

Riskutredning

Renova Miljö Sävenäs CCUS
Renova AB

2025-12-16



Sweco Sverige AB
Uppdrag

Uppdragsnummer

Kund

Upprättad av

Granskad av

Uppdragsledare

Datum

Dokumentreferens

556767-9849

Renova Miljö Riskutredning

Sävenäs CCUS

30090368

Renova AB

Rafael Eriksson Ghazinour

Alexander Lauge Pedersen

Oskar Zubac

2025-12-16

riskutredning renova ccs 251216

Innehållsförteckning

1.	Sammanfattning	5
2.	Introduktion	6
2.1	Bakgrund	6
2.2	Syfte, avgränsningar och omfattning	6
3.	Metod	7
3.1	Riskidentifiering	7
3.2	Risikanalys	8
3.3	Risikvärdering och kriterier	9
3.4	Hantering av osäkerheter	9
4.	Verksamhetsbeskrivning	11
4.1	Nuvarande anläggnings- och systembeskrivning	11
4.2	Planerad (sök) verksamhet (koldioxidinfångning)	12
4.3	Koldioxidavskiljning genom kemisk absorption med amin	13
4.4	Omgivningsbeskrivning	14
5.	Hanterade ämnen inom anläggningen	18
5.1	Sammanställning av nuvarande verksamhetens hanterade ämnen	18
5.2	Beskrivning av ämnen med hänsyn till utökad verksamhet i form av koldioxidavskiljning	18
5.2.1	Vattenfri ammoniak	18
5.2.2	Koldioxid	19
5.2.3	Aminer	20
6.	Riskidentifiering och kvalitativ riskanalys	22
6.1	Utsläpp av vattenfri ammoniak	22
6.2	Utsläpp av förvätskad koldioxid	23
6.3	Utsläpp eller läckage av aminbaserad absorbent	23
6.4	Kärlosprängning för lagringstank med flytande koldioxid	23
6.5	Transport av farligt gods	24
6.6	Risk för uppkomst av giftig brandrök	24
6.7	Dominoeffekter	24
6.7.1	Olycka inom verksamheten	24
6.7.2	Olycka utanför verksamheten	27
7.	Kvantitativ riskanalys	30
7.1	Dimensionerande scenarier	30
7.2	Analyserade scenarier	30
7.3	Skattning av sannolikheter	31
7.4	Skattning av konsekvenser	33
7.5	Individrisk	37
7.6	Samhällsrisk	38
7.7	Känslighets- och osäkerhetshantering	39
7.7.1	Segmentering av ammoniakbaserade kylmaskiner	40
7.7.2	Riskbidrag från ammoniak efter implementering av riskreducerande åtgärder	41
7.7.3	Riskbidrag från anläggningen för två koldioxidavskiljningslinjer	43

8.	Riskvärdering och samlad bedömning	45
8.1	Bedömning av kvalitativ riskanalys	45
8.2	Bedömning av kvantitativ riskanalys	45
8.2.1	Bedömning av stora olyckor	45
8.3	Dominoeffekter	46
8.4	Samlad bedömning	48
9.	Riskreducerande åtgärder	49
9.1	Organisatoriska åtgärder	49
9.2	Tekniska åtgärder	49
10.	Slutsats	51
11.	Referenser	52
Bilaga A:	Beräkningar	53
	Beräkningsförutsättningar	53
	Väder och vind	54
	Sannolikhetsbedömningar	56
	Händelseförlopp vid utsläpp av förvätskad koldioxid	57
	Händelseförlopp vid utsläpp av ammoniak	57
Bilaga B:	Risker med transport av farligt gods	58
	Olycka med farligt gods på väg mellan anläggning och E20	58
	Händelseförlopp vid utsläpp av CO ₂	61

1. Sammanfattning

Renova AB vill fånga in koldioxid ur rökgaserna från Sävenäs avfallskraftvärmeverk. Verksamheten planerar därför att komplettera avfallskraftvärmeverket med en anläggning för avskiljning av koldioxid för geologisk lagring (CCS) och för användning som råvara av hela eller delar av mängden avskild koldioxid (CCU). Avskiljning av koldioxid för geologisk lagring är tillståndspliktig enligt miljöbalken (1998:808). Inom ramen för tillståndsansökan har den här riskutredningen upprättats som bilaga till ansökans miljökonsekvensbeskrivning.

Riskutredningen syftar till att utreda riskerna för omgivningen i form av människors liv och hälsa, samt miljö. Utredningen omfattar olycksrisker kopplat till hanteringen av ammoniak, koldioxid, och aminer, samt transport av farligt gods. Eftersom utredningen sker i ett tillståndsskede är den tekniska designen inte fullständigt utvecklad eller bestämd, och detaljerat underlag vad gäller systembeskrivning och utformning saknas.

Dimensionerande riskscenarier innefattande utsläpp av ammoniak, koldioxid, och transport av farligt gods har bedömts kvantitativt. Riskerna kopplade till aminer har hanterats kvalitativt.

De genomförda beräkningarna indikerar att anläggningen ger upphov till individriskbidrag och samhällsriskbidrag som ligger inom ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). Detta innebär att verksamheten i enlighet med ALARP-principen ska implementera de riskreducerande åtgärder som är praktiskt och ekonomiskt rimliga för att reducera risknivån.

Analyserna har genomförts med konservativa antaganden och med olycksscenarier som har bedömts vara representativa "worst-case" scenarier för anläggningen. I linje med detta utgår denna riskanalys från att verksamheten avskiljer all koldioxid, det vill säga från fyra förbränningslinjer, vilket medför att analysen presenterar högre risknivåer än den troliga initiala utformningen som omfattar avskiljning av koldioxid från en eller två förbränningslinjer.

Sammanfattningsvis bedöms det att risknivåerna anses vara tillräckligt låga för att accepteras ur ett samhällsperspektiv om föreslagna riskreducerande åtgärder, eller likvärdiga som uppfyller motsvarande funktion, implementeras vid verksamheten.

2. Introduktion

2.1 Bakgrund

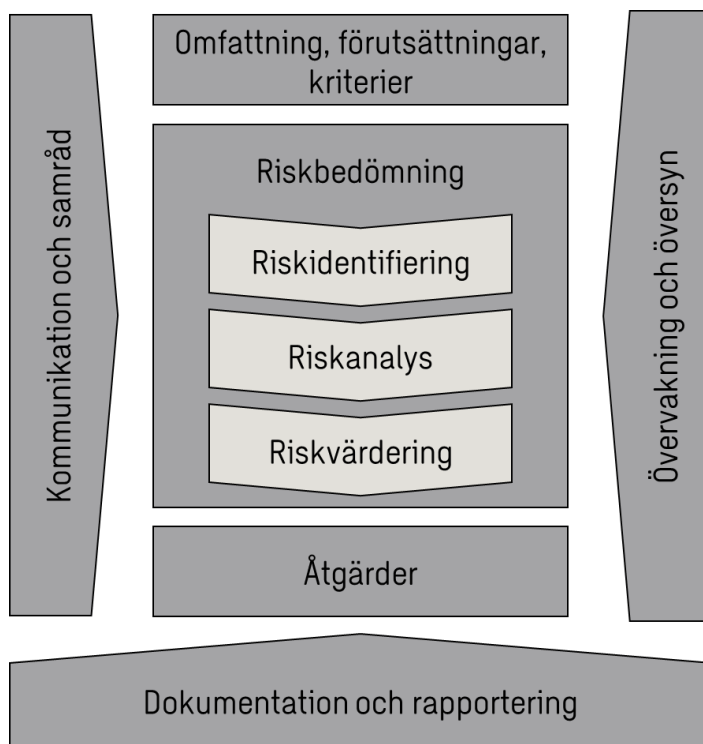
Renova AB har som mål att minska koldioxidutsläpp från energiproduktion genom att fånga in koldioxid ur rökgaserna från avfallskraftvärmeverket Sävenäs. Verksamheten planerar att komplettera avfallskraftvärmeverket med en anläggning för avskiljning av koldioxid för geologisk lagring (CCS). Det kan också bli aktuellt att använda den avskilda koldioxiden, eller delar av den, som råvara (CCU). Avskiljning av koldioxid för geologisk lagring är tillståndspliktig enligt miljöbalken (1998:808). Inom ramen för tillståndsansökan upprättas den här riskutredningen som bilaga till ansökans miljökonsekvensbeskrivning.

2.2 Syfte, avgränsningar och omfattning

Den här riskutredningen syftar till att utreda riskerna för omgivningen i form av människors liv och hälsa, samt miljö. Utredningen omfattar olycksrisker kopplat till hanteringen av ammoniak, koldioxid, och aminer, samt transport av farligt gods. Generellt har osäkerheter hanterats genom konservativa bedömningar och antaganden. Detta innebär att bedömningar gjorts så att risken snarare överskattas än underskattas.

3. Metod

Den här riskutredningen har utgått från ISO 31000 Riskhantering – Vägledning, se Figur 1. Omfattning och förutsättningar återges framför allt i introduktion och verksamhetsbeskrivning, och kriterier presenteras i metod-avsnittet. Kommunikation, samråd, övervakning och översyn har genomförts i form av avstämningsmöten med projektansvarig på företaget, samt i de två senare fallen även egenkontroller och interngranskningar. Dokumentation och rapportering sker i form av den här rapporten, och respektive del av riskbedömningen förklaras ytterligare i detta avsnitt. Förslag på riskreducerande åtgärder presenteras efter riskbedömningen.



Figur 1. Riskhanteringsprocessen enligt ISO 31000

3.1 Riskidentifiering

Underlag angående de risker som har identifierats baseras på samrådsunderlag från den 6 augusti 2025 samt löpande avstämningsmöten med verksamheten. Riskidentifieringen har även baserats på statistik, relevant facklitteratur, platsspecifika utredningar för området/närområdet, tidigare erfarenheter och riskanalyser. Utifrån detta underlag har sedan dimensionerande olycksscenarier arbetats fram och möjliga dominoeffekter identifierats.

Framför allt riskkällor som direkt, eller indirekt, har bedömts kunna innebära dödlig påverkan för tredje person eller allvarliga miljökonsekvenser är relevanta för den kvantitativa riskanalysen. Detta ligger i linje med den metodik för kvantitativ riskanalys som beskrivs i *Purple Book* (VROM, 2005).

Tidigare händelser har identifierats i databasen ARIA¹ (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires), som upprätthålls av den franska byrån för analys av industririsker och föroreningar (BARPI). Databasen innehåller över 46 000 olyckor och katalogiserar bland annat inblandade kemikalier, typ av händelse, och skador på skyddsvärden. I många fall innehåller incidentrapporterna även en beskrivning av såväl direkta orsaker som de riskreducerande åtgärder som införs efter incidenten. För koldioxid har även en artikel (Spitzenberger & Flechas, 2023) om olyckor inom CCS använts.

3.2 Riskanalys

Utifrån identifieringen och beskrivningen av riskscenarier har riskerna analyserats i en riskanalys. Riskanalysen syftar till att bedöma storleken på riskerna. Riskernas storlek är beroende av sannolikheten för och konsekvensen av en olycka/händelse.

För vissa riskscenarier görs riskanalysen i samband med beskrivningen av risken där det med kvalitativa resonemang konstateras om risken är stor eller liten och hur den kan hanteras.

Utifrån riskidentifieringen och beskrivningen av risker görs en bedömning kring vilka risker som potentiellt kan ha allvarlig påverkan på människor utanför verksamhetsområdet. Dessa risker bedöms utgöra de dimensionerande olycksscenarierna och för dessa risker genomförs en kvantitativ riskanalys (QRA). Kvantitativ riskanalys innebär att absoluta värden sätts på riskscenariernas sannolikhet och konsekvens. Risknivån beräknas genom den kvantitativa metoden med riskmåten individrisk och samhällsrisk.

Den genomförda kvantitativa riskanalysen har följt vägledningar och branschpraxis för kvantitativ riskanalys som tagits fram av VROM, en nederländsk myndighet med ansvar för bland annat samhällsplanering (VROM, 2005) och Intressentföreningen för processsäkerhet (IPS, 2022).

Sannolikheter och möjliga händelseförlopp har bedömts utifrån relevant facklitteratur, tidigare erfarenheter och riskanalyser samt logiska resonemang där konservativa antaganden har gjorts.

Programvaran som använts för att modellera och beräkna riskerna är RISKCURVES (Gexcon, 2023). *Coloured Books* utgör basen för mjukvarorna och består av fyra böcker: *Yellow Book*, *Green Book*, *Purple Book* och *Red Book*. De flesta modeller i mjukvaran utgår från *Coloured Books*, dock har mjukvarorna fortsatt utvecklas efter att *Coloured Books* senast uppdaterades, år 2005, för att ta hänsyn till den senaste forskningen och vetenskapliga data (Gexcon, 2022).

Yellow Book (VROM, 2005) beskriver möjliga riskscenarier och fysikaliska fenomen vid ett utsläpp av farliga ämnen och *Green Book* beskriver metoder för att bedöma hur sådana fenomen kan påverka människor i omgivningen. Mjukvarorna använder främst dessa två böcker för att modellera utsläppsscenarioer och deras konsekvenser. *Purple Book* beskriver hur man ska genomföra en kvalitativ riskanalys med riskmåten individrisk och samhällsrisk och presenterar generiska frekvenser för bland annat utsläpp inom anläggningar. Denna bok används således av mjukvaran för att beräkna risknivåer (Gexcon, 2022).

¹ La référence du retour d'expérience sur accidents technologiques, *The ARIA Database*, <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en> [hämtad 2023-10-24].

3.3 Riskvärdering och kriterier

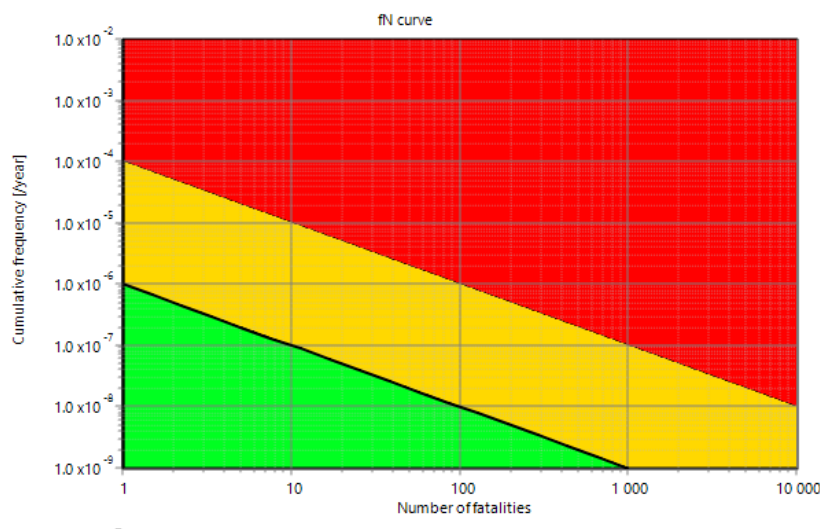
De kvantifierade riskerna värderas med hjälp av de kriterier för individrisk och samhällsrisk som presenteras i rapporten "Värdering av risk" (Davidson, Lindgren, & Liane, 1997). Riskkriterierna presenteras i form av ett toleransintervall, vilket kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). Risker som överstiger ALARP-området är för stora och tolereras ej. För risker inom ALARP-området ska risknivån reduceras så långt det är praktiskt och ekonomiskt rimligt. Risker understigande ALARP-området bedöms som små, men bör fortfarande hanteras i den mån det inte är ekonomiskt och praktiskt oförsvarbart.

För individriskberäkningar har kartkonturer med följande kriterier använts:

- Den övre gränsen för ALARP-området är 10^{-5} dödsfall per år.
- Den undre gränsen för ALARP-området är 10^{-7} dödsfall per år.

För samhällsriskberäkningar används en FN-kurva, vilket är en graf som visar den ackumulerade frekvensen för ett visst antal dödsfall. Följande kriterier har använts och illustreras i Figur 2:

- Den övre gränsen för ALARP-området motsvarar en frekvens på 10^{-4} per år vid 1 dödsfall, och avtar linjärt med ökat antal dödsfall.
- Den undre gränsen för ALARP-området motsvarar en frekvens på 10^{-6} per år vid 1 dödsfall, och avtar linjärt med ökat antal dödsfall.



Figur 2. Övre och undre risknivåerna i en FN-kurva. ALARP-området i orange innesluts mellan den övre röda nivån och den undre gröna nivån.

3.4 Hantering av osäkerheter

Risikanalyser av den typ som redovisas i denna rapport är behäftade med stora osäkerheter. Generellt har dessa osäkerheter hanterats genom konservativa bedömningar och antaganden. Detta innebär att bedömningar gjorts så att risken snarare överskattas än underskattas när osäkerheter förelegat. Anledningen till detta är att säkerställa att risken inte underskattas eftersom konsekvensen av en underskattad risk medför större sannolikhet att människor omkommer medan en något överskattad risk medför att kostnaden för åtgärder riskerar att bli högre.

Nedan presenteras några av de konservativa bedömningar avseende sannolikheter samt konsekvenser som gjorts i rapporten.

- När ett utsläpp av ammoniak studeras i denna handling förutsätts läckaget ske utomhus trots att den hanteras inomhus. Detta ger mer konservativa resultat med avseende på spridning med vind.
- Den genomsnittliga befolkningsdensiteten har ökats genom att begränsa respektive område till att endast omfatta platser som antas utgöra stadigvarande vistelse. På så vis blir samhällsriskberäkningarna mer konservativa.
- Kontinuerliga utsläpp beräknas som fria horisontella jetstrålar, vilket resulterar i de största konsekvensavstånden.
- Vid konsekvensberäkning av gasspridning beaktas lokala förhållanden, exempelvis nivåskillnader och varierad bebyggelse, genom konservativa antaganden av områdets ytråhet. Beräkningarna genererar således troligen längre konsekvensavstånd än vad som hade uppstått i verkligheten.

4. Verksamhetsbeskrivning

Avfallskraftvärmeverket:

Avfallskraftvärmeverket Sävenäs huvudsakliga syfte är att behandla avfall som inte är möjligt att återanvända eller återvinna. Detta innebär att avfallet i stället används till energiåtervinning. Således förser också avfallskraftvärmeverket företag och privatpersoner med energi genom att producera el och fjärrvärme. Avfallet som behandlas utgörs av kommunalt avfall och verksamhetsavfall, samt mindre mängder farligt avfall inklusive risk- och sekretessavfall. Verksamheten energiåtervinner årligen upp till 550 000 ton avfall, något som resulterar i en fjärrvärmeproduktion som täcker ca. en tredjedel av behovet i Göteborgsområdet. Vidare genererar avfallskraftvärmeverket en elproduktion som motsvarar 5% av Göteborgs elanvändning. Med infångning av koldioxid ur rökgaserna kan anläggningen minska sina koldioxidutsläpp antingen genom geologisk lagring eller genom nyttjande av koldioxiden som råvara, exempelvis för elektrobränslen.

Inom Renovas verksamhet finns också en återvinningscentral, en sorteringsanläggning och en anläggning för farligt avfall. Nedan följer en övergripande beskrivning av respektive verksamhetsdel.

Återvinningscentralen (ÅVC):

Till återvinningscentralen inkommer olika materialslag som av lämnarna sorteras och läggs i väl markerade behållare, till exempel brännbart, obrännbart, trä, plast, wellpapp, producentansvarsmaterial och farligt avfall. Materialen körs sedan till lämplig behandlingsanläggning för vidare bearbetning. Det finns även möjlighet att skänka bland annat kläder, möbler samt begagnat byggmaterial.

Sorteringsanläggningen:

Det avfall som skall hanteras på sorteringsanläggningen vägs in och lämnas i en separat bunker. Avfallet lyfts från bunkern upp på ett observationsband där man manuellt, med hjälp av en plockkran, sorterar ut obrännbart och annat material som ej är önskvärt att förbränna. Materialet krossas därefter i en hammarkvarn och transporteras till bunkern i förbränningsanläggningen via ett transportband. I dagsläget hanteras framför allt impregnerat trä. Hela sorteringsanläggningen är inbyggd för att undvika miljöpåverkan på omgivningen och ventilationen leds till avfallsbunkern.

Anläggningen för farligt avfall:

På anläggningen sker mellanlagring och omlastning av farligt avfall. Avfallet samlas in på miljöstationer, återvinningscentraler och företag kan även lämna in avfall direkt vid anläggningen. Hanteringen innefattar bland annat sortering och omemballering av småkemikalier samt samlastning av spillolja, lösningsmedel och lågkaloriavfall. För att möjliggöra förbränning av särskilt torra och blöta avfallsslag, som var för sig inte är lämpliga att ta in till bunkern, finns vid anläggningen en blandningsplatta. LOTS-behållare som inkommer till anläggningen tvättas i en särskild tvätt, i samband med hanteringen genomgår även behållarna en kvalitetskontroll. Verksamheten hyser även en tvätt för rengöring av röda backar som är godkända för farligt avfall samt en anläggning för behandling av lustgasbehållare.

4.1 Nuvarande anläggnings- och systembeskrivning

Sävenäs avfallskraftvärmeverk är i drift dygnet runt för att behandla regionens avfall. Anläggningen har fyra pannor för avfallsförbränning, Panna 1 (P1), P4, P5 och P7. Dessa är försedda med separat rök-gaskondensering och rök-gasrening, L1, L2, L3 och L7. Avfallet

levereras med lastbil, vägs in och tippas i avfallsbunkern. Avfallskranar matar ugnarna via påfyllnadstratt och inmatare. Avfallet förbränns på ett rörligt raster (förbränningspanna), och den utbrända slaggen samlas i ett vattenfyllt tråg och transporteras sedan till slaggbunkern, där metall sorteras ut. Pannaska avskiljs separat och deponeras med aska från spärffiltret. Slutligen omvandlas rökgaserna till ånga i en ångpanna. Ångan driver en turbin/generator och el genereras. I turbinkondensorn kondenseras ångan och värmen övergår till fjärrvärmesystemet. Slaggruset som bildas i processen används som konstruktionsmaterial vid en av Renovas deponier.

Efter avfallsförbränningen följer processer för rökgasrening. Rökgaserna leds först till ett elektrofilter där 99% av stoffet avskiljs, och därefter via en hetvattenekonomiser till den våta rökgasreningen. Ekonomisern återvinner värme till fjärrvärmenätet. Den våta reningen inleds med en surskrubber som avskiljer stoft, saltsyra, fluorvätesyra, kvicksilver och andra metaller. Därefter följer en svavelskrubber som tar bort svavel, vilket binds i gipsslam som deponeras. Båda skrubbrarna är försedda med ADIOX-fyllkroppar för dioxinavskiljning (ej för P7).

Rökgaser från P1 och P7 passerar ett vått elektrofilter och ett kondenseringssteg för ytterligare stoftavskiljning och värmeåtervinning. Slutligen leds gaserna genom en katalysator som reducerar kväveoxider och dioxiner.

Rökgaser från P4 och P5 går efter svavelskrubbern direkt till kondensering och ett spärffilter där kvarvarande föroreningar avskiljs. Kväveoxider reduceras i dessa linjer med SNCR-system, vilket innebär att de saknar katalysator och vått elektrofilter. Spärffilteraskan omhändertas genom deponering tillsammans med pannaskan.

Efter rökgasrening följer processer för zinkåtervinning och vattenrening för att rena avloppsvatten från rökgasreningen.

4.2 Planerad (sök) verksamhet (koldioxidinfångning)

Utrustning för infångning av koldioxid (CO₂) kommer att kopplas till befintlig rökgaskanal. Detta åstadkoms alltså med tekniskt fristående utrustning som endast i begränsad omfattning påverkar den befintliga verksamheten. Infångningen kommer att installeras stegvis på en eller flera av anläggningens fyra avfallspannor. I dagsläget utreds den exakta utformningen av systemen fortfarande, och systembeskrivningar för den ansökta verksamheten kan därför endast ges översiktligt. I och med att implementeringen kommer ske stegvis ska risker under byggtid beaktas, och riskanalyser för risker under byggtid ska genomföras kontinuerligt.

Själva infångningen sker efter behandling i befintlig rökgasrenings- och kondenseringsanläggning då rökgaserna avleds till en avskiljningsanläggning via en anslutning till befintlig rökgaskanal. I avskiljningsanläggningen avskiljs cirka 90 % av den koldioxid som finns i rökgaserna och därefter släpps rökgaserna ut via befintlig skorsten. Koldioxidavskiljningen läggs till efter befintlig rening och före utsläpp av rökgasen till omgivande luft. Avskild koldioxid behandlas vidare genom komprimering och kylning för att i slutändan lagras och transporteras bort som flytande koldioxid (LCO₂).

Verksamheten vill möjliggöra anslutning av koldioxidavskiljning till samtliga av sina fyra avfallspannor, vilket omfattar infångning av 550 000 ton CO₂ totalt. Det innebär en maximal tillfällig lagring på anläggningen av 7500 ton flytande CO₂ fördelat på 15 tankar á 500 ton. Vidare kommer varje linje med koldioxidavskiljning att kräva 10,5 ton ammoniak vilket innebär att en total mängd på 42 ton ammoniak kommer att användas vid koldioxidavskiljning från fyra förbränningslinjer. Verksamhetsändringen innebär slutligen att transporter av den förvätskade koldioxiden från anläggningen tillkommer. Detta räknas

uppgå till 15 278 transporter flytande CO₂ per år, där varje lastbil lastas med 36 ton flytande CO₂.

Det finns ett antal olika metoder som kan tillämpas för att avskilja koldioxid från ett rökgasflöde. Exempel är absorptionsteknik, adsorptionsteknik, membranteknik och kryogenteknik. Membranteknik, kryogenteknik och adsorptionsteknik lämpar sig sämre för Renova antingen på grund av verksamhetens förutsättningar (t ex koldioxidhalt i rökgaserna) eller för att tekniken är fortfarande vara under utveckling eller saknar storskaliga referenser för avfallsförbränning. Därför har absorptionsteknik identifierats av Renova som den utifrån dagens tekniksituation mest lämpliga teknik för avskiljning av koldioxid vid Sävenäs.

Koldioxidavskiljning med absorptionsteknik kan ske med olika absorptionsmetoder. Det som skiljer de olika metoderna åt är huvudsak vilket ämne som används som absorptionslösning. I dagsläget anses dock absorption med hjälp av amin som mest relevant teknik för koldioxidavskiljning vid Sävenäs och denna handling kommer framöver utgå ifrån detta.

De nya anläggnings- och processdelar som generellt är av intresse för riskutredningen är framför allt:

- förvätskningssystem
- kylsystem med ammoniak
- kompressorsystem
- lagertankar för LCO₂
- lastning av LCO₂ till fordon
- transport av LCO₂ till närmsta rekommenderade led för farligt gods

4.3 Koldioxidavskiljning genom kemisk absorption med amin

En vanligt förekommande amin i kontexten av koldioxidavskiljning kallas för monoetanolamin (MEA). Aminteknik med MEA har hög mognadsgrad inom industrin och ett stort antal kommersiella referenser inom koldioxidavskiljning för avfallsförbränningsanläggningar.

Rökgasen från avfallsförbränningen renas i befintlig rökgasreningsanläggning med avseende på ett antal olika emissionsparametrar som till exempel kväveoxider, svavel och stoft. Inom sökt verksamhet leds den renade rökgasen, med ett högt innehåll av koldioxid in i koldioxidavskiljningsprocessens första huvudsteg som är absorbern, d.v.s. en kolonn där själva separationen av koldioxid från övrig rökgas sker, se Figur 3. Om behov finns kommer rökgasen förbehandlas före absorbern genom att rökgasen renas ytterligare i en skrubber eller mättas med vatten. I absorbern strömmar rökgasen uppåt från kolonnbotten samtidigt som ett koldioxidfattigt lösningsmedel, exempelvis en aminlösning, matas in uppför och rinner nedåt.

Kolonnen är utrustad med internstruktur, så kallad packning eller trågsystem, som ger en stor kontaktyta mellan gas och vätska. När gasen möter lösningsmedlet överförs koldioxid från gasfas till vätskefas och reagerar kemiskt med aminet.

Den rökgas som lämnar toppen av absorbern har därmed befriats från huvuddelen av sin koldioxid, ca 90 %. För att minska lösningsmedelsförluster och avlägsna kvarvarande föroreningar kan rökgasen, vid behov, genomgå ytterligare rening efter att rökgasen lämnat

absorbern och innan den förs tillbaka till sin vanliga rökgaskanal för att avledas genom skorstenen. Reningen kan till exempel utgöras av vatten- och/eller syratvätt.



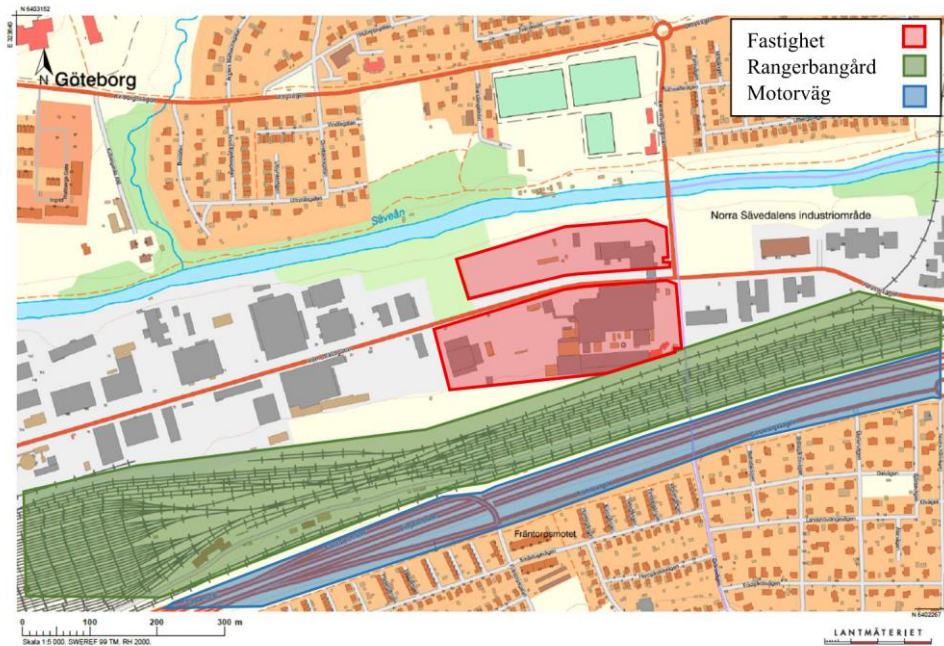
Figur 3: koldioxidavskiljningsprocessen

Det koldioxidberikade lösningsmedlet som samlas upp i botten av absorbern förs vidare till desorbern där koldioxiden frigörs från aminlösningen med hjälp av värme. Efter detta leds den avskilda koldioxiden vidare för kompression, förvätskning och tillfällig lagring. Koldioxiden förvätskas genom en kombination av högt tryck och låg temperatur. Ofta används ett tryck på 16–18 bar och en temperatur på cirka -27 grader C. För att uppnå dessa låga temperaturer kommer ett kylsystem baserat på ammoniak att användas. Detta system inkluderar bland annat en kompressor och tillhörande utrustning som möjliggör effektiv kylning. När koldioxiden slutligen har kondenserats till vätskeform pumpas den via kondensor och vätskeavskiljare vidare till lagringstankar placerade inom verksamhetsområdet. Den lagrade koldioxiden hämtas sedan av en extern aktör som ansvarar för vidare transport och hantering.

4.4 Omgivningsbeskrivning

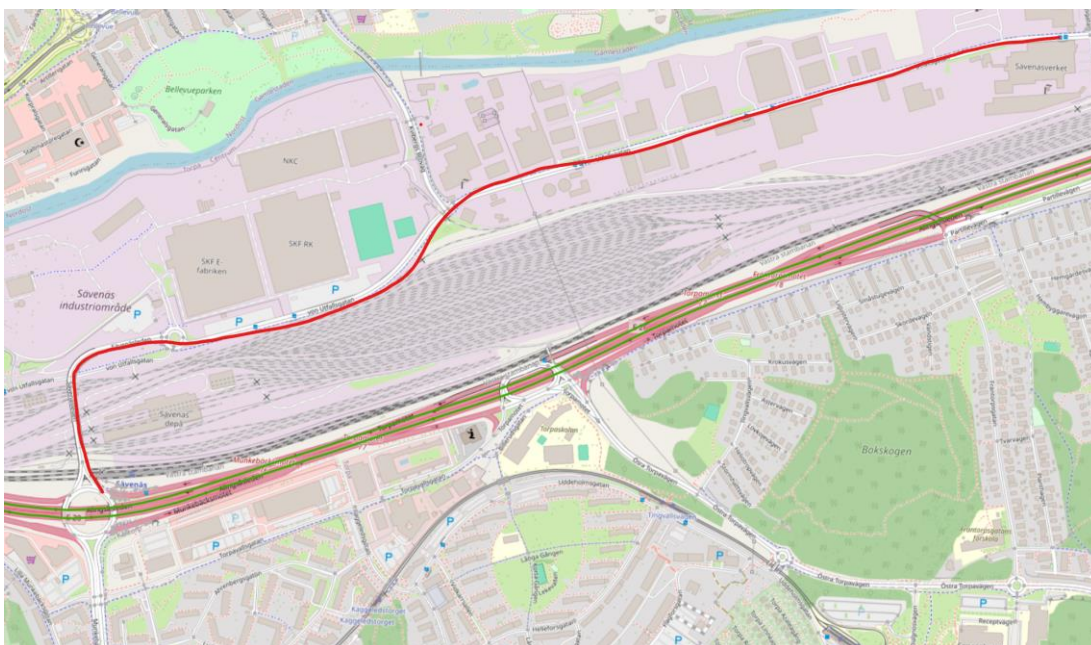
Avfallskraftvärmverket Sävenäs ligger på von Utfallsgatan i Sävenäs industriområde i nära anslutning till E20 och stambanan mellan Göteborg och Stockholm. Nuvarande och sökta verksamhet ryms inom fastighetsgränserna Sävenäs 168:2 och Sävenäs 168:5.

Anläggningen ligger i ett industriområde och angränsar till järnvägens rangerbangård där gods lagras och lastas om samt leds vidare för transport. Söder om rangerbangården och rälsen kommer först E20 och sedan Partille/Göteborgsvägen följt av bostadsområden. Närmaste bostäderna på denna sida om området är placerade ca 190 meter från avfallskraftvärmverket. Öster om verksamheten ligger kontorsbyggnader och mer bangårdsverksamhet. Norr om verksamheten rinner Sävån, vilken också utgör uttag för kylvatten. Vidare norrut finns ytor för fritidsaktiviteter så som fotbollsplaner och en mindre båthamn. Närmaste bostäderna på denna sida är belägna cirka 150 meter från anläggningen. Se Figur 4 nedan.



Figur 4: Fastighet och omkringliggande områden

Rekommenderad väg för transport av farligt gods för vägtransporter är motorvägen E20, respektive stambanan för järnvägstransporter. Båda är belägna söder om verksamheten. Väg till rekommenderad väg för transport av farligt gods är således von Utfallsgatan, se Figur 5 nedan.



Figur 5: Väg till rekommenderad väg för farligt gods

Inom några kilometers avstånd från Renovas anläggning finns det även ett antal Seveso-anläggningar. Detta är verksamheter som hanterar stora mängder kemikalier vilket skulle

kunna ge upphov till risker för Renovas verksamhet. Dessa verksamheter beskrivs mer ingående i avsnitt 6.6.

Vid bedömning av riskerna utgör antalet personer i närheten av risken en viktig parameter för att förstå hur många personer som potentiellt kan skadas vid en olycka. Personantalet eller persontätheten är en viktig parameter vid beräkning av samhällsrisk. I riskutredningen har personantal i och omkring verksamheten ansatts utifrån hur många personer som förväntas vistas samtidigt på en plats under en viss tid, de ansatta personantalen presenteras i Tabell 1 nedan.

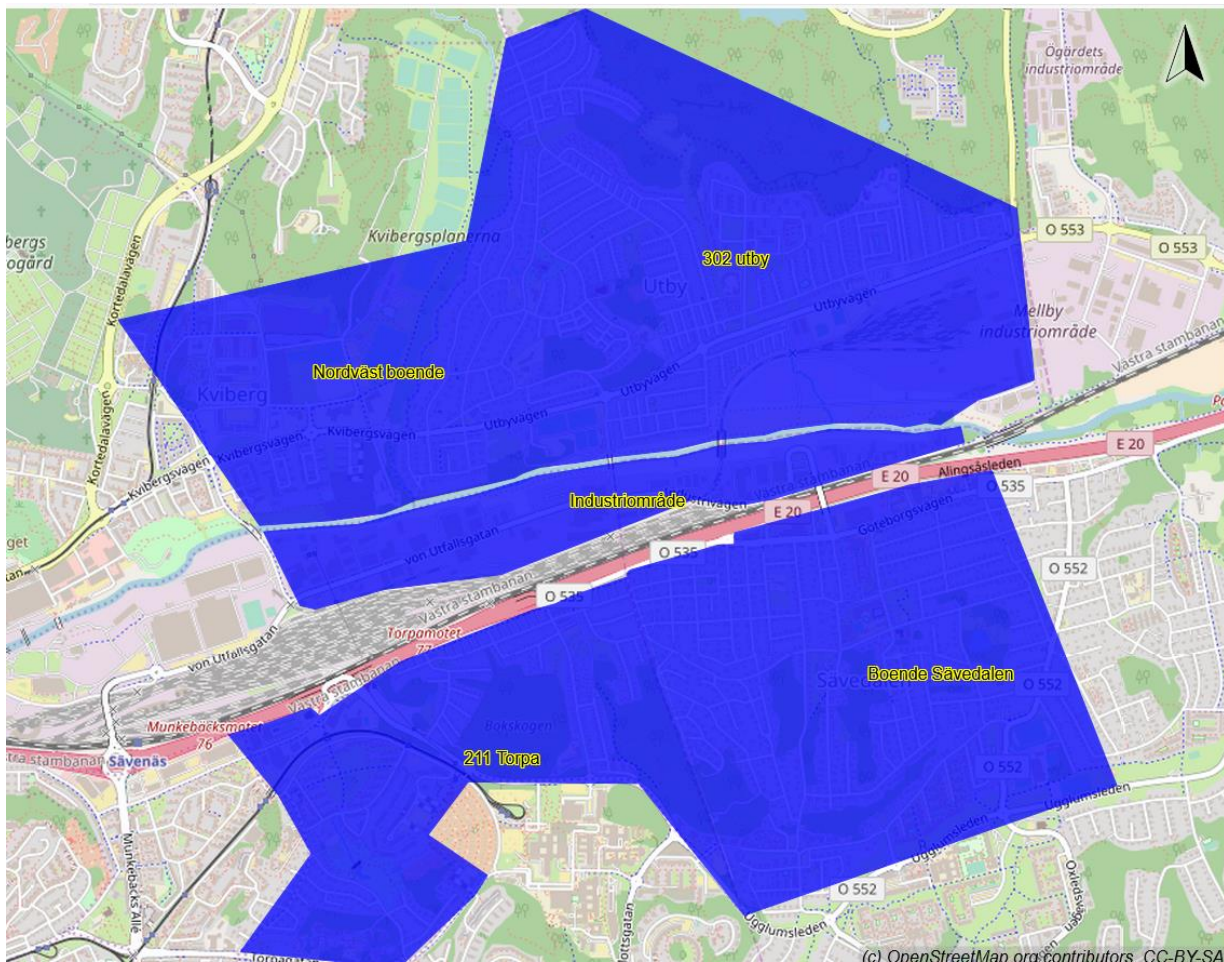
Tabell 1 Befolkning på och omkring Sävenäs avfallskraftvärmeverk

Område	Befolkning dagtid [Personer]	Befolkning nattetid [Personer]
302 Utby	1104	3604
211 Torpa	742	2021
Norra Sävedalens industriområde	210	25
Sävenäs avfallsvärmeverk sommarhalvåret	295	5
Sävenäs avfallsvärmeverk vinterhalvåret	175	5
Boende Sävedalen	1846/km ²	1846/km ²
Boende nordväst	440/km ²	1438/km ²

Primärområdet norr om anläggningen är "302 Utby" och primärområdet söder om anläggningen är "211 Torpa" (Göteborgs stad, 2024). För antalet boende sydöst om anläggningen, vid Sävedalen i Partille kommun har lantmäteriets geodata använts för att ta fram populationsdensiteten (Lantmäteriet, 2023). Populationstätheten för området uppgår till 1842 personer/km² och antas konservativt vara densamma under dag och natt. Vidare har persontätheten i området nordväst om verksamheten antagits vara densamma som för området "302 Utby" vilket motsvarar 440/km² under dagtid och 1438/km² nattetid. Detta då specifikt befolkningsunderlag för detta område inte har kunnat identifieras.

Antalet arbetande inom Renovas verksamhet uppgår enligt uppgift till 145 personer dagtid, och 5 personer nattetid, året om. Utöver detta befinner det sig på sommarhalvåret upp till 150 entreprenadarbetare på verksamhetsområdet och på vinterhalvåret upp till 30 entreprenadarbetare. För resterande delar av norra Sävedalens industriområde har det antagits att det finns 35 verksamheter som består av både mindre industrier, affärer och verkstäder. I *Green book* (Blom-Bruggeman, 1992) ges generella populationsförslag för arbetande inom olika verksamheter. Baserat på detta har det antagits att det arbetar 6 personer per verksamhet per dag. Andelen arbetande befolkning nattetid antas motsvara cirka en tredjedel av den arbetade befolkningen, vilket motsvarar nattsiftet för den del av sysselsatta som arbetar kväll, natt, helg eller skift (Tordenmalm & Samuelsson, 2019).

Dessa områden och populationer har lagts in i beräkningsprogrammet RISKCURVES, se Figur 6 nedan.



Figur 6: Befolkningsområden som använts för samhällsrisikberäkningarna.

5. Hanterade ämnen inom anläggningen

I detta avsnitt presenteras ett urval av de potentiellt farliga ämnen som hanteras i den nuvarande verksamheten. Vidare beskrivs de farliga ämnen som kommer att hanteras till följd av verksamhetsutökningen.

5.1 Sammanställning av nuvarande verksamhetens hanterade ämnen

Tabell 2: Ett urval av nuvarande hantering av potentiellt farliga ämnen som bedöms relevant att beakta i denna riskutredning.

Kemikalie/ämne	Mängd (totalt)	Anmärkning
Ammoniak 25%	119 m ³	2 tankar om 40 m ³ , 1 tank om 38 m ³ , 1 tank om 1 m ³
Färg och lösningsmedel	0,65 m ³	
Bensin	0,2 m ³	
Eldningsolja	88 m ³	2 tankar om 40 m ³ , 1 tank om 6 m ³ , 1 tank om 2 m ³
Diesel	10 m ³	
Acetylen	0,8 m	
Gasol	0,7 m ³	
Aerosoler	0,2 m ³	
Natronlut 50%	12 m ³	
Natronlut 25%	3 m ³	
Saltsyra 30%	12 m ³	
Turbinolja	3,5 m ³	2 tankar

5.2 Beskrivning av ämnen med hänsyn till utökad verksamhet i form av koldioxidavskiljning

Under respektive underrubrik ges översiktlig information om de ämnena som är relevanta för den tillkommande verksamhetsutökningen i form av avskiljning och lagring av koldioxid.

5.2.1 Vattenfri ammoniak

Vattenfri ammoniak (NH₃) (CAS 7664-41-7) är en giftig och frätande gas. Vid höga koncentrationer inomhus är den även brandfarlig (15 – 28 vol-%). Gasen är något lättare än luft och löslig i vatten. På anläggningen kommer det med hänsyn till koldioxidavskiljning att användas 10 ton ammoniak fördelat på två kylmaskiner och ytterligare 500 kg ammoniak fördelat på 3 värmepumpar per koldioxidavskiljningslinje. Detta innebär att den totala mängden vattenfri ammoniak som krävs vid koldioxidavskiljning för fyra linjer uppgår till 42 ton.

Ämnet hanteras i kylanläggningen i förvätskningsprocessen och i värmepumpar under varierande tryck runt 15 bar, och varierande temperaturer upp till över 100 °C.

Tidigare händelser med ammoniakkylsystem utgörs främst av läckage. Stora olyckor med ammoniak berör oftast lagringstankar med ämnet. Eftersom lagringstankar med vattenfri ammoniak inte kommer tillkomma vid koldioxidavskiljningen tar den här listan endast upp exempel på olyckor med rörledning och mindre behållare.

Tabell 3: Tidigare händelser med utsläpp av ammoniak.

Typ av händelse	Beskrivning	Länk
Ammoniäkläckage i glassfabrik	En fallande fläkt orsakar ett rörbrott och efterföljande läckage på 1 ton.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54408_en/?lang=en
Ammoniäkläckage på rörledning	Under arbete med montage av rörledningsstöd borras ett hål genom isolering och rör. Flytande ammoniak läcker ut.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42835_en/?lang=en
Ammoniäkspllosion i mindre behållare	En ammoniakbehållare på 50 kg överfylls med 64 kg och exploderar. Gasmolnsspridning uppstår.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/6959_en/?lang=en

5.2.2 Koldioxid

Koldioxid (CO₂) (CAS 124-38-9) är en färglös och luktfri icke-brandfarlig gas som förekommer naturligt i vår atmosfär. Gasen är tyngre än luft och relativt svårlös i vatten. På anläggningen kommer det maximalt att lagras flytande koldioxid i 15 tankar å 500 ton vardera. Den momentant maximala lagringen uppgår på anläggning således till 7500 ton.

Under tryck och låg temperatur kondenseras gasen till vätskeform. Vid ett läckage ångar vätskan av och bildar gas som snabbt expanderar i luft. Vid höga koncentrationer trycker gasen undan syre och kan därmed verka som kvävande, speciellt i slutna miljöer. Nedkyld gas kan orsaka köldskador på person och egendom. Vid extern påverkan, exempelvis brand, kan ämnet omfattas i scenariot kärlsprängning med stort konsekvensområde och skadlig/dödlig påverkan på relativt långt avstånd från olycksplatsen.

Tidigare händelser med koldioxid är främst tryckkärlexpllosioner i form av en "Boiling Liquid Vapour Explosions (BLEVE), där en plötslig trycksänkning förångar den vätskeformade koldioxiden som därmed expanderar snabbt. Det är anmärkningsvärt att rapporter om mindre olyckor eller läckage saknas. Möjligen kan det bero på att dylika scenarion sker väldigt sällan, eller att de inte resulterar i eller har potentialen att resultera i allvarliga olyckor.

Tabell 4: Tidigare händelser med utsläpp av koldioxid.

Typ av händelse	Beskrivning	Länk
BLEVE med kylkondenserad koldioxid från tankbil	Tankvagn med 231 ton kylkondenserad koldioxid exploderar trots pågående ventilerings från säkerhetsventil. Orsaken bedömdes vara sprödbrott i behållarmaterialet.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/7436_en/?lang=en
BLEVE i lagringsbehållare med kylkondenserad koldioxid	En behållare exploderar vid tankning, förmodligen på grund av överfyllning, vilket orsakar en kedjereaktion där närliggande behållare exploderar. Behållarnas materialval visade sig också vara olämpligt för användning vid låga temperaturer.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/7645_en/?lang=en
Utsläpp från rörledning med flytande koldioxid	Sättningar i mark efter regn orsakade fullständigt rörbrott vid svetsfog på rörledning.	https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20230633.pdf
BLEVE i lagringsbehållare med kylkondenserad koldioxid	En behållare spricker i samband med en BLEVE. Tankfragment sprids 300 m.	https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20230633.pdf

5.2.3 Aminer

Aminer är en grupp av kemikalier som bland annat används som koldioxidabsorbent. Renova har ännu inte valt vilken amin eller aminblandning som kommer att användas som absorbent. En tänkbar amin vid ansökta verksamheten är en amin av typen monoetanolamin (MEA). Vid koldioxidavskiljning från fyra linjer kommer maximal mängd amin inom anläggningen att uppgå till 484 m³ (ca. 155 ton vid 30 vikt% och en densitet på 1,07 ton/m³).

Skadliga egenskaper varierar mellan specifika molekyler, men aminer kan exempelvis vara extremt frätande eller korrosiva. Dessutom hålls de vid höga temperaturer som kan orsaka brännskador på personer i närheten. Vid ytterligare upphettning kan bland annat cancerogena nitrosaminer bildas, exempelvis som del av ett brandförlopp. MEA, som verksamheten potentiellt kan använda för koldioxidabsorption är dock inte brandfarlig, och utgör framför allt en fara för människor i den omfattningen de genereras vid upphettning.

Ovanstående medför att hanteringen av aminer främst är en risk för personal, även om enskilda spill även kräver sanering.

Tidigare händelser med aminer utgörs främst av läckage där saneringsbehov uppstått.

Tabell 5: Tidigare händelser med utsläpp av aminer.

Typ av händelse	Beskrivning	Länk
Läckage i lagerbehållare med MEA	Tryckökning i behållare leder till mindre öppning där några liter MEA släpps ut.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58724_en/?lang=en (på franska)
Läckage från IBC-behållare med MEA	IBC-behållare läcker ut 700 liter MEA på en väg. Saneringsfirma omhändertar spillet och tömmer IBC-behållaren.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/43129_en/?lang=en (på franska)
Läckage av MEA till regnvattenbehållare i fabrik.	Läckage med ren MEA kommer i kontakt med regnvatten och orsakar en exotermisk reaktion. Risk för korrosion uppstår, 100 arbetare utrymmer fabriken. Räddningstjänst stoppar läckan och saneringsfirma omhändertar utsläppet.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/38926_en/?lang=en (på franska)
Läckage av MEA från bulkcontainer.	En lastbil med en släpvagn läcker MEA. Föraren använder sand för att absorbera produkten. Räddningspersonalen stoppar läckan och omhändertar produkten.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/35522_en/?lang=en (på franska)
Läckage av DEA från regenereringskolonn	Läckage på rörledning med DEA uppstår och 3,75 ton läcker ut från regenereringskolonn i raffinaderi men omhändertas i en vattenreningsbehållare. Inget utsläpp till naturen sker.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/57383_en/?lang=en

6. Riskidentifiering och kvalitativ riskanalys

I detta avsnitt redovisas de identifierade riskkällorna som har beaktats i riskanalysen. Fokus har legat på identifierade olycksrisker som direkt eller indirekt kan leda till dödlig skada på tredje person eller personal på anläggningen, alternativt orsaka allvarliga skador på miljön eller innebära påverkan på egendom i närområdet. Det presenteras både risker inom anläggningen som kan komma att påverka dess omgivning samt risker i omgivningen som kan komma att påverka anläggningen.

6.1 Utsläpp av vattenfri ammoniak

Ammoniak kommer att användas i koldioxidinfångningsprocessen. Det används 2 kylmaskiner med 5 ton ammoniak var, samt 3 värmepumpar med ytterligare totalt 500 kg ammoniak per koldioxidavskiljningslinje. Den totala mängden ammoniak som krävs vid full verksamhet med fyra koldioxidavskiljningslinjer uppgår således till 42 ton.

Eftersom ammoniak har ett brännbarhetsområde mellan 15 – 28 vol-%, och kräver en energirik tändkälla för att antändas, bedöms antändning av gasmoln endast vara en relevant risk inomhus i slutna utrymmen i direkt anslutning till utsläppet, och utgör därmed inte någon risk vid gasmolnsspridning för omgivningen då gasmolnet späds under förflyttning. Denna risk kommer således inte att analyseras kvantitativt i denna handling.

Ammoniak är giftigt och kan ge skada på människor vid inandning. Ammoniaken har potential att spridas långt med vind under vissa väderförhållanden och därför har även denna hantering valts ut som dimensionerande. Då ammoniaken endast kommer användas i olika delprocesser och inte att lagras, kommer inget scenario med fullständigt utsläpp av all ammoniak att utredas kvantitativt i denna utredning. Endast utsläpp eller läckage av ammoniak i gas- och vätskefas från kylanläggningen kommer analyseras kvantitativt i denna riskutredning.

Enligt uppgift från verksamheten kommer respektive kylmaskin att vara segmenterad i grupper om 3. Detta innebär att varje segment innehåller ca. 1,7 ton ammoniak. Segmenten är brandteknisk avskilda vilket innebär att ett eventuellt läckage från en kylmaskin bedöms förbli lokalt. Dimensionerande "worst-case" scenario som kommer att undersökas kvantitativt i denna riskutredning är utsläpp av 1,7 ton ammoniak ur ett segment per koldioxidavskiljningslinje. Övriga scenarier innehållandes ammoniak är utsläpp av allt innehåll i en värmepump vid respektive koldioxidavskiljningslinje. Detta innebär att ungefär 166 kg vattenfri ammoniak släpps ut vid respektive linje.

Ammoniak kan ge upphov till två olika utsläppsscenarier. Det första är ett gasformigt utsläpp varpå gasmolnsspridningen sker direkt från utsläppspunkten. Den andra är ett vätskeformigt utsläpp varpå ammoniaken kommer att förångas och spridas i luften i gasform. Massan ammoniak som används i förvätskningsprocessen kommer i huvudsak att vara i vätskefas. Ämnet genomgår fasomvandling under förvätskningsprocessen och således finns ammoniak i både gas- och vätskefas under processen gång. Däremot kommer endast vätskeformiga utsläpp att studeras kvantitativt då en majoritet av mängden ammoniak i processen bedöms vara i vätskefas (kondenserad gas). Således bedöms ett vätskeformigt utsläpp som förångas vara representativt "worst-case" scenario för ett ammoniak-läckage.

När ett utsläpp av ammoniak studeras i denna handling förutsätts läckaget ske utomhus, något som ger mer konservativa resultat med avseende på spridning med vind.

6.2 Utsläpp av förvätskad koldioxid

Maximal planerad lagring av den avskilda och förvätskade koldioxiden uppgår till 15 lagringstankar som vardera rymmer 500 ton flytande koldioxid. Detta resulterar i en totalvolym på 7500 ton.

Koldioxid är i sitt normala tillstånd en luktfri, färglös och osynlig gas som inte är brandfarlig. Gasen kan dock vid en större olycka vara skadlig för människor i höga koncentrationer på grund av kvävningsrisk. Risken för kvävning beror på att gasen tränger undan syret i luften. Stora okontrollerade utsläpp av koldioxid, särskilt i flytande form, kan innebära fara för personer på grund av risken för att koldioxiden tränger undan syret i luften över stora områden. Då koldioxid är en tung gas kan den spridas långa avstånd längs marken. För personer som befinner sig i direkt närhet till ett pågående läckage av koldioxid är även köldskador en betydande risk då den vätskeformiga koldioxiden har en mycket låg temperatur. Utsläpp av förvätskad koldioxid från lagringstankar och vid lastning kommer att analyseras kvantitativt i denna handling.

Koldioxid förekommer i och kan läcka från samtliga delar i processen. Däremot bedöms dessa delar av processen inte ge upphov till scenarier som är dimensionerande med avseende på risk för skadliga/dödliga omgivningseffekter för koldioxid. Således kommer endast scenarier kopplat till lagring och lastning av flytande koldioxid att studeras kvantitativt. Olika scenarier med koldioxidlagring kommer att simuleras enligt:

1. Olycka innehållandes en lagringstank.
2. Olycka innehållandes två lagringstankar
3. Olycka innehållandes tre lagringstankar
4. Olycka innehållandes samtliga lagringstankar

6.3 Utsläpp eller läckage av aminbaserad absorbent

För koldioxidavskiljningen diskuteras användning av en aminbaserad absorbent, t.ex. MEA. Absorbenten har farliga egenskaper vilka kan variera mellan specifika molekyler, men aminer kan exempelvis vara extremt frätande och därmed korrosivt. Detta innebär att aminbaserad absorbent främst ger upphov till lokala risker för de som vistas i den direkta närheten av hanteringen. Aminbaserad absorbent bedöms inte ha egenskaper som innebär väsentliga risker för personer utanför anläggningen vid en olycka. Ämnet kommer således inte att analyseras kvantitativt i denna handling. Riskhantering ska ske genom korrekt hantering samt erforderligt spillskydd så att läckage till miljön undviks.

6.4 Kärlsprängning för lagringstank med flytande koldioxid

Scenariot BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) skulle eventuellt kunna ske för flytande koldioxid om cisternen värms upp i tillräcklig omfattning under en lång tid. En BLEVE är en våldsamt explosion (som innebär följdkonsekvenser i form av en tryckvåg och kaststycken) och om gasen i kärlet är brännbar kan en BLEVE också medföra ett eldskott. BLEVE kan till exempel inträffa om det uppstår en stor pölbrand i nära anslutning till cisternen som värmer upp cisternen i sådan omfattning att isoleringen inte räcker till för att förhindra att gasen värms upp. Då ökar trycket i tanken och om säkerhetsventilerna inte hinner avlasta det ökade trycket samtidigt som tanken rämner via extern påverkan (exempelvis kollaps) skulle en BLEVE kunna inträffa.

Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå är låg med hänsyn till att det förutsätts att flera skyddsbarriärer fallerar samtidigt för att händelsen ska inträffa. Vidare är koldioxid inte en brännbar gas vilket medför att det inte finns någon risk för att en BLEVE medför ett eldskott. En BLEVE med efterföljande tryckvåg och kaststycken bedöms inte ge upphov till större

risker för omgivningen i förhållande till den stora mängden koldioxid som släpps ut vid ett utsläpp av hela lagringsmängden. Scenariot kommer inte att analyseras kvantitativt i denna handling. Det bedöms att denna risk beaktas vid beräkningar av utsläpp av koldioxid från lagringstank(ar).

6.5 Transport av farligt gods

Transporterna med hänsyn till hantering av flytande koldioxid kan komma att ske med lastbil, via tåg längs stambanan eller med rörledning bort från verksamhetsområdet. I nuläget är inte exakt utformning bestämd och tillgång till stickspår för tåg saknas. Då verksamheten kommer att utökas stegvis är det även möjligt att verksamheten till en början använder sig ut av ett transportsätt, och i takt med utökad koldioxidavskiljning byter transportsätt. Således kommer samtliga tre alternativ att redogöras för i detta avsnitt.

För utökad verksamhet vid full kapacitet i form av fyra koldioxidavskiljningslinjer och en maximal lagring av 7500 ton förvätskad koldioxid skulle det krävas uppskattningsvis 15 278 lastbilstransporter per år från verksamhetsområdet. Transporter kan enligt verksamheten komma att ske om ca 36 ton i lastbil med släp. Transport av förvätskad koldioxid med lastbil går från verksamheten via von Utfallsgatan vidare till E20 som är rekommenderad väg för farligt gods.

För transport via tåg skulle den förvätskade koldioxiden mellanlagras direkt på järnvägsvagnarna på ett stickspår utanför anläggningen. Eventuellt skulle en mindre tank för mellanlagring placeras på området. Totalt skulle alltså detta alternativ innebära en mindre lagring (möjligtvis ingen lagring) av koldioxid och ett färre antal transporter ifrån verksamheten, något som skulle minska riskerna för verksamheten.

Vad gäller transport med rörledning innebär det att den förvätskade koldioxiden transporteras bort från verksamhetsområdet direkt. Ingen mellanlagring i väntan på transport skulle alltså ske på verksamhetsområdet med detta alternativ utan bara den mängd som finns inom rörledningen skulle finnas på verksamhetsområdet. Detta alternativ skulle också minska riskerna för verksamheten.

Förmodligen kommer transport av 7500 ton förvätskad koldioxid från fyra avskiljningslinjer inte enbart ske med hjälp av lastning och transport via lastbil från verksamhetsområdet. Däremot bedöms detta transportsätt ge upphov till störst risker och bedöms vara det dimensionerande alternativet för denna riskutredning. Således kommer scenarier innehållandes olyckor som kan uppkomma vid lastning av flytande koldioxid, samt olyckor som kan uppkomma vid transport på väg till rekommenderad väg för farligt gods att analyseras kvantitativt i denna handling. Detta för att beakta ett "worst-case" scenario vid transport av förvätskad koldioxid från anläggningen.

6.6 Risk för uppkomst av giftig brandrök

Sökt verksamhet i form av verksamhetsdelar och processer för koldioxidavskiljning bedöms inte ge upphov till större risk för uppkomst av giftig brandrök än den som redan föreligger från Renovas nuvarande verksamhet. Det bedöms således inte att en särskild brandröksutredning behöver genomföras med hänsyn till ansökan om ändringstillstånd.

6.7 Dominoeffekter

6.7.1 Olycka inom verksamheten

Inom Renovas verksamhet i Sävenäs kan andra delar av verksamheten som inte har med koldioxidavskiljning att göra ge upphov till olyckor som kan innebära risker för den

tillkommande koldioxidavskiljningsverksamheten. Detta kommer inte att behandlas kvantitativt i denna handling då händelserna bedöms täckas in i riskerna som redovisats tidigare. Hur riskerna med respektive verksamhet kan påverka koldioxidavskiljningen beskrivs dock kortfattat nedan. Generellt ska erforderligt skydd mot uppkomst av till exempel bränder eller andra olyckor inom befintlig verksamhet beaktas vid uppförandet av koldioxidavskiljningsprocess.

Gasol

Förvaring av gasflaskor innehållandes gasol är i nuläget placerad väster om värmekraftverket. En olycka innehållandes gasol kan leda till en BLEVE, explosion eller en jetflamma, något som kan leda till konsekvenser för den tillkommande verksamhetsdelen. Erforderligt avstånd mellan gasol och tillkommande verksamhetsdelar ska säkerställas för att en eventuell olycka innehållande gasol inte ska ge några konsekvenser på koldioxidavskiljningen eller vice versa.

Rökgasrening

Koldioxidavskiljning planeras att ske i anslutning till anläggningens nuvarande rökgasrening. I rökgasreningen förekommer idag hantering av 6 m³ diesel och 50 m³ 50%-ig lut. Diesel är en brandfarlig vätska och en olycka innehållandes diesel i rökgasreningen kan leda till konsekvenser för den tillkommande verksamheten. Lut används till processvatten och är frätande, risker bedöms främst uppkomma för arbetande personal och inte för tillkommande verksamhet. Slutligen finns också ett antal EX-klassade zoner i rökgasreningen. En olycka i dessa områden kan ge upphov till en explosion vilket kan medföra konsekvenser för tillkommande verksamheten.

Då koldioxidavskiljning kommer att ske från rökgasreningen ska erforderlig brandteknisk avskiljning mellan tillkommande och nuvarande verksamhetsdelar att säkerställas. Detta för att undvika att en brand eller annan olycka som uppkommer i nuvarande anläggningsdelar inte sprider sig till koldioxidavskiljningen. Förslagsvis upprättas alla tillkommande verksamhetsdelar med hänsyn till koldioxidavskiljning som egna brandceller.

Anläggning för farligt avfall

Farligt och brandfarligt avfall tas emot inom Renovas anläggning för farligt avfall. En brand som uppkommer i brandfarligt avfall kan ge upphov till stora brandförlopp inom anläggningen vilket kan leda till konsekvenser för tillkommande verksamhet. Utformningen av det byggnadstekniska brandskyddet och det brandfarliga avfallets placering i förhållande till koldioxidavskiljningen ska beaktas för att minska risker för den tillkommande verksamheten.

Återvinningscentral

Till Renovas återvinningscentral inkommer avfall så som brännbart avfall och brandfarligt avfall, vilket ger upphov till risker för brand. Återvinningscentralen är placerad på verksamhetens norra delar, vilket bedöms vara på ett erforderligt avstånd ifrån den planerade placeringen av tillkommande verksamhetsdelar för koldioxidavskiljning. Ytterligare riskreducerande åtgärder bedöms inte behövas för att beakta riskerna som återvinningscentralen ger upphov till för den tillkommande verksamheten.

Sorteringsanläggning

Till sorteringsanläggningen kommer avfall som ska hanteras innan det transporteras vidare via ett transportband till avfallsbunkern i syfte att förbrännas. Anläggningen tar främst emot träavfall vilket ger upphov till brandrisker. Även denna anläggningsdel är placerad i Renovas norra delar vilket är på ett avstånd ifrån den planerade placeringen av de tillkommande verksamhetsdelarna för koldioxidavskiljning. Vidare är hela sorteringsanläggningen inbyggd för att undvika påverkan på yttre verksamhetsdelar. Hanterat avfall inom sorteringen är skyddat mot uppkomst av brand med sprinkler. Detsamma gäller för transportbandet som också är försett med sprinklersystem. Med detta som bakgrund bedöms ytterligare riskreducerande åtgärder inte behövas för att beakta riskerna som sorteringsanläggningen ger upphov till för den tillkommande verksamheten.

Uppkomst av brand

Renovas nuvarande verksamhet ger upphov till risker för brand. Tidigare inträffade bränder på anläggningen har oftast skett i avfallsbunkern, där redan insamlat avfall ankommit till anläggningen och startat en brand i avfallsbunkern. Verksamheten har väl fungerande rutiner för detta och avfallsbunkern är försedd med bland annat detektorer och automatiska vattenkanoner för att stoppa brandförloppen i ett tidigt skede. Vidare är denna del av anläggningen brandtekniskt avskild från resterande delar. Utöver detta förekommer också förbränning av avfall vid fyra pannor inom anläggningen.

Det finns brandteknisk avskiljning inom nuvarande verksamheten för att förhindra att brandspridning ska kunna ske till stora delar av kraftvärmeverket vid en eventuell brand. Vidare finns rutiner och handlingsprogram för att upptäcka och hantera uppkomna bränder vid ett tidigt skede. Med detta som bakgrund bedöms tillräckliga riskreducerande åtgärder vara vidtagna för att förhindra att denna del av verksamheten ger upphov till dominoeffekter för den tillkommande verksamheten.

6.7.2 Olycka utanför verksamheten

Sevesoanläggningar

I närheten av Renovas anläggning finns tre Seveso-anläggningar. Vid Seveso-anläggningar hanteras vanligtvis avsevärt större mängder skadliga ämnen än vid industrier i allmänhet. I Tabell 6 nedan redovisas verksamheterna och dess avstånd till Sävenäs avfallskraftvärmeverk.

Tabell 6: Sevesoverksamheter in närområdet

Företag	Kravnivå	Verksamhet	Avstånd till Sävenäs avfallskraftvärmeverk
SKF Sverige AB	Högre	Produktion av rullningslager, vilket bland annat innebär skärande bearbetning och härdning av metall.	2 kilometer
UnivarSolutions AB	Högre	Verksamheten hanterar och lagrar kemiska produkter och smörjolja.	3 kilometer
Provexa ytbehandling AB	Lägre	Kemisk och elektrolytisk ytbehandling samt pulverlackering av metaller.	3,25 kilometer

Med hänsyn till de stora avstånd som råder mellan Renovas anläggning och de identifierade Seveso-verksamheterna bedöms risk för dominoeffekter ej föreligga och kommer således inte att utredas vidare.

Närliggande verksamheter

Övriga verksamheter som ligger inom cirka 100 meter av Renovas fastighetsgräns ges av Tabell 7 nedan.

Tabell 7: Övriga närliggande verksamheter inom cirka 100 meter av Renovas fastighetsgräns.

Företag	Verksamhet
ACO Nordic AB	Producera och säljer systemlösningar för hantering av VA
Bakels Sweden AB	Producera och distribuerar ingredienser som används till bröd, bakverk och matvaror
Lumon	Erbjuder lösningar för inglasning av balkonger.
F.H. Bertling AB	Logistik och rederi
MTAB Sverige AB	Logistikföretag
Restaurang Två Kockar	Restaurang
Minalyze	Utvecklar hårdvara och mjukvara för geologisk data.
Servistore Sävenäs	Self-storage förråd

En brand inom dessa verksamheter skulle kunna ge upphov till brandrök som kan spridas till Renovas anläggning. Däremot bedöms det inte som ett scenario som ger upphov till dominoeffekter inom tillkommande verksamhet. Givet de typer av verksamheter som bedrivs inom företagen har inga övriga scenarier som riskerar att påverka Renovas tillkommande verksamhet och orsaka dominoeffekter identifierats och verksamheterna kommer inte att utredas vidare i denna handling.

Slutligen ligger en större industrianläggning i form av Göteborg Energis förbränningsanläggning i anslutning till avfallskraftvärmeverket Sävenäs. Det minsta avståndet mellan Göteborg Energis anläggning och Renovas anläggning uppgår till 670 meter för förvaringssilos av flis på Göteborg Energis verksamhetsområde. Till följd av möjliga verksamhetsändringar hos Göteborg Energi genomfördes en riskanalys för detaljplaneändring som fastslog att inga betydande risker uppstår på Renovas anläggning till följd av Göteborg Energis verksamhet (ProSa, 2023). Såldes kommer dessa risker inte att beaktas mer i denna handling.

Rekommenderade transportleder för farligt gods (E20 & stambanan)

Väg E20 som är en rekommenderad väg för transport av farligt gods passerar söder om anläggningen. Vägen är placerad på ett avstånd större än 100 meter från verksamheten. Mellan vägen och anläggningen passerar också västra stambanan, på ett avstånd av ca. 90 meter ifrån anläggningen. En olycka med farligt gods på väg E20 eller stambanan kan potentiellt påverka verksamheten. Däremot bedöms avstånden till E20 och stambanan som stora och risken för att en olycka med farligt gods skulle ha påverkan på Renovas anläggning bedöms som förhållandevis liten.

Sävenäs rangerbangård

Sävenäs avfallskraftvärmeverk angränsar till järnvägens rangerbangård där bland annat farligt gods lagras och lastas om samt leds vidare för transport. Det kortaste avstånd mellan Renova AB:s fastighetsgräns och räls på rangerbangården uppgår till ca 15 meter. Detta är

dock ett stickspår som leder till ett industrispår (Fjällbospåret). Detta spår är ett återvändsspår och ingen genomfartstrafik av farligt gods är möjlig. Spåret används endast för underhåll utav farligt godsvagnar som tömts på produkt. Vagnarna som tas emot är avsedda för brandfarliga vätska i form av diesel eller motsvarande (RID 3). Därmed ska inget farligt gods rangeras eller färdas på just detta spår. Även om ankommande vagnar är tömda så är de inte är rengjorda eller inerte och kan således fortfarande innehålla mindre mängder restgas av den transporterade produkten (ProSa, 2023).

En olycka innehållandes farligt gods på Sävenäs rangerbangård kan potentiellt innebära påverkan på Sävenäs avfallskraftvärmeverks planerade koldioxidavskiljning. Speciellt med tanke på att koldioxidavskiljningen planeras att uppföras på södra delarna av verksamhetsområdet, alltså närmast rangerbangården. Tillkommande verksamhetsdelar bör därför uppföras med skydd mot en eventuell olycka på rangerbangården genom ett erforderligt skyddsavstånd eller om detta inte är möjligt genom fysisk avskiljning.

7. Kvantitativ riskanalys

I detta avsnitt redovisas vilka scenarier som bedöms vara dimensionerande för den kvantitativa analysen samt deras riskbidrag till omgivning i form av samhällsrisk och individrisk.

7.1 Dimensionerande scenarier

Följande riskscenarier har identifierats som dimensionerande och kommer att analyseras vidare i den kvantitativa riskanalysen:

- Utsläpp av förvätskad koldioxid (15 tankar á 500 ton)
- Utsläpp från 2 tankar med förvätskad koldioxid (1000 ton)
- Utsläpp från 3 tankar med förvätskad koldioxid (1500 ton)
- Utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (1,7 ton)
- Utsläpp av vattenfri ammoniak från värmepump (166kg).
- Utsläpp vid lastning av förvätskad koldioxid (36 ton per behållare)
- Olycka vid transport av förvätskad koldioxid från anläggningen på väg till rek. väg för farligt gods (36 ton per transbortbehållare)

7.2 Analyserade scenarier

De dimensionerande scenarierna har delats upp i flertalet scenarier i den kvantitativa riskanalysen för att fånga in olika platser/processer inom verksamhetsområdet där de dimensionerande scenarierna kan inträffa, olika förutsättningar för de olika platserna/processerna och olika storlek på utsläpp.

I Tabell 8 nedan presenteras samtliga scenarier som analyserats i den kvantitativa riskanalysen. Scenariernas karaktär i form av utsläppets storlek och varaktighet har baserats på rekommenderade val av scenarier som presenteras i den använda vägledningen för kvantitativ riskanalys i form av *Purple Book* (VROM, 2005).

Tabell 8. Scenarier som analyseras i den kvantitativa riskanalysen.

Dimensionerande scenario	Beskrivning av analyserade scenarier för respektive dimensionerande scenario
Utsläpp av förvätskad koldioxid (15 tankar á 500 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i en koldioxidtank (tankarna analyseras separat och risken summeras)
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en tank under 10 minuter
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en tank från ett 10 mm hål
	Mindre läckage från alla (15) cisterner genom hål som är 10 mm
Utsläpp från 2 tankar med förvätskad koldioxid (1000 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i två koldioxidtankar
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i två tankar under 10 minuter

Dimensionerande scenario	Beskrivning av analyserade scenarier för respektive dimensionerande scenario
Utsläpp från 3 tankar med förvätskad koldioxid (1500 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i tre koldioxidtankar
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i tre tankar under 10 minuter
Utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (1,7 ton) (fyra avskiljningslinjer)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin eller värmepump från ett rörbrott
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin eller värmepump genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin eller värmepump från ett 10 mm hål
Utsläpp av vattenfri ammoniak från värmepump (166kg) (fyra avskiljningslinjer)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin eller värmepump från ett rörbrott
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin eller värmepump genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin eller värmepump från ett 10 mm hål
Utsläpp vid lastning av förvätskad koldioxid (36 ton per behållare)	Kontinuerligt utsläpp av hela transportbehållarens innehåll från ett slangbrott (DN40 slang - 40 mm).
	Kontinuerligt utsläpp av hela transportbehållarens innehåll från hål som motsvarar 10% av största anslutningen (4 mm).
Olycka vid transport av förvätskad koldioxid från anläggningen på väg till rek. väg för farligt gods (36 ton per transportbehållare)	Presenteras i Bilaga B – Risker med transport av farligt gods

7.3 Skattning av sannolikheter

Skattning av sannolikheter för de analyserade scenarierna har baserats på generiska tabellvärden som anger olycksfrekvenser för olika utsläpp hämtade från riktlinjerna för kvantitativ riskanalys i *Purple book* (VROM, 2005). Sannolikheterna beaktar både faktorer så som fel i teknisk utrustning och mänskliga faktorer.

För lastning är olycksfrekvensen angiven per lastningstillfälle och basfrekvensen multipliceras därför med antalet lastningstillfällen som förväntas. I Tabell 9 nedan presenteras tabellerade olycksfrekvenser för scenarier med lagringstankar och beräknade olycksfrekvenser för scenarier med lastning. För utsläpp av förvätskad koldioxid med två eller fler tankar har sannolikheten att ett utsläpp ska ske antagits vara lägre än vid utsläpp från en tank. För utförligare redovisning av skattning av frekvenser se Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar.

Tabell 9. Skattning av sannolikheter för analyserade scenarier

Dimensionerande scenario	Scenariobeskrivning	Olycksfrekvens per år (VROM, 2005)
Utsläpp av förvätskad koldioxid (15 tankar á 500 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i en koldioxidtank (tankarna analyseras separat och risken summeras)	$5 \cdot 10^{-7}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en tank under 10 minuter	$5 \cdot 10^{-7}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en tank från ett 10 mm hål	$1 \cdot 10^{-5}$
	Mindre läckage från alla (15) cisterner genom hål som är 10 mm	$5 \cdot 10^{-7}$
Utsläpp från 2 tankar med förvätskad koldioxid (1000 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i två koldioxidtankar	$5 \cdot 10^{-8}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i två tankar under 10 minuter	$5 \cdot 10^{-8}$
Utsläpp från 3 tankar med förvätskad koldioxid (1500 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i tre koldioxidtankar	$5 \cdot 10^{-9}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i tre tankar under 10 minuter	$5 \cdot 10^{-9}$
Utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (1,7 ton) (fyra avskiljningslinjer)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin från ett rörbrott	$5 \cdot 10^{-5}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter	$5 \cdot 10^{-5}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin från ett 10 mm hål	$1 \cdot 10^{-3}$
Utsläpp av vattenfri ammoniak från värmepump (166kg) (fyra avskiljningslinjer)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en värmepump från ett rörbrott	$5 \cdot 10^{-5}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en värmepump genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter	$5 \cdot 10^{-5}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en värmepump från ett 10 mm hål	$1 \cdot 10^{-3}$

Utsläpp vid lastning av förvätskad koldioxid (36 ton per behållare)	Kontinuerligt utsläpp av hela transportbehållarens innehåll från ett slangbrott (DN40 slang - 40 mm).	$2,75 \cdot 10^{-2}$
	Kontinuerligt utsläpp av hela transportbehållarens innehåll från hål som motsvarar 10% av största anslutningen (4 mm).	$2,75 \cdot 10^{-1}$
Olycka vid transport av förvätskad koldioxid från anläggningen på väg till rek. väg för farligt gods (36 ton per transportbehållare)	Presenteras i Bilaga B – Risker med transport av farligt gods	Presenteras i Bilaga B – Risker med transport av farligt gods

7.4 Skattning av konsekvenser

För utsläpp från koldioxidtankar och utsläpp av ammoniak presenteras konsekvensavstånd primärt i form av 1 % dödlig dos. Avståndet till gränsvärdet 1% dödlig dos anger det avstånd från olyckan där sannolikheten är 1% att en person omkommer, med hänsyn till koncentration, varaktighet av utsläpp och förväntad exponeringstid. Den kvävande effekten från ett koldioxidutsläpp bedöms som dimensionerande eftersom koldioxiden inte lagras under högt tryck och ej förväntas resultera i explosion med stora skador på långa avstånd.

För toxiska effekter av ammoniak presenteras ytterligare två konsekvensavstånd i form av AEGL-2 och AEGL-3 vid 30 minuters exponering. AEGL gränsvärdena anger koncentrationer i luften av en giftig gas över vilka olika konsekvenser har beräknats för exponerade personer (inklusive känsliga individer). AEGL-3 anger koncentrationen för livshotande hälsoeffekter eller död och AEGL-2 anger koncentrationen för irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen (United States Environmental Protection Agency EPA, 2022). Toxiska effekter bedöms inte ha påverkan på egendom.

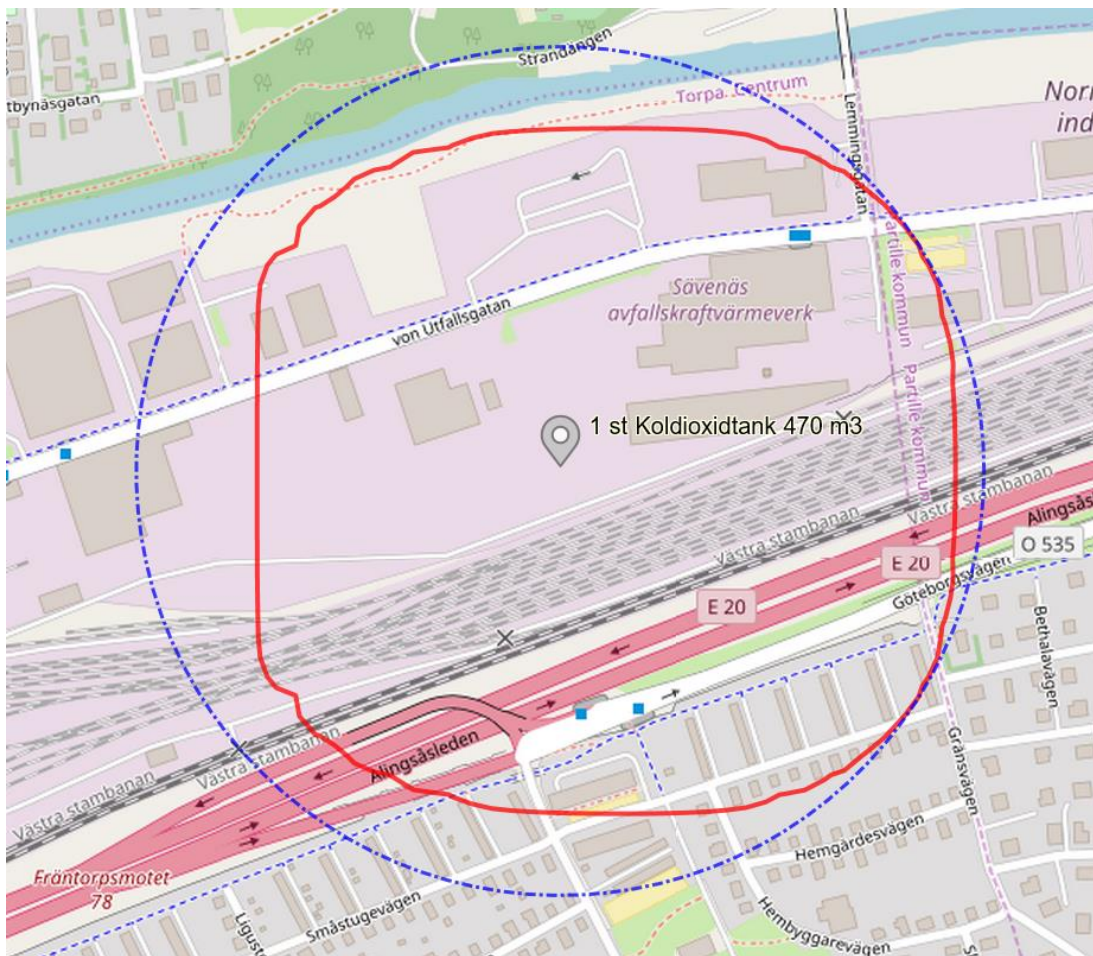
I Tabell 10 nedan presenteras beräknade konsekvensavstånd utifrån kriterierna ovan. Mjukvaran Riskcurves (Gexcon, 2023) beräknar typ av utsläppscenario och varierar väderförhållanden vid beräkningarna, varför resultatet redovisas som ett intervall i tabellen för de händelser där konsekvensavståndet varierar vid olika väderförhållanden. Där avståndet inte varierar vid olika väderförhållanden presenteras bara ett konsekvensavstånd i stället för ett intervall. Intervallet visar variationen på konsekvensavstånd för olika händelseförlopp efter ett utsläpp har skett, samt hur väder och vind påverkar konsekvensavstånden. De längsta avstånden bedöms vara mycket konservativa eftersom de endast uppstår när de värsta händelseförloppen inträffar vid de minst gynnsamma väderförhållandena. För mer detaljer kring konsekvensberäkningar se Bilaga A – Beräkningar.

Tabell 10. Beräknade konsekvensavstånd i meter för analyserade scenarier.

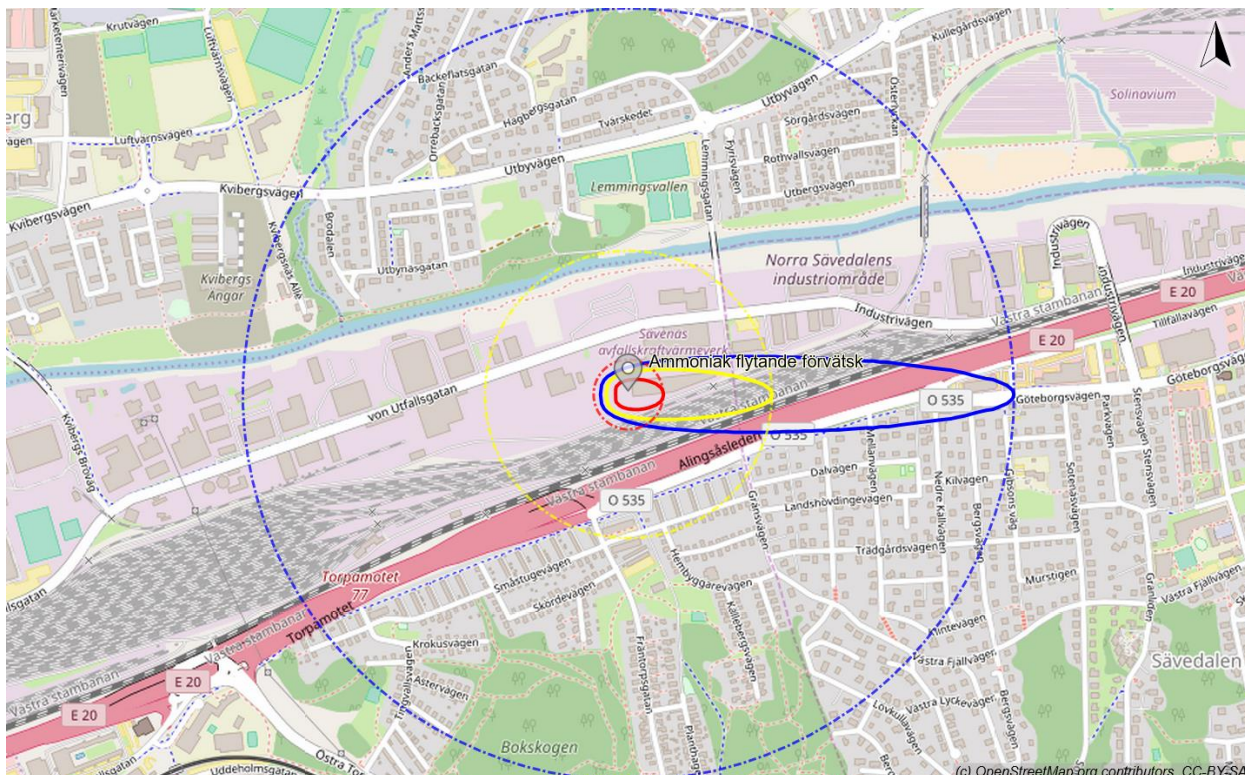
Dimensionerande scenario	Scenario-beskrivning	AEGL-3 (30 minuter)	AEGL-2 (30 minuter)	1 % dödlig dos [m]
Utsläpp av förvätskad koldioxid (15 tankar à 500 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i en koldioxidtank (tankarna analyseras separat och risken summeras)	-	-	282–324
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en tank under 10 minuter	-	-	147–210
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en tank från ett 10 mm hål	-	-	10
	Mindre läckage från alla (15) cisterner genom hål som är 10 mm	-	-	38
Utsläpp från 2 tankar med förvätskad koldioxid (1000 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i två koldioxidtankar	-	-	372–436
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i två tankar under 10 minuter	-	-	216–328
Utsläpp från 3 tankar med förvätskad koldioxid (1500 ton)	Momentant utsläpp av hela innehållet i tre koldioxidtankar	-	-	436–522
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i tre tankar under 10 minuter	-	-	272–427
Utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (1,7 ton) (fyra avskiljningslinjer)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin från ett rörbrott	222–658	648–2231	66–130
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter	105–327	298–1435	66–156
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin från ett 10 mm hål	91–283	247–1497	67–166

Utsläpp av vattenfri ammoniak från värmepump (166kg) (fyra avskiljningslinjer)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin eller värmepump från ett rörbrott	102–258	290–820	22–44
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin eller värmepump genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter	35–87	96–418	23–41
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin eller värmepump från ett 10 mm hål	98–209	250–765	40–67
Utsläpp vid lastning av förvätskad koldioxid (36 ton per behållare)	Kontinuerligt utsläpp av hela transportbehållarens innehåll från ett slangbrott (DN40 slang - 40 mm).	-	-	21-22
	Kontinuerligt utsläpp av hela transportbehållarens innehåll från hål som motsvarar 10% av största anslutningen (4 mm).	-	-	-
Olycka vid transport av förvätskad koldioxid från anläggningen på väg till rek. väg för farligt gods (36 ton per transbortbehållare)	Stort utsläpp	-	-	78–101
	Medelstort/litet utsläpp	-	-	25-27

I Figur 7 och Figur 8 nedan visas beräknat konsekvensavstånd från utvalda dimensionerande riskscenarier vid troligaste väderförhållanden dagtid (vindhastighet 2,5 m/s och stabilitetsklass B). Heldragen linje visar konsekvensavstånd vid förväntad vindriktning i området. Streckad linje visar möjliga konsekvensavstånd i samtliga riktningar från utsläppskällan (beroende på vindriktningen vid tillfället för inträffat utsläpp).



Figur 7. Konsekvenser vid momentant utsläpp av en lagringstank med koldioxid (väder: B2,5). Konturer visar avståndet till 1% dödlig dos. Helden röd linje visar längsta konsekvensavstånd vid förväntad vindriktning i området. Streckad blå linje visar längsta möjliga konsekvensavstånd i samtliga riktningar från utsläppskällan (beroende på vindriktningen vid tillfället för inträffat utsläpp).



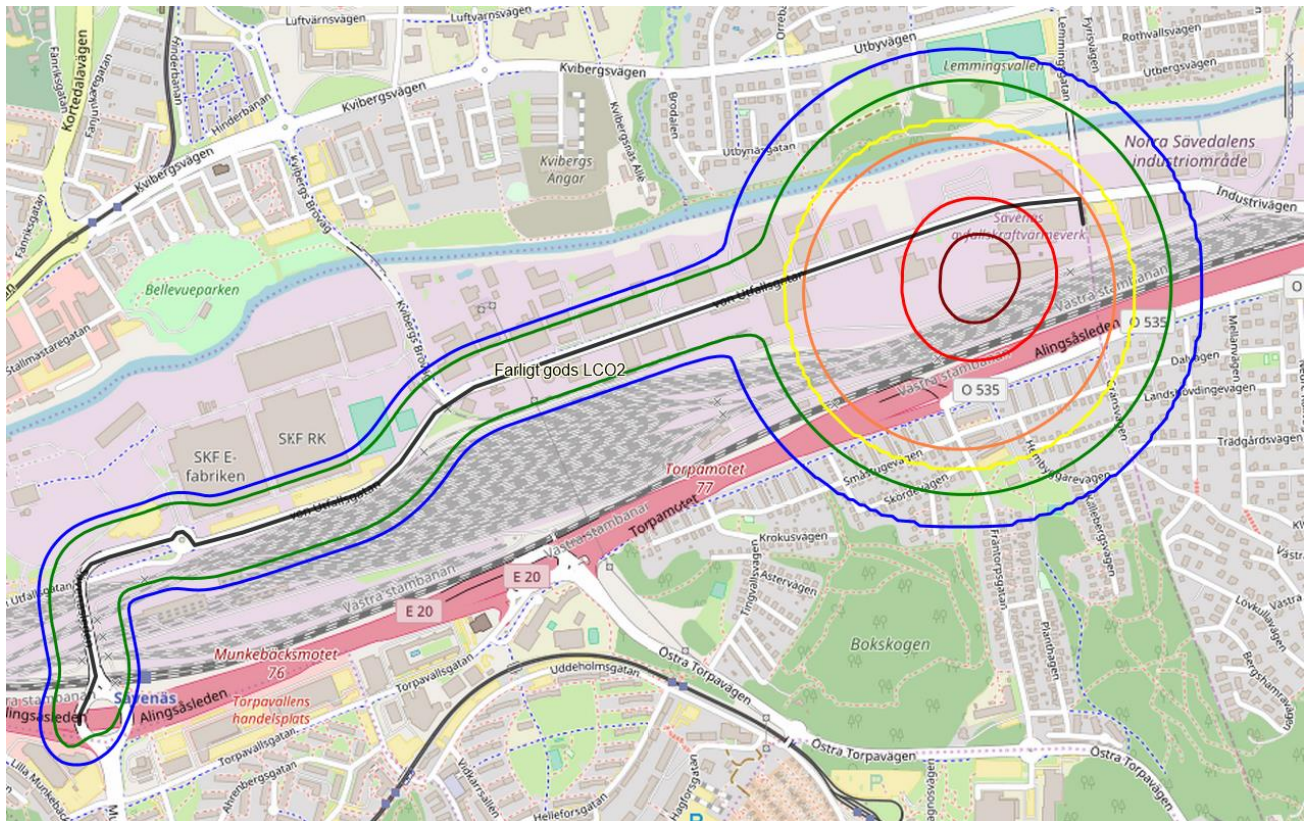
Figur 8. Konsekvenser vid momentant utsläpp av 1,7 ton ammoniak i en kylmaskin (väder: B2,5). Röd kontur är avståndet till 1% dödlig dos, gul kontur visar AEGL-3 och blå kontur visar AEGL-2. Heldragen linje visar längsta konsekvensavstånd vid förväntad vindriktning i området. Streckad linje visar längsta möjliga konsekvensavstånd i samtliga riktningar från utsläppskällan (beroende på vindriktningen vid tillfället för inträffat utsläpp).

Från illustrationen i Figur 8 samt från resultaten för dimensionerande scenarier med ammoniak i Tabell 10 ovan går att utläsa att konsekvensavstånden för AEGL-gränsvärdena och avståndet till 1% dödlig dos skiljer sig. Detta indikerar att höga koncentrationer av de giftiga gaserna förväntas kunna uppstå kortvarigt på långa avstånd (beräknade avstånd för AEGL) men att en varaktig hög koncentration främst förväntas på relativt korta avstånd (beräknade avstånd för 1% dödlighet).

Gränsvärdena beräknas alltså på olika sätt olika. Avståndet till gränsvärdena för AEGL anger bara det maximala avståndet där en viss koncentration kan uppnås. Avståndet till gränsvärdet 1% dödlig dos anger det avstånd från olyckan där sannolikheten är 1% att en person omkommer, med hänsyn till koncentration, varaktighet av utsläpp och förväntad exponeringstid.

7.5 Individrisk

I detta avsnitt presenteras den beräknade individriska från de analyserade scenarierna. Individriska illustreras med individriskkonturer på kartbilder där de färgade konturerna illustrerar olika risknivåer. I Figur 9 presenteras individriskkonturer från dimensionerande riskscenarier. Konturernas exakta placering är beroende av var riskkällorna placeras inom anläggningen. I beräkningarna har placering av riskkällorna satts på de platser inom verksamhetsområdet där riskkällorna troligen placeras. Konturerna sträcker sig längs med von Utfallsgatan då riskerna med transport av farligt gods från anläggningen till väg E20 också beräknats.

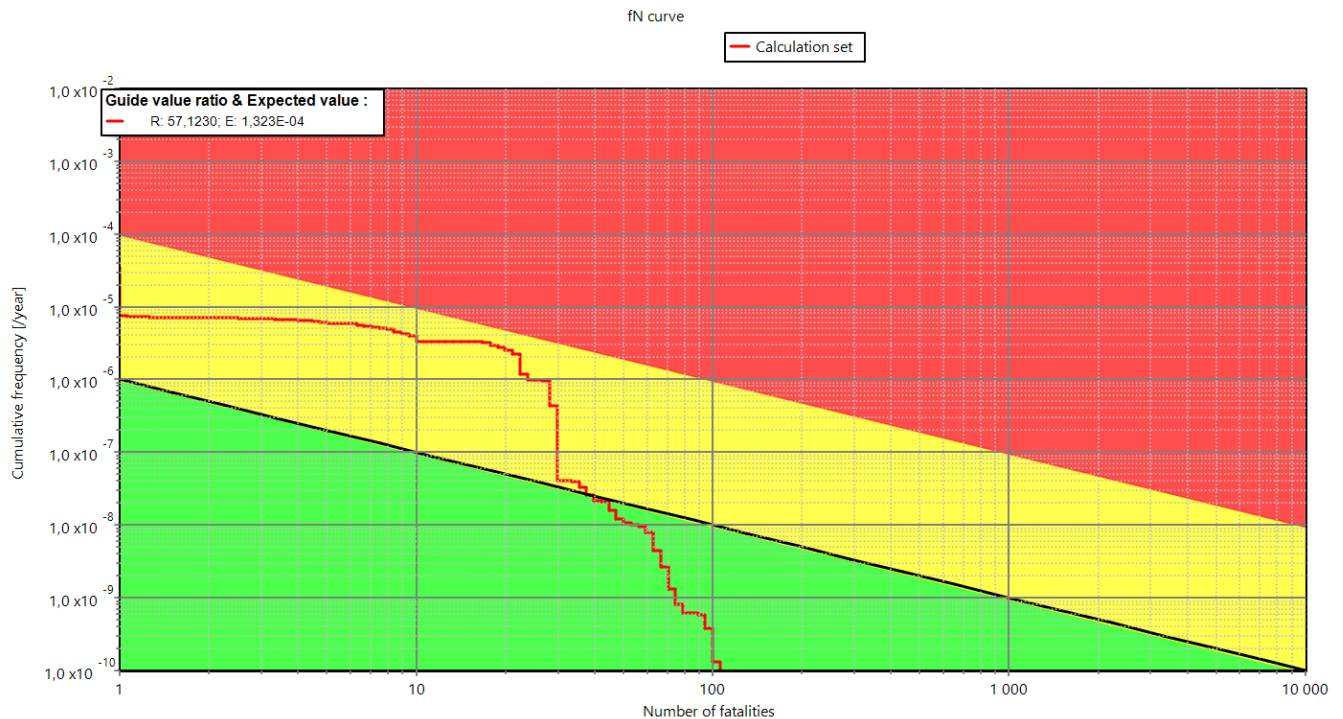


Figur 9. Individriskbidrag från riskkällor inom verksamhetsområdet samt tillkommande transportrisker på von Utfallsgatan som förbinder verksamheten med väg E20.

Utanför den gula konturen är individrisknivån acceptabel. Innanför den gula konturen är risknivåerna inom ALARP-områdets nedre halva (10^{-7}), inom den orangea konturen är riskerna inom ALARP-områdets övre halva (10^{-6}) och innanför de röda (10^{-5}) och mörkröda (10^{-4}) konturerna är riskerna över ALARP-området.

7.6 Samhällsrisk

Samhällsrisk har beräknats och presenteras med FN-kurva där frekvensen för olyckor presenteras i förhållande till antalet omkomna. Vid beräkning av samhällsrisk utgör personantalet en avgörande parameter. I beräkningarna har personer som vistas i närheten, boende i närområdet och personal vid närliggande verksamheter inkluderats, se Tabell 1 och Figur 6. Den röda grafen utgör FN-kurvan i figuren nedan, ALARP-området utgörs av det gula området.



Figur 10. FN-kurva: Beräknad samhällsrisk med hänsyn till boende och personer i närområdet av verksamheten.

Beräkning av samhällsrisk visar att risknivåerna är inom eller under ALARP-området.

7.7 Känslighets- och osäkerhetshantering

Hantering av osäkerheter och resultatkänslighet har genomförts genom konservativa antaganden, och variation av indataparametrar i form av exempelvis befolkningspopulationer, väderförhållanden samt spridnings- och antändningshändelser.

Exempel på konservativa antaganden är att behållare/tankar/cisterner vid utsläpp är fyllda till 95- eller 100% med farliga ämnen medan innehållsmängden i verkligheten varierar, vilket påverkar beräknade konsekvensavstånd. Vidare förutsätts samtliga utsläpp ske utomhus medan ett utsläpp av till exempel ammoniak i verkligheten skulle ske inomhus. Något som ger längre konsekvensavstånd. Genom användandet av konservativa antaganden bedöms osäkerheter och resultatkänslighet ha hanterats eftersom risken överskattas snarare än underskattas.

Osäkerheter och resultatkänslighet har även hanterats genom att ta hänsyn till varierande väderförhållanden (vindhastigheter, vindriktningar och stabilitetsklasser). Detta visas genom att varje scenario får ett spann av olika förväntade konsekvenser beroende på förhållanden vid inträffad olycka. Vid beräkning av individ- och samhällsrisk beaktas variationerna som ökar resultatets tillförlitlighet.

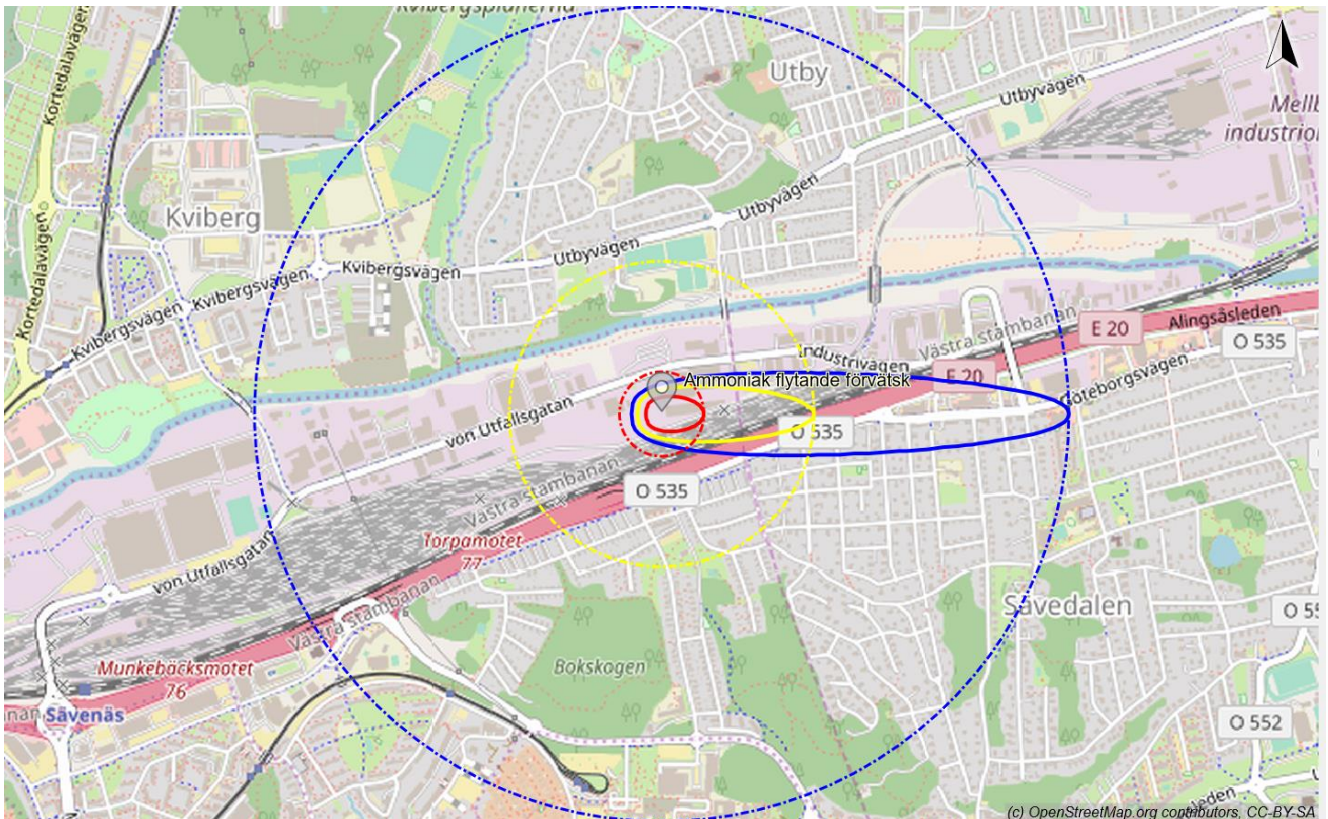
Nedan presenteras tre känslighetsanalyser för att redovisa effekten av alternativa utformningar eller riskreducerande åtgärder på anläggningen.

7.7.1 Segmentering av ammoniakbaserade kylmaskiner

Enligt uppgift från verksamheten planeras de ammoniakbaserade kylmaskinerna att uppföras med tre brandtekniskt avskilda segment. På grund av detta valdes ett dimensionerande scenario för processen i den kvantitativa riskanalysen till: *utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (1,7 ton)*. Detta kan ses som ett scenario där en riskreducerande åtgärd, i detta fall segmentering förutsätts ha genomförts. För att redovisa konsekvenserna av att inte genomföra riskreducerande åtgärder har konsekvensavstånden för scenariot utan segmentering beräknats, se Tabell 11 för en jämförelse av konsekvensavstånd. I Figur 11 nedan visas beräknat konsekvensavstånd vid troligaste väderförhållanden dagtid (vindhastighet 2,5 m/s och stabilitetsklass B).

Tabell 11. Konsekvensavstånd i meter för en kylmaskin med ammoniak som inte är segmenterad.

Dimensionerande scenario	Scenario-beskrivning	AEGL-3 (30 minuter)	AEGL-2 (30 minuter)	1 % dödlig dos
Utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (5 ton) (Utan segmentering)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin från ett rörbrott	321–1031	947–3648	112–236
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter	179–626	626–2692	113–292
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin från ett 10 mm hål	92–284	249–1802	75–194
Utsläpp av vattenfri ammoniak från kylmaskin (1,7 ton) (Med segmentering)	Momentant utsläpp av all ammoniak i en kylmaskin från ett rörbrott	222–658	648–2231	66–130
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin genom ett hål som tömmer maskinen på 10 minuter	105–327	298–1435	66–156
	Kontinuerligt utsläpp av hela innehållet i en kylmaskin från ett 10 mm hål	91–283	247–1497	67–166

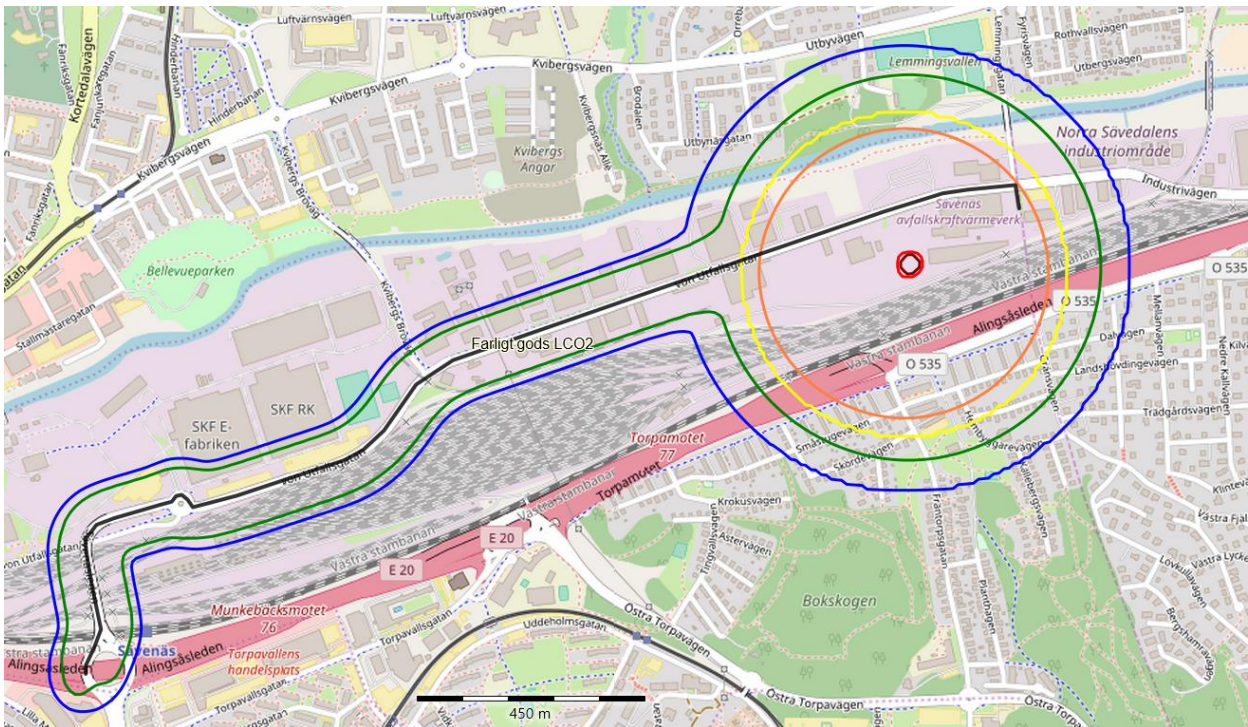


Figur 11. Konsekvenser vid momentant utsläpp av 5 ton ammoniak i en kylmaskin utan segmentering (väder: B2,5). Röd kontur är avståndet till 1% dödlig dos, gul kontur visar AEGL-3 och blå kontur visar AEGL-2. Heldragen linje visar längsta konsekvensavstånd vid förväntad vindriktning i området. Streckad linje visar längsta möjliga konsekvensavstånd i samtliga riktningar från utsläppskällan (beroende på vindriktningen vid tillfället för inträffat utsläpp).

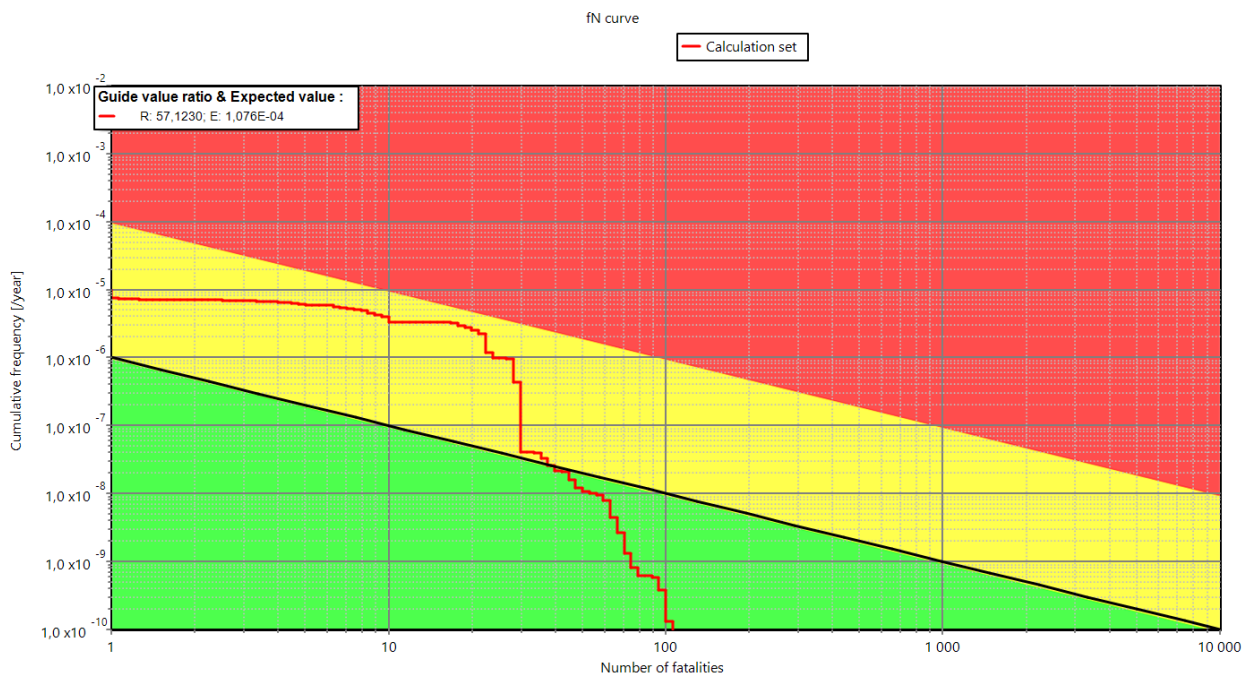
Det går efter genomförande av beräkningar att konstatera att konsekvensavstånden för ett momentant utsläpp av 5 ton ammoniak i en kylmaskin blir cirka 40% större utan segmentering jämfört med när maskinen delas upp i tre segment.

7.7.2 Riskbidrag från ammoniak efter implementering av riskreducerande åtgärder

Ammoniaken som används i koldioxidavskiljningsprocessen ger upphov till risker och riskreducerande åtgärder kommer att rekommenderas, se avsnitt 9. Känslighetsanalysen är genomförd genom att riskreducerande åtgärder i form av en tät byggnad där ammoniak hanteras och ett scrubbersystem antas förhindra ett okontrollerat utsläpp av ammoniak till omgivningen. Resultatet av riskbidraget till omgivningen givet detta presenteras i Figur 12 & Figur 13 i form av individ- och samhällsrisk.



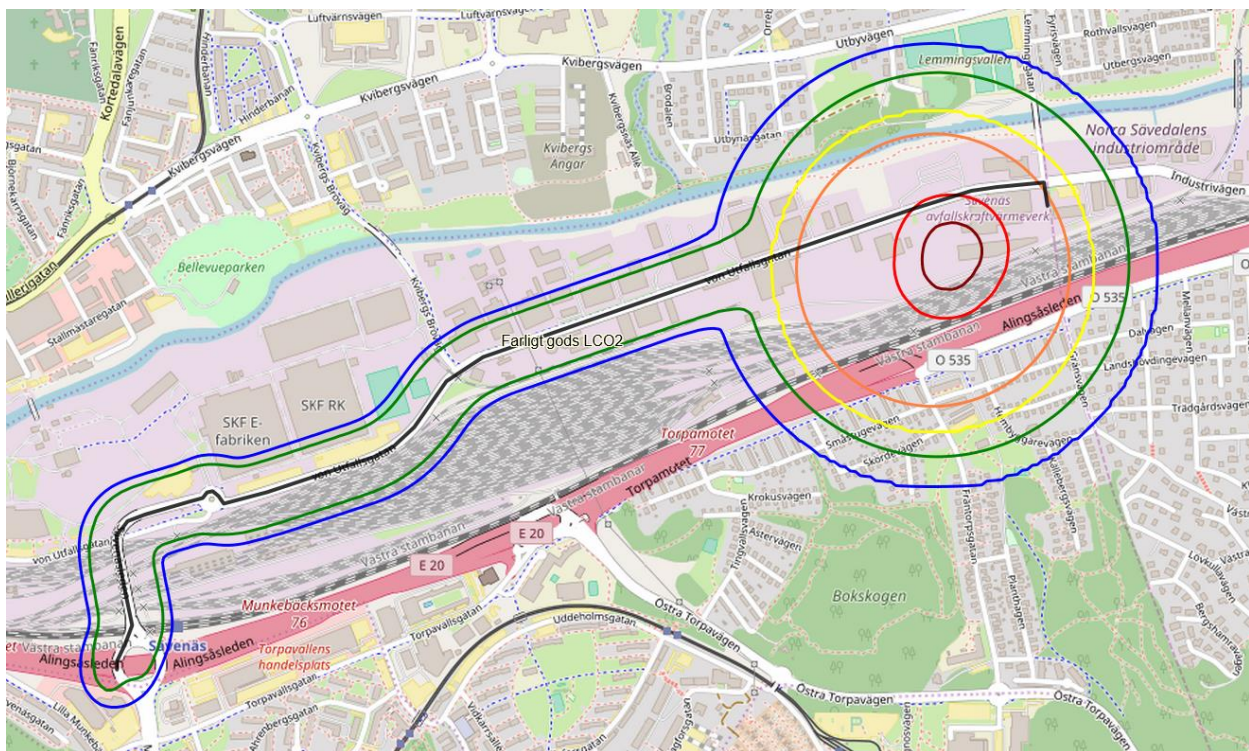
Figur 12. Anläggningens individriskbidrag efter implementering av riskreducerande åtgärder för ammoniak. Konturerna sträcker sig längs med von Utfallsgatan då riskerna med transport av farligt gods från anläggningen till väg E20 också beräknats.



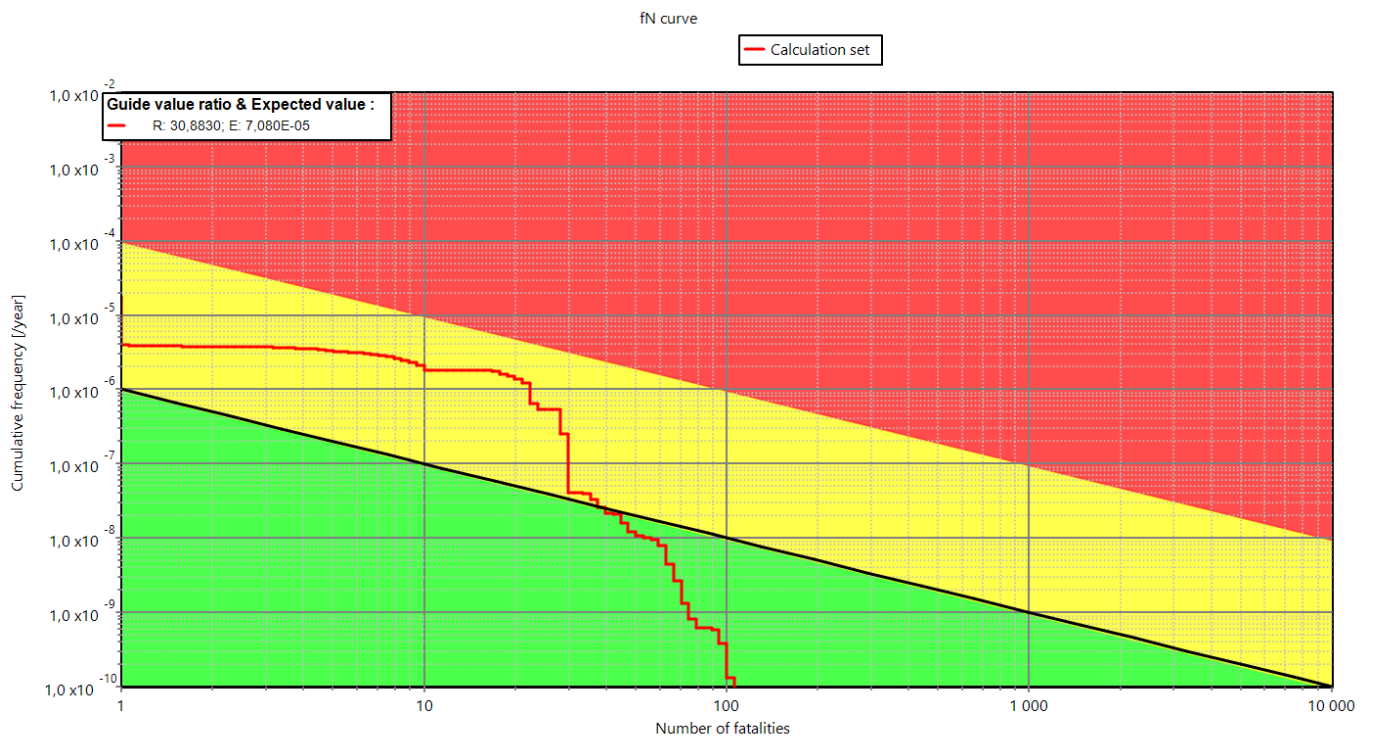
Figur 13. Anläggningens samhällsrisksbidrag efter implementering av riskreducerande åtgärder för ammoniak.

7.7.3 Riskbidrag från anläggningen för två koldioxidavskiljningslinjer

Som tidigare nämnt är ansökans maximala omfattning att fånga in koldioxid från samtliga fyra avfallslinjer vilket har varit denna utrednings utgångspunkt. Det är högst troligt att implementeringen av koldioxidavskiljning kommer att ske stegvis och att inledande koldioxidavskiljning endast kommer att ske från en eller två förbränningslinjer. Riskbidraget som koldioxidavskiljning från två förbränningslinjer skulle medföra har beräknats och redovisas i Figur 14 i form av individ- och samhällsrisk. I detta scenario antas det att lagring av flytande koldioxid sker med 8 tankar á 500 ton. Vidare är mängden ammoniak och frekvensen för lastning av koldioxid halverad för scenariot.



Figur 14. Anläggningens individriskbidrag om koldioxidavskiljning sker från två förbränningslinjer. Konturerna sträcker sig längs med von Utfallsgatan då riskerna med transport av färligt gods från anläggningen till väg E20 också beräknats.



Figur 15. Anläggningens samhällsrisksbidrag om koldioxidavskiljning sker från två avfallslinjer.

8. Riskvärdering och samlad bedömning

8.1 Bedömning av kvalitativ riskanalys

Den kvalitativa riskanalysen har genomförts genom en riskidentifiering där potentiella risker har identifierats och beskrivits. Genomförd riskidentifiering visar att anläggningen kommer innehålla processer som medför risker för stora olyckor vilka potentiellt kan ha stora konsekvenser och innebära påverkan för personer utanför verksamhetsområdet.

Riskanalysens utgångspunkt har hela tiden varit att identifiera dimensionerande "worst-case" scenarier. Anledningen till detta är bland annat att verksamhetens exakta utformning fortfarande inte är planerad. Till exempel är exakta mängder, processer och transportsätt fortfarande inte bestämda. Således har riskanalysens utgångspunkt varit att identifiera alla möjliga alternativ, varpå de med störst identifierade risker har fått bli dimensionerande. Detta har genomförts så att de risker som framkommer i den kvantitativa riskanalysen ska täcka in den maximala totala risken från samtliga möjliga mängder, processer och transportsätt som kan bli aktuella när verksamheten tas i bruk.

8.2 Bedömning av kvantitativ riskanalys

Individrisk- och samhällsriskberäkningar har genomförts för att beräkna risknivåer från anläggningen mot omgivningen genom att beakta de dimensionerande riskscenariernas olika sannolikheter och konsekvenser.

Beräkningar av individ- och samhällsrisk visar att riskerna är inom ALARP-området och således ska de riskreducerande åtgärder som är praktiskt och ekonomiskt rimliga vidtas, se avsnitt 9.

Känslighetsanalysen visar att lagringen av koldioxid är dimensionerande för riskbidraget från anläggningen mot omgivningen. Analysen visar också att riskerna kopplat till ammoniak går att minska signifikant med hjälp av riskreducerande åtgärder. Det är svårt att i detta skede kvantifiera hur mycket de riskreducerande åtgärderna kopplat till koldioxid kommer att reducera riskerna. I enlighet med principerna för ALARP ska praktiskt och ekonomiskt genomförbara åtgärder implementeras. Dessa åtgärder bedöms reducera sannolikheten för en allvarlig olycka med koldioxid och därmed riskerna till omgivningen.

8.2.1 Bedömning av stora olyckor

Ammoniak

Resultatet av genomförda beräkningar visar att ammoniak som krävs för att förvätska koldioxiden bidrar med risker på verksamheten och i omkringliggande områden. Detta är sant både när det kommer till konsekvensavstånd samt individ- och samhällsrisk. I beräkningarna har väldigt konservativa antaganden använts för ammoniak, så att riskerna snarare överskattas än underskattas. Riskerna kopplat till ammoniak ska hanteras genom bland annat:

- Segmentering och indelning av maskinerna (vilket är förutsatt i beräkningarna).
- Tekniska system så som scrubbersystem och avstängningsventiler för att minska ett eventuellt utsläpps storlek och påverkan.

Koldioxid

Resultatet av genomförda beräkningar visar att en allvarlig olycka med koldioxid kan innebära en påverkan på större delar av anläggningen och även närliggande bostadsområden. Riskerna för stora koldioxid-relaterade olyckor ska hanteras genom att bland annat:

- Reducera risken för påkörning genom att säkerställa sänkt hastighet inom verksamhetsområdet.
- Placera påkörningsskydd vid lagringstankar för koldioxid.
- Rutiner för utfärdande av VMA (viktigt meddelande till allmänheten) vid en stor olycka ska säkerställas i samverkan med berörd räddningstjänst.

Transport av farligt gods inklusive lastning

Transport av farligt gods på väg kan resultera i konsekvenser på människors liv och hälsa. Konsekvensavstånd från olycka med farlig godstransport är kortare jämfört med stora olyckor vid lagringstankar eller annan processutrustning inom anläggningen. Samtidigt sker transporter av farligt gods utanför anläggningsområdet. Från Sävenås avfallskraftvärmeverk går transporter en kort sträcka i västlig riktning, via von Utfallsgatan innan de kör på rekommenderad väg för transport av farligt gods. Riskbidraget från lastning och transport av flytande koldioxid från anläggningen bedöms generellt som lågt. Storlek på olycka med farlig godstransport beror på typ av utsläpp d.v.s. momentant eller kontinuerligt där det senare resulterar i kortare avstånd men bedöms ske mer frekvent. Åtgärder för att begränsa konsekvenser från en olycka med farligt gods inkluderar att:

- Utrustning för lastning av koldioxid från verksamheten ska förses med automatiska avstängningsventiler och nödstopp som stoppar flödet vid ett detekterat läckage/utsläpp för att reducera utsläppsmängden.
- Vid lastning- och lossningsplats ska det säkerställas erforderlig bemanning och beredskap samt att möjlighet och rutiner finns för uppsamling av utsläpp.
- Säkerställa att påkörningsskydd installeras och att en låg hastighet upprätthålls inom Renovas verksamhet.

8.3 Dominoeffekter

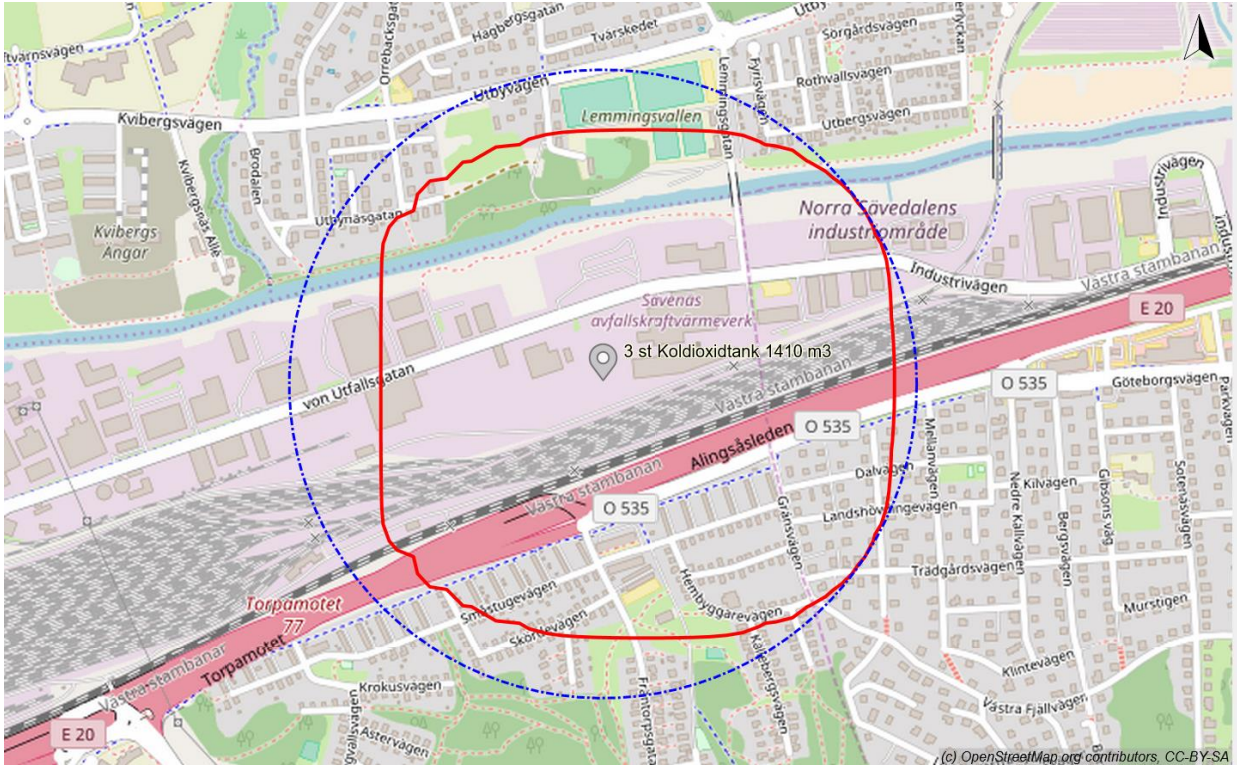
Den planerade kemikaliehanteringen inom anläggningen skulle vid en allvarlig olycka kunna leda till dominoeffekter inom verksamheten och vid mycket stora olyckor potentiellt kunna innebära påverkan på närliggande verksamheter. Påverkan på andra verksamheter bedöms främst vara påverkan på personal inom dessa anläggningar i form av utsläpp av giftig gas.

Inom Renovas verksamhet hanteras ett antal olika farliga ämnen och det föreligger risk för brandscenarier, se avsnitt 6.7.1. Vid en brand eller vid olycka i samband med hantering av brandfarliga ämnen kan värmestrålning, tryckverkan och/eller splitterverkan potentiellt skada processdelar eller lagringsenheter och på så sätt orsaka dominoeffekter.

Många av dominoeffekterna med hänsyn till koldioxidlagring bedöms inkluderas inom de dimensionerande scenarierna eftersom de identifierade följdolyckorna inte bedöms vara värre än de redan inkluderade dimensionerande scenarierna som innehåller väldigt stora utsläpp av kemikalier.

Exempel på en dominoeffekt inom anläggningen är tankruptur av koldioxidtank där lokal splitter och tryckverkan kan resultera i att fler koldioxidtankar rämna samtidigt. En beräkning har genomförts för ett scenario där tre koldioxidtankar rämna samtidigt. Resultatet av scenariot kan vid troligaste väderförhållanden dagtid (vindhastighet 2,5 m/s och

stabilitetsklass B) orsaka konsekvenser 440 meter från utsläppskällan i form av 1 % dödlig dos, se Figur 16 nedan. Ett sådant scenario bedöms ha mycket låg sannolikhet och resulterar enligt beräkningarna inte i ett betydande bidrag till individ- och samhällsrisken.



Figur 16. Konsekvenser vid utsläpp av 1500 ton koldioxid från 3 lagringstankar samtidigt (väder: B2,5). Konturer visar avståndet till 1 % dödlig dos. Heldragen röd linje visar längsta konsekvensavstånd vid förväntad vindriktning i området. Streckad blå linje visar längsta möjliga konsekvensavstånd i samtliga riktningar från utsläppskällan.

Olyckor som kan innebära dominoeffekter har låg sannolikhet men potentiellt stora konsekvenser och det bedöms lämpligt att minimera riskerna för eskalerande händelseförlopp inom anläggningen. Åtgärder för att förhindra och begränsa sådana potentiella dominoeffekter inom Renovas anläggning och för att på så sätt förebygga och begränsa stora olyckor bedöms nödvändiga.

Åtgärder för att förhindra dominoeffekter och större olyckor inkluderar att:

- Skyddsavstånd och fysiska barriärer implementeras inom anläggningen för att reducera risken för att en olycka som innebär brand/explosion/splitter orsakar en följdolycka.
- Hanteringsplatser för brandfarliga vätskor, brandfarliga gaser och koldioxidlagring separeras inom anläggningen.
- Beredskap och rutiner för agerande vid olycka säkerställs för att begränsa eventuella dominoeffekter.

Genom implementering av åtgärderna ovan bedöms synergistiska (förstärkande) effekter inte uppstå inom anläggningen, vilket exempelvis innebär att en olycka med brandfarlig vätska/gas inte ska initiera en stor olycka med koldioxid. Åtgärderna syftar även till att reducera ett eskalerande händelseförlopp där flera riskkällor inom anläggningen blir involverade.

8.4 Samlad bedömning

Den samlade bedömningen avseende genomförda riskanalyser och riskvärdering är att risknivåerna för personer i omgivningen är inom ALARP-området. Således ska de riskreducerande åtgärder som är praktiskt och ekonomiskt rimliga implementeras, i enlighet med ALARP-principen. Riskerna för dominoeffekter inom anläggningen bedöms trots låg sannolikhet behöva beaktas och hanteras med riskreducerande åtgärder.

Analyserna har genomförts med konservativa antaganden och med olycksscenarier som har bedömts vara representativa "worst-case" scenarier för anläggningen. I linje med detta utgår denna riskanalys utifrån att verksamheten avskiljer koldioxid från fyra förbränningslinjer, något som ökar riskbilden. Detta trots att implementeringen kommer att ske stegvis, med en – två avskiljningslinjer i taget. Detta innebär att förutsättningar och teknik kan komma att förändras tills den tidpunkt då koldioxidavskiljning eventuellt sker från fyra förbränningslinjer, vilket motsvarar full kapacitet.

Baserat på ovanstående stycke och de konservativa antaganden som gjorts bedöms riskerna bli lägre än vad resultatet av analysen visar. Dessutom kommer implementeringen av den tilltänkta verksamhetsändringen ske stegvis, vilket också innebär en lägre risknivå. I detta skede har analysen genomförts mycket konservativt för att täcka in alla möjliga konsekvenser och risker som eventuellt kan uppkomma i och med verksamhetsändringen, och behovet av åtgärder är därför baserat på denna riskbild.

9. Riskreducerande åtgärder

Eftersom anläggningen resulterar i risker inom ALARP-området ska de riskreducerande åtgärder som är praktiskt och ekonomiskt rimliga vidtas. Nuvarande anläggning besitter redan flertalet riskreducerande åtgärder vilket underlättar riskhanteringen, men för tydlighetens skull presenteras även vissa av dessa i följande listor.

Följande åtgärder eller likvärdiga som uppfyller motsvarande funktion ska implementeras för att säkerställa en tolerabel risknivå.

9.1 Organisatoriska åtgärder

- Verksamheten ska implementera hastighetsbegränsningar dimensionerade efter planerad trafik på anläggningen.
- Lastning/lossning inom verksamheten ska övervakas av utbildad personal.
- Verksamhetens insatsplan ska förnyas med avseende på tillkommande verksamhet. I samband med detta ska goda förutsättningar för räddningstjänstens räddningsinsatser säkerställas. Till exempel framkomlighet och angreppsvägar.
- Verksamheten ska se över sitt tillstånd enligt LBE (lagen om brandfarlig och explosiv vara) så att tillståndet uppdateras med hänsyn till tillkommande kemikalier.
- Instruktioner och rutiner med avseende på säkerhet ska kompletteras med hänsyn till verksamhet för koldioxidavskiljning.
- Rutiner för säkert utförande av drift, start/stopp, underhåll, och reparationer ska upprättas och dokumenteras.
- Utbildning och fortbildning av säkerhetsrutiner ska genomföras regelbundet för direkt berörd egen och extern personal. Resterande personal på verksamheten ska ges tillräckliga kunskaper för att på ett säkert sätt verka vid den tillkommande anläggningen.
- I och med den stegvisa implementeringen av olika linjer för koldioxidavskiljning ska kontinuerliga riskanalyser genomföras för risker under byggtid.
- Verksamheten ska säkerställa att externa fordonsförare besitter giltig kompetens för hantering av farligt gods, samt är införstådda med riskerna.
- Rutiner för utfärdande av VMA (viktigt meddelande till allmänheten) vid en stor olycka på verksamheten ska säkerställas i samverkan med berörd räddningstjänst. Meddelandet ska uppmana personer i omgivningen att ta sig inomhus och stänga ventilation och fönster för att begränsa konsekvenserna av ett gasutsläpp. Vidare ska en kontinuerlig dialog med berörd räddningstjänst gällande förebyggande arbete samt agerande vid en olycka säkerställas.

9.2 Tekniska åtgärder

- Lagerhållning av farliga ämnen för tillkommande verksamhetsdelar segmenteras om möjligt i flera mindre behållare för att minska storleken av okontrollerade utsläpp.
- Skyddsavstånd och fysiska barriärer implementeras inom anläggningen för att reducera risken för att en olycka som innebär brand/explosion/splitter orsakar en följdolycka.
- Tillkommande utrymmen för koldioxidavskiljning utförs generellt brandtekniskt avskilda från befintliga anläggningsdelar, för att reducera risken för att en brand sprider sig till dessa delar och orsakar en följdolycka.

- Hanteringsplatser för brandfarliga vätskor, brandfarliga gaser och lagring av koldioxid separeras inom anläggningen.
- Placering av nya verksamhetsdelar och lagringstankar för flytande koldioxid ska beakta avståndet till rangerbangården söder om verksamhetsområdet. Erforderligt skydd mot en eventuell olycka på rangerbangården ska erhållas genom placering och/eller fysisk avskiljning.
- Gasdetektion och tillhörande gaslarm ska installeras i anslutning till nya anläggningsdelar med gashantering. Rutiner ska upprättas för agerande vid aktiverat gaslarm.
- Säkerhetsåtgärder i form av säkerhetsventiler, nödstopp, och tryckavlastningssystem ska implementeras för behållare, rörledningar och andra installationer som är trycksatta.
- Kylsystemet bör implementera de åtgärder som föreskrivs i gällande regelverk för kylsystem med ammoniak, men särskilt ska följande punkter genomföras.
 - Placera ammoniakbärande utrustning segmenterad och inomhus med brandteknisk avskiljning.
 - Utrymmen med ammoniakbärande utrustning ska utföras med ammoniakdetektor.
 - Automatisk nedstängningsrutin kopplad till ammoniakdetektor ska finnas.
 - Ammoniakbärande system ska utrustas med ett scrubbersystem för att tvätta ner ett eventuellt utsläpp.
 - Utrymmen som inrymmer ammoniakbärande installationer ska vara täta.
- Lagringstankar för flytande koldioxid och aminer, samt utrymmen med ammoniakbärande utrustning ska utrustas med påkörningsskydd.
- Lagringstankar för flytande koldioxid ska utföras så att sannolikheten för utsläpp till omgivningen reduceras så långt det är praktiskt och ekonomiskt rimligt, förslagsvis genom att utföra tankarna dubbelmantlade. Slutlig tank-konstruktion ska fastställas i detaljprojekteringen.
- Alternativa utformningar som kan medföra en mindre lagring av koldioxid på verksamhetsområdet bör utredas. Detta skulle till exempel kunna uppnås genom att använda sig utav andra transportsätt än transport med lastbil.
- Hanteringsplatser för aminer bör invallas.
- Vid lastning av flytande koldioxid ska nödstopp finnas lätt tillgängligt.
- Behållare, rörledningar, ventiler, pumpar och annan ny teknisk utrustning ska utföras enligt rådande branschpraxis, normer, och regelverk.

10. Slutsats

De genomförda beräkningarna indikerar att anläggningen ger upphov till både individriskbidrag och samhällsriskbidrag som ligger inom ALARP-området för tredje person. Därför ska verksamheten implementera de riskreducerande åtgärder som är praktiskt och ekonomiskt rimliga, förslag har presenterats i avsnitt 9.

Analyserna har genomförts med konservativa antaganden och med olycksscenarier som har bedömts vara representativa "worst-case" scenarier för anläggningen. I linje med detta utgår denna riskanalys utifrån att verksamheten avskiljer koldioxid från fyra förbränningslinjer, vilket medför att analysen presenterar högre risknivåer än den troliga initiala utformningen.

Sammanfattningsvis bedöms det att risknivåerna anses vara tillräckligt låga för att accepteras ur ett samhällsperspektiv om föreslagna riskreducerande åtgärder, eller likvärdiga som uppfyller motsvarande funktion, implementeras vid verksamheten.

11. Referenser

- AIChE. (2023). *DIPPR: Design Institute for Physical Properties*. Hämtat från AIChE: <https://www.aiche.org/dippr>
- Blom-Bruggeman, J. (1992). *Methods for the determination of possible damage*.
- Davidson, G., Lindgren, M., & Liane, M. (1997). *Värdering av risk*. Räddningsverket.
- Gexcon. (den 19 januari 2022). *What are the Coloured Books?* Hämtat från <https://www.gexcon.com/blog/what-are-the-coloured-books/> den 05 september 2022
- Gexcon. (2023). *RISKCURVES version 12.0.1*.
- Göteborgs stad. (2021). *Trafikmängdskatalogen*. Hämtat från Göteborgs stad: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYWNIiNWU3MjQ0ODgwNy00N2FkLWExYzltMjlmMTlhMDU4MWFmliwidCI6ImRmNDU1Y2M1LTBjOTEtNDgyNS05MTY4LTdmOWRlN2QyOGEwNSIsImMiOjh9&pageName=ReportSection> den 02 september 2025
- Göteborgs stad. (2024). *Statistik och analys*. Hämtat från Göteborgs stad: <https://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/statistik-och-analys/geografi> den 08 08 2025
- Hedenström, R., & Lange, T. (1997). *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*. Karlstad: Räddningsverket.
- Hedenström, R., & Lange, T. (1997). *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*. Karlstad: Räddningsverket.
- Helmersson, L. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg (VTI rapport Nr 3 387:4)*. Banverket.
- IPS. (2022). *QRA Handledning*.
- Lantmäteriet. (den 16 10 2023). *Karttjänsten "Min karta"*. Hämtat från <https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. (u.d.). *The ARIA Database*. Hämtat från ARIA : Feedback on technological accidents: <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en>
- Pasquill, F. (1961). The estimation of Dispersion of Windborne Material. *Meteorological Magazine* (90), ss. 33-49.
- ProSa. (den 11 09 2023). Riskutredning detaljplan – Avfallskraftvärmeverk Sävenäs. Hämtat den 17 09 2025
- Spitzenberger, C., & Flechas, T. (2023). Carbon Dioxide Major Accident Hazards Awareness. Hämtat från <https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20230633.pdf> den 24 10 2023
- ter Burg, W. (den 08 06 2022). *Probit function technical support document*. National Institute for Public Health and the Environment. Hämtat från <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2022-06/20220608-carbon%20dioxide-INHOUDELIJK%20VASTGESTELD.pdf> den 25 01 2023
- Trafikverket. (2023). *Trafikverket.se*. Hämtat från Effekter vid väganalys (EVA). den 02 september 2025
- United States Environmental Protection Agency. (2023). *Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals*. Hämtat från EPA AEGL: <https://www.epa.gov/aegl>
- VROM. (2005). *Publication Series on Dangerous Substances (PGS 3), Guidelines for quantitative risk assessment "Purple bok" (CPR 18E)*.
- VROM. (2005). *Yellow book- Methods for the calculation of Physical Effects (CPR 14E), Third edition Second revised*.

Bilaga A: Beräkningar

I följande bilaga redovisas beräkningsförutsättningar, sannolikhetsbedömningar och andra antaganden som ligger till grund för riskanalysens resultat. Information om samtliga indata och resultat som har använts och genererats i den kvantitativa riskanalysen kan på begäran hämtas från beräkningsmjukvaran *RISKCURVES* och redovisas.

Beräkningsförutsättningar

Personer antas, inom 30 minuter från att de utsätts för toxiska gaser, kunna sätta sig själva i säkerhet genom att gå in och stänga fönster och ventilation. Enligt en förenkling i programvaran bedöms således den maximala tiden som en person utsätts för toxiska gaser vara 30 minuter.

Beräkningarna förutsätter planmark, vilket innebär att omgivningens topografi inte beaktas vid spridningsavstånd.

De skadekriterier som använts återges i Tabell 12.

Tabell 12: Skadekriterier som använts för konsekvensberäkningar.

Kriterietyp	Värde	Enhet	Källa
Koncentration	Ämnesberoende	Probit	(AIChE, 2023)
Acute Exposure Guideline Levels (AEGL)	Ämnesberoende	ppm	(United States Environmental Protection Agency, 2023)

Dödligheten vid utsläpp av toxiska ämnen beräknas i mjukvaran genom ämnesspecifika toxiska probitvärden. Varje toxiskt ämne har sina egna probitkonstanter (a, b och n) som anger dödligheten vid olika koncentrationer (C) och tidsintervall (t).

Ekvation 1. Probitekvation.

$$Pr = a + b \times \ln (C^n \times t)$$

För ammoniak beräknas i den här riskutredningen även gränsvärden från AEGL² för risken för livshotande skador och dödsfall samt irreversibla hälsoeffekter, vilka kan ses i Tabell 13 nedan. Observera att koncentrationen är densamma för AEGL-2 oavsett exponeringstid.

Tabell 13: Gränsvärden för ammoniak enligt AEGL och respektive luftkoncentration.

Gränsvärde	Koncentration 10 min exponering	Koncentration 30 min exponering
AEGL-3: Risk för dödsfall	2700 ppm	1600 ppm
AEGL-2: Risk för allvarliga effekter	220 ppm	220 ppm

² *Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs)*, <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/acute-exposure-guideline-levels-aegls.html> [hämtad 2023-10-25].

I mjukvaran saknas toxicitetsdata för koldioxid, vilket gör att probitkonstanterna behöver definieras manuellt.

Det nederländska forskningsinstitutet *National Institute for Public Health and the Environment, (RIVM)*, har tagit fram en teknisk rapport (ter Burg, 2022) vars mål var att fastställa en probitfunktion för koldioxid. Resultatet av den rapporten är att ingen probitfunktion har kunnat identifierats som kan beskriva hela exponerings- och dödlighetsintervallet tillräckligt precist för att användas i alla lägen. Rapporten presenterar dock en konservativ probitfunktion framtagen av den brittiska myndigheten *Health and Safety Executive, HSE*, som baseras på rapporter kring medvetlöshet på grund av koldioxidexponering. Denna konservativa probitfunktion med $a = -90,8$, $b = 1,01$ och $n = 8$ har använts i beräkningarna.

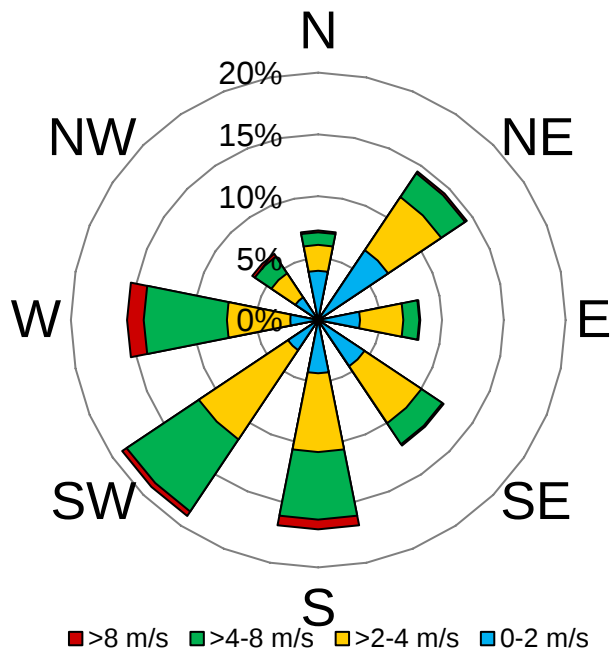
Vid spridningsberäkningar modelleras ej nivåskillnader eller specifika fysiska barriärer och obstruktioner i gasens utbredningsområde. Detta innebär att den tunga gasen i beräkningar sprids fritt i horisontell riktning utan att förhindras av nivåskillnader eller fysiska barriärer och obstruktioner. Vid ett utsläpp i nordlig riktning, kommer spridningen av gas mot bostadsbebyggelse norr om Sävåån begränsas av vegetation samt Sävåån. Vid ett utsläpp i sydlig riktning, kommer spridningen av gas mot bostadsbebyggelse att begränsas av vegetation och det faktum att bebyggelse generellt är placerade på en högre höjd än verksamheten. Således överskattar spridningsberäkningar konsekvenserna för boende i närheten.

För att generellt ta hänsyn till fysiska barriärer och obstruktioner i gasens utbredningsområde vid spridningsberäkningar ansätts en parameter som kallas för ytråhet. En hög ytråhet innebär ojämna ytor, som till exempel bebyggelse och växtlighet, vilket ger mer turbulens och således en högre utspädningsgrad och därmed mindre konsekvenser. I beräkningar för gasspridning av koldioxid har en medel-låg ytråhet valts som ett konservativt antagande för att hantera osäkerheter kopplade till lokala förhållanden. Detta tillsammans med ovanstående stycke anses för Sävenäs ge konservativa resultat vid beräkning av risknivån med avseende på tredje person.

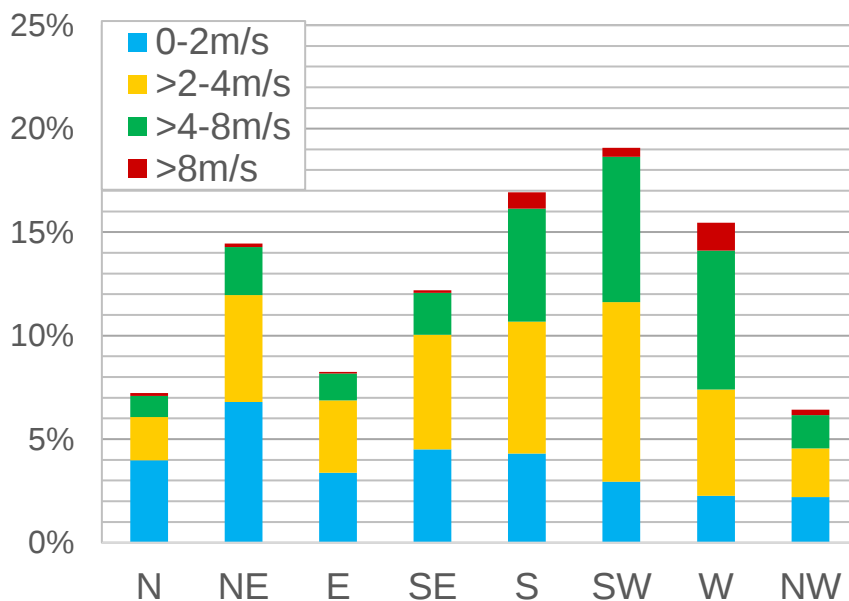
Väder och vind

Vindens hastighet samt stabilitetsklassen har stor påverkan på resultatet i beräkningar, särskilt för spridning av gaser. Stabilitetsklass (A-F) bestäms av främst vindhastighet samt även av inkommande solstrålning (dagtid) respektive molntäcke (natttid) (Pasquill, 1961). Genom att konservativt anta att den inkommande solstrålningen alltid är låg dagtid och molntäcket alltid är litet natttid erhålls stabilare väderklasser vilket är ogynnsamt då stabilare väder innebär att gasmoln kan sprida sig längre ifrån utsläppspunkten.

För beräkningar antas vädret på platsen motsvara SMHI:s mätstation "Göteborg A" som är belägen ca. 4,5 km från verksamheten. Sammanställning av historiska vinddata för mätstationen återges nedan. Från vindrosen i figur 17 går det att konstatera att vinden oftast kommer från ungefär sydväst med stor spridning mellan västlig och sydlig vind.



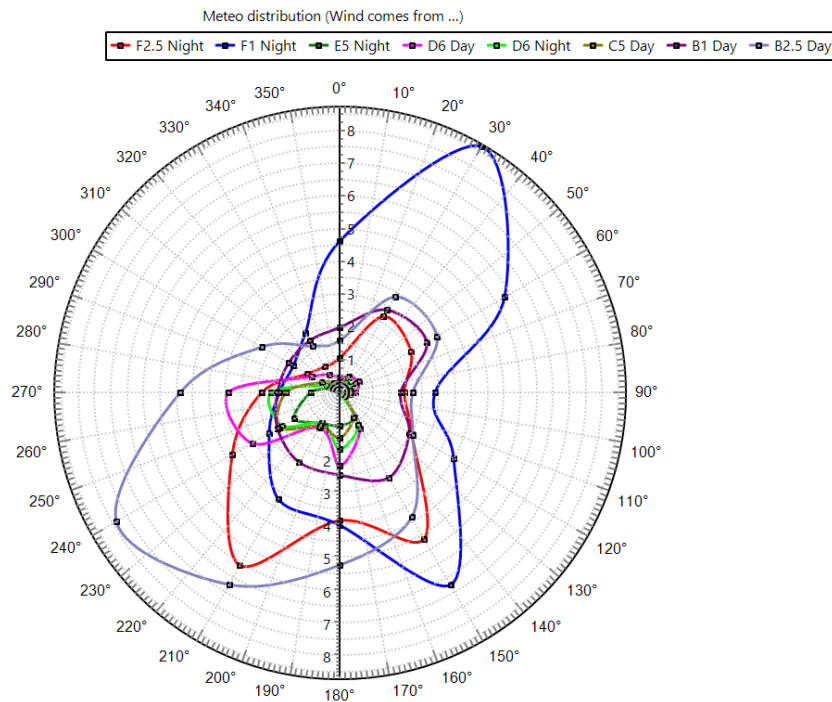
Figur 17: Vindros baserad på data från SMHI:s mätstation "Göteborg A"



Figur 18. Stapeldiagram med andelen vind i viss riktning med viss hastighet baserad på data från SMHI:s väderstation "Göteborg A"

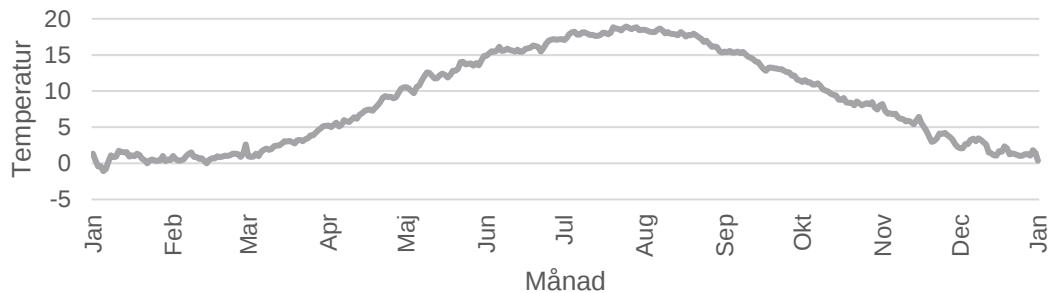
Utifrån beaktad vinddata har en fördelning av väderklasser innehållandes stabilitetsklass samt vindhastighet tagits fram och använts i mjukvaran RISKCURVES för beräkning av risknivåer.

Nedan i Figur 19 presenteras en vindros med vindriktning, väderklasser och vindhastighet som den redovisas i mjukvaran RISKCURVES. 0 grader utgör nordlig vindriktning. De olika fördelningarna representerar väderklasser där bokstaven står för stabilitetsklass A-F (A är instabilt och F är mycket stabilt) och siffran betecknar vindhastigheten i m/s.



Figur 19. 0 grader utgör nordlig vindriktning, bokstaven står för stabilitetsklass A-F, där A är instabilt och F är mycket stabilt. Siffran betecknar vindhastigheten i m/s.

Dygnsmedeltemperaturens variation över året ses i figur 20 och tabell 14.
Årsmedeltemperaturen uppgår till 8,8 °C.



Figur 20: Dygnsmedeltemperatur i °C över året, baserad på data från SMHI:s mätstation "Göteborg A" 4,5 km från verksamheten.

Tabell 14: Genomsnittliga dygnsmedeltemperaturen i °C per månad, baserad på data från SMHI:s mätstation "Göteborg A" 4,5km från verksamheten.

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1	1	3	7	12	16	18	18	14	9	5	2

Sannolikhetsbedömningar

I denna bilaga redovisas händelseförlopp och sannolikhetsbedömningar för de stationära riskkällor som identifierats. Även beräkning av frekvenser för olyckor med transport av farligt gods redovisas. Händelseförlopp och sannolikheter är

baserade på förslag enligt *Purple book* (VROM, 2005). Sannolikheterna beaktar både faktorer så som fel i teknisk utrustning och mänskliga faktorer.

Händelseförlopp vid utsläpp av förvätskad koldioxid

För lagringstankar med koldioxid är utsläppsscenarier dimensionerande enligt *Purple book* (VROM, 2005). Detta medför tre utsläppsscenarier, ett momentant utsläpp av allt innehåll i en lagringstank, ett kontinuerligt utsläpp genom ett hål som tömmer allt innehåll i tanken på 10 minuter och ett kontinuerligt utsläpp genom ett hål som är 10 mm i diameter.

Vid ett stort utsläpp av koldioxid, som inte är en brännbar eller explosiv gas, förväntas endast en begränsad påverkan på intilliggande tankar och installationer. Mest troligt ingen alls, med tanke på att koldioxiden inte hanteras vid extrema tryck eller temperaturer. Faktorer som ytterligare talar för begränsad påverkan på flera lagringstankar vid en olycka är att en eventuell brand troligtvis kommer kylas och kvävas av koldioxiden. Om det trots allt uppstår stora skador på andra närliggande tankar med koldioxid vid en olycka bedöms konservativt att det är de två intilliggande cisternerna som får stora skador, varför de dimensionerande scenarierna omfattar stora utsläpp från upp till tre cisterner samtidigt respektive små läckage från samtliga 15 tankar samtidigt.

För de dimensionerande scenarierna med två och tre koldioxidtankar har sannolikheten för ett momentant och ett utsläpp på 10 minuter sänkts med en faktor 10 respektive 100. Detta är för att ta hänsyn till att två eller tre tankar ska rämna och ge upphov till ett utsläppsscenario samtidigt. För små läckage från samtliga 15 lagringstankar bedöms det konservativt motsvara sannolikheten av ett moment utsläpp från en lagringstank. Detta då scenariot endast antas kunna uppkomma i samband med ett stort utsläpp från en lagringstank, enligt stycket ovan.

För de dimensionerande scenarierna som kan uppkomma vid lastning av förvätskad koldioxid på lastbil har sannolikheten beräknats enligt *Purple book* (VROM, 2005). Detta medför två dimensionerande utsläppsscenarier, ett kontinuerligt utsläpp av allt innehåll i en lagringstank på grund av ett fullständigt slangbrott och ett kontinuerligt utsläpp genom ett hål i slangen som är 10% av slangens diameter. Det har antagits att slangen är av typen DN40 och utsläppshålet blir således 40mm respektive 4mm i scenarierna. De förslag på grundfrekvenser som ges i *Purple book* (VROM, 2005) är angivna per lastningstillfälle [h] och basfrekvensen multipliceras därför med antalet lastningstillfällen som förväntas på ett år. Dessa beräknas uppgå till 13 750 gånger per år, där det har antagits att varje lastningstillfälle pågår under 30 minuter.

Händelseförlopp vid utsläpp av ammoniak

Utsläppsscenarierna och de tillhörande sannolikheterna för ammoniak är baserade på generiska scenarier för värmepumpar som ges i *Purple book* (VROM, 2005). Dessa har konservativt valts utifrån hur förvätskningsprocessen av koldioxid med hjälp av ammoniak kan ske. Det har antagits att ammoniaken agerar som ett köldmedium i ett kärl som är beläget på utsidan av rörledningar med koldioxid, vilket medför större risker och ett mer konservativt scenario.

Bilaga B: Risker med transport av farligt gods

För att kunna uppskatta risknivån för transporter av farligt gods på väg måste en bedömning av sannolikhet för en olycka med efterföljande utsläpp av farligt gods göras.

Olycka med farligt gods på väg mellan anläggning och E20

För transport med farligt gods görs sannolikhetsbedömningen mot bakgrund av olycksfrekvensmodell från Räddningsverket (Hedenström & Lange, 1997). Med hjälp av denna modell uppskattas sannolikheten för en trafikolycka med utsläpp av farligt gods.

Olyckor på den aktuella vägsträckan med omedelbara dödliga konsekvenser på tredje person har enbart bedömts kunna uppstå ifall en eventuell olycka på den aktuella vägsträckan involverar en transport med farligt gods.

Nedanstående beräkningsmetodik har använts för att uppskatta sannolikheten för en farlig godsolycka (Hedenström & Lange, 1997).

Ekvation 2. Beräkning av sannolikhet för farligt godsolycka.

$$P_{olycka} = N * W_{ADR} Q * 10 - 6 * s * 365 * ((Y * X) + (1 - Y)(2X - X^2)) * I_{FG}$$

där

P_{olycka} = Frekvensen för en olycka med efterföljande utsläpp av farligt gods

N = ÅDT (årsdygnsmedeltrafik)

W_{ADR} = Andel för den specifika klassen farligt gods

Q = Olyckskvot (antal olyckor/miljon fordonskilometer)

s = Sträcka där olycka kan påverka planområdet (km)

X = Andelen fordon skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor

365 = Antal dagar på ett år

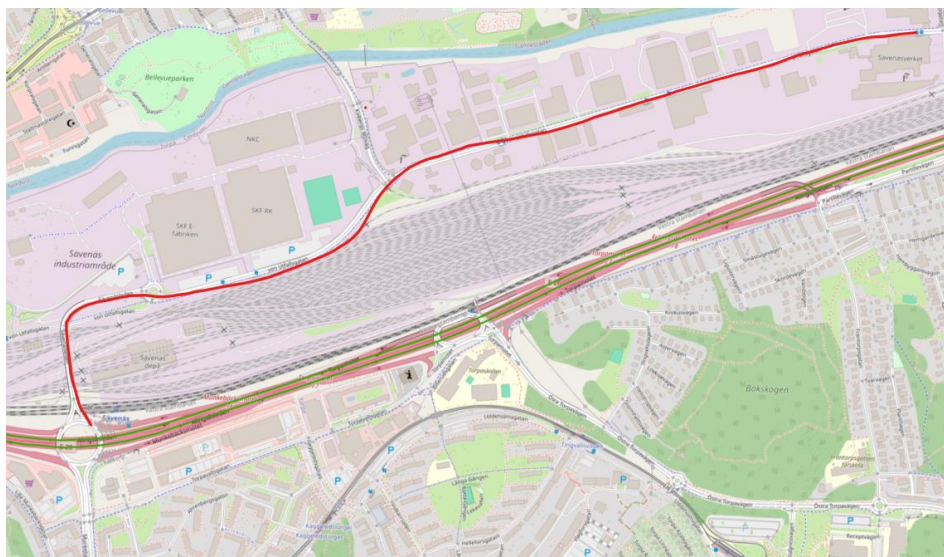
I_{FG} = Index för farligt gods olycka

I Tabell 15 presenteras indata i ovanstående ekvation för von Utfallsgatan som utgör väg mellan anläggning och E20.

Tabell 15. Indata för sannolikhetsfördelningar.

Indata	Värde	Kommentar
N	19 947	Årsdygnsmedeltrafik för von Utfallsgatan uppräknad till 2040. Se Tabell 16.
W_{ADR}	1,0	Endast koldioxid i denna handling
Q	1,2	Motsvarar en vägsträcka med hastighetsbegränsning 50 km/h i en tätort av vägtyp tvåfältsväg.
s	1,00	Har ansatts till 1,00 eftersom vi är intresserade av olycka per kilometer och år.
X	0,01	Baserat på att ca. 19% av fordonen på aktuell väg (2040) utgörs av tung trafik. Renovass anläggning förväntas bidra med 42 fordonsrörelser per dag med koldioxid (CO ₂).
Y	0,15	Motsvarar en vägsträcka med hastighetsbegränsning 50 km/h i en tätort av vägtyp tvåfältsväg.
I_{FG}	0,03	Motsvarar en vägsträcka med hastighetsbegränsning 50 km/h i en tätort av vägtyp tvåfältsväg.

I figuren nedan presenteras den aktuella vägens placering.



Figur 21. Markering (röd) av väg mellan anläggning och E20.

Totalt förväntas Sävenäs avfallskraftvärmeverk bidra med 15 278 nya borttransporter av CO₂ per år på vägen mellan anläggningen och E20, till följd av tillståndsförändringen. Detta innebär att det kommer ske 42 fordonströrelser per dag från anläggningen innehållande flytande kondenserad CO₂.

Årsmedeldygnstrafik för vägen mellan anläggningen och E20 är 16 200 (Göteborgs stad, 2021). För att ta hänsyn till trafikutveckling har trafikmängder för år 2040 använts. Trafikverkets kalkylverktyg EVA (Trafikverket, 2023) har använts för att beräkna den prognosticerade årsmedeldygnstrafiken för år 2040. Sedan har de tillkommande 42 transporter från Renovas verksamhet adderats på resultatet. Resultatet av ÅDT uppräknad till år 2040 har använts i riskanalysen. Samtliga ÅDT för år 2021 och 2040 redovisas i Tabell 16 nedan.

Tabell 16. Årsmedeldygnstrafik för Von Utfallsgatan.

Årsmedeldygnstrafik (ÅDT)	2021 (Göteborgs stad, 2021)	Uppräknat till år 2040 (Trafikverket, 2023)	Uppräknat inkl. tillkommande transporter
Tung trafik	2650	3664	3706
Samtliga fordon	16 200	19 905	19 947

Med ekvation 1 och indata som presenteras ovan har frekvensen för en olycka med en transportenhet innehållandes CO₂ i som transporteras från Renovas anläggning på den aktuella vägen beräknats till $1,02 \cdot 10^{-3}$ per km och år, vilket motsvarar en olycka på ca. 1000 år. Detta är frekvensen för olycka vilket inte direkt innebär att det sker ett utsläpp av farligt gods eller att personer kommer till skada.

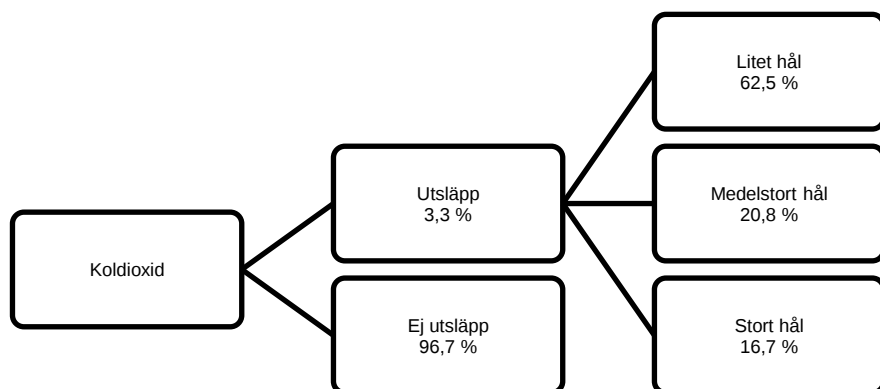
Givet en olycka där det farliga ämnet transporteras under tryck i tank har sannolikheten för farligt godsolycka antagits vara 30 gånger lägre än för vanliga tankar på grund av de krav på tjocklek med mera som gäller för dessa tankar (Hedenström & Lange, 1997). Detta resulterar i en frekvens för transport innehållandes CO₂ på $3,37 \cdot 10^{-5}$, vilket motsvarar en olycka på ca. 30 000 år.

Koldioxid är en trycksatt gas (ADR-klass 2) och möjliga händelseförlopp presenteras närmare i följande avsnitt.

Händelseförlopp vid utsläpp av CO₂

Transporterna från verksamheterna kommer att ske med lastbil med släp och varje transport kommer att transportera 36 ton flytande CO₂ vilket motsvarar ungefär 34 m³. Koldioxid transporteras vanligen i tjockväggiga tryckkärl vilka klarar relativt stora påfrestningar vid en trafikolycka utan att punktering och utsläpp av gasen sker. Om ett sådant utsläpp ändå sker är skadeområdet beroende av utsläppets storlek, vind- och väderförhållanden samt geografiska och topografiska förhållanden.

Händelseträdet i Figur 22 nedan redovisar tänkbara händelseförlopp vid farligt godsolycka med koldioxid.



Figur 22. Händelseträd för koldioxid.

Utsläppets storlek bedöms i denna riskutredning vara dimensionerade enligt Tabell 17 nedan. Givet en farligt-godsolycka (trafikolycka och punktering av tryckkärl) med koldioxid bedöms sannolikheten för litet, medelstort och stort utsläpp vara: 0,625; 0,208; 0,167 (Helmersson, 1994).

Tabell 17. Utsläppscenarier för farliga godsolyckor på väg vid ett utsläpp av gas

Farligt godsolycka på väg		
Utsläppsbeskrivning	Håldiameter (mm)	Sannolikhet
Litet utsläpp	10	0,625
Medelstort utsläpp	30	0,208
Stort utsläpp	110	0,167

Vindriktningen styr om personer inom det aktuella planområdet exponeras för den utsläppta gasen, och även vindhastigheten påverkar spridningen, se vindros för det aktuella området i Figur 17.