertryk, at en eksplosion i ét bygværk har alvorlige konsekvenser for de øvrige bygninger og tanke på anlægget.

Administrationsbygningen, hvor der ofte vil være persontilstedeværelse, vil være på sikker afstand i forhold til en eksplosion i gasopgraderingsanlægget og til dels også i Reaktor R2; mens der ved eksplosion i alle øvrige bygværker vil være tale om så store eksplosionsovertryk, at administrationsbygning ikke vil give tilstrækkelig personbeskyttelse.

4. Kildehenvisninger

- 1 Tabel 15 og 16 i Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 8 2008 - "Acceptkriterier i Danmark og EU", Nijs Jan Duijm, DTU.
- 2 Furtak, M.; Silecky, L. (2012). "[Evaluation of Onset to Second Degree Burn Energy in Arc Flash, IAEI](#)".
- 3 John J. Lentini - Scientific Protocols for Fire Investigation, CRC 2006, [ISBN 0849320828](#), table from NFPA 921, Guide for Fire and Explosion Investigations
- 4 Eksplosionsskader (blast injuries), Overlæge Hans Gøtze, Hærens Kampskole, juni 2001 for Dansk Sprængteknisk Forening. [http://www.explosives.dk/anvisninger/eksplosionsskader+\(8blast+injuries\)](http://www.explosives.dk/anvisninger/eksplosionsskader+(8blast+injuries))
- 5 Overpressure Levels of Concern, U.S. Department of Commerce, Office of Response and Restoration. <http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/overpressure-levels-concern.html>
- 6 Vulnerability of plant/structure, Marts 2010, International Association of Oil & Gas Producers. <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-15.pdf>
- 7 US Environmental Protection Agency, Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals. <https://www.epa.gov/aegl>