

Riskbedömning Bio-CCS Igelstaverket

Underlag för ansökan om
ändringstillstånd, Söderenergi



Structor

DOKUMENTINFORMATION

Beställare: Söderenergi
Kontaktperson: Anna Gustafsson
Uppdragsnamn: Riskbedömning Bio-CCS Igelstaverket
Uppdragsnummer: 1167-101

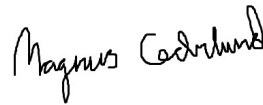
Uppdragsledare: Henrik Mistander



Handläggare: Joel Omran



Kvalitetsgranskning: Magnus Cederlund



Datum	Version	Beskrivning
2024-12-05	Slutgiltig handling	Underlag till miljötillstånd. Mindre justeringar efter granskning jurist Tillstånd.
2024-10-21	Slutgiltig handling	Underlag för miljötillstånd. Mindre justeringar efter granskning Söderenergi.
2024-09-06	Granskningshandling	Underlag för miljötillstånd.

SAMMANFATTNING

Structor Riskbyrå har fått i uppdrag av Söderenergi att upprätta denna riskbedömning inom ramen för nyetablering av en CCS-anläggning vid Igelstaverket i Södertälje. Anläggningen kommer årligen kunna fånga in omkring 600 000 ton koldioxid som i dagsläget släpps ut i atmosfären via rökgaser från pannan. Koldioxiden kommer efter infångningen att förvätskas och mellanlagras inom verksamhetsområdet varifrån den skeppas via fartyg till en permanent lagringsplats.

Syftet med denna riskbedömning är att utgöra underlag för miljökonsekvensbeskrivning till ansökan om ändringstillstånd enligt Miljöbalken (1998:808), med avseende på olycksriskers potentiella påverkan på människors hälsa och säkerhet. Målet med uppdraget är att analysera anläggningens riskpåverkan mot omgivningen, såväl som bedöma hur anläggningen kan påverkas av olycksrisker från omgivningen. Utifrån beräknade individrisknivåer genomförs en riskvärdering för att fastställa behov av (och ge förslag på) eventuella skyddsåtgärder som krävs för att möta kraven i Miljöbalken.

Genomförd riskbedömning visar att anläggningen har en viss riskpåverkan mot omgivningen, främst ut över vattnet i Igelstaviken i händelse av ett läckage av vätskeformig koldioxid. I händelse av en olycka där någon utrustning som innehåller flytande koldioxid skadas så allvarligt att ett läckage uppkommer, kommer den utströmmande koldioxiden att övergå från vätska till gas och fasta partiklar. De fasta partiklarna sprids dels med gasmolnet, och hamnar delvis på marken nära utsläppet. Den fasta koldioxiden övergår till gas när den värms upp av omgivningen. Gasmolnet med förhöjda koncentrationer av koldioxid sprider sig initialt med energin från utsläppet som sker under tryck men sedan övergår spridningen till att drivas av topografi, bebyggelse, vind osv och sprider sig till lågpunkter där Igelstavikens vatten utgör en stor, slät yta. Koldioxiden kan komma att sprida sig i ett tunt lager över vattnet. På korta avstånd, främst inom anläggningen och kring den nya kajen utgörs faran för människor av kyl- och kvävningseffekter. Kyleffekterna avtar snabbt med avstånd och på större avstånd från utsläppskällan utgörs riskpåverkan främst av att förhöjda koncentrationer av koldioxid kan påverka människors andning och leda till kvävning. Koldioxid karakteriseras av övergående hälsoeffekter under tiden som läckaget pågår och en kort tid därefter tills koldioxiden vädrats bort. Den lämnar inga permanenta effekter, utan kan utgöra en fara för människor i den akuta fasen av ett olycksförlopp.

Ett antal åtgärder har redan inarbetats i utformningen och ett antal ytterligare åtgärder föreslås för att minska riskpåverkan. Dessa inkluderar tekniska skyddsåtgärder som sänker risknivån från anläggningen, samt vissa organisatoriska åtgärder som stärker verksamhetens beredskap och förmåga att hantera uppkomna olycksscenarier.

Följande riskreducerande åtgärder har utgjort förutsättningar för riskbedömningen och har inarbetats i utformningen av anläggningen eller föreslagits som åtgärder inom det pågående arbetet med ny detaljplan:

- Höjdskillnad mellan Nynäsvägen och mellanlagertankar om ca sex meter.

- Antalet mellanlagertankar begränsas till max åtta stycken med en storlek på maximalt 2 000 m³ per tank.
- Nynäsvägen stängs av som allmän väg och för genomfartstrafik. Passage kan dock möjliggöras för blåljusmyndigheter, linjebuss och vissa specifika transporter från Kriminalvården. Begränsningen bör gälla minst på sträckan mellan IKV och Gulliborg.
- Ingen busshållplats anläggs längs Nynäsvägen inom planområdet, minst mellan IKV och Gulliborg.
- Mellanlagertankar för koldioxid placeras mellan CCS-byggnaden och kajen, men på en höjd ovan Nynäsvägen.

Inom projekteringen av den tekniska utformningen sker löpande val och beslut som har bäring på riskfrågan. Följande riskreducerande åtgärder har till stor del redan inarbetats i den tekniska utformningen av anläggningen:

- Automatiska nödstoppsystem för pumputrustning som nyttjas vid lastning samt för lastarmar/marinsvängarmar på kaj (ERC, Emergency Release Couplings)
- Automatiskt aktiverade avstängningsventiler (ESDV, Emergency Shut Down Valve) på rörledningar mellan lagertankar och kaj.
- Läckagedetektering och larm vid förhöjda koldioxidkoncentrationer på valda platser inom anläggningen.
- Varningssystem för egen personal, omkringliggande verksamheter och ut mot farleden.
- Påkörningsskydd ska finnas vid anläggningsdelar där påkörning riskerar att orsaka skada på mellanlagringstankarna för koldioxid med tillhörande röranslutningar

Organisatoriska åtgärder som verksamheten bör vidta:

- Komplettera rutiner för intern beredskap i händelse av olycka.
- Regelbunden utbildning av personal inom intern beredskap.

Individriskpåverkan mot omgivningen bedöms, med de inarbetade och föreslagna riskreducerande åtgärderna vara på en sådan nivå att de kan tolereras enligt tillämpade riskvärderingsprinciper. På alla övriga platser i omgivningen där tredje person antas vistas stadigvarande har individrisken beräknats bli acceptabelt låg.

Sammantaget bedöms de föreslagna skyddsåtgärderna innebära att risknivåerna sjunker till en tolerabel nivå och att anläggningen därmed i skälig omfattning utformats så att verksamheten kan förebygga, hindra eller motverka skada eller olägenhet för människors hälsa och säkerhet.

INNEHÅLL

1. Inledning.....	6
1.1. Bakgrund	6
1.2. Syfte och mål.....	6
1.3. Avgränsningar	6
1.4. Disposition	7
2. Beskrivning av omgivning och anläggning.....	8
2.1. Omgivningsbeskrivning	8
2.2. Anläggningsbeskrivning	10
2.3. Nyckeltal för anläggningen	13
3. Beskrivning av riskhantering och metod.....	15
3.1. Kravbild.....	15
3.2. Metod och genomförande av analysarbete	18
4. Riskidentifiering	25
4.1. Riskkällor inom CCS-anläggningen	25
4.2. Händelser med möjlig omgivningspåverkan	28
4.3. Riskkällor i omgivningen.....	30
4.4. Riskkällor förknippade med följdverksamhet.....	31
5. Riskanalys och riskvärdering	32
5.1. Riskpåverkan från anläggningen mot omgivningen	32
5.2. Samhällsrisk	44
5.3. Osäkerheter.....	44
5.4. Riskpåverkan från omgivningen	49
5.5. Risker under byggtid	50
6. Riskreducerande åtgärder.....	51
6.1. Inarbetade åtgärder i föreslagen placering och utformning av anläggningen.....	51
6.2. Ytterligare åtgärder som behöver vidtas med anledning av uppskattade risknivåer	52
7. Slutsats.....	53
Referenser	54
 Bilaga A – Beräkning av individrisk	

1. INLEDNING

Structor Riskbyrå har fått i uppdrag av Söderenergi att genomföra denna riskbedömning för nyetablering av en CCS-anläggning vid Igelstaverket, Södertälje.

1.1. Bakgrund

Söderenergi planerar en Bio-CCS^a-anläggning för kraftvärmeverket vid Igelstaverket i Södertälje. En sådan anläggning kommer årligen kunna fånga in omkring 600 000 ton biogen koldioxid som i dagsläget släpps ut i atmosfären via rökgaser från pannan. Koldioxiden kommer efter infångningen att förvätskas och mellanlagras inom verksamhetsområdet i närheten av en kaj som etableras för utlastning. Därefter skeppas den flytande koldioxiden via fartyg till en permanent lagringsplats.

1.2. Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att utgöra underlag för miljökonsekvensbeskrivning (MKB) till ansökan om ändringstillstånd enligt Miljöbalken, med avseende på olycksriskers potentiella påverkan på människors hälsa och säkerhet.

Målet med uppdraget är att analysera anläggningens riskpåverkan mot omgivningen, såväl som bedöma hur anläggningen kan påverkas av olycksrisker från omgivningen. Utifrån beräknade individrisknivåer genomförs en riskvärdering för att fastställa behov av (och ge förslag på) eventuella skyddsåtgärder som krävs för att möta kraven i Miljöbalken.

1.3. Avgränsningar

Riskbedömningen avgränsas till att beskriva tekniska olycksrisker med potentiell direkt påverkan på människors hälsa och säkerhet i omgivningen kring anläggningen. Omgivningen definieras som det område inom vilket riskpåverkan kan uppkomma. Riskbedömningen fokuserar på risker i driftskedet, medan risker under byggskedet hanteras separat (se avsnitt 5.5). Eventuella hälsoeffekter till följd av långvarig exponering kopplade till anläggningen behandlas inte (t.ex. buller, utsläpp till luft eller vatten och andra störningar). Arbetsmiljörisker analyseras inte specifikt i syfte att uppfylla kraven i arbetsmiljölagen. Arbetsmiljörisker analyseras löpande i den tekniska projekteringen, under byggtiden av BAS-P och under drifttiden hanteras dessa av verksamhetsutövarens arbetsmiljöorganisation.

Utredningen beaktar koldioxid i vätskefas vilka innebär störst omgivningspåverkan. Utsläppsscenarier med koldioxid i gasfas utreds ej. Ett utsläpp med koldioxid i gasfas bedöms ge en påverkan i utsläppets direkta närhet men bedöms inte leda till en betydande påverkan mot omgivningen kring anläggningen. Koldioxid i gasfas behöver beak-

^a Bio energy Carbon Capture and Storage, förkortas BIO-CCS eller ibland BECCS.

tas ur ett arbetsmiljöriskperspektiv inom verksamheten, men är inte relevant för lämplighetsbedömningen avseende lokalisering. Dessa typer av olycksscenarier bedöms därför vara rimliga att beakta i det fortsatta arbetsmiljöarbetet för anläggningen och verksamheten, men bedöms ha mindre betydelse för lämplighetsbedömningen avseende anläggningens lokalisering.

Riskbedömningen omfattar olyckshändelser, vilket innebär att attentat eller händelser som genomförs med uppsåt inte beaktas. Igelstaverket är idag klassat som skyddsobjekt av Länsstyrelsen Stockholm. Detta innebär bland annat krav på att skalskyddet håller en god nivå. Denna klassning och följdkrav gäller även tillkommande delar såsom infångningsanläggningen. Anläggningen kommer därmed ha samma fysiska skalskydd som övriga Igelstaverket och uppfylla Söderenergis allmänna tekniska bestämmelser för fysiskt skydd. Detta innebär både stark behörighetsstyrning och begränsade möjligheter att nå området utifrån ett antagonistiskt perspektiv.

1.4. Disposition

Riskbedömningen har lagts upp enligt följande:

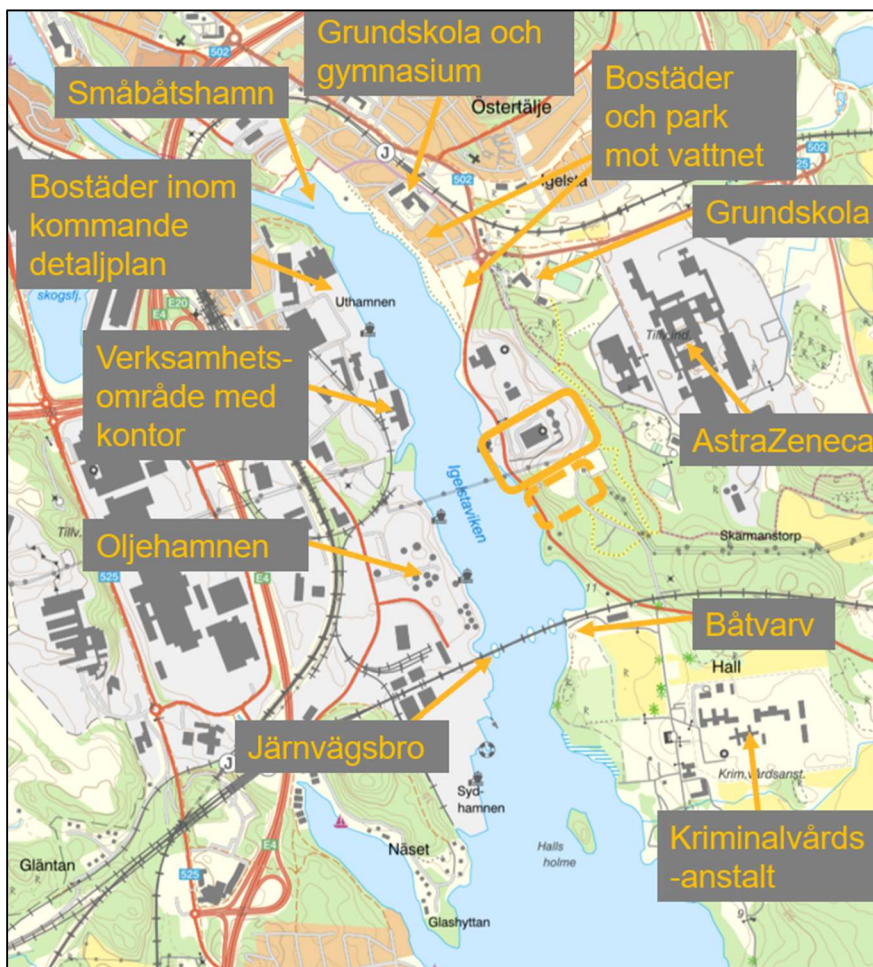
- Kapitel 1 omfattar bakgrund och introduktion till uppdraget.
- Kapitel 2 ger en beskrivning av anläggningen och dess omgivning. Detta ger en bild av planerad anläggning och dess omgivning som underlag till riskidentifieringen.
- Kapitel 3 beskriver uppdragets omfattning av riskhantering samt vilka metodval som gjorts.
- Kapitel 4–6 omfattar en riskidentifiering, riskanalys och värdering av erhållna risknivåer samt en osäkerhetshantering av dessa. Vid behov anges förslag på åtgärder.
- Kapitel 7 redovisar slutsatser.

2. BESKRIVNING AV OMGIVNING OCH ANLÄGGNING

I nedanstående kapitel beskrivs verksamheten samt dess närmaste omgivning.

2.1. Omgivningsbeskrivning

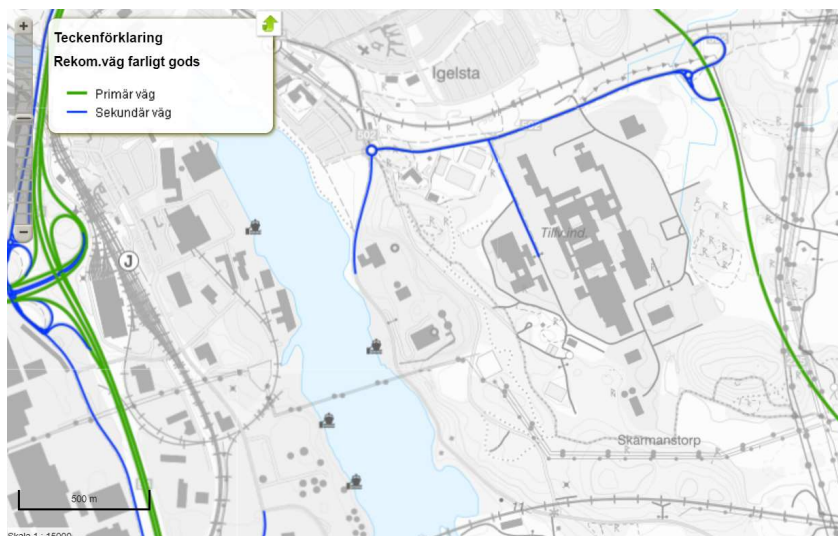
Igelsta Kraftvärmeverk (IKV) är beläget strax sydöst om Södertälje centrum, se Figur 1. Området gränsar till Igelstaviken i väst, park och bostäder i norr, skog i söder och öster om anläggningen, bortom ett skogsområde, ligger Astra Zeneca. Närmaste bostäder ligger ca 350 meter norr om Igelstaverket befintliga staket i norr. Avstånd mellan bostäder och den nya infångningsanläggningen blir större då befintligt verk står mellan. Avstånd från bostäderna till kraftledningsgatan som i princip utgör gräns mellan befintligt verksamhetsområde och tillkommande är ca 900 meter. Nära bostäderna finns också ett parkområde mot vattnet samt en småbåtshamn.



Figur 1. Igelsta kraftvärmeverk är beläget inom gulmarkering. Infångningsanläggningen placeras ungefär inom streckad markering söder om befintligt verk. (Källa grundkarta: Lantmäteriet)

Skolan på Gärtunavägen norr om den befintliga anläggningen befinner sig på ett avstånd om ca 500 meter från den tillkommande verksamheten och på en höjd om ca 18 meter över vattenytan i viken. Närmsta delarna av Astra Zenecas verksamhet öster om IKV befinner sig ca 500 meter från planerad kajkant och ca 30 meter över vattenytan.

Genom verksamhetsområdet, parallellt med vattnet, passerar idag Nynäsvägen som är allmän väg med bl.a. transporter till verket och busstrafik som passerar området. Busslinje 783 mellan Södertälje och Nynäshamn passerar 16-17 gånger per dag i vardera riktning. Nynäsvägen är klassad som sekundär transportled för farligt gods från E4/E20 via Gärtunaleden fram till IKV.



Figur 2. Rekommenderade vägar för transporter av farligt gods, enligt Trafikverkets NVDB på webb.

Igelstaviken leder i norr till Södertälje kanal med slussning mot Mälaren. Antal slussningar var 2022 och 2023 ca 3350 st/år. Av dessa utgör fritidsbåtar ca en tredjedel och handelsfartyg ca två tredjedelar. Merparten av friluftsfartygen slussas juni-augusti medan handelsfartygen har en relativt jämn fördelning över årets månader.

På motsatt sida Igelstaviken finns Oljehamnen där flera aktörer hanterar och lagrar flytande bränslen. Här beskrivs kort de största aktörerna, vilka alla tre är Sevesoverksamheter. ST1 är en Sevesoverksamhet på den högre kravnivån. De har inom Oljehamnen omfattande lager och hantering av främst:

- bensin
- mellandestillat (diesel och eldningsolja)
- bioprodukter (SBFF, 2022)¹

Inter Terminals Sweden AB är på grund av hanterade mängder farliga ämnen en Sevesoverksamhet på den lägre kravnivån. Inter Terminals tar främst emot produkter från fartyg till cistern, och lastar ut på tankbil. De har inom Oljehamnen 36 cisterner. Innehållet kan variera över tid men produkter som de hanterar kan vara:

- Metanol
- Biodiesel
- Bitumen (SBFF, u.å.)²

ODEC Tankstorage Södertälje AB är en Sevesoverksamhet på den lägre kravnivån och lagerhåller därmed mindre mängder farliga ämnen än de på den högre nivån. De lagrar och hanterar inom Oljehamnen:

- RMB och DMB – marindiesel
- Tallbecksolja
- Biodiesel
- Glycerol (SBFF, u.å.)

Norr om Oljehamnen finns ett verksamhetsområde med kontor nära Igelstaviken. Norr om verksamhetsområdet pågår detaljplanearbete för bostadsbebyggelse (Kv. Kryssaren 8 och Isbrytaren 1 m.fl.) i princip fram till kajkant. Kajkanten har höjdsatts till +3 meter. Planen har varit ute på samråd och har sedan varit pausat. Granskning beräknas ske som tidigast fjärde kvartalet 2024.

2.2. Anläggningsbeskrivning

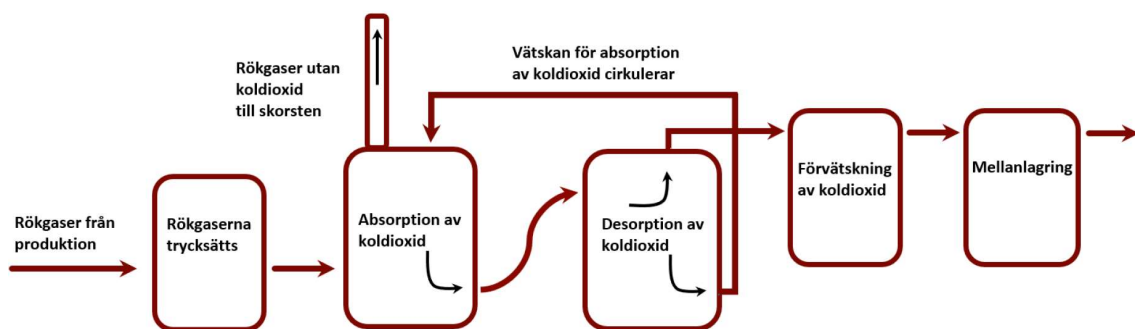
Söderenergi producerar vid IKV fjärrvärme och el. Verksamhetsområdet angränsar mot Igelstaviken. En anläggning för avskiljning av koldioxid från rökgaserna planeras nu. Den inkluderar även förvätskning, mellanlagring och utlastning till fartyg av koldioxiden. Det innebär att ny kaj och ledningsdragningar för koldioxid i gas- och vätskefas behöver byggas. Den nya anläggningen ges plats genom att utvidga verksamhetsområdet söderut. En möjlig layout redovisas i Figur 3.

Ett stråk med kraftledningar går mellan befintligt verksamhetsområde och planerad utökning, se Figur 3. Det nya området sluttar idag kraftigt ner mot Igelstaviken. Höjdskillnaden mellan vattnet och östra kanten av området är ca 30-40 meter. Detta innebär betydande schakt. Infångningsanläggningen planeras ligga på en höjd ca sex meter över Nynäsvägen och ca tio meter över Igelstaviken.



Figur 3. Principiell utformning av infångningsanläggningen. Liljwall, 2024-05-22.

För infångningsanläggningen finns ett projekt hos Söderenergi, en grupp experter tar fram den tekniska utformningen. Flödet från rökgaser till mellanlagring beskrivs i Figur 4. Anläggningen planeras vara i drift 2030.



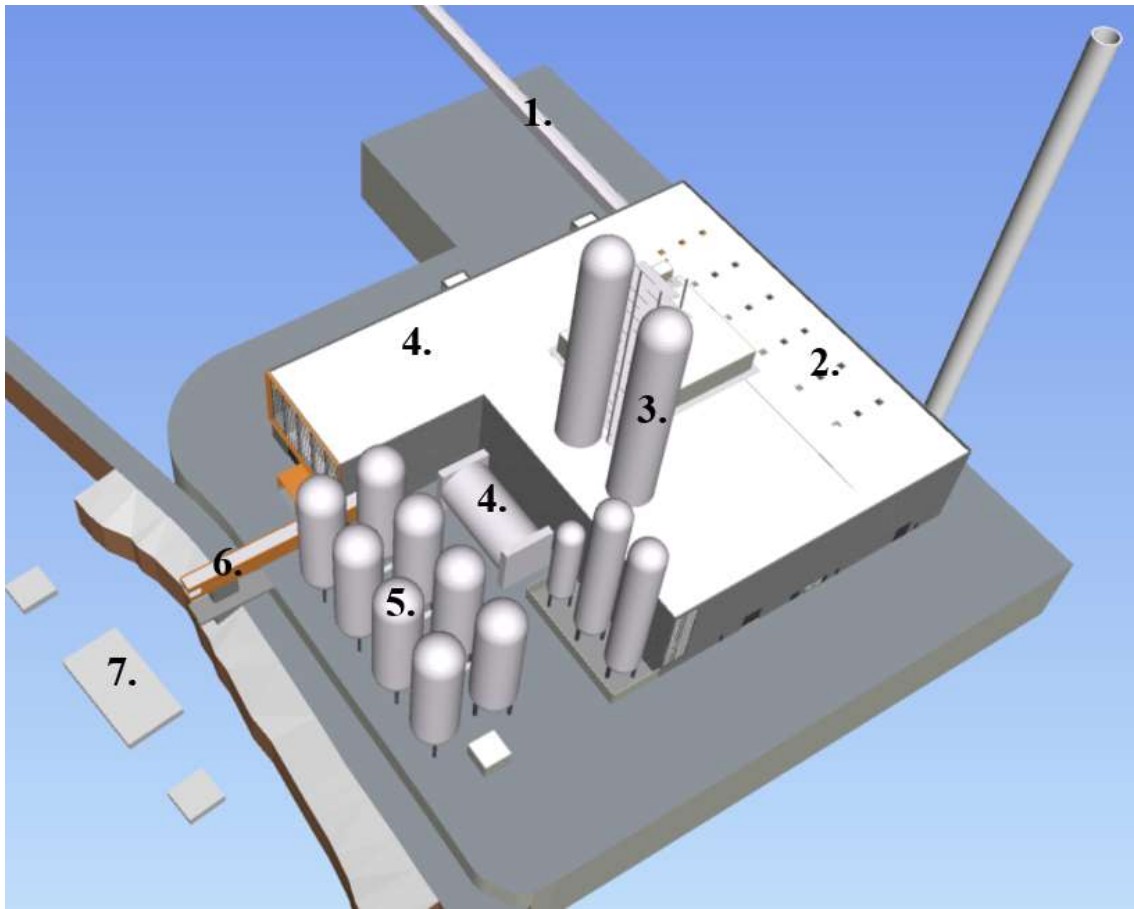
Figur 4. Schematisk skiss över det principiella flödet som koldioxiden tar genom anläggningarna. (Söderenergi).

Processen med CCS planeras i grova drag ske i följande steg, se Figur 4 nedan:

1. Rökgaser leds från befintlig panna via rörledning under kraftledningarna till CCS.

2. I infångningsanläggningen i de östra delarna av CCS komprimeras rökgaserna med en rökgaskompressor och leds vidare i gasfas. Rökgaser utan koldioxid leds ut via en ny skorsten.
3. Koldioxiden leds in i botten av en absorber. Koldioxiden avskiljs i en desorber och leds i gasfas vidare i rörledning till förvätskningsanläggningen i en annan del av byggnaden.
4. I förvätskningsanläggningen komprimeras koldioxiden (inomhus) och kyls (utomhus) till vätskefas, för att sedan föras vidare till mellanlagret. Först i kylsteget går koldioxiden i vätskefas i rörledningar utomhus.
5. Den avskilda koldioxiden i vätskeform mellanlagras i tankar som placeras mot Igelstaviken och den nya kajen. Planerad maximal lagringsvolym är 16 000 m³, uppdelat på åtta tankar á 2 000 m³. Tankarna placeras utomhus mellan själva infångningsbyggnaden och Igelstaviken.
6. Koldioxiden pumpas i vätskeform från lagertankarna till fartyg via en rörbrygga över Nynäsvägen ner till den nya kajen för vidare transport till permanent lagring. Under lastningen förångas en liten del av koldioxiden. Denna koldioxid i gasfas återvinns genom att återföras till förvätskningen och på nytt tillföras lagertankarna.
7. På den nya kajen lastas koldioxiden genom lastarmar till väntande fartyg. På fartygen förvaras koldioxiden i trycktankar under den fortsatta resan mot den permanenta lagringsplatsen.

Ett antal olika rörledningar med olika dimensioner finns på anläggningen för att transportera koldioxid i gas- och vätskefas mellan de olika anläggningsdelarna. Rörledningar för vätskefas utomhus finns endast kring lagertankarna, och ner till kajen.



Figur 5. En förenklad bild från 3D-modell av planerad koldioxidhantering (Bio-CCS1) vid Igelstaverket, med några av de ur ett riskperspektiv mest relevanta delarna utpekade. (Söderenergi/Liljewall).

IKV är på grund av sin betydelse för värmeförsörjning klassat som skyddsobjekt av Länsstyrelsen Stockholm. Detta innebär bland annat krav på att skalskyddet håller en god nivå. Det befintliga verket har en viss hantering av brandfarliga och explosiva varor som behövs för processen. Nuvarande tillstånd enligt Lag om brandfarlig och explosiv vara omfattar eldningsolja, diesel, gasol, acetylengas och spillolja. Denna hantering sker inom befintligt område och som närmast ca 100 meter från planerad CCS-anläggning. Verksamheten har i dagsläget ingen hantering som gör att de når upp till Sevesolagstiftningens kravnivåer och är heller inte klassad som farlig verksamhet enligt lagen om skydd mot olyckor LSO 2 kap 4§.

2.3. Nyckeltal för anläggningen

Några nyckeltal för anläggningen, med avseende på faktorer som bedömts vara särskilt relevanta ur ett olycksriskperspektiv:

- Infångningskapaciteten för CCS är upp till 600 000 ton koldioxid/år. För riskbilden bedöms dock mängden mellanlagrad koldioxid snarare än den totala mängden infångad vara styrande.

- Koldioxiden planeras att mellanlagras tryck- och kylkondenserad i tankar, vid omkring 16 bars tryck med en sammanlagd volym på upp till 16 000 m³. I riskberäkningarna antas alla tankar vara fyllda till 80% alla dagar på året. I medeltal kommer denna siffra snarare ligga kring 50% över tid.
- Utlastning till fartyg sker med pumpar och lastarmar med ett flöde av flytande koldioxid på upp till omkring 244 kg/s.
- Lastning till fartyg antas ske upp till 3-5 gånger/vecka med fartyg som är maximalt 160 meter långa. I beräkningarna har det gjorts ett antagande om att ett fartyg ligger för lastning ca 10% av årets timmar. Med den antagna kapacitet på flödet i lastarmar motsvarar det att över 600 000 ton koldioxid skulle lastas till fartyg varje år. Detta täcker in den planerade infångningskapaciteten.
- Planerade driftstopp för service, inspektioner o.d. schemaläggs oftast sommartid. Men ur ett olycksriskperspektiv antas anläggningen vara i drift året runt.

3. BESKRIVNING AV RISKHANTERING OCH METOD

I detta kapitel beskrivs omfattningen av riskhanteringen i förhållande till gällande kravbild. Likaså beskrivs genomförandet av analysen och vilken metodik som används.

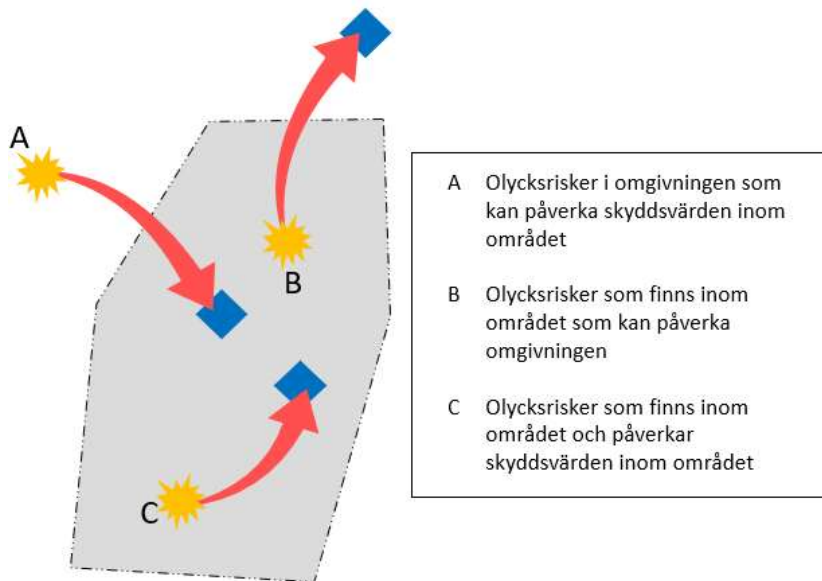
3.1. Kravbild

Den mest centrala lagstiftningen att beakta avseende olycksriskpåverkan i processen utgörs av miljöbalken (1998:808). Flera andra lagstiftningar med tillhörande förordningar och föreskrifter ställer också krav på hantering och beaktande av olycksrisker, så som, plan- och bygglagen (2010:900), lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, lagen (2003:778) om skydd mot olyckor och lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor. Gränssnitten mot dessa andra lagstiftningar belyses i denna riskbedömning för att underlätta fortsatt samordning avseende olycksriskhantering.

3.1.1. Miljöbalken

Det följer av Miljöbalkens andra kapitel att olycksrisker skall beaktas i de avvägningar som görs inför uppförande och drift av den här typen av anläggning. Kraven innebär att människors hälsa och miljön ska skyddas mot skador och olägenheter och att den som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iakttä de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Perspektiv på olycksrisker som ska behandlas i en miljötillståndsprocess och tillhörande MKB (MSB, 2012)³ sammanfattas i Figur 6. Typ A omfattar risker i omgivningen som kan komma att påverka anläggningen och typ B omfattar riskpåverkan från anläggningen mot omgivningen. Typ C berör i detta fall i huvudsak arbetsmiljörisker (eftersom anläggningen endast kommer vara tillgänglig för verksamhetens egen personal eller entreprenörer). För miljötillståndsprocessen är alla perspektiv av intresse, även om fokus ligger på A och B. Detsamma gäller riskkällor förknippade med följdverksamhet som även de hör till miljötillståndsprocessen. C beaktas i riskidentifieringen för att vara heltäckande, men alla arbetsmiljörisker hanteras sedan enligt arbetsmiljölagstiftning.

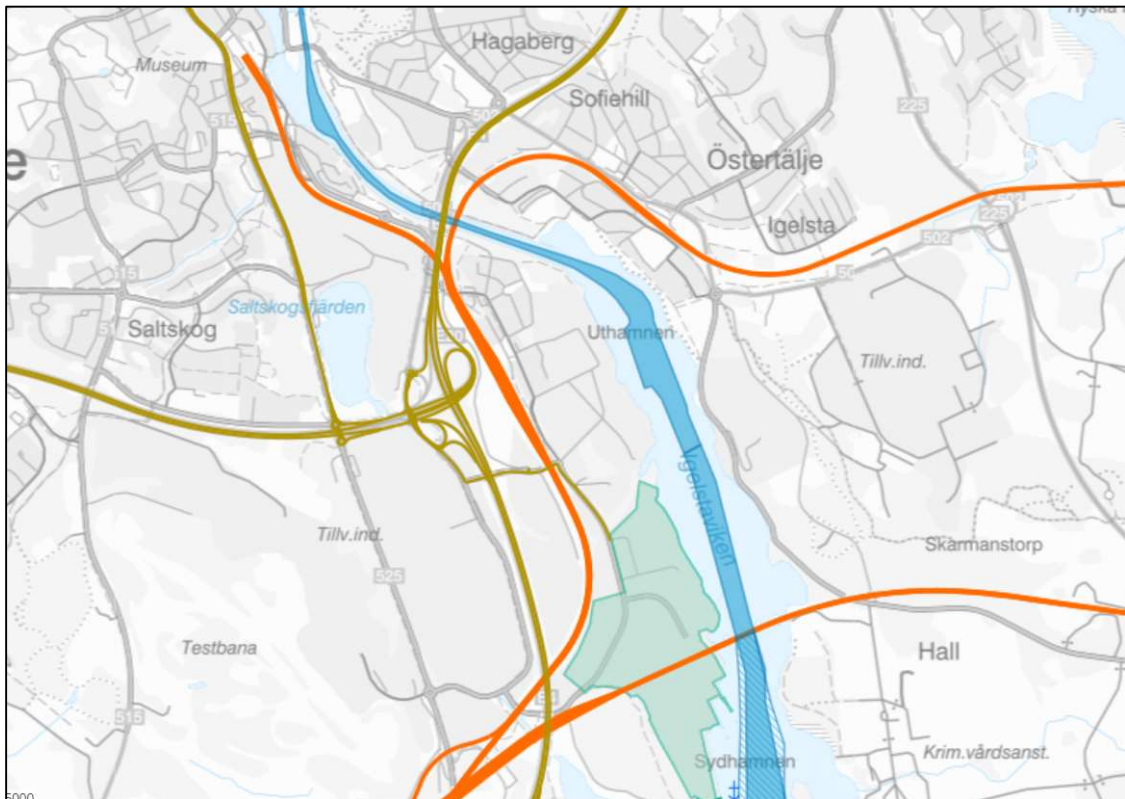


Figur 6. Typer av olycksrisker som behandlas.

Rikshintressen för kommunikation

Rikshintressen är ett sätt för staten att påverka och bevaka intressen av särskild nationell betydelse inom samhällsplaneringen. Områden som på grund av sina speciella förutsättningar är av nationellt intresse kan pekas ut som rikshintressen av någon av de tolv rikshintressemyndigheterna. Utpekade områden ska skyddas mot åtgärder som kan påtagligt försvåra att de utnyttjas för det specificerade ändamålet samt mot åtgärder som kan påtagligt skada ett områdes värde enligt 3 kapitlet 8 § miljöbalken (1998:808).

I verksamhetens närhet finns flera rikshintressen för kommunikation utpekade: rikshintresse för hamnar i Oljehamnen, rikshintresse för sjöfart och farled genom Igelstaviken, rikshintresse för järnväg över Igelstabron samt rikshintresse för väg längs Sydhamnsvägen till Oljehamnen, se Figur 7, (Trafikverket, u.å.)⁴.



Figur 7. Riksintresse för hamnar (grönt fält), riksintresse för sjöfart/farled (blått fält), riksintresse för järnväg (orange linje) samt riksintresse för väg (bruna linjer).

Riksintressepreciseringar för kommunikation beslutas av Trafikverket som också beskriver vilka funktioner och värden som utgör riksintresse för de olika trafikslagets anläggningar (Trafikverket, 2022)⁵. En precisering innehåller vanligtvis en beskrivning av nuvarande trafiksituation, trafikprognoser och utvecklingsmöjligheter för anläggningen samt en beskrivning av riksintressets markanspråk och influensområden. I en precisering av ett riksintresse ingår även en redovisning av framtida utbyggnads- och markanvändningsbehov. Preciseringen utgör ett fördjupat planeringsunderlag och bör beaktas i kommunernas fysiska planering och tillståndsprövning samt är ett underlag för berörda länsstyrelserna och övriga myndigheter när riksintresset ska bevakas. Eventuell konflikt med riksintresse behöver belysas. För riksintressen kommunikation innebär påtaglig skada att påtagligt försvåra nyttjandet, eller tillkomsten av kommunikationsanläggningen (Boverket, u.å)⁶.

3.1.2. Sevesolagstiftningen

Verksamheten vid Igelstaverket omfattas idag inte av Sevesolagstiftningen. Koldioxid är inte specificerat i Sevesoförordningens Bilaga 1, vilken innehåller en sammanställning av sådana ämnen som anses kunna leda till allvarliga kemikalieolyckor. Det innebär att hantering av koldioxid oavsett omfattning i sig inte lyder under Sevesolagstiftningen (MSB, u.å)⁷. Med andra ord är ett större utsläpp av koldioxid, även om det leder till påverkan på t.ex. människor inom verksamhetsområdet eller i omgivningen, inte att

betrakta som en sådan ”allvarlig kemikalieolycka” som avses inom Sevesolagstiftningen. Regleringen av verksamheten sker i det avseendet inom annan lagstiftning, exempelvis Plan- och bygglagen, Miljöbalken (kommande tillståndprocess), Lagen om skydd mot olyckor och Arbetsmiljölagen, m.fl.

Övriga ämnen som kan komma att hanteras inom ramen för mellanlagringen av koldioxid kommer att hanteras i sådana begränsade mängder att de inte når upp till mängder som omfattas av Sevesolagstiftningen.

3.1.3. *Plan- och bygglagen (PBL)*

Plan- och bygglagen (2010:900) anger krav på att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor, översvämning och erosion. Bebyggelse och byggnadsverk ska också utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand, trafikolyckor och andra olyckshändelser.

3.1.4. *Lagen om skydd mot olyckor (LSO)*

Söderenergis verksamhet vid IKV är inte klassad som farlig verksamhet enligt 2 kap. 4 § i lagen (2003:778) om skydd mot olyckor.

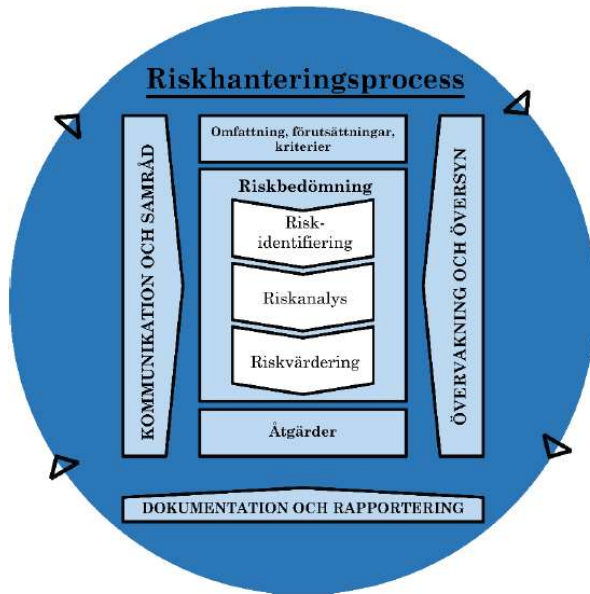
3.1.5. *Lagen om brandfarliga och explosiva varor (LBE)*

Koldioxid är inte en brandfarlig eller explosiv gas och omfattas inte av lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor. I omgivningen kring anläggningen finns ett antal cisterner som är klassade för brandfarlig vätska klass 3^a och som verksamheten behöver tillstånd för enligt LBE. Sådana cisterner betraktas i denna riskbedömning som riskkällor i omgivningen.

3.2. Metod och genomförande av analysarbete

I denna riskbedömning beskrivs olycksrisker förknippade med etablering av anläggningen med utgångspunkt i riskhanteringsprocessen som den presenteras i ISO 31 000 (SIS, 2018)⁸; se Figur 8. Riskbedömningen omfattar perspektiven; riskpåverkan från anläggningen (och dess följdverksamhet) mot omgivningen och från omgivningen mot anläggningen. Riskanalysen av de identifierade olycksriskerna genomförs delvis kvalitativt och delvis kvantitativt.

^a Vätskor som avger brännbara ångor om temperaturen i omgivningen ligger mellan 55-100°C. Hit hör till exempel dieselolja och eldningsolja



Figur 8. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31 000. Denna rapport hanterar de delar som benämns *Omfattning, förutsättningar, kriterier, Riskbedömning* samt *Åtgärder*.

3.2.1. Anpassning av riskhanteringsprocessen till aktuella förutsättningar

Det inledande steget i riskhanteringsprocessen handlar enligt ISO 31 000 om *omfattning, förutsättningar och kriterier*.

I Sverige saknas ett tydligt utpekat och tillämpat analysverktyg för plötsliga utsläpp av koldioxid. Exempelvis saknar MSB:s datorprogram *Spridning Luft* funktionalitet för att studera utsläpp av koldioxid. I projektets inledning genomfördes en identifiering av möjliga analysmetoder, tillgängliga verktyg och lämpliga scenarier för konsekvens- och frekvensberäkningar. Projektets inriktning i valet av analysverktyg kom att bli ett verktyg för spridningsberäkningar som kan ta hänsyn till omgivningens geometri och topografi. Det enda tillgängliga verktyget för det är så kallade CFD-modeller (Computational Fluid Dynamics), vilka är avancerade verktyg som jobbar i en 3D-modell. Verktyget kräver mycket processorkapacitet, men har den stora fördelen att det kan ta hänsyn till topografi och geometri vilket är avgörande för att få en mer verklighetsnära bild av gasmolnets utbredning. Detta har bedömts vara särskilt relevant med anledning av koldioxidens egenskaper i händelse av ett läckage: gasmolnet blir tungt och kallt och spridningen får karaktären av en vätska som rinner ut.

Efter valet av simuleringsverktyg genomfördes en iterativ process där resultat av beräknade spridningsförlopp ledde till förståelse kring hur nyckelvariabler avseende riskbidrag (frekvens- eller konsekvensmässigt) påverkar anläggningens riskpåverkan mot omgivningen. Iterationer av konsekvens- och frekvensberäkningar i samverkan med projektering och designval har fortsatt genom hela processen till nu föreslagna utformning av anläggningen. Lärdomar och kunskap från dessa har inarbetats i denna riskbedömning, exempelvis avseende riskidentifiering, scenariobeskrivningar och inte minst

identifiering av riskreducerande åtgärder. Lärdomarna från de iterativa konsekvensberäkningarna i CFD visar på att omgivningens topografi och geometri har störst betydelse när en större mängd koldioxid släpps ut.

3.2.2. Riskidentifiering

Riskidentifieringen avseende händelser inom anläggningen och riskkällor i omgivningen inleddes med en workshop (Structor, 2023)⁹ som genomfördes 2023-10-06. Som underlag för riskidentifieringen av händelser inom verksamheten inhämtades erfarenheter från planerade CCS-anläggningar vid Värtaverket i Stockholm, Korstaverket i Sundsvall, ett kraftvärmeverk vid Klemetsrud i Oslo samt vid en cementanläggning i Brevik utanför Porsgrunn. En systematisk genomgång av ingående processteg och typiska felorsaker genomfördes och dokumenterades.

3.2.3. Riskanalys

Omgivningspåverkan från anläggningen i form av olika typer av utsläpp och läckage från anläggningen (typ B i Figur 6) kvantifieras genom beräknade individrisknivåer. Riskanalysmetodiken som tillämpas tar sin utgångspunkt i RIVM:s^a handledning (2021)¹⁰ för riskbedömningar ”Bevi – manualen”. Metoden tar hänsyn till den föreslagna utformningen av anläggningen och beaktar därmed ingående komponenter, typ av utrustning etc. för att definiera vilka olycksscenarier som ska inkluderas i riskberäkningarna.

Den iterativa utformningsprocessen och de modelleringar av olycksscenarier som genomförts i processen har gett lärdomar och kunskap kring nyckelvariabler som påverkar konsekvensområdet för ett utsläpp av koldioxid. Exempelvis har flöden, rördimensioner, tryck, väderförhållanden, placering av komponenter varierats vilket inarbetats i riskanalysen. Nedan beskrivs den metodik som använts för att uppskatta och värdera identifierade utsläppsscenarier från anläggningen, vilken ligger till grund för beräkningen av individrisknivåer.

Frekvensanalys

Syftet med frekvensanalysen är att bestämma frekvenser för de valda olycksscenarierna, vilka i kommande steg i analysen kombineras med beräknade konsekvenser för den totala riskbilden.

Utgångspunkten i frekvensanalysen är de rekommenderade händelsetyper inklusive grundfrekvenser som presenteras i Bevi-manualen. Bevi-manualen används som manual för kvantitativa riskanalyser. Modellen inkluderar både händelser med höga frekvenser och begränsade konsekvenser (exempelvis mindre rörläckage) samt scenarier med låga frekvenser och potentiellt allvarligare konsekvenser (exempelvis läckage från en tank). De identifierade händelsetyperna och dess grundfrekvenser kombineras med anläggningens systemdesign för att beräkna felfrekvenser för den aktuella anläggningen.

^a Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – en nederländsk statlig myndighet med ansvarsområden som i delar motsvarar Naturvårdsverkets, Socialstyrelsens och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap i Sverige.

Exempelvis tas hänsyn till antal komponenter av olika slag och antal meter rör. De flesta scenarier har simulerats med stabilitetsklass F som kännetecknas av mycket stabilt väder med små rörelser. Stabilitetsklass F uppstår främst vid molnfria nätter med låg vindhastighet. Några scenarier har simulerats med stabilitetsklass D. De identifierade felfrekvenserna för anläggningen nyttjas i beräkningarna av individrisknivåer. Detaljerad presentation av indata till frekvensanalysen ses i Bilaga A.

Konsekvensanalys

De valda utsläppsscenarierna av koldioxid i vätskefas och dess utbredning simuleras utifrån planerade driftförhållanden så som design, tryck och temperatur i rörledningar. Även antaganden om storleken på den för utsläppet tekniskt avgränsade sektionen av systemet och därmed mängden av ämne som kan släppas ut vid respektive läckage inkluderas i simuleringarna.

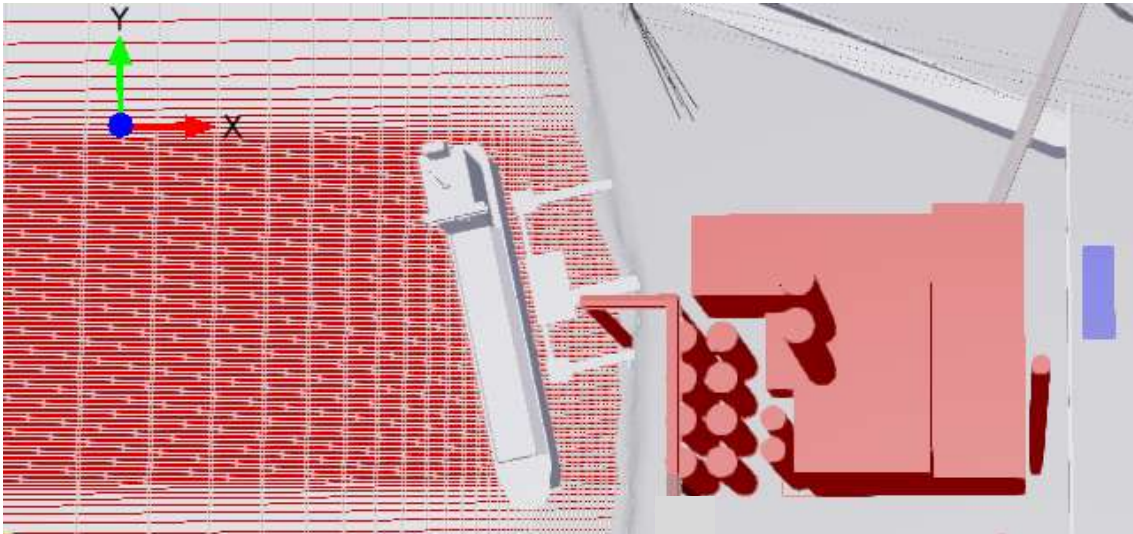
I Tabell 1 nedan presenteras viktiga indataparametrar som varierats för scenarierna i konsekvensberäkningarna. I riskberäkningarna nyttjas gränsvärdet SLOD- significant likelihood of death som det dimensionerande gränsvärdet. SLOD-definieras genom den koncentration där 50 % av en population omkommer vid en exponering för en bestämd tid. SLOD-värden för koldioxid vid olika exponeringstider har definierats av den brittiska myndigheten Health and Safety Executive (HSE, 2011)¹¹. I riskberäkningarna antas konservativt att alla som befinner sig inom SLOD-koncentrationen omkommer, medan alla utanför det området är opåverkade. Detta är en förenkling och ett vanligt tillvägagångssätt vid beräkning av risknivåer. För mer information om indata till simuleringarna av konsekvensavstånd som nyttjas i riskberäkningarna, se Bilaga A.

Tabell 1. Indataparametrar i simuleringarna som varierar i den iterativa utformningsprocessen av anläggningen för att dra lärdomar och få kunskap om utsläppens beteenden.

Parametrar som varierats i genomförda simuleringar	
Stabilitetsklass och vindhastighet	F (mycket stabilt väder) 2 m/s samt D (neutralt) 5 m/s
Lufttemperatur	0 °C
Vindriktning	SE, ENE, N
Tryck CO ₂	16 bar
Temperatur CO ₂	Saturationstemperaturen vid 16 bar.
Varaktighet utsläpp	Varierar mellan 30–120 sekunder för de mer frekventa utsläppen. Upp till 1500 sekunder för utsläpp från mellanlagertank.
Utsläppshastighet	Varierar mellan 50–1200 kg/s
Utsläppsriktning	Nedåt, horisontellt

Nedan beskrivs de modelleringsverktyg som nyttjas i riskbedömningen:

Konsekvensberäkningarna av utsläpp av koldioxid i vätskefas utförs genom CFD-modellering i mjukvaran FLACS. Programmet har tagits fram och utvecklats under de senaste 35 åren av det holländska företaget Gexcon i samverkan med olje-, gas och processindustrin. I CFD-modelleringen tas hänsyn till områdets topografi och geometri, vilket har visat sig vara avgörande för utbredningen av ett gasmoln av koldioxid i händelse av en olycka med koldioxid i vätskefas. I FLACS finns även möjlighet att ta hänsyn till olika väder och vind, samt anläggningens utformning. Figur 9 visar en vy över den 3D-modell som byggts upp för att kunna genomföra spridningsmodelleringarna.



Figur 9. Vy över 3D-modellen som används i FLACS, med vissa av beräkningscellerna synliga som ett rött rutnät (ut över vattnet).

Beräkning av risknivåer

Riskbilden analyseras kvantitativt genom att beräkna individrisknivåer för området, vilket innebär att både händelsers frekvens och konsekvens beaktas.

Individrisk är sannolikheten (ofta presenterad som frekvens per år) för att en fiktiv person som ständigt befinner sig på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och tar ingen hänsyn till hur många personer som kan komma att påverkas av skadehändelsen. Syftet med riskmålet är att tillse att specifika platser inte innebär en för hög riskexponering, samt att enskilda individer som vistas där inte utsätts för icke-tolerabla risker.

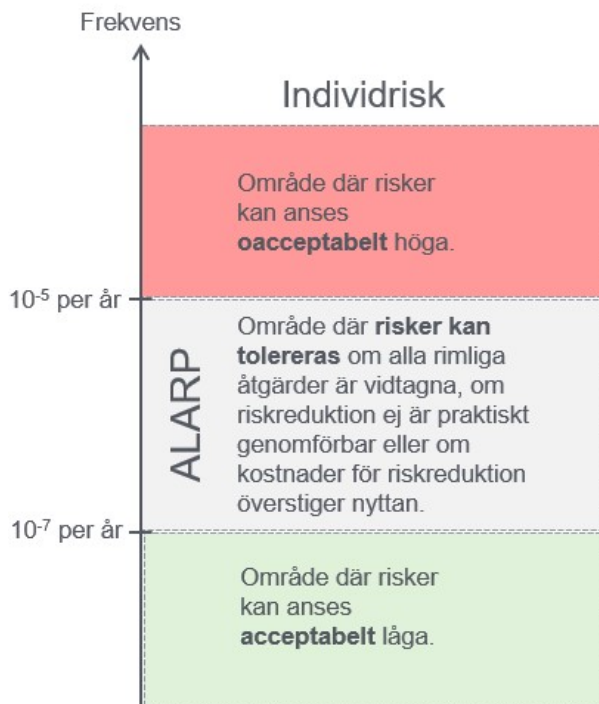
För att beräkna de platsspecifika individrisknivåerna och för att producera iso-konturer i en kartbild nyttjas mjukvaruprogrammet QGIS¹². QGIS är ett geografiskt informations-system med öppen källkod. Mjukvaran används för att plotta de olika resultaten från konsekvensmodelleringarna och tilldela dessa specifika värden utifrån frekvensanalysen. Verktuget kan därefter summera värdena (frekvensen) i varje punkt och illustrera resultatet i en kartbild. Beräkningarna av risknivåerna tar hänsyn till de serier av händelser och dess frekvenser som leder till de identifierade olycksscenarierna och de beräknade konsekvensavstånden.

3.2.4. Riskvärdering

Värderingen av riskpåverkan syftar till att avgöra om de beräknade risknivåerna visar ett behov av riskreducerande skyddsåtgärder. Riskvärderingen avseende riskpåverkan mot omgivningen från anläggningen sker utifrån riskacceptanskriterier framtagna av Räddningsverket (1997)¹³ avseende individrisk i omgivningen:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år, det vill säga en gång på 100 000 år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små: 10^{-7} per år, det vill säga en gång på 10 000 000 år.

Området mellan dessa benämns ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable) och där kan risknivån tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna, se Figur 10.



Figur 10. Riskvärderingskriterier individrisk.

Anställda vid anläggningen som har en direkt nytta av verksamheten förväntas som regel kunna tolerera en högre risk än allmänheten. En risknivå som är en faktor 10 högre än för allmänheten tillämpas i vissa internationella och företagsspecifika kriterier (HSE, 2011), det vill säga övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras; 10^{-4} per år, det vill säga en gång på 10 000 år. Orsaker till detta kan vara:

- Personer som är anställda har kunskap om de aktuella riskerna och därför i viss mån har kontroll över risken (HSE, 2011).

- Anställda kan också skyddas på ett sätt som normalt inte modelleras i kvantitativa riskanalyser. Till exempel väl övad utrymning eller inrymning och bruk av skyddsutrustning. Detta innebär att de verkliga individrisknivåerna för anställda normalt kommer att vara lägre än de som beräknas i en kvantitativ riskanalys. Sådana skyddsåtgärder för anställda kan tas hänsyn till genom att tillämpa ett högre riskkriterium. (HSE, 2011)

Anställda vid närliggande verksamhet, det vill säga lokaliserad intill en potentiellt farlig verksamhet har inte några direkta fördelar av den verksamheten. De beräknade risknivåerna för anställda i en intilliggande verksamhet kan dock vara lägre än för tredje person som befinner sig på motsvarande avstånd. Detta eftersom:

- Anställda i intilliggande verksamhet har normalt enklare att evakuera än tredje person.
- Anställda i intilliggande verksamhet kan ha gemensamma övningar och omfattas av samma beredskapsplaner som anställda i den potentiellt farliga verksamheten.

Enligt Räddningsverkets (1997) metodik reduceras individrisken med en faktor 4 för arbetstagare innan det jämförs med riskkriterierna. Detta är till stor del kopplat till att arbetstagarna antas vistas på annan plats när de inte arbetar.

Trafikanter på väg, gång- och cykelstråk samt på parkeringsplatser vistas inte stadigvarande på platsen och för dem accepteras normalt en risknivå som överstiger riskkriterierna. Räddningsverket (1997) föreslår att individrisken reduceras med en faktor 100 för trafikanter innan den jämförs med riskkriterierna i Figur 10. I stadsplanering placeras farliga eller störande aktiviteter som till exempel drivmedelsstationer nära vägar då den typen av markanvändning anses mer robust och kan tåla en högre riskpåverkan.

Samhällsrisk utgörs av sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer till följd av en olycka. Samhällsriskmättet tar hänsyn till befolkningstäthet och studeras över ett område som normalt är en kvadratkilometer stort. Risker redovisas ofta som en s.k. F/N-kurva som visar den ackumulerade frekvensen (per år) för ett visst utfall mätt i antal döda. Kvalitativa resonemang om samhällsriskbidraget från verksamheterna inom planområdet kommer att föras utifrån resultaten. Övergripande bedömningar om samhällsriskbidraget är oacceptabelt, acceptabelt lågt eller inom ALARP-området kommer att göras med utgångspunkt i beräknade individrisknivåer.

3.2.5. Åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån flera olika analyser och metoder. Utformningsprocessen som pågått i samverkan med projekteringen har i en iterativ process nyttjats för att identifiera vilka åtgärder som kan vidtas för att minska riskerna inom verksamheten och från verksamheten mot omgivningen. Det kan röra sig om utformning, val av och placering av utrustning. Analysen ska avslutningsvis även beskriva effekterna av föreslagna åtgärder och redovisa vilka risknivåer som kvarstår efter att föreslagna skyddsåtgärder är vidtagna.

4. RISKIDENTIFIERING

4.1. Riskkällor inom CCS-anläggningen

Möjliga källor till olycksscenarier eller utsläpp av ämnen från anläggningen som kan påverka människors hälsa och miljön har identifierats och redovisas i följande avsnitt.

4.1.1. Koldioxid

Koldioxid (CO_2) är en lukt- och färglös gas som inte anses giftig (Räddningsverket, 2007)¹⁴ och som normalt förekommer i relativt låga koncentrationer i luften (0,04%). Människans utandningsluft består normalt av omkring 3,8 % koldioxid. När koncentrationen koldioxid ökar påverkas människans andning och syreupptagningsförmåga och koldioxid är därmed att betrakta som kvävningsframkallande (MSB, u.å.)¹⁵. Koldioxid är en tung gas, vid rumstemperatur är densiteten cirka 1,5 gånger luftens densitet, vilket innebär att koldioxiden är tyngre än luft och vid utsläpp ofta sprider sig längs marken.

Påverkan på den lokala naturmiljön vid utsläpp av koldioxid kan utgöras av motsvarande kvävningseffekt för djurlivet som för människor, samt en viss försurande effekt (sänkning av pH) för det påverkade ekosystemet. När utsläppt koldioxid har spätt ut i atmosfären utgörs dess negativa effekter främst av bidraget till den globala växthus-effekten, snarare än som en lokal konsekvens av det aktuella olycksförloppet.

Koldioxid kan förvaras som en kyl-/tryckkondenserad vätska i tankar eller rörledningar men övergår till fast form som snö (kolsyreis) och till gasform om den släpps ut till atmosfärstryck. Den kan fysikaliskt inte förekomma i vätskefas under atmosfärstryck. Koldioxid som förvaras under förhöjt tryck kan vid olyckor eller felaktig hantering leda till en påverkan mot omgivningen i form av:

- Kylning – koldioxiden upptar energi när den övergår till snö/fast fas eller gasfas och kyler därmed ner omgivningen. Koldioxid i kyld och flytande form innehar en klassificering enligt förordningen (EG) nr 1272/2008 under rubriken *Fysiska Risker* och *Komprimerade gaser*, *Kyld kondenserad gas* H281. Farokoden innebär att behållaren innehåller kyld gas som kan orsaka svåra köldskador. Köldskador kan uppkomma på både utrustning och människor i närområdet kring utsläppet. Detta antas utifrån simuleringar i tidigare uppdrag inte medföra någon betydande påverkan på större avstånd från anläggningen, utan främst utgöra en arbetsmiljörisk.
- Kvävning – höga koncentrationer i luft ger upphov till skador på människor.
- Tryckpåverkan – ger upphov till skador på både utrustning och människor.
- Splitterverkan – delar från anläggningen slungas mot omgivningen och kan ge upphov till skador på både utrustning och människor.
- Blästring – under vissa specifika förutsättningar kan det uppstå ett fenomen där koldioxiden övergår i fast fas samtidigt som en tryckvåg pressar kristallerna mot

omgivande föremål och ger en effekt som liknar den vid t.ex. sandblästring. Skador kan då uppkomma på både utrustning och människor.

Av ovan nämnda effekter bedöms kvävning vara den effekt som kan uppkomma på de längsta konsekvensavstånden vid ett olycksscenario med utsläpp av koldioxid. Samma fenomen kan också ev. leda till att förbränningsmotorer stannar.

Koldioxid kommer att hanteras både i gasfas och vätskefas inom olika delar av anläggningen. Hantering av koldioxid i gasfas medför mindre risk för omfattande utsläpp, än vid hantering av koldioxid i vätskefas.

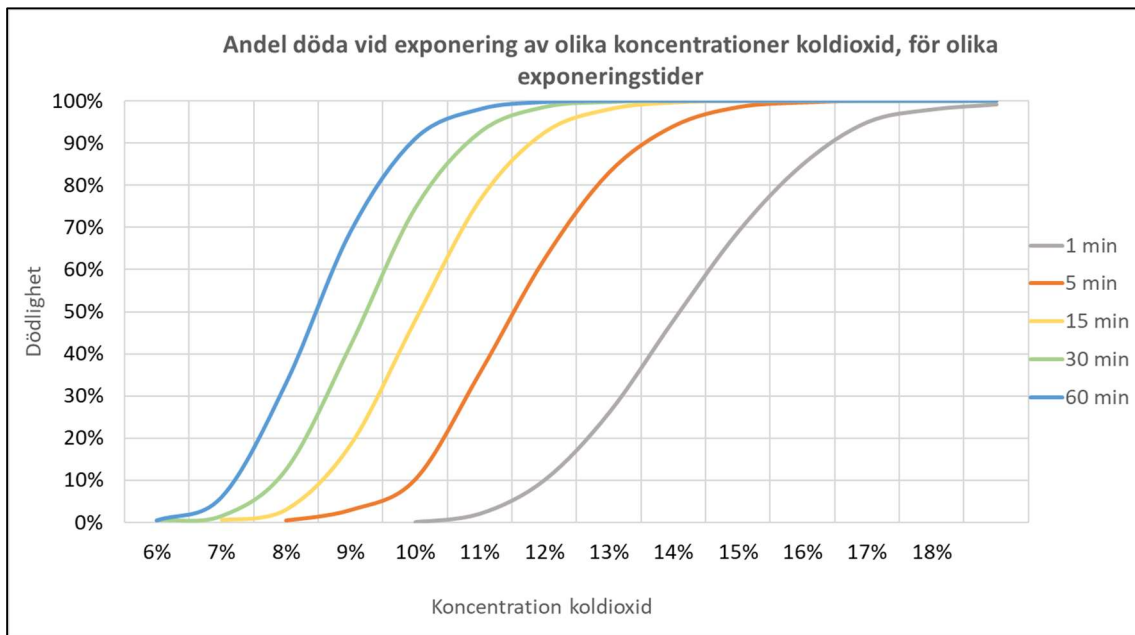
Olycksscenarier med koldioxid i *gasfas* som leder till utsläpp bedöms främst kunna ske från rörledningar och utrustning mellan infångningen och förvätskningsanläggningen, samt från de rörledningar som används för att fånga upp avkok från rörledningarna i vätskefas. Omfattningen av den möjliga påverkan mot omgivningen står i relation till utsläppshastigheten, den totala mängden som släpps ut och ventilationsförhållanden (inomhus eller utomhus). Det bedöms finnas möjligheter att utforma systemet så att den maximala mängden utsläppt koldioxid vid ett läckage är den mängd koldioxid (i gasfas) som vid tillfället finns i rörledningen (dvs att tillflödet kan stoppas relativt omgående). Påverkansområdet från ett utsläpp i gasfas bedöms vara begränsat och främst utgöra en arbetsmiljörisk.

Olycksscenarier med koldioxid i *vätskefas* bedöms ha större inneboende potential till konsekvenser på stora avstånd i omgivningen. Sådana utsläpp kan inträffa från rörledningar, ventiler och kopplingar med mera. De mest allvarliga konsekvenserna bedöms kunna uppkomma vid läckage i samband med lastning till fartyg i hamnen, eller vid tankskada på en mellanlagertank.

Omfattningen av den möjliga påverkan mot omgivningen står i relation till utsläppshastigheten, väderförhållanden samt den totala mängden koldioxid som släpps ut. Vid ett utsläpp av koldioxid i vätskefas kommer koldioxiden alltid att övergå till fast fas, gasfas eller en blandning av dessa när den lämnar den trycksatta tanken och släpps ut i atmosfärstryck. Därefter sublimerar den fasta koldioxiden till gasfas, koldioxid kan inte förekomma i flytande form under atmosfärstryck. (Rians, et. al, 2014)¹⁶. I Figur 11 presenteras beräknade probitfunktioner (Finney, 1952)¹⁷ och HSE (06/11)¹⁸ för dödlighet vid exponering av koldioxid för olika exponeringstider. Probitfunktionerna beskriver ett dos-respons-förhållande mellan koncentration koldioxid i luften, exponeringstid och skada på exponerad befolkning.

Efterhand blandas koldioxiden ut i den omgivande luften och koncentrationen sänks. Utblandningen går fortare vid högre vindhastigheter, varmare väder, mer solinstrålning vilka alla leder till en högre omblandning av koldioxidlagret i omgivande luft. Även ojämnheter på marken, små byggnader som blockerar koldioxiden, vågor på vattnet o.d. leder till en ökad turbulens och snabbar på utblandningen.

De största och mest utdragna utsläppen kan medföra förhöjda koncentrationer på relativt stora avstånd ut över vattnet, men endast under vissa speciella väderförutsättningar. Stabilitetsklass är ett sorts mått på hur mycket vertikala rörelser som sker i luftlagren, samt hur mycket turbulens som förekommer. Förhöjda koncentrationer av koldioxid kan uppkomma på de längsta avstånden då stabilitetsklass F råder. Stabilitetsklass F uppstår under mycket stabilt väder med låg vindhastighet och låg solinstrålning. Dessa förutsättningar uppstår företrädesvis molnfria vinternätter.



Figur 11. Dödlighetskurvor (sk. Probit-kurvor) för exponering av koldioxid vid olika exponeringstider.

4.1.2. Vattenånga och hett vatten

Ett utsläpp av vattenånga eller hett vatten från anläggningen bedöms främst kunna påverka människor i dess omedelbara närhet och orsaka personskador. Ur ett olycks-perspektiv bedöms förekomsten och hanteringen av vattenånga och hett vatten främst behöva hanteras inom ramen för verksamhetens arbetsmiljöarbete och beaktas inte vidare specifikt inom ramen för miljötillståndprocessen.

4.1.3. Köldmedium

Inom förvätskningsanläggningen planeras för att använda koldioxid som kylmedel. Ur ett olycksriskperspektiv bedöms koldioxid som kylmedel medföra ett försumbart risk-bidrag för anläggningen som helhet, med tanke på att koldioxid kommer att hanteras inom verksamheten i mycket stora mängder.

4.1.4. Arbetsmiljörisker

Risikällor som har både sitt ursprung och påverkan inom verksamhetsområdet, perspektiv C enligt Figur 6, är att betrakta som arbetsmiljörisker då anläggningen endast kommer vara tillgänglig för verksamhetens egen personal eller entreprenörer. Dessa

arbetsmiljörisker hanteras enligt relevant arbetsmiljölagstiftning och utreds inte vidare i denna riskbedömning.

4.2. Händelser med möjlig omgivningspåverkan

Nedan beskrivs ett antal identifierade orsaker till händelser som kan innebära utsläpp av koldioxid. De övergripande scenarier som studeras vidare med avseende på olycksrisk-påverkan inom anläggningen och mot omgivningen till följd av utsläpp av koldioxid presenteras i Tabell 2. Observera att dessa scenarier i riskanalysen bryts ned i fler delhändelser baserat på variationer av t.ex. läckagestorlek/hålstorlekar, väder/vindförhållanden, läckageriktningar, driftförhållanden, placering av komponenter med mera. Simulerade utsläppspunkter framgår av Figur 28. Identifierade scenarier analyseras vidare i avsnitt 5.1.

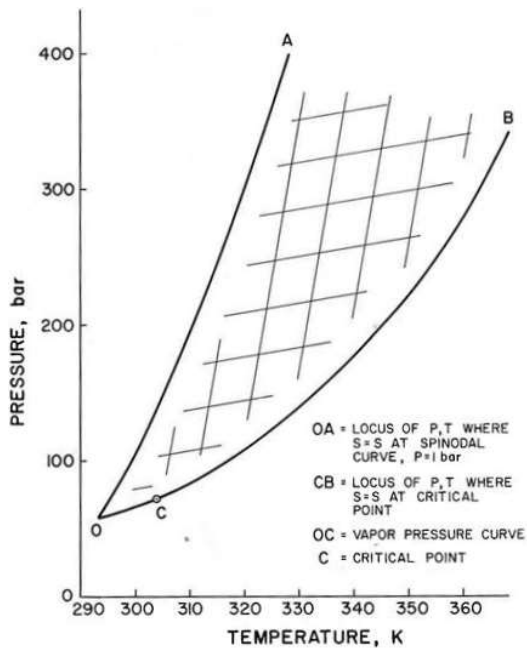
Tabell 2. Sammanfattning av olycksscenarier som identifierats för fortsatt analys.

Delsystem	Händelse	Beskrivning
Förvätskningsanläggning (inkl. rörledningar)	Läckage av koldioxid i vid komprimering eller dehydrering	Läckage av koldioxid skulle kunna leda till en uppbyggnad av skadliga koncentrationer i det aktuella utrymmet i byggnaden.
	Läckage av koldioxid i vätskefas vid förvätskningen	Förvätskningsanläggningen utgör första platsen i processen där ett utsläpp av koldioxid i vätskefas skulle kunna ske och dessutom utomhus, t.ex. från värmväxlare eller rörledningar. Ett läckage kan med rätt utformade tekniska system sannolikt snabbt detekteras och stoppas, vilket ger en kort varaktighet.
	Läckage av koldioxid i vätskefas vid rörledning från förvätskning till mellanlager	Ett rörbrott eller mindre skada på rörledningen mot mellanlagret bedöms kunna leda till ett kortvarigt utsläpp i vätskefas.
	Utsläpp från tryckavlastningsventiler	Bedöms inte utgöra olycksscenarier, utan är ett förväntat driftsfall som dimensioneras så att inga skadliga koncentrationer uppkommer på platser där människor kan vistas (t.ex. på marknivå, om utloppen placeras på en upphöjd nivå).
Mellanlagertank	Läckage av koldioxid i vätskefas genom rörbrott.	Utsläppet antas i detta mycket osannolika scenario uppstå så att det inte är möjligt att stänga av, och motsvarar därmed ett värsta scenario av en rämnad tank. Utsläppet fortgår därmed tills tanken är tömd. Sådana utsläpp kan ske vid skada på tanken eller på en anslutande rörledning, i det korta avståndet mellan tankväggen och nödavgångsventil. Ventilen placeras i princip dikt an mot tankanslutningen. I huvudscenariot antas läckaget uppstå i röranslutningen under tanken, vilket innebär att utsläppet är nedåtriktat och i vätskefas. Läckaget har även simulerats med riktning ut mot Igelstaviken.
Rörledning mellan mellanlagring	Läckage av koldioxid i vätskefas från rörledning på rörbrygga över Nynäsvägen i	Rörledning mellan mellanlager och kaj är endast fylld när lastning till skepp sker. Ett läckage som omedelbart kan detekteras och avbrytas med tekniska system, så att

Delsystem	Händelse	Beskrivning
och fartygslastning.	samband med lastningstillfällen.	lastning kan avbrytas och ventiler mellan sektioner stängas.
Fartygslastning (inkl. fasta installationer på kaj)	Läckage av koldioxid i vätskefas från lastarmar.	Ett läckage i samband med utlastning till fartyg med högt flöde, men relativt kort varaktighet då system för nödaktiveringskoppling (ERC – Emergency Release Couplings) kan tillämpas. Utsläppet antas kunna ske exempelvis på grund av mekanisk skada på lastarm eller förtöjningar. Riktningen på läckaget antas vara nedåt.

En *BLEVE* (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) är ett våldsamt händelseförlopp som kan inträffa om tryck- eller kylkondenserade gaser momentant släpps ut ur sin behållare och genomgår en omedelbar fasövergång från vätska till gas. Om det aktuella ämnet även *skulle* vara brännbart och en förbränning av gasvolymen sker, leder förloppet till en kraftig explosion med ett expanderande eldklot och medföljande tryck- och värmepåverkan mot omgivningen. För icke brännbara gaser likt koldioxid innebär händelseförloppet inte samma värmestrålning mot omgivningen, men likväl en potentiellt teoretiskt möjlig tryck- och splitterpåverkan (samt sannolikt en nedkylningseffekt).

Det finns studier (Telemark University, 2009)¹⁹ och (Energy Procedia, 2015)²⁰ som belyser att olycksscenarier som leder till Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) *i teorin* kan förekomma vid hantering/lagring av koldioxid under vissa specifika förhållanden där koldioxiden förekommer i så kallat superkritiskt tillstånd. Dessa förhållanden innebär dock att koldioxiden måste befinna sig i en domän av tryck och temperatur enligt Figur 12 för att kunna genomgå en så kallad isentropisk tryckminskning DNV (2013)²¹. De höga tryck som krävs för att koldioxid i vätskefas ska befinna sig inom detta område (som minst femtio bar och upp till flera hundra bar) kommer inte att kunna förekomma i anläggningen, som generellt utformas för ett tryck på ca 15-20 bar för vätskefasen. Det innebär att om delar av utrustningen i anläggningen skulle utsättas för extremt förhöjda tryck, kommer tryckavlastningar i systemet att aktiveras. Om dessa mot förmodan skulle felfunktionera bedöms flera olika typer av systemkomponenter sannolikt brista och leda till ett läckage (som sänker trycket) innan superkritiska förhållanden uppstår.



Figur 12. Domän inom vilken koldioxid behöver befinna sig för att kunna genomgå en BLEVE. Den aktuella anläggningen utformas för att utrustning innehållandes koldioxid är utanför (under) detta område.

4.3. Riskkällor i omgivningen

Riskidentifiering avseende riskkällor i omgivningen tar sin utgångspunkt i befintliga anläggningar. Följande riskkällor har identifierats:

Riskkälla	Beskrivning	Utreds vidare
Järnvägstrafik	Västra stambanan passerar på Igelstabron söder om verksamhetsområdet. Järnvägen utgör primär transportled för farligt gods. Avståndet mellan järnväg och planerad verksamhet överstiger ca 450 meter.	Nej. Med hänsyn till det stora avståndet bedöms inga olyckor på järnvägen utgöra en sådan riskpåverkan mot anläggningen att den behöver utreda vidare.
Fordonstrafik genom området	Fordonstrafik utgör en påkörningsrisk, särskilt mot de anläggningsdelar som innehåller förvätskad koldioxid.	Ja.
Sekundär transportled farligt gods	På grund av transporter till Igelstaverket är Nynäsvägen klassad som sekundär transportled för farligt gods fram till verkets huvudentré. Transporterna består enligt en tidigare sammanställning av ett mindre antal transporter av eldningsolja (ca 25 st/år) och ammoniak med koncentration 25% (56 st/år) ²² . Avståndet mellan huvudentré och planerad verksamhet överstiger ca 400 meter.	Nej. På grund av avståndet till transportleden samt mängd och typ av gods utgör transportleden inte en sådan riskpåverkan att den behöver utredas vidare.

Riskkälla	Beskrivning	Utreds vidare
Oljehamnen	Storskalig hantering av främst brandfarlig vätska inom Oljehamnen på motsatt sida Igelstaviken. Avståndet från anläggningen till närmsta cistern inom oljehamnen är ca 400 meter.	Nej. En storskalig brand inom Oljehamnen kan säkerligen utgöra en driftstörning för anläggningen vid vissa vindriktningar. Men utgör inte en sådan riskpåverkan att den behöver utredas vidare.

4.4. Riskkällor förknippade med följdverksamhet

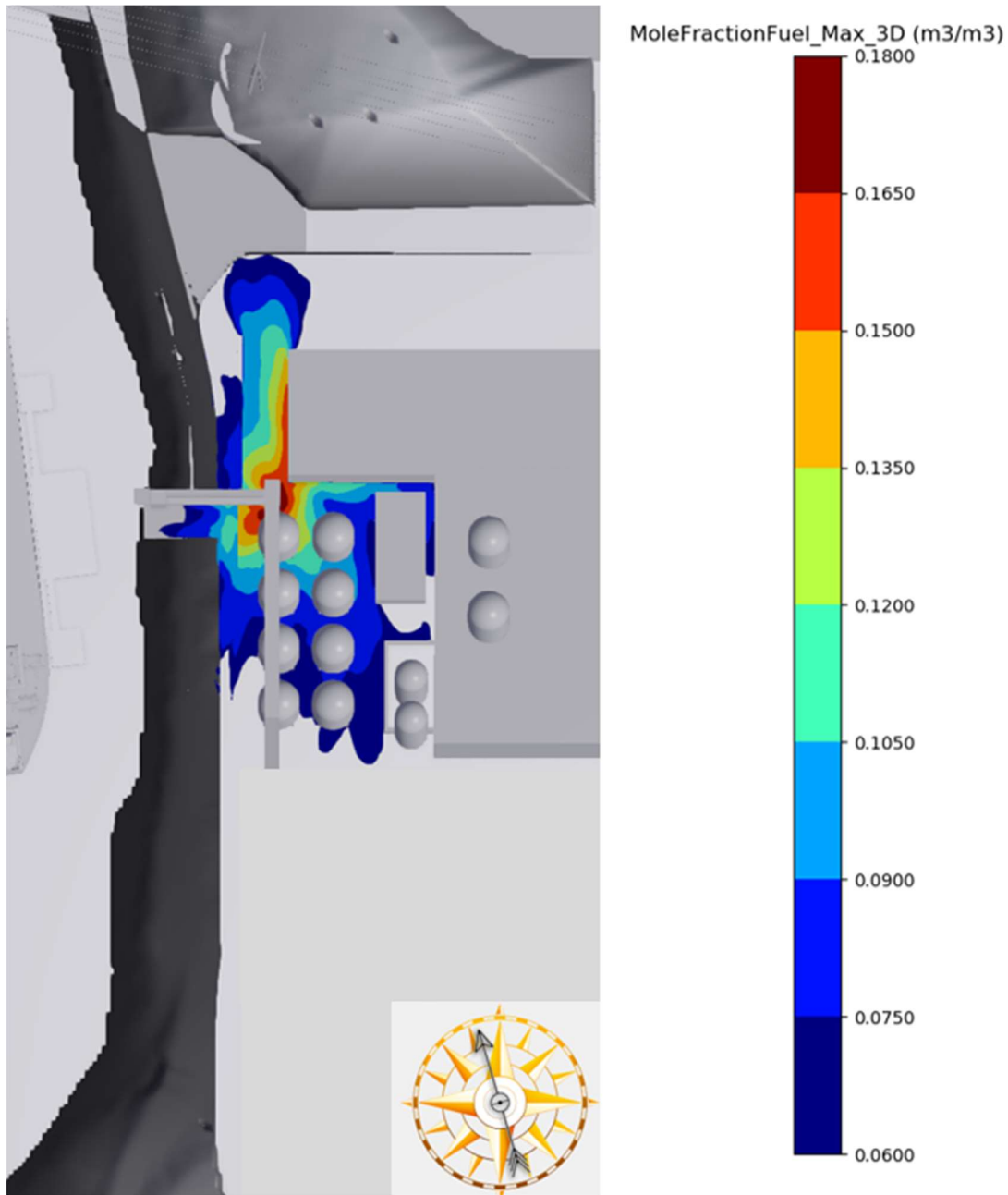
En följdverksamhet av anläggningen är de fartygstransporter som kommer att ta koldioxiden från mellanlagret till en permanent lagringsplats. Det är i nuläget inte känt vilken destination dessa fartyg kan få, men det kan antas att de kommer färdas söderut ut mot Östersjön. Det bedöms relevant att beakta olycksscenarier förknippade med fartygsrörelser inom hamnområdet innan fartygen fortsätter ut mot öppet hav. Dessa fartygsrörelser har utretts separat i en nautisk riskanalys (Maflobe, 2024)²³ och ingår inte i denna riskbedömning.

5. RISKANALYS OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel presenteras genomförd riskanalys och riskvärdering. Analysen fokuserar på riskpåverkan som anläggningen har mot omgivningen (perspektiv "B", enligt Figur 6), samt riskpåverkan från omgivningen mot anläggningen (perspektiv "A") och avslutas med resonemang kring osäkerheter. Perspektiv "C" avser arbetsmiljörisker och faller utanför avgränsningen för denna analys, men kommer att beskrivas översiktligt.

5.1. Riskpåverkan från anläggningen mot omgivningen

De olyckshändelser som identifierats har studerats vidare avseende omgivningspåverkan utifrån beräknade frekvenser och modellerade konsekvenser. Detaljerad information om frekvens- och konsekvensberäkningar är sammanställt i Bilaga A. I Figur 13 presenteras ett exempel på hur resultat från genomförda CFD-simuleringarna kan se ut. Ytterligare utsläppsscenarioer har analyserats i CFD och redovisas i Bilaga A.

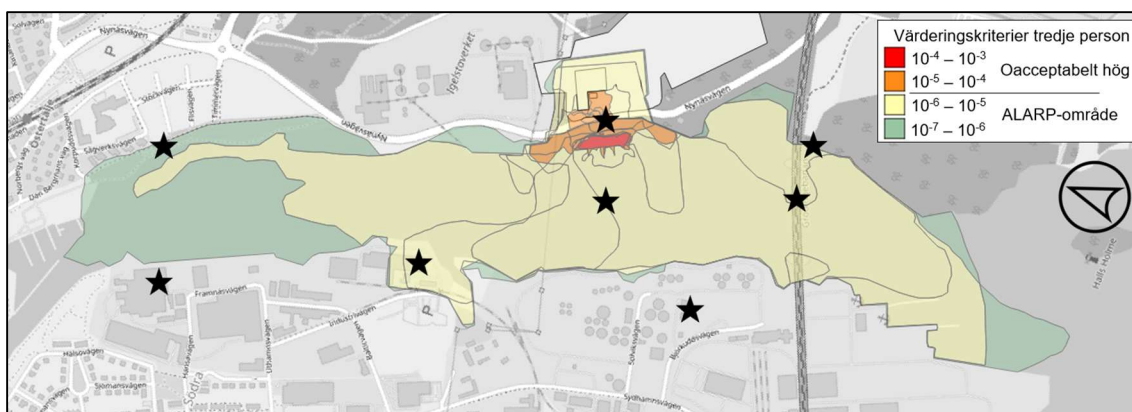


Figur 13. Exempel på resultatredovisning från CFD-modelleringar. I detta specifika scenario (benämnt "13") sker ett rörbrott vid förvätskningsanläggningen utomhus som leder till ett läckage riktat ut mot Igelstaviken. Färgskalan visar den maximala utbredningen av respektive koncentration (volymprocent i luft, där t.ex. den ljusblå på 0.0900 ska utläsas som 9 %). Denna typ av resultat finns för ett stort antal studerade scenarier och utgör tillsammans indata till beräkning av risknivåer.

Dessa typer av resultat har använts som utgångspunkt för att definiera konsekvensområdet för respektive scenario, där koncentrationen överstiger tillämpade gränsvärden. För en exponeringstid av 30 minuter tillämpas 9,2 % som gränsvärde för riskberäkningarna och detta kan ses med som en blå eller turkos färg i resultatredovisningarna från CFD-modelleringarna. För varje utsläppscenario finns en beräknad frekvens. Vart och

ett av dessa konsekvensområden överlagras med hjälp av ett GIS-verktyg på en grundkarta över området. Där konsekvensområden överlappar varandra har frekvenserna för utsläppsscenarierna adderats för att på så sätt åskådliggöra det totala riskbidraget.

Beräknade individrisknivåer till följd av CCS-anläggningen redovisas i Figur 14, där stjärnor indikerar ett skyddsvärde som fått en egen rubrik nedan. Genomgående när risk diskuteras i detta kapitel handlar det om det bidrag till individrisken som anläggningen har beräknats ge upphov till.



Figur 14. Individriskbidrag från anläggningen. Riskvärderingskriterierna som redovisas är utifrån Räddningsverkets *Värdering av risk* och är tillämpliga för tredje person som vistas stadigvarande i omgivningen (t.ex. för tillämpning avseende bostadsområden eller sårbara typer av markanvändning). Observera att bilden roterats. En kopia i större skala finns i bilaga A i slutet av rapporten.

Resultaten visar att utsläppen generellt rör sig ner mot vattenytan och ut över den. Koldioxiden är tyngre än luft och sprider sig mot lågpunkter. Koncentrationen av koldioxid avtar snabbt med höjden över mark- eller vattenytan. Beroende på det simulerade utsläppets storlek och varaktighet kommer de täcka olika stora ytor. Höjdsättning av kajer, strandlinjer och ytor är därför av stort intresse. Generellt sett håller sig utsläppet (9%) på vattenytan och når inte över kaj- och strandlinjer, se Figur 14. Dock exponeras ett område kring Nynäsvägen, utmed strandkant, kring nya kajplatsen samt kring skeppet för en individrisknivå som skulle vara oacceptabelt hög för stadigvarande vistelse för tredje person. Inom dessa områden förväntas ingen stadigvarande vistelse för tredje person. Verksamhetsområdet kommer omfattas av skalskydd och hindrar tillträde för obehöriga. I ett större område ut över Igelstaviken hamnar risken i det så kallade ALARP-området, där risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas.

Riskbidraget förknippat med en kyleffekt vid ett utsläpp bedöms utifrån CFD-simuleringar i andra CCS-projekt inte vara betydande på större avstånd från anläggningen, utan främst utgöra en arbetsmiljörisk i närområdet kring utsläppspunkten. Den nedkylande effekten avtar med ökande avstånd. Ut över vattnet på Igelstaviken bedöms nedkylning kunna vara märkbar vid ett stort utsläpp (en temperatursänkning i storleksordningen 5-10 grader), men det bedöms inte utgöra en akut hälsofara.

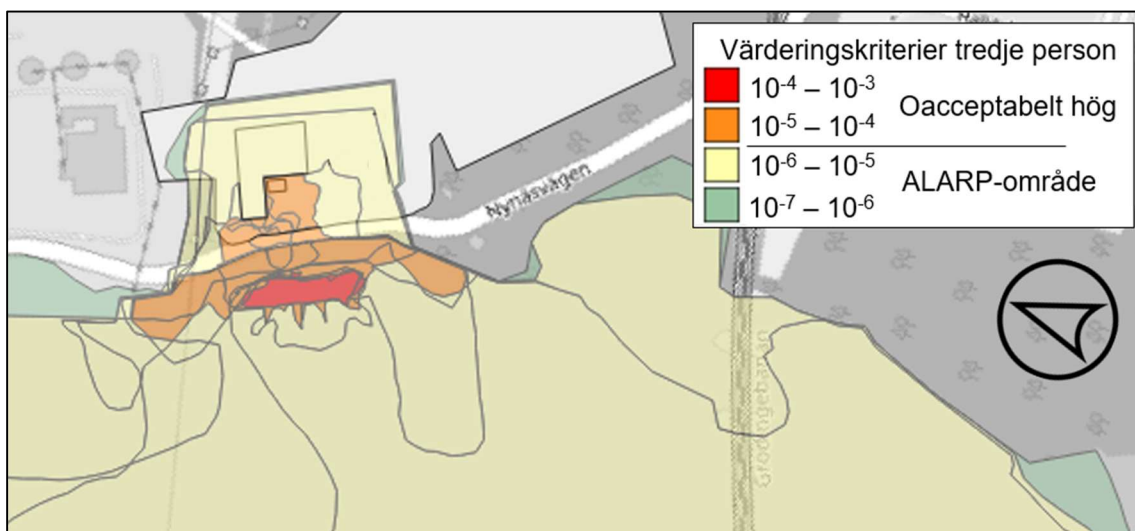
Vid Talludden och Gulliborg har ingen riskpåverkan kunnat påvisas vid själva husen. Det är den stora höjdskillnaden och troligen de skarpa slänterna som leder till detta. Men avstånden mellan byggnaderna och mellanlagret är relativt korta, varför nyttjandet ändå bedöms rimligt att begränsa. Husen ägs av verksamheten som har rådighet över nyttjandet.

Både vid skolan på Gärtunavägen och inom Astra Zenecas verksamhetsområde är de beräknade risknivåerna från verksamheten acceptabelt låga nivåer. Resultaten visar sammanfattningsvis att individriskbidraget från anläggningen är förhöjt på några platser där tredje person förväntas vistas stadigvarande eller passera förbi. Dessa platser diskuteras vidare nedan var för sig. Inga närliggande bostäder eller andra känsliga typer av verksamheter får en förhöjd risknivå. Påverkan på riksintresse för kommunikation analyseras separat nedan.

Fortsatta resonemang om åtgärder presenteras i kapitel 6.

5.1.1. Nynäsvägen

Där Nynäsvägen passerar den tillkommande verksamheten är risknivåerna oacceptabelt höga för stadigvarande vistelse för tredje person men är inte att betrakta som oacceptabla för en trafikant. Med en reduktion av individrisken med en faktor 100 enligt Räddningsverkets vägledning (1997) till acceptanskriterierna hamnar individrisken inom ALARP-området där risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas.



Figur 15. Individriskbidrag från anläggningen. Utsnitt vid Nynäsvägen.

Vid vistelse i trafikmiljö är risknivån ofta att betrakta som förhöjd, både på grund av risk för krock eller avåkning men också på grund av den risk som trafikanten utsätts för på grund av transporter av farligt gods och farliga verksamheter som passeras. Den aktuella busslinjen passerar till exempel på sin väg från Södertälje Centrum till Nynäs-hamns station över E4/E20 (primär transportled farligt gods), under Västra stambanan

två gånger, förbi Igelstaverket, minst tre drivmedelsstationer. Busslinjen går till stor del av vägen på sekundär transportled för farligt gods eller primär transportled (väg 225 och 73).

Längden på den vägsträcka som det kan röra sig om kommer bero på hur höjder, skärningar och nya byggnader anläggs men i CFD-modellen rör det sig om ca 350 meter. Nynäsvägen är idag skyltad för 60 km/h, och det är oklart om den kommer att hastigheten kommer att sänkas. Vid skyltad hastighet passeras sträckan på ca 21 sekunder. Vid 40 km/h tar det 32 sekunder. Grovt räknat befinner sig någon buss inom det aktuella området ca 100 h per år eller en minut per timme, men det rör sig alltså om olika chaufförer och passagerare. Om ett utsläpp detekterats antas vägsträckan stängas av för genomfart.

Sammantaget bedöms risknivån vid Nynäsvägen (där den passerar anläggningen) vara sådan att riskreducerande åtgärder för att reducera individrisken vid Nynäsvägen behöver övervägas, se Kapitel 6 för fortsatta resonemang om lämpliga åtgärder.

5.1.2. Farleden

Precis i närheten av den tillkommande kajen och det skepp som periodvis ligger förtöjt vid kajen, är individrisken att betrakta som oacceptabelt hög för stadigvarande vistelse för tredje person. På vattnet förekommer dock ingen stadigvarande vistelse, utan det är endast i samband med att fartyg eller båtar passerar som människor vistas i området kortvarigt. Längre ut i farleden är individriskbidraget högt inom ALARP-området, där risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas. Det ska dock noteras att det finns oklarheter i tillämpningen av individriskkriterierna för människor som vistas ombord fartyg som passerar anläggningen.

Då halten koldioxid generellt är störst vid vattenytan och avtar snabbt på bara några meters höjd finns en osäkerhet i att bedöma faktisk riskpåverkan för människor ombord på ett större fartyg. Personer ombord på ett högre fartyg kan antas påverkas i mindre grad – eller inte alls – än personer ombord på ett mindre fartyg. Redovisade risknivåer är därmed troligen mer korrekta för fritidsbåtar än för större handelsfartyg där bedömningen blir väl konservativ. Antal passager av fritidsbåtar är baserat på antal slussningar minst ca 1100 per år. Dessa är främst koncentrerade till sommarmånaderna. Av kartläggning av passager (SSPA, 2024)²⁴ förbi Lantmännens kaj belägen på motsatt sida Igelstaverket, lite längre upp i kanalen framgår att ca 1000 fartyg med en längd på under 50 m och AIS-system klass A^a passerat per år (2017-2021). Detta indikerar att ett mindre antal personer samtidigt kan antas komma att vistas på fartyg inom den riskutsatta delen av farleden. Sammantaget bedöms det, trots dessa osäkerheter kring riskpåverkan över vattnet, vara rimligt att överväga åtgärder. Se fortsatta resonemang om lämpliga åtgärder i Kapitel 6.

^a Automatic Identification System (AIS) är ett automatiskt spårningssystem som är obligatoriskt för fartyg över en viss storlek och alla passagerarfartyg oavsett storlek.

Farleden är riksintresse för kommunikation, se Figur 7. För att en konflikt ska finnas mellan anläggningens potentiella omgivningspåverkan och riksintresse för kommunikation behöver det visas att verksamheten påtagligt försvårar nyttjandet av farled eller sjöfart. Det handlar inte om en geografisk påverkan utan om en påverkan av möjligheten att nyttja funktionen som riksintresset ska fylla. Den riskpåverkan som kan uppstå enligt Figur 14 är inom ALARP och bedöms inte påtagligt försvåra nyttjandet av riksintresset.

5.1.3. Oljehamnen

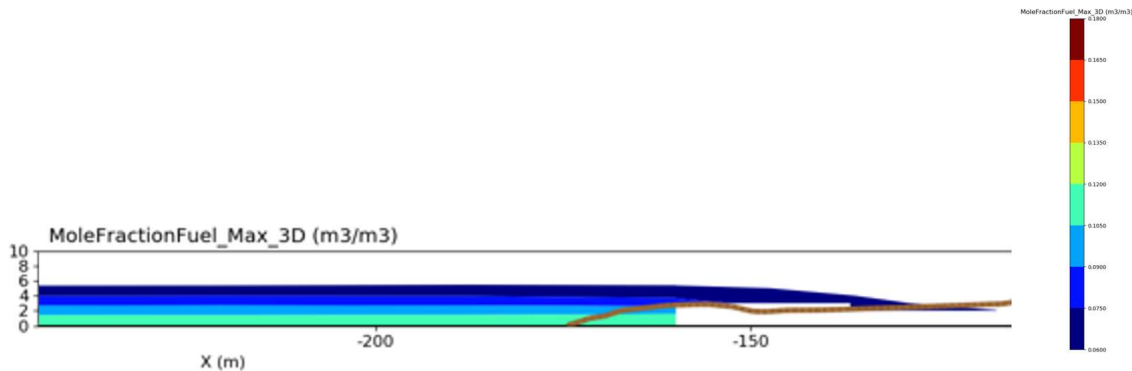
Oljehamnen är riksintresse för kommunikation, se Figur 7. Hamnen påverkas enbart av individriskbidraget i kajområdet och nära lossningsplatsen i norra änden. För att en konflikt ska finnas mellan anläggningens potentiella omgivningspåverkan och riksintresse för kommunikation behöver det visas att verksamheten påtagligt försvårar nyttjandet av hamnen. Det handlar inte om en geografisk påverkan utan om en påverkan av möjligheten att nyttja funktionen som riksintresset ska fylla. Den beräknade riskpåverkan innebär i praktiken att Oljehamnen skulle uppleva en störning i form av ett larm som tillfälligt stoppar delar av verksamheten en gång på 100 000 år. Den riskpåverkan som kan uppstå enligt Figur 15 bedöms inte påtagligt försvåra nyttjandet av riksintressena.

5.1.4. Igelstabron

Järnvägsbron är riksintresse för kommunikation, se Figur 7. Igelstabron är Sveriges näst högsta järnvägsbro och är som högst 48 meter över vattenytan, se Figur 16. Vy över Igelstabron från Oljehamnen illustrerar dess höjd. Figur 17 visar tydligt att ett utsläpp av koldioxid längs vattenytan tillfälligt kan nå en tjocklek om några få meter och inte har någon påverkan på riksintresset.



Figur 16. Vy över Igelstabron från Oljehamnen illustrerar dess höjd. (Google maps)



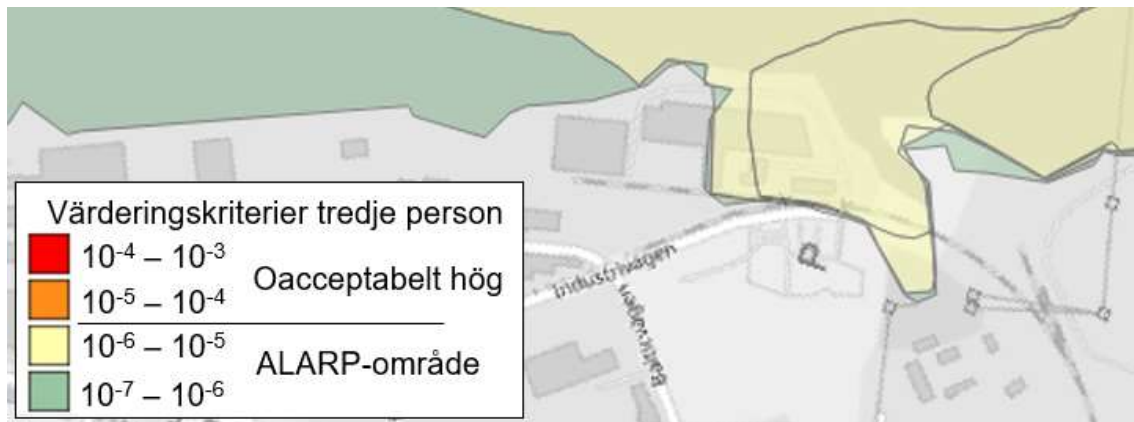
Figur 17. Maximal höjd (y-axeln) på koldioxidtäcket (6%) under Igelstabron för stort tankutsläpp (scenario 22). Det mörkaste blå lagret motsvarar 6-7,5%, det understa lagret 10,5-12 %.

5.1.5. Verksamhetsområdet vid Industrivägen

Inom delar av verksamhetsområdet i slutet av Industrivägen, på västra sidan Igelstaviken, se Figur 18, är den beräknade individriskbidraget högt inom ALARP-området, där risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas. Enligt Räddningsverkets vägledning (1997) till riskvärderingsprinciperna kan individrisken reduceras med en faktor 4 för arbetstagare. Detta är kopplat till antaganden om att arbetstagaren inte vistas dygnet runt på sin arbetsplats. Med en sådan reduktion är individrisken fortsatt mitt i ALARP-området.

Den största byggnaden i figuren utgörs delvis av verkstäder och delvis av kontor i tre våningar. Inom det exponerade området bedöms den största antalet stadigvarande befinna sig i den kontorsbyggnaden. Området kring denna stora byggnad är inhägnat och bedöms därmed inte vara tillgängligt för allmänheten i någon större utsträckning. På grund av verksamhetens art antas det att området mest befolkas under kontorstid. Det är främst personer som vistas utomhus som kan antas exponeras för farligt förhöjda halter av koldioxiden. Inom i ett kontor med normal luftomsättning skulle det ta längre tid att ventilerar in koldioxiden än tiden som utsläppet pågår.

De väderförhållanden som ger upphov till stabilitetsklass F som ger störst exponering för verksamhetsområdet uppstår ca 20% av året, och då övervägande nattetid. Baserat på data om vindhastighet och solens upp- och nedgång beräknas stabilitetsklass F sammanfalla med antagen arbetstid (7.30-17.30) i ca 20% av denna tid. Denna faktor ingår inte i beräkningarna av individrisk men påverkar bedömningen av den positivt. Riskreducerande åtgärder som har effekt på risknivån behöver övervägas och sådana föreslås i Kapitel 6.



Figur 18. Individriskbidrag från anläggningen vid verksamhetsområdet med kontor.



Figur 19. Verksamhetsområdet från väster. (Google maps)

5.1.6. Båtvarvet

Vid båtvarvet som ligger strax söder om Igelstaverns östra brofästen är den beräknade individrisken inom den övre delen av ALARP-området, där risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas, se Figur 14. Inom området vistas både arbetstagare vid varvet och privatpersoner som tar hand om sina båtar. Området är ur ett riskperspektiv att betrakta som ett industriområde, se Figur 20²⁵, med ett fåtal arbetstagare där privatpersoner vistas tillfälligt och företrädesvis under sommarsäsong. Landområdet liksom en yta på Igelstaviken är planlagt (Södertälje kommun, 2022)²⁶, där vattenområdet är planlagt som småbåtshamn. Sommartid finns ett 20-tal båtplatser att hyra i viken vid varvet. Varvet uppger att övernattning i begränsad omfattning kan ske i samband med hämtning av båt. Småbåtshamnen är inte en gästhamn utan nyttjas främst av kunder som vinterförvarat sina båtar på varvet för att sedan ta till sin vanliga sommarplats (Wasa Yachts, u.å.)²⁷.

Riskreducerande åtgärder som har effekt på risknivån behöver övervägas och sådana föreslås i Kapitel 6.



Figur 20. Båtvarvet vid Igelstabrons östra brofästen.

5.1.7. Igelsta strand

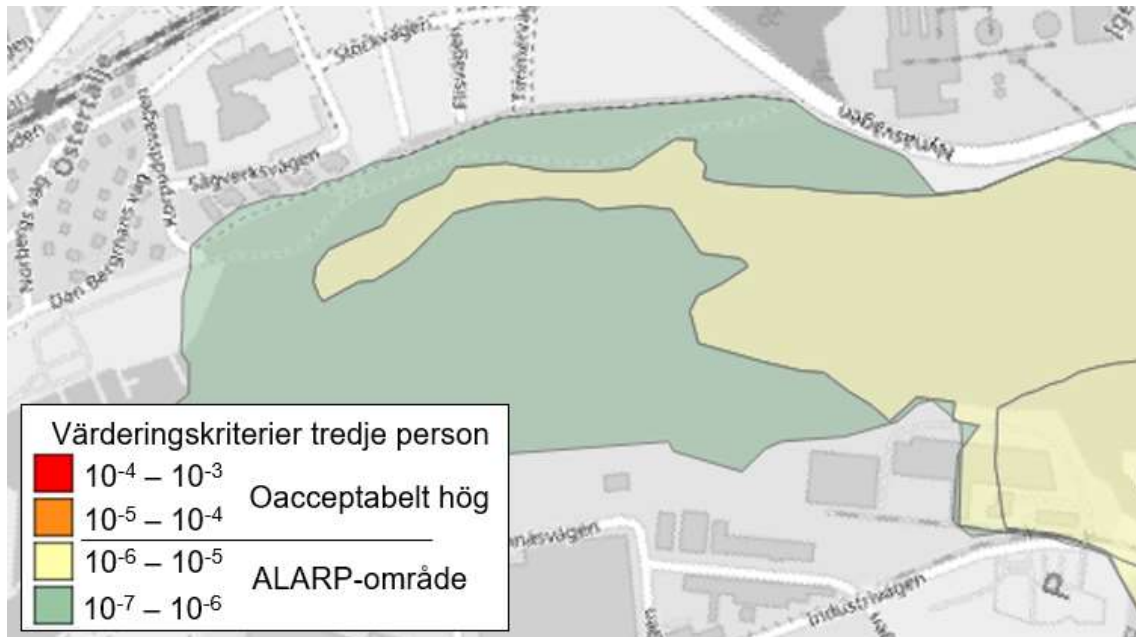
Igelsta strand utgörs av radhus och flerbostadshus. Ovanför bostadsbebyggelsen finns en skola. Mellan bostäderna och vattnet finns ett grönområde som lutar flackt ned mot vattnet med en skarpare sluttning vid vattenbrynet. Ingen badplats eller kiosk finns. Detaljplanen förbjuder att badplats anordnas samt föreskriver att strandkanten ska utformas så att den försvårar bad. Lägsta bostad och lokalgata är planerad på höjden + 7 meter i det höjdsystem som gällde när detaljplanen togs fram. Denna lägsta nivå är ca 3 meter över vattenytan även vid det högsta dimensionerande flödet (dvs högsta tänkbara vattenstånd direkt nedströms slussen när Mälaren svämmar över) (Södertälje kommun, 2014)²⁸, se Figur 22.

Resultaten visar att en förhöjd koncentration av koldioxid kan förekomma i ett lager som är upp till cirka 4 meter tjockt över vattenytan, vid de mest osannolika men allvarliga scenarier som studerats. Det innebär att konsekvensområdet för de studerade scenarierna inte når till bostäderna vid normalvattenstånd, men att delar av grönområdet kan komma att påverkas. Den beräknade frekvensen för ett sådant scenario är mindre än en gång på en miljon år. Uttryckt med hjälp av riskmättet individrisk innebär det att grönytan och gångvägen exponeras för en individrisk i det så kallade ALARP-området. Det innebär att risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas.

Utmarkerad grön yta, se Figur 21, motsvarar 9% koldioxid i luften på en höjd av ungefär 1,5 meter över markytan och täcker ungefär grönområdet fram till bostäderna. Inom grönområdet förväntas ingen stadigvarande vistelse. Enligt vägledningen till riskvärderings-principerna kan individrisken reduceras med en faktor 10 för icke stadigvarande vistelse inom rekreationsområden. Detta är kopplat till antaganden om att de flesta inte vistas mer än några timmar i veckan inom ett rekreationsområde. Med en sådan reduktion är individrisken att betrakta som acceptabel inom det aktuella området.

Det är ett specifikt studerat scenario som kan leda till påverkan vid denna plats. Flera mycket specifika omständigheter behöver sammanfalla för detta: en vid tillfället helt fylld mellanlagertank ska skadas så allvarligt att dess innehåll läcker ut på kort tid utan att utsläppet stoppas, vinden ska blåsa svagt norrut upp i kanalen, vädret ska vara kallt och utan solinstrålning för att skapa så stabila atmosfärförhållanden att koldioxiden inte blandas om (späds ut) innan den når området.

Inga ytterligare riskreducerande åtgärder krävs strikt enligt riskvärderingskriterierna, men möjliga åtgärder kommer ändå att övervägas i kapitel 6.



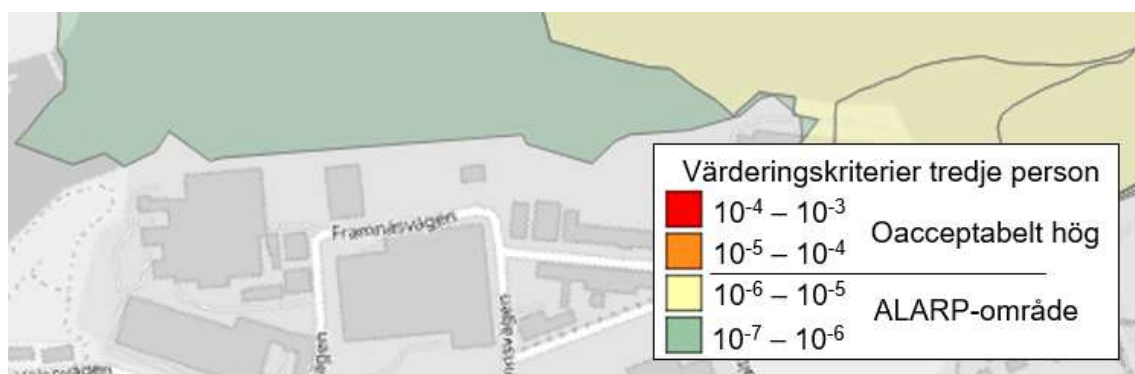
Figur 21. Individriskbidrag från anläggningen. Utsnitt vid Igelsta strand.



Figur 22. Utsnitt ur detaljplan för Igelsta strand.

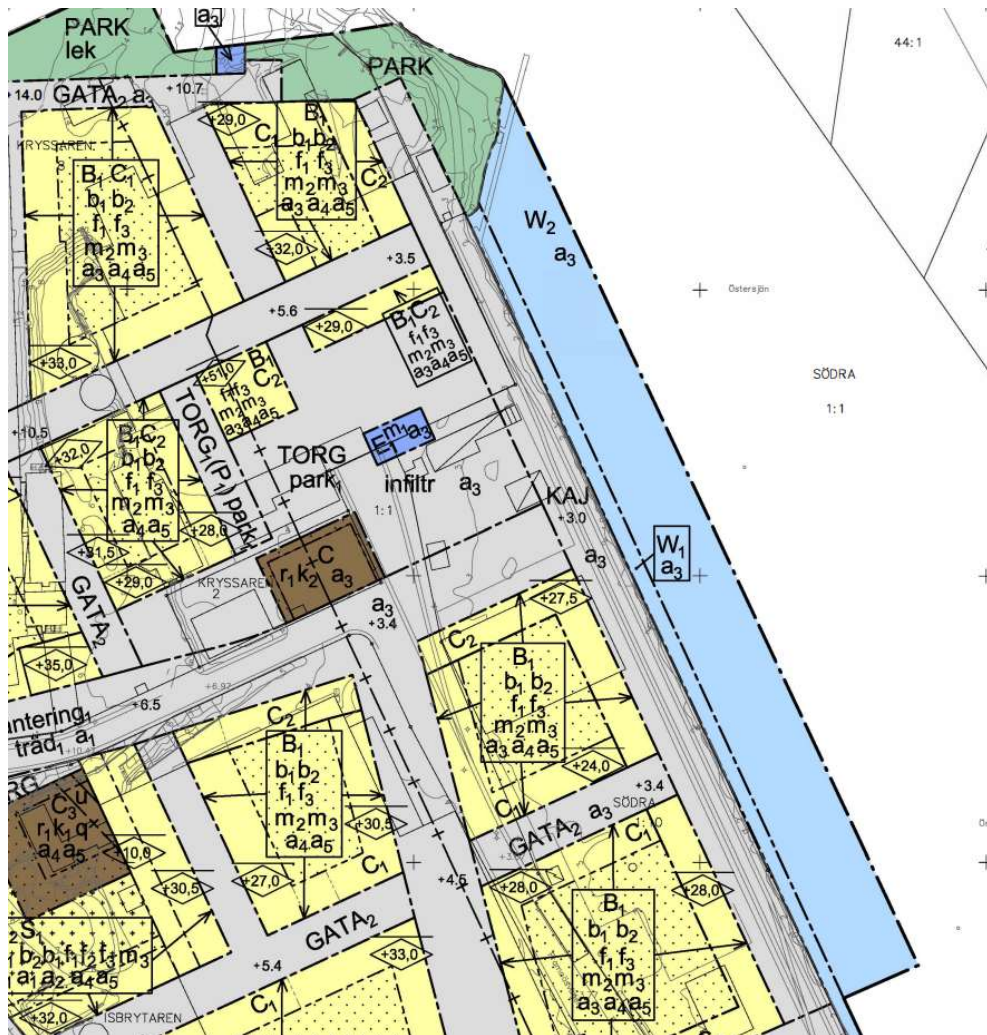
5.1.8. Uthamnen (f.d. Kv. Kryssaren 8 och Isbrytaren 1 m.fl.)

Förslaget till detaljplan som tas fram för Kvarteret Kryssaren 8 och Isbrytaren 1 m.fl. (Södertälje kommun, 2019)²⁹ var på samråd under 2019 men har sedan dess inte varit ute på granskning. Här har samrådshandlingar främst funnits som underlag. Inom detaljplanen föreslås kajkanten regleras till en höjd på ca 3 meter över vattenytan. Höjdsättning av kaj är intressant då ev. utsläpp av koldioxid antas röra sig som en tung gas över vattenytan på större avstånd från utsläppspunkten. Med denna höjdsättning finns ingen riskpåverkan inom planområdet på land.



Figur 23. Individriskbidrag från anläggningen. Utsnitt vid Uthamnen.

Inom detaljplanen planeras dock överbryggt vattenområde i form av bryggor i olika nivåer utanför kajkant, se Figur 24. I illustrationsplan från samrådet höjdsätts dessa ned till 0,7 meter över vattnet, i gestaltungsprogram som därefter tagits fram är lägsta nivå 1,3 meter. Inom den yta som föreslås få denna reglering är den beräknade individrisken lågt inom ALARP-området, där risken kan tolereras för tredje person om alla rimliga åtgärder vidtas. Bryggorna räknas som rekreationsområde och ingen förväntas stadigvarande vistas där. Enligt vägledningen till riskvärderingsprinciperna kan individrisken reduceras med en faktor 10 för icke stadigvarande vistelse inom rekreationsområden. Detta är kopplat till antaganden om att de flesta inte vistas mer än några timmar i veckan inom ett rekreationsområde. Med en sådan reduktion är individrisken att betrakta som acceptabel även på bryggorna inom detaljplanen. Inga ytterligare riskreducerande åtgärder krävs strikt enligt riskvärderingskriterierna, men möjliga åtgärder kommer ändå att övervägas i kapitel 6.



Figur 24. Utsnitt ur förslag till detaljplan för Uthamnen.

5.2. Samhällsrisk

Riskbidraget från anläggningen till samhällsrisknivån i området utgörs främst av personer som, samtidigt som ett stort utsläpp uppstår och vissa specifika meteorologiska förutsättningarna föreligger, vistas eller passerar på potentiellt exponerade platser. Det rör sig om personer som passerar verksamheten på Nynäsvägen (främst i buss), passagerare på låga båtar i farleden som löper mitt i Igelstaviken, personer som vistas utomhus vid verksamhetsområdet på Industrivägen samt personer som vistas vid strandkanten utmed Igelsta strand. Då det rör sig om ett fåtal personer vid varje plats och ingen stadigvarande vistelse kan detta belysas med individrisk. Riskmättet samhällsrisk har inte beräknats.

Vid de enskilda platserna som diskuterats ovan handlar individriskerna om händelser som inträffar några gånger på en miljon år eller några gånger på tio miljoner år. Enligt acceptanskriteriet innebär det att mellan 100-1000 personer ska omkomna per tillfälle för att risknivån ska bli oacceptabel. Det bedöms inte finnas förutsättningar för att nå en sådan nivå.

Samhällsrisknivån ligger troligen i ALARP-området där risken kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas.

Nynäsvägen där den passerar den nya verksamheten avviker med en individrisknivå som på en kort sträcka ligger på ca 6 gånger på 100 000 år. Där skulle en konsekvens på två omkomna leda till oacceptabla samhällsrisker. Endast passerande bussar och blåljus-enheter bedöms inte möjliggöra en sådan konsekvens med tanke på bussens trafikering, vägsträckans längd och vägens hastighet. Däremot behöver annan vistelse längs vägsträckan minimeras. Åtgärder ska vidtas. Se fortsatta resonemang om lämpliga åtgärder i Kapitel 6.

5.3. Osäkerheter

Resultaten i riskbedömningar bör alltid beaktas med vetskap om de osäkerheter som finns i de många antaganden och ingångsvärden som använts vid analysen. Osäkerheter kan bland annat finnas i form av stokastisk osäkerhet, även kallad variabilitet, vilket innebär att det finns naturlig variation i de data som används, som inte kan påverkas. En annan typ av osäkerhet är epidemisk osäkerhet, vilken ofta benämns kunskapsosäkerhet. Denna typ av osäkerheter innebär en bristande kunskap om systemet och kan åtgärdas rent teoretiskt, men inte alltid i praktiken. Angreppssättet för att hantera dessa osäkerheter på ett skäligt sätt i denna process är att i de fall osäkerheter råder i ett antagande eller ingångsvariabel för analysen, väljs ett rimligt konservativt alternativ. Detta bör resultera i att de beräknade risknivåerna inte underskattas.

I följande avsnitt diskuteras ett antal av de mest framträdande osäkerheterna som framkommit i analysarbetet och i tolkningen av resultaten.

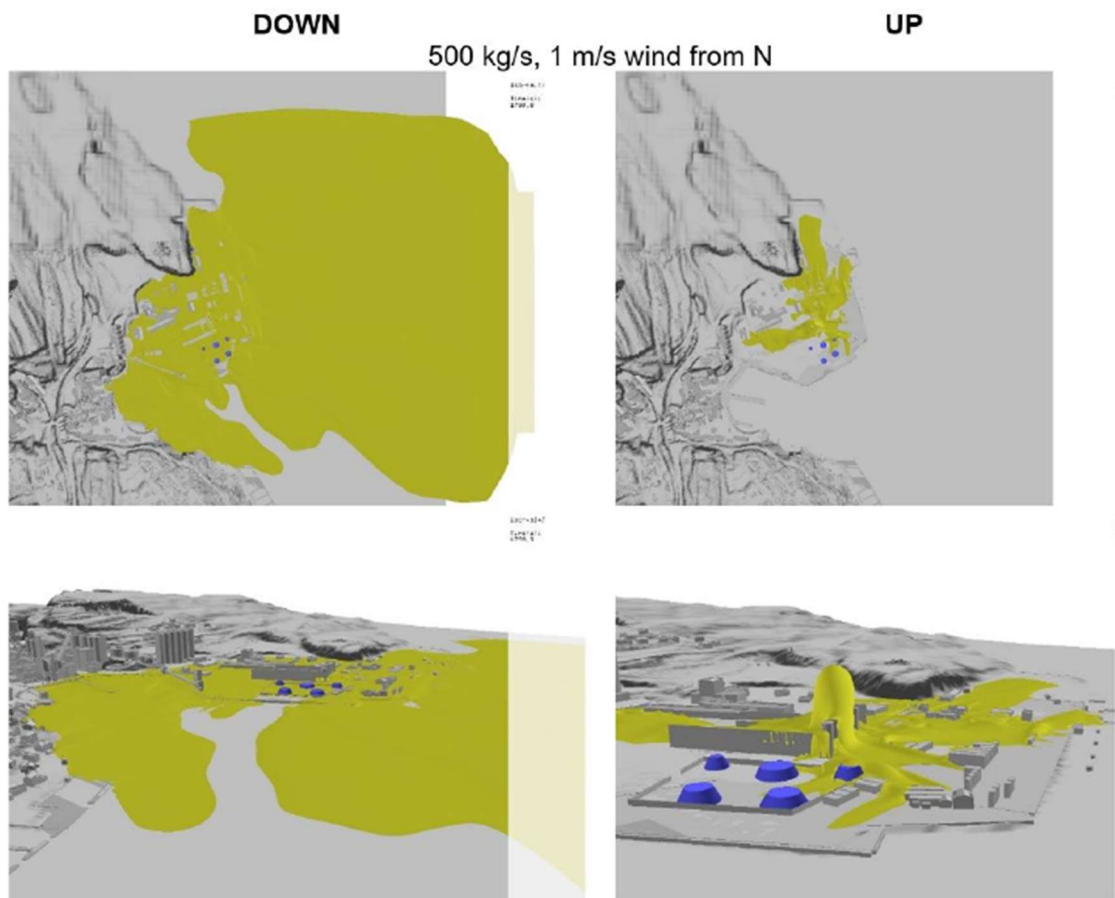
Tid för händelseförloppet

Resultaten av simuleringarna visar att en tid efter läckagetillfället har gasmolnet försvunnit (spänts ut till ofarliga koncentrationer) för alla simulerade scenarier. De kortaste scenarierna är bortvädrade efter ett par minuter och det största utsläppet på en dryg timme. De områden som påverkas längst tid är alltid närmast utsläppspunkten eller vid den planerade kajen där koldioxid kan dröja kvar om ett fartyg ligger inne. De största och mest utdragna utsläppen kan bara uppstå och nå långt under mycket speciella förutsättningar, bl.a. måste stabilitetsklass F råda. Stabilitetsklass F uppstår under mycket stabilt väder med låg vindhastighet och låg solinstrålning. Dessa förutsättningar uppstår företrädesvis klara nätter och beräknas på dessa breddgrader sammanfalla med arbetstid (7.30-17.30) ca 20% av tiden.

Efter att ett läckage upphört vädras koldioxiden bort relativt snabbt och faran är därmed över. Det ska dock noteras att detta är baserat på det konservativa antagandet att utsläppet sker med konstant utflöde från läckage till att det aktuella delsystemet/sektionen är tömd på koldioxid. I verkligheten kommer inte utflödet från t.ex. ett hål i en rörledning att vara lika stort mot slutet av förloppet som i inledningen, när trycket är som störst. Det innebär att genomförda simuleringar sannolikt överskattat massflödet ut ur läckagepunkten under de senare delarna av förloppet, men också underskattat tiden tills läckaget upphör. Detta har gjorts för att detta tillvägagångssätt bedöms ge mer konservativa konsekvensavstånd, och därmed vara på den säkra sidan avseende presenterade riskområden.

Riktning på modellerade utsläpp

Huruvida ett utsläpp antas riktas nedåt mot marken, rakt upp eller vara horisontellt har relativt stor effekt på hur stort området med förhöjda koncentrationer av koldioxid blir. Något kontraintuitivt visar resultat från liknande modelleringar att ett nedåtriktat utsläpp där utsläppets momentum bromsas upp då det träffar marken, ger de största gasmolnen. Ett uppåtriktat eller horisontellt utsläpp ger en jet-liknande plym som skapar mer turbulens och inblandning av omgivande luft, och som därmed blandas upp snabbare med omgivande luft och ger ett mindre totalt område som kan få förhöjda koncentrationer, se exempel i Figur 25 från ett norskt CCS-projekt (Aker Solutions, 2020)³⁰. Mot bakgrund av detta bedöms det tillämpade tillvägagångssättet att simulera de flesta utsläppen som nedåtriktade vara konservativt.

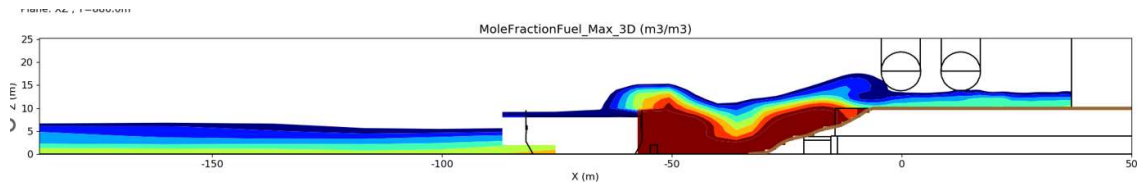


Figur 25. Exempel på spridningsmodelleringar från ett norskt CCS-projekt, där samma utsläpp i de två bilderna till vänster är nedåtriktat, och de båda bilderna till höger är uppåtriktat, allt annat lika. Det gula området i detta exempel illustrerar området där koncentrationen överstiger 7 %.

Koncentration på olika höjd

I Bevi-manual är det resultaten i en horisontell genomskärning på en meters höjd över mark/vatten som rekommenderas att användas. I IPS QRA-handledning (IPS, 2022)³¹ rekommenderas att höjden 1 eller 1,5 meter kan användas beroende på den aktuella situationen och vilket beräkningsverktyg som används. Vid riskberäkningarna för konsekvensområden över vatten nyttjas i riskberäkningarna koncentrationen på 1,5 meters höjd. För konsekvensområden på mark har koncentrationer valts för att komma så nära 1-1,5 meter över markytan som simuleringsresultaten tillåter.

Resultaten av simuleringarna visar att i närheten av ett stort utsläpp kan tjockleken på koldioxidmolnet vara flera meter under de första minuterna av spridningsförloppet, se Figur 26. Allteftersom tiden går gör koldioxidens tyngd att förhöjda koncentrationer främst förekommer på en låg nivå (någon meter) över påverkade mark- eller vattenområden. Att nyttja koncentrationen på 1,5 meter över vatten- eller markytan för riskberäkningarna bedöms sammantaget vara ett rimligt och konservativt tillvägagångssätt.

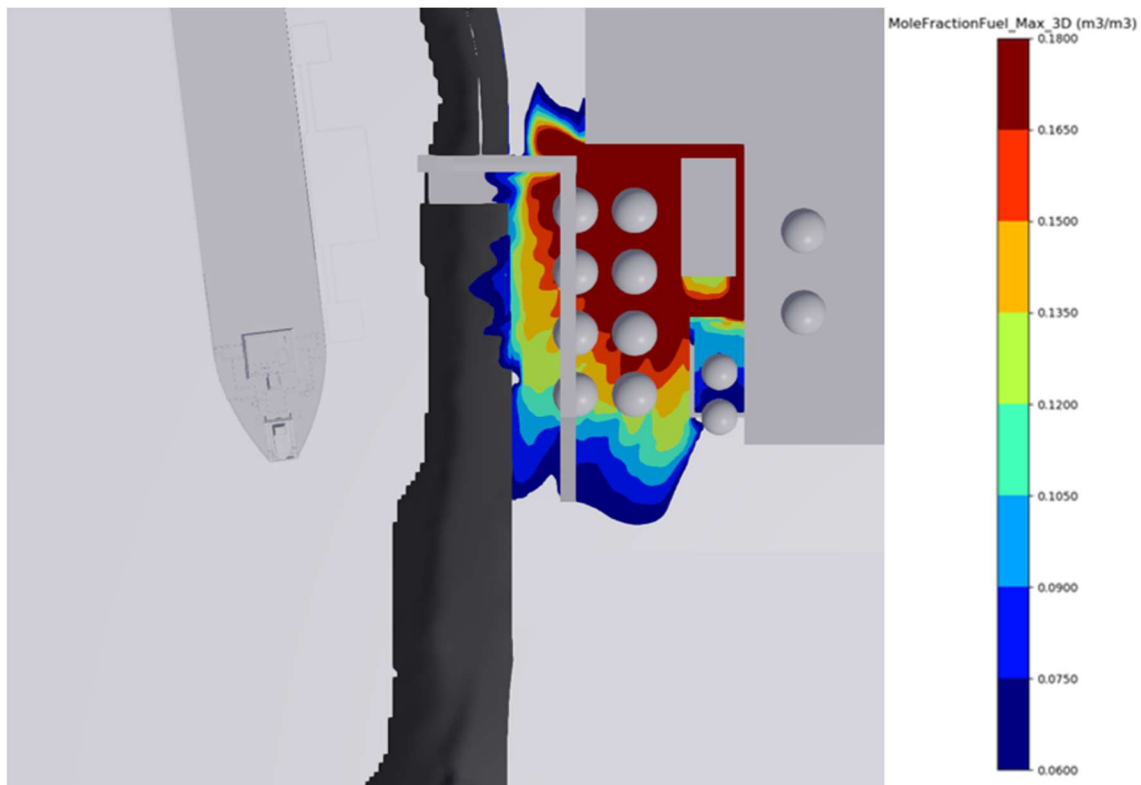


Figur 26. Maximala koncentrationer på olika höjd (y-axeln). Höjden avtar med avståndet från utsläppet. Här fördröjs utsläppet av koldioxiden av ett skepp som ses i genomskärning.

Gränsvärde koldioxid

Vanligen redovisas den toxikologiska effekten på människor vid spridningsberäkningar i Sverige med användning av gränsvärden utifrån Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals (AEGL-1, AEGL-2, AEGL-3). Några sådana värden för koldioxid har inte publicerats. I simuleringarna av konsekvensavstånd till riskberäkningarna nyttjas istället SLOD (Significant Likelihood Of Death) som det dimensionerande gränsvärdet. SLOD definieras genom den koncentration där 50 % av en population omkommer vid en exponering under en bestämd tid. SLOD-värden för koldioxid vid olika exponeringstider har definierats av den brittiska myndigheten Health and Safety Executive (HSE, 2011) och kan också utläsas i Figur 11 (dödlighet 50%, motsvarande LC50 för olika exponeringstider). För 30 minuters exponeringstid som nyttjas i riskberäkningarna är SLOD 92 000 ppm (9,2%).

Vid de stabila väderförhållanden som kan ge en förhöjd koncentration av koldioxid på längre avstånd visar simuleringar med flera programvaror att koldioxidmolnet håller ihop ganska väl och rör sig mot lågpunkter och ut över plana ytor. Figur 27 visar skillnaden i utbredning för olika koncentrationer där 6% är den största utbredningen och 9% motsvarar den blå två steg in. Detta är återkommande att utbredning av 6% och 9% blir likartade till storlek och det finns en tidsfaktor att ta hänsyn till där en yta som uppnår 6% men inte 9% exponeras en kortare tid då den ligger i utkanten av koldioxidens utbredningsområde. I höjddled är motsvarande skillnad generellt ännu mindre. 9% bedöms därmed vara en rimlig utgångspunkt för bedömning av konsekvenser vid exponering.



Figur 27. Exempel på utbredning av koldioxid vid utsläpp från förvätskningsanläggningen. De åtta grå cirklarna är mellanlagertankarna. Koncentration koldioxid mot markytan inklusive skala för koncentrationer alla efterföljande scenarier. Det ljusare blå området motsvarar närmast 9,2 % som tillämpas för att fastställa konsekvensområdet för respektive scenario.

Resultaten av CFD-simuleringarna visar enligt ovan att koldioxidmolnet i alla simulerade scenarier förutom för mellanlagertankarna efter ca 10 minuter är utblandat med luften till ofarliga nivåer för tredje man. För scenarierna med utsläpp från mellanlagertank tar det i vissa fall drygt en timme för hela förloppet att passera. I de flesta och mest frekventa av de simulerade olycksscenarierna är tiden tills all koldioxid är utblandad med luften betydligt kortare än 30 minuter, i ett antal av de kortvariga utsläppen förekommer förhöjda koncentrationer i mindre än fem minuter. Att anta 100% dödlighet för exponering på 9,2% koldioxid bedöms vara ett rimligt och konservativt tillvägagångssätt utifrån detta, och det går väl i linje med rekommendationer från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap och Socialstyrelsen (MSB, 2016)³².

Väderförhållanden vid utsläpp

En osäkerhet som bedöms ha en viss påverkan på utsläppets utbredning är vilka väderförhållanden som råder vid utsläppet. Beroende av vindhastighet och stabilitetsklass kan utsläppet spädas ut i luften olika snabbt. Vindriktningen påverkar i viss grad åt vilket håll utsläppet drar sig och även vid variationer i omgivningstemperaturen kan utsläppets utbredning variera. Det är dock geometrin (t.ex. höjdskillnader) och utsläppsriktning som bedöms ha större påverkan på spridningen i närområdet, än väderförhållandena. I simuleringarna som nyttjas för riskberäkningarna antas samma väderparametrar för alla utsläpp.

Flera utsläppsscenarier har modellerats i CFD-modellen med flera olika vindriktningar och vindhastigheter för att avgöra dessa variablers vikt för resultaten. Resultaten visar att den komplexa geometrin, med stora byggnader eller anläggningar och bergets naturliga höjdskillnader gör att vissa luftfickor kan uppkomma som fördröjer utblandningen av koldioxid i omgivande luft. I simuleringarna tas ingen hänsyn till vågor på vattenytan vilka skulle leda till högre turbulens och utblandning av koldioxiden med omgivande luft.

De valda scenarierna och förutsättningarna kring vindriktning har till en del tagit höjd för denna effekt, varför de presenterade resultaten bedöms vara konservativa.

Antal fartygslastningar och tiden för lastning

I beräkningarna har det gjorts ett antagande om att ett fartyg ligger för lastning ca 10% av årets timmar. Med den antagna kapaciteten på flödet i lastarmer motsvarar det att över 600 000 ton koldioxid skulle lastas till fartyg varje år. Detta täcker in den antagna infångningskapaciteten för CCS. Då lastning är en riskdrivande verksamhet och en förutsättning för att utsläpp ska kunna ske från rörbryggor och lastarmer är detta antagande konservativt.

5.3.1. Samlad bedömning avseende identifierade osäkerheter

Resultaten av riskberäkningarna innehåller både modellosäkerheter och osäkerheter i den framtida utvecklingen, men bedöms överlag vara konservativa och robusta samt ge en god vägledning kring vilka huvudsakliga aspekter av anläggningens utformning som driver riskpåverkan. Sammantaget bedöms de beräknade resultaten utgöra en rimlig utgångspunkt för fortsatt resonemang om vilka typer av riskreducerande åtgärder som ska vidtas för att minska risknivåerna.

5.4. Riskpåverkan från omgivningen

Här diskuteras de riskkällor som identifierats i omgivningen. Kvalitativa bedömningar görs om skyddsåtgärder kan anses nödvändiga.

Fordonstrafik på Nynäsvägen utgör en påkörningsrisk för anläggningen och är en möjlig orsak till ett utsläpp av koldioxid. Genom utformning av området har en höjdskillnad skapats mellan Nynäsvägen och mellanlagertankarna på ca sex meter. Detta minimerar risker för påkörning. Höjdskillnaden planeras att fastställas i detaljplanen som nu tas fram för området. Utöver detta kommer Nynäsvägen stängas av för genomfart av allmän trafik. Endast verksamhetens egna fordon, linjebuss och blåljusenheter kommer nyttja vägen som genomfart när infångningsanläggningen tas i drift.

Inom det tillkommande verksamhetsområdet kommer viss trafik kopplat till anläggningens drift och service behövas. Frågan om områdets utformning såsom exakt dragning av körvägar är inte helt fastslagen. Påkörningsskydd för sårbara delar av anläggningen behöver vidtas, men kommer bestämmas i detalj i den fortsatta projekteringen.

5.5. Risker under byggtid

Inga betydande risker som kan medföra omgivningspåverkan till följd av utsläpp av koldioxid bedöms förekomma under byggtid. Riskerna som studerats i denna analys föreligger först när hantering av koldioxid inom CCS-anläggningen påbörjas; vid prov-drift och driftsättning av anläggningen och därefter när koldioxid börjar fångas in och hanteras i stor omfattning.

Risker under byggnation (t.ex. förknippade med tunga lyft, transporter och riskfyllda arbetsmoment) hanteras i huvudsak av funktionen BAS-P under planering och projektering och sedan av BAS-U vid utförandet. Därefter bör arbetsmiljöfrågorna hanteras inom verksamhetens systematiska arbetsmiljöarbete så länge anläggningen är i drift.

6. RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

I detta avsnitt förs först ett övergripande resonemang kring riskreducerande åtgärder, därefter redovisas först ett antal tekniska och organisatoriska åtgärder och anpassningar som vidtagits under den utformningsprocess som projektet går igenom, där hänsyn till riskpåverkan i form av både omgivningspåverkan och arbetsmiljörisker varit en del av designarbetet. Därefter redovisas åtgärder som kan hanteras inom planprocessen.

Enligt kapitel 5 – och strikt enligt riskvärderingskriteriet – behöver åtgärder övervägas för att reducera riskpåverkan mot fyra av de belysta skyddsvärdena:

- Nynäsvägen
- Farleden
- Verksamhetsområdet vid Industrivägen samt
- Båtvarvet

De åtgärder som är aktuella för denna typ av riskkälla riktar dock till stor del in sig på att minska sannolikhet och konsekvens generellt och därmed kan alla skyddsvärden dra nytta av riskreduktionen. Det går därmed inte att skilja ut vilka åtgärder som sänker risken för ett specifikt riskutsatt område. Undantaget är åtgärder kopplade till Nynäsvägen som specifikt minskar antalet personer som passerar anläggningen eller vistas vid vägen.

6.1. Inarbetade åtgärder i föreslagen placering och utformning av anläggningen

Ett antal riskreducerande åtgärder utgör förutsättningar för denna riskbedömning och har inarbetats i utformningen av anläggningen eller har föreslagits i riskbedömning (Structor Riskbyrå, 2024)³³ inom det pågående arbetet med ny detaljplan som möjliggör ändrad markanvändning:

- Höjdskillnad mellan Nynäsvägen och mellanlagertankar om ca sex meter.
- Antalet mellanlagertankar begränsas till max åtta stycken med en storlek på maximalt 2 000 m³ per tank.
- Nynäsvägen stängs av som allmän väg och för genomfartstrafik. Passage kan dock möjliggöras för blåljusmyndigheter, linjebuss och vissa specifika transporter från Kriminalvården. Begränsningen bör gälla minst på sträckan mellan IKV och Gulliborg.
- Ingen busshållplats anläggs längs Nynäsvägen inom planområdet, minst mellan IKV och Gulliborg.
- Mellanlagertankar för koldioxid placeras mellan CCS-byggnaden och kajen, men på en höjd ovan Nynäsvägen.

6.2. Ytterligare åtgärder som behöver vidtas med anledning av uppskattade risknivåer

Inom projekteringen av den tekniska utformningen sker löpande val och beslut som har bäring på riskfrågan. Dessa åtgärder kan inte regleras inom t.ex. detaljplanen utan måste säkerställas av verksamheten. Följande riskreducerande åtgärder har till stor del redan inarbetats i den tekniska utformningen av anläggningen:

- Automatiska nödstoppsystem för pumputrustning som nyttjas vid lastning samt för lastarmar/marinsvängarmar på kaj (ERC, Emergency Release Couplings)
- Automatiskt aktiverade avstängningsventiler (ESDV, Emergency Shut Down Valve) på rörledningar mellan lagertankar och kaj.
- Läckagedetektering och larm vid förhöjda koldioxidkoncentrationer på valda platser inom anläggningen.
- Varningssystem för egen personal, omkringliggande verksamheter och ut mot farleden.
- Påkörningsskydd ska finnas vid anläggningsdelar där påkörning riskerar att orsaka skada på mellanlagringstankarna för koldioxid med tillhörande röranslutningar

Organisatoriska åtgärder som verksamheten bör vidta:

- Komplettera rutiner för intern beredskap i händelse av olycka.
- Regelbunden utbildning av personal inom intern beredskap.

7. SLUTSATS

Genomförd riskbedömning visar att verksamheten har en riskpåverkan mot omgivningen som vid vissa platser är sådan att rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas. Dessa platser utgörs av:

- Nynäsvägen inom planområdet med passage av trafikanter.
- Del av farleden i Igelstaviken
- Verksamhetsområdet vid Industrivägen med arbetsplatser
- Delar av båtvarvet vid Igelstabron med tillfällig vistelse

Ett antal åtgärder har inarbetats i utformningen och ett antal ytterligare åtgärder föreslås för att minska riskpåverkan. Åtgärderna inkluderar tekniska skyddsåtgärder som sänker riskpåverkan från anläggningen, samt vissa organisatoriska åtgärder som stärker verksamhetens beredskap och förmåga att hantera uppkomna olycksscenarier.

Individriskpåverkan mot omgivningen bedöms, med de inarbetade och föreslagna riskreducerande åtgärderna vara på en sådan nivå att de kan tolereras enligt tillämpade riskvärderingsprinciper. På alla övriga platser i omgivningen där tredje person antas vistas stadigvarande har individrisken beräknats bli acceptabelt låg redan utan åtgärder.

Sammantaget bedöms de föreslagna skyddsåtgärderna innebära att risknivåerna sjunker till en tolerabel nivå och att anläggningen därmed i skälig omfattning utformats så att verksamheten kan förebygga, hindra eller motverka skada eller olägenhet för människors hälsa och säkerhet.

REFERENSER

¹ SBFF (2022). PM701 – Kommunal plan för räddningsinsats – Allmän del, Södertörns brandförsvarsförbunds plan för räddningsinsatser på Sevesoverksamheter av den högre kravnivån, allmän del, 2022-05-31.

² <https://www.sbff.se/foretag/farligverksamhet-seveso/inter-terminals-sweden-ab/> Södertörns brandförsvarsförbund. 2024-05-10

³ MSB (2012) *Olycksrisker och MKB*. Publikationsnummer MSB387. December 2012

⁴ <https://riksintressenkartor.trafikverket.se/> 2024-05-19

⁵ Trafikverket (2022). *Funktionsbeskrivningar för trafikslagets anläggningar: riksintresse kommunikationer*. 2022:122

⁶ <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/riksintressen/riksintressen-i-pbl/pataglig-skada/> PBL Kunskapsbanken – en handbok om plan- och bygglagen. 2024-05-10.

⁷ Samtal Peo Wikström, jurist MSB. 2019-09-24.

⁸ SIS (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Principer och riktlinjer*. Utgåva 2, ICS: 03.100.01. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).

⁹ Structor (2023) Workshop Riskidentifiering Bio-CCS Igelsta. 2023-10-06.

¹⁰ RIVM (2021) *Handleiding Risicoberekening Bevi*. Inleiding, Versie 4.3, 1 januari 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Netherlands.

¹¹ Health and Safety Executive (2011) Dr. P Harper. *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO2)*.

¹² QGIS 3.22

¹³ Räddningsverket (1997). *Värdering av risk*. FoU RAPPORT, DNV. ISBN 91-88890-82-1. Karlstad: Statens räddningsverk.

¹⁴ Räddningsverket (2007). *Räddningstjänst vid olycka med gaser*. Andra reviderade utgåvan. ISBN: 978-91-7253-338-7

¹⁵ <https://rib.msb.se/> Koldioxid, kyld, flytande.

¹⁶ Rian K.E, Grimsö B, Lakså B, Vembe B.E, Lilleheie N.I, Brox E, Evanger T, (2014). Advanced CO2 dispersion simulation technology improved CCS safety.

¹⁷ Finney, D. J., Ed. (1952). Probit Analysis- Finney's table. Cambridge, England, Cambridge University Press.

¹⁸ HSE (06/11), Harper P. *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO2)*

¹⁹ Telemark University College Faculty of Technology (2009), Ke. W. Master's thesis- *CO2 BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)*

²⁰ Energy Procedia (2015) Zhao, et. al. *Numerical Simulation on BLEVE Mechanism of Supercritical Carbon Dioxide*

²¹ DNV (2013) CO2RISKMAN. *Guidance on CCS CO2 Safety and Environment Major Accident Hazard Risk Management*. DNV GL Report No: I3ILJW-2.

²² Brandskyddslaget (2019). Översiktlig riskanalys Södertälje kommun, 2019-06-20.

²³ Maflöbe (2024). PHA rapport – Nautisk, hamnsäkerhet och sjötrafiksanalys. 2024-06-11.

²⁴ SSPA (2024). Maritim riskbedömning. Rapport Nr: RE20221514-01-00-B. Påseglingsrisker Uthamnen Södertälje. 2024-03-01.

²⁵ <https://wasayachts.com/om-oss/> 2024-05-15

²⁶ Södertälje kommun (2022). Detaljplan för Hall 4:3 och Tysslinge 1:28 m.fl. – Båtvarvet, 2022-07-07

²⁷ Mailkontakt Tommy Planeryd, Wasa Yachts, 2024-05-28.

²⁸ Södertälje kommun (2014). Detaljplan för Igelsta strand, 0181K-P1668 C, laga kraft 2014-11-28.

²⁹ Södertälje kommun (2019). Detaljplan för Kv. Kryssaren 8 och Isbrytaren 1 m.fl. inom Södertälje uthamn, samrådshandling, 2019-02-28

³⁰ Aker Solutions (2020) *Norsk CCS demonstrasjonsprosjekt Norcem Konsept og Forprosjekt*. Updated ISO-risk contours. NC03-AKER-S-RA-0012. 09.06.2020.

³¹ IPS-Intressentföreningen för processsäkerhet (2022) *QRA Handledning del 2*

³² MSB (2016) Levin. M. *Nya bedömningar av riskområden vid utsläpp av ammoniak, klor och svaveldioxid*, framtagna av MSB och Socialstyrelsen.

³³ Structor Riskbyrå (2024). *Riskbedömning Bio-CCS Igelstaverket. Underlag för ny detaljplan för Karleby 2:9 m.fl., Södertälje*. 2024-08-20.

BILAGA A – BERÄKNING AV INDIVIDRISK

A.1 METODIK

I denna bilaga beskrivs genomförda beräkningar av individrisknivåer för analys av omgivningspåverkan från CCS-anläggningen. Beräkningarna utgörs av en frekvens- och en konsekvensanalys. Frekvensanalysen och val/anpassning av relevanta händelser för analys baseras på metodiken som presenteras i RIVM:s handledning för riskbedömningar Bevi-manualen (RIVM, 2021). Där anges dels vilka typhändelser som rekommenderas för analys, såväl som feldata/frekvenser och lämpliga antaganden om sannolikheter för olika komponenter och delsystem. Konsekvensanalysen baseras på genomförda CFD-modelleringar för valda lämpliga scenarier. Arbetsflödet kan sammanfattas enligt följande:

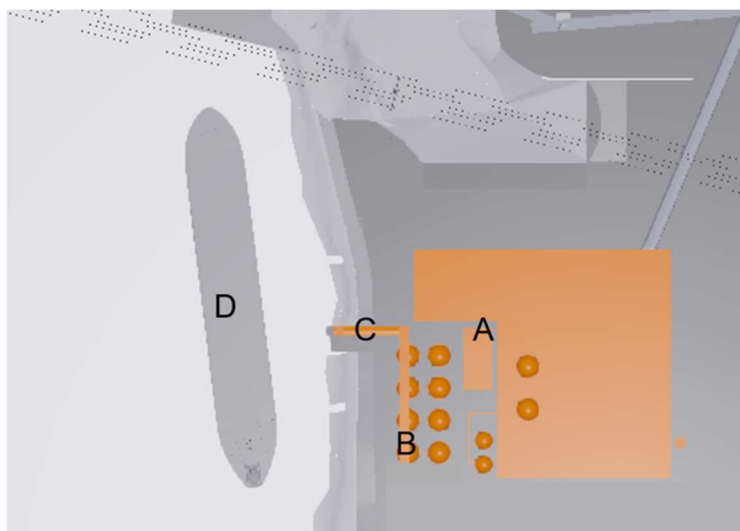
1. Riskidentifieringen resulterar i ett urval av scenarier att studera
2. Frekvensanalysen genomförs utifrån metodiken i Bevi-manualen.
 - a. För beräkning av individrisk uppskattas en grundfrekvens per scenario (dvs. hur ofta *händelsen* inträffar).
 - b. För beräkning av frekvenser anpassas grundfrekvensen med hjälp av för att ta hänsyn till t.ex. scenariospecifika förutsättningar/antaganden.
3. Konsekvensanalysen baseras på spridningsmodellering i CFD-verktyget FLACS av utsläppen i de olika scenarierna.
 - a. För beräkning av individrisk används spridningsmodelleringen för att definiera konsekvensområden inom vilket valda gränsvärden överstigs
4. Individrisken kring anläggningen beräknas sedan genom att för respektive utsläppsscenario sammankoppla beräknad frekvens med uppskattade konsekvensområden från genomförda spridningsmodelleringar. Detta görs med programvaran QGIS och resultatet kan presenteras som individriskkonturer på en karta.

A.2 ANALYS

De identifierade scenarierna finns sammanställda i Tabell 3, där även en del av indata och antaganden i frekvensanalysen presenteras. Som framgår av löpnumren (Risk ID) i kolumn A har flera scenarier tidigare simulerats men valts bort från den slutgiltiga redovisningen här. Det beror på att tekniska eller layoutmässiga förutsättningar ändrats vilket gjort dem ogiltiga. Figur 28 visar lokalisering av de olika utsläppen som studerats i analysen, i en vy från den tillämpade 3D-modellen.

Tabell 3. Sammanställning över analyserade scenariers frekvenser.

Risk ID	Utsläppplats	Riskkälla	Härledande beskrivning	Specifikation (enligt Bevi-manual en)	Grundfrekvens (per rör/tank och år)	Enhet	Referens	Stabilitetsklass	Vindriktning (från)	Antal m/önsar (timmar) (ct)	Användning (andel av året)	Reducering 883 stabilitetsklass och vindriktning (andel av året)	Reducering 883 stabilitetsklass och vindriktning (andel av året)	Frekvens till individrisk
3	B	Tank	Utsläpp från tank, när som helst	Tanken töms genom största röranslutningen	1,00E-06 per tank och år		Bevi tabell 13	F	SE	8	1	0,12	1	9,23E-07
12	A	Förvätskningsanläggning	Utsläpp värmeväxlare, när som helst	Brott på tio rör samtidigt i värmeväxlaren	1,00E-06 per coldbox		Bevi tabell 38	F	SE	1	1			1,00E-06
13	A	Förvätskningsanläggning	Utsläpp värmeväxlare, när som helst	Brott på tio rör samtidigt i värmeväxlaren	1,00E-06 per coldbox		Bevi tabell 38	F	SE	1	1			1,00E-06
15	B	Tank	Utsläpp från tank, när som helst	Tank töms genom största röranslutningen	1,00E-06 per tank och år		Bevi tabell 13	F	N	8	1	0,06	1	4,57E-07
16	B	Tank	Utsläpp från tank, när som helst	Tank töms genom största röranslutningen	1,00E-06 per tank och år		Bevi tabell 14	D	SE	8	1	0,86	1	6,90E-06
22	B	Tank	Utsläpp från tank, när som helst	Tank töms genom största röranslutningen	1,00E-06 per tank och år		Bevi tabell 20	F	ENE	8	1	0,02	1	1,80E-07
23	C	Rörbrygga	Läckage vid lastning	Läckage 10 % av rördiametern	5,00E-07 per m och år		Bevi 3.8 tabell 27	F	SE	130	0,20	1		1,31E-05
24	C	Rörbrygga	Läckage vid lastning	Rörbrott	1,00E-07 per m och år		Bevi 3.8 tabell 28	F	SE	130	0,20	0,5		1,31E-06
25	C	Rörbrygga	Läckage vid lastning	Rörbrott	1,00E-07 per m och år		Bevi 3.8 tabell 29	F	SE	130	0,20	0,5		1,31E-06
26	C	Rörbrygga	Läckage när som helst	Rörbrott	1,00E-07 per m och år		Bevi 3.8 tabell 30	F	SE	130	0,80	1		1,04E-05
27	D	Lastarm	Läckage vid lastning	Lastarmsbrott	3,00E-08 per timme		Bevi 3.15 tabell 50	F	SE	2		0,49	1768	5,18E-05
28	D	Lastarm	Läckage vid lastning	Lastarmsbrott	3,00E-08 per timme		Bevi 3.15 tabell 51	F	SE	2		0,49	1768	5,18E-05
29	D	Lastarm	Läckage vid lastning	Lastarmsbrott	3,00E-08 per timme		Bevi 3.15 tabell 52	F	ENE	2		0,02	1768	2,38E-06



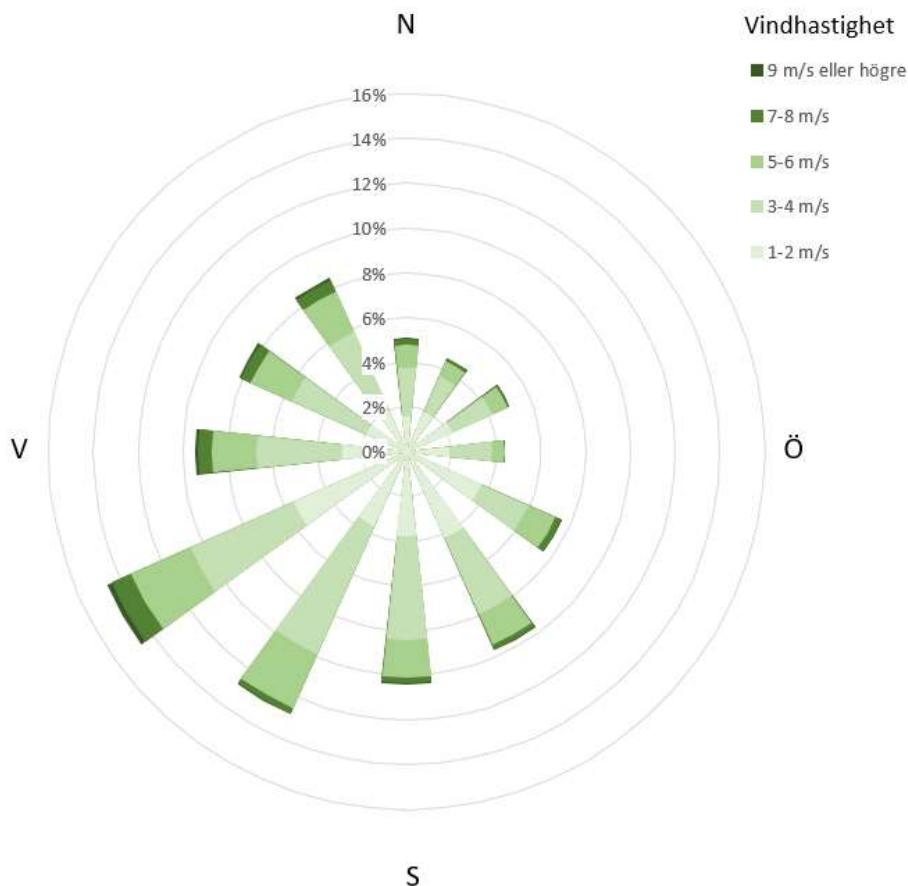
Figur 28. Skiss som visar lokalisering av simulerade utsläppsscenarioer i CFD-modelleringen. A är platsen för utsläpp från förvätskningen, B är plats för utsläpp från mellanlagertank, C är platsen för ett utsläpp från den rörbrygga om går över Nynäsvägen och D är en punkt ovanpå skeppet där en lastarm kopplar in.

A.2.1 Indata till spridningsmodelleringar

Utifrån genomförda simuleringar konstateras att utsläppets flöde, hur länge utsläppet pågår, dvs. utsläppstiden, omgivningens topografi och geometri är de indata som påverkar utsläppets utbredning i störst utsträckning. Topografi och geometrin ger främst en betydande påverkan vid de större utsläppen i vätskefas. Andra parametrar som också har påverkan på resultatet är väderförhållanden, så som vindstyrka, stabilitetsklass och temperatur. Dessa parametrar har i genomförda CFD-simuleringar visat sig ha en mindre påverkan på utsläppen med koldioxid i vätskefas där en stor mängd koldioxid släpps ut. Vattenytan i Igelstaviken ligger på +0,14 meter.

Meteorologiska förutsättningar

Meteorologiska data har tagits från SMHI:s mätstation benämnd Tullinge A. Denna station är placerad cirka 14 kilometer öster om Igelstaverket och är den mätstation som är närmast placerad verksamheten. Vindfördelningen redovisas i Figur 29 och beskriver de meteorologiska vindförhållandena 10 meter ovan marknivå för tiden då det blåser > 1 m/s. Det är vindstilla förhållanden 13 % av tiden. De förhärskande vindriktningarna är mellan sydliga och sydvästliga. Vindriktningen anges i det väderstreck som det blåser från.



Figur 29. Vindros med fördelning av vindriktning och vindhastighet för Södertälje. Data från SMHI:s mätstation 'Tullinge A' för tidsperioden 2011-2022.¹

Turbulensnivån i atmosfären har påverkan på spridning av ett eventuellt läckage. Ett sätt att beskriva turbulensnivån är att göra indelning utifrån solinstrålning, vindhastighet och molnighet enligt Pasquill-Giffords stabilitetsklasser från A (extremt instabil) till F (måttligt-extremt stabil), se Tabell 4 och Tabell 6.

Tabell 4. Variation av stabilitetsklass med vindhastighet, tid på dygnet, molntäcke och solinstrålning. ^{2, 3}

Vindhastighet (m/s)	Dag, solinstrålning			Natt, molntäcke	
	Stark	Måttlig	Svag	< 50 %	> 50 %
< 2	A	A-B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Tabell 5. Pasquill-Giffords stabilitetsklasser.³

Stabilitetsklass	Beskrivning
A	Extremt instabil
B	Måttligt stabil
C	Svagt stabil
D	Neutral
E	Svagt stabil
F	Måttligt – Extremt stabil

En förenklad indelning görs i två olika väderfall för att beskriva olika förhållanden av vindstyrka och vindhastighet.

- Vindhastigheter 2 m/s eller lägre som inträffar under natten modelleras 2F. Detta väder inträffar vid låg solinstrålning och framförallt under nattförhållanden.
- Vindhastigheter 2 m/s eller lägre som inträffar under dagen samt vindhastigheter över 2 m/s oavsett tid på dygnet modelleras 5D.

Fördelning av historiska data mellan dag och natt görs enligt metod ur Bevi-manualen, där natt råder från en timme före solnedgång, till en timme efter soluppgång. Fördelning av väder fördelat i vindriktningsektorer av historiska data från SMHI:s station 'Tullinge A' presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Väderfördelning.

Vindriktning	2F	5D
N	6 %	30 %
ÖNÖ	2 %	7 %
SE	12 %	43 %
Totalt	20 %	80 %

Normal arbetstid i närområdet har ansatts till att infalla mellan kl. 7 och 17:30. Höst, vinter och vår infaller delar av denna tid när det råder nattförhållanden. Enligt data för solens upp- och nedgång i Södertälje, infaller nattförhållanden cirka 20 % av ansatt arbetstid. Detta innebär att endast 20% av fall med stabilitetsklass F kan infalla under kontorstid.

Några viktiga förutsättningar i CFD-modelleringen är:

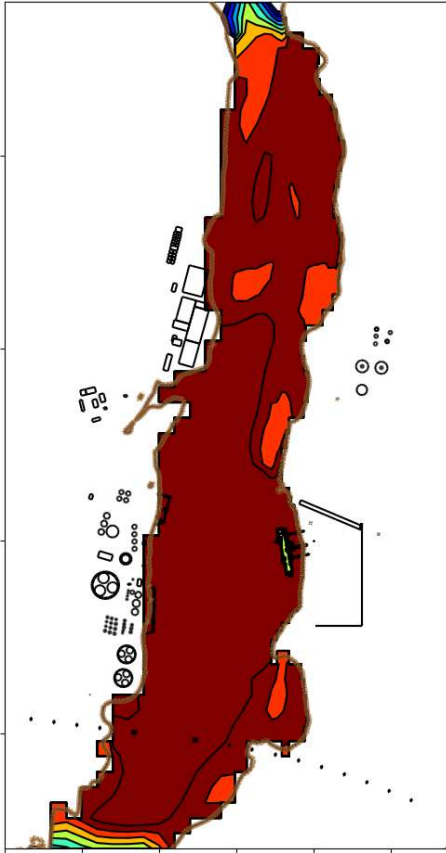
- Cellstorlek (grid) minsta värde utanför anläggningen är 1 meter i höjddled
- Vindhastighet 2 m/s eller 5 m/s. Referenshöjd 10 meter.
- Stabilitetsklass F eller D
- Ytråhet över vattnet är $z=0,0002$ m
- Läckagepunkter är minst 1 meter ovan marknivå

En sammanställning över scenarier som modelleras i CFD redovisas i Tabell 7:

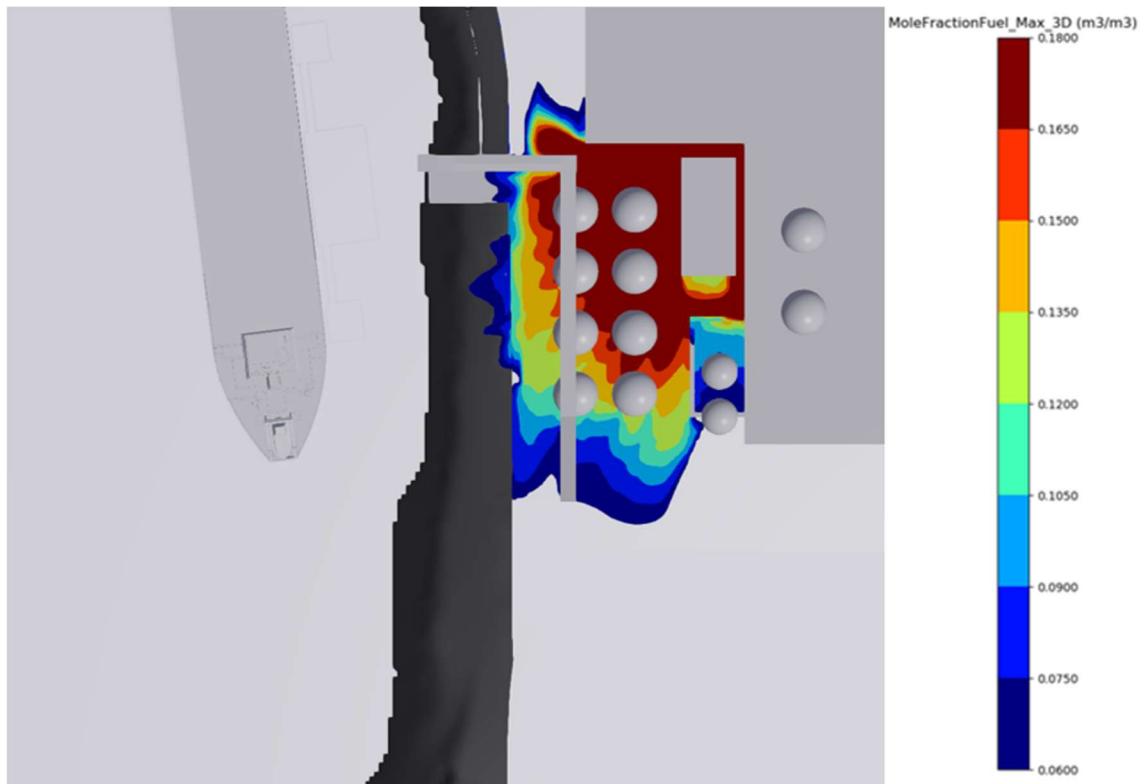
Tabell 7. Sammanställning över scenarier som modellerats i CFD.

Scenario/CFD-ID	Läckagestorlek (mm)	Massflöde (kg/s)	Varaktighet (sekunder)	Riktning
3	200	1200	1500	Nedåt
12	50	50	30	Nedåt
13	50	50	30	Horisontell
15	200	1200	750	Nedåt
16	200	1200	750	Nedåt
22	200	1200	1500	Horisontell
23	250	50	30	Nedåt
24	250	300	120	Nedåt
25	250	300	120	Horisontell
26	250	300	17	Horisontell
27	150	300	120	Nedåt
28	150	300	30	Nedåt
29	150	300	120	Horisontell

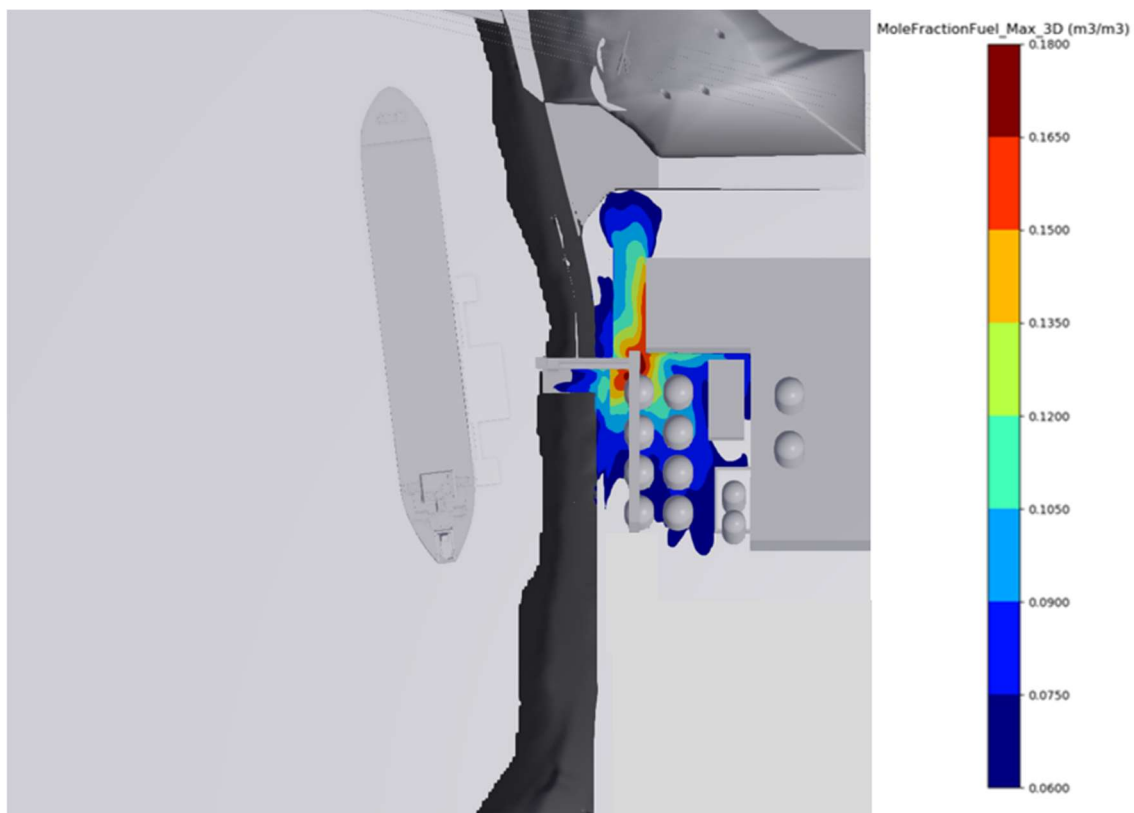
Resultaten är genomförda och dokumenterade i två olika batcher, från den första (från december 2023) är endast scenario 3 med och den andra i en serie 12-16, 22-29 (från april 2024).



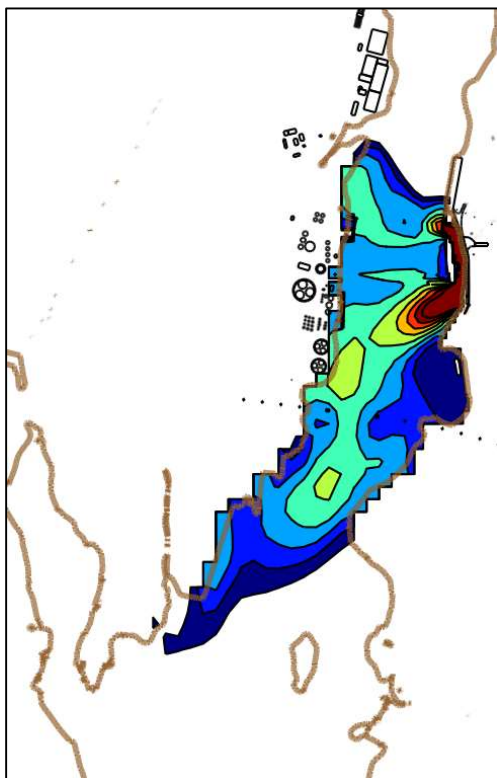
Figur 30. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 3.



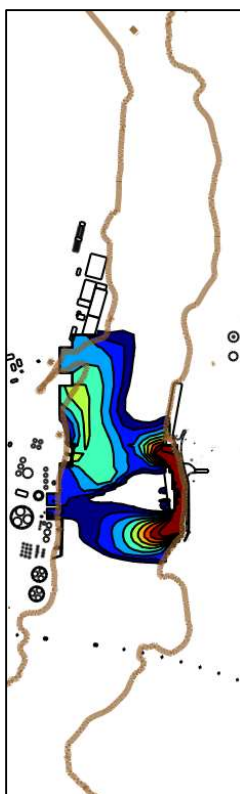
Figur 31. Maximal koncentration vid markhöjd för Scenario 12, inklusive skala för koncentrationer alla efterföljande scenarier. Det ljusare blå området motsvarar närmast 9,2 % som tillämpas för att fastställa konsekvensområdet för respektive scenario.



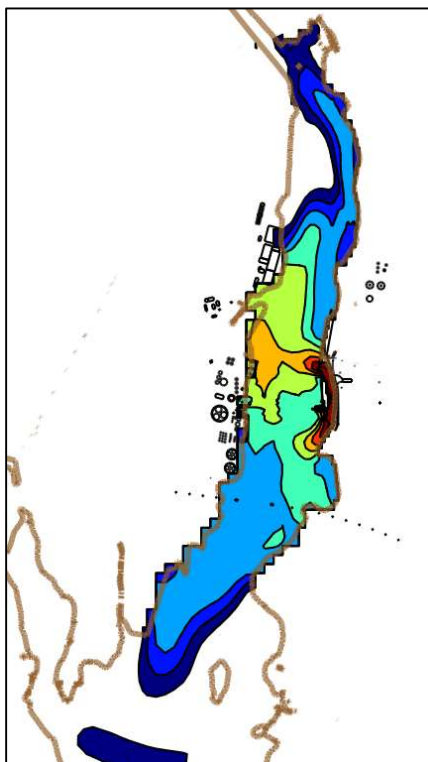
Figur 32. Maximal koncentration vid markhöjd för Scenario 13.



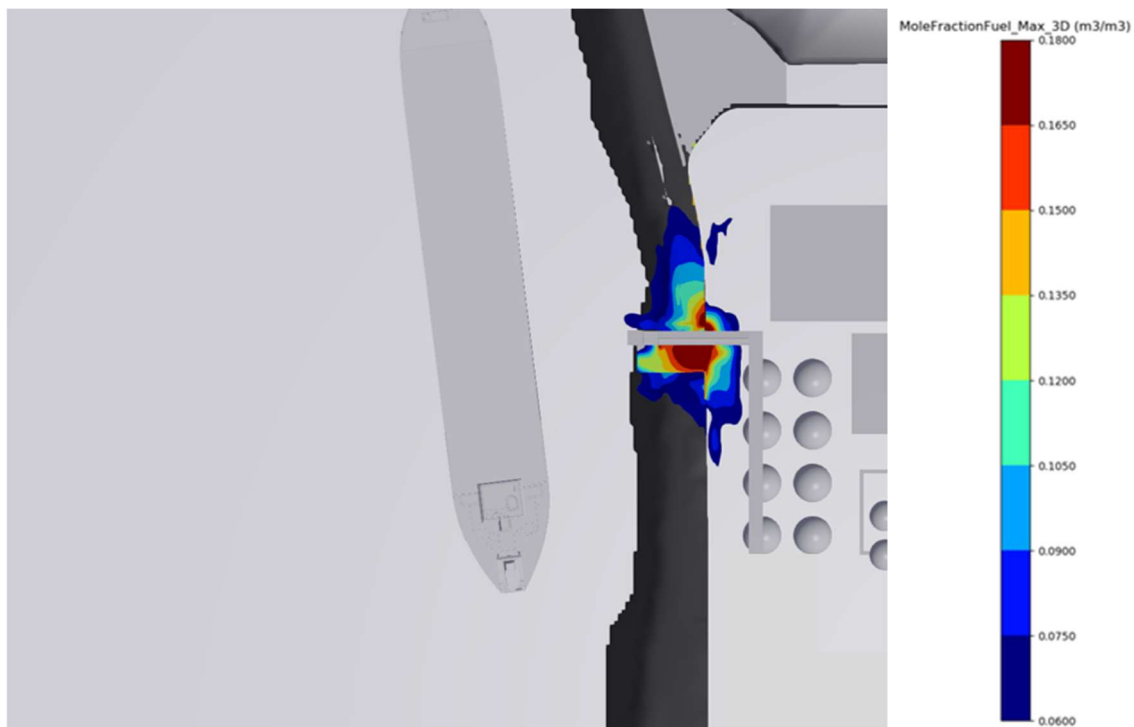
Figur 33. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 15.



Figur 34. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 16.



Figur 35. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 22.



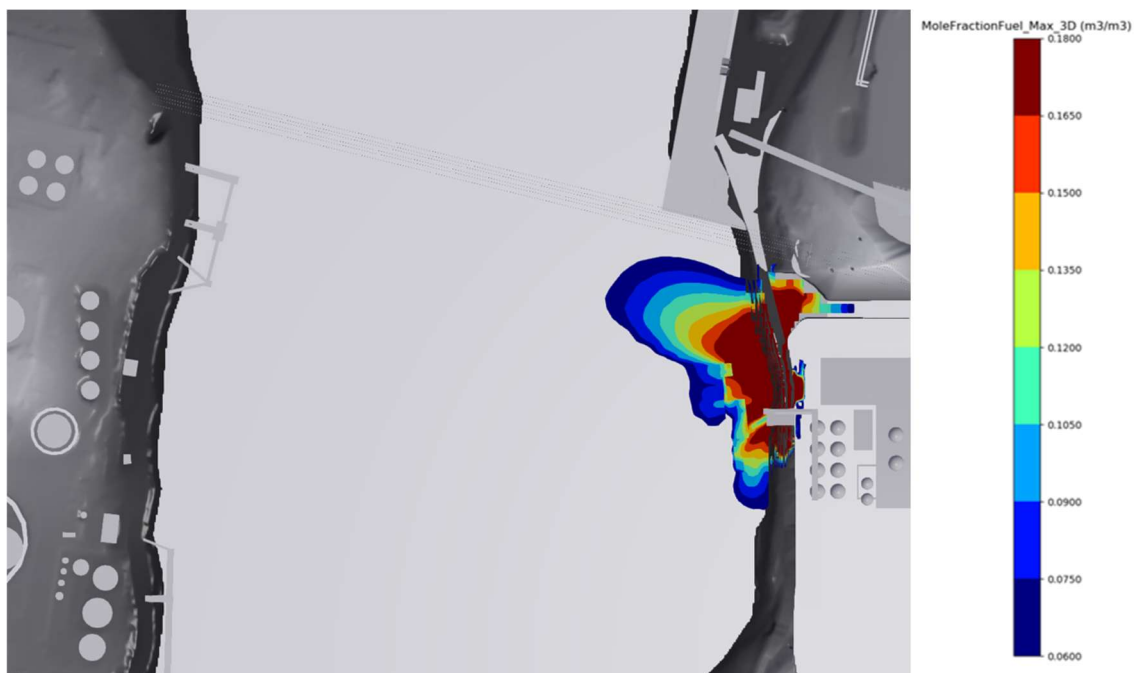
Figur 36. Maximal koncentration på markhöjd för Scenario 23.



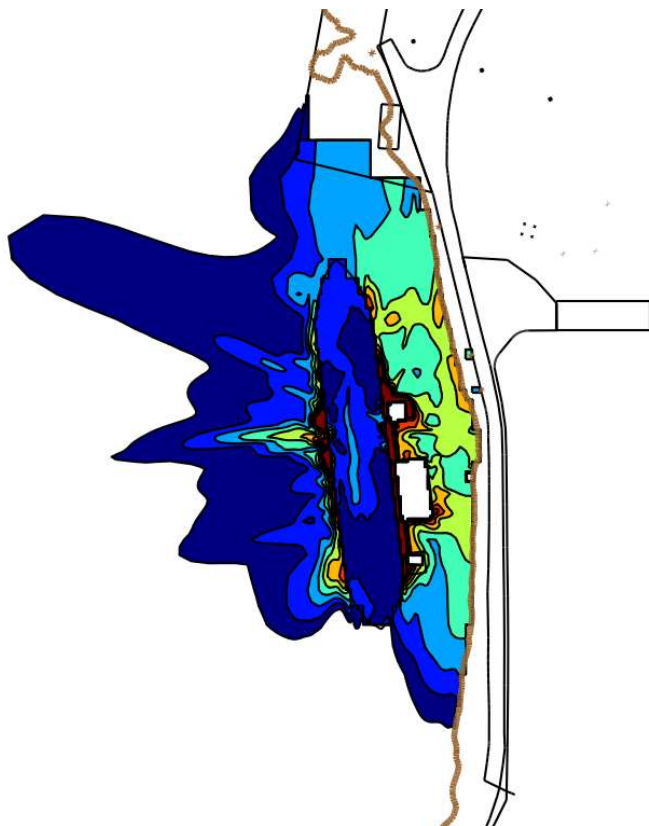
Figur 37. Maximal koncentration på 1,25 meters höjd för Scenario 24.



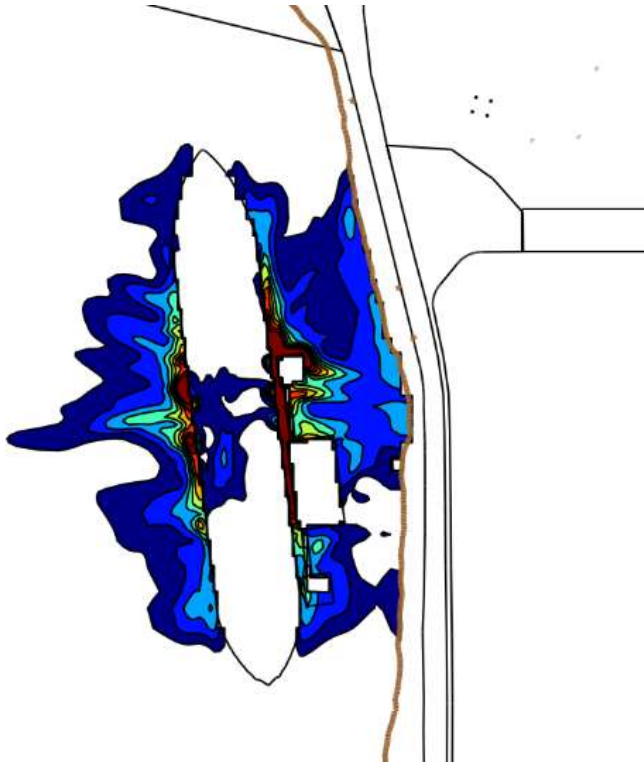
Figur 38. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 25.



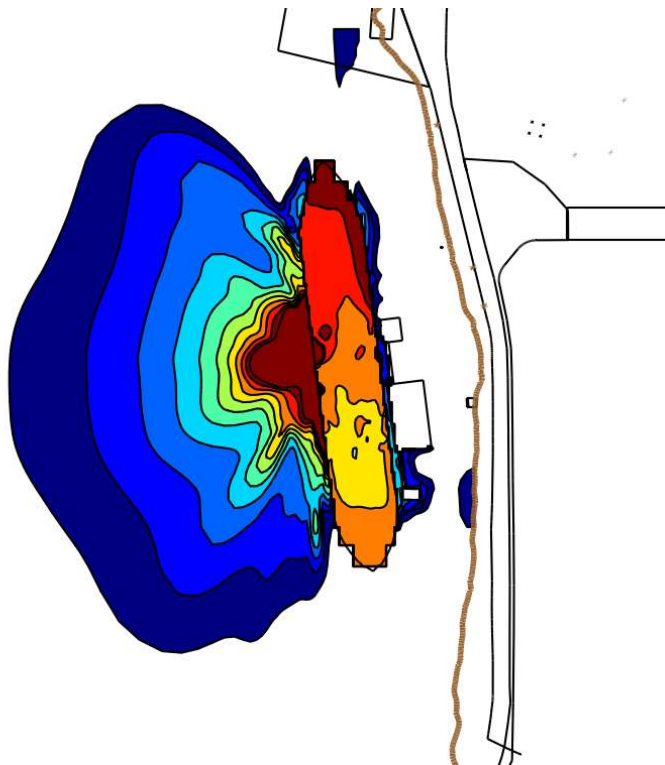
Figur 39. Maximal koncentration på markhöjd/vattenytan för Scenario 26.



Figur 40. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 27.

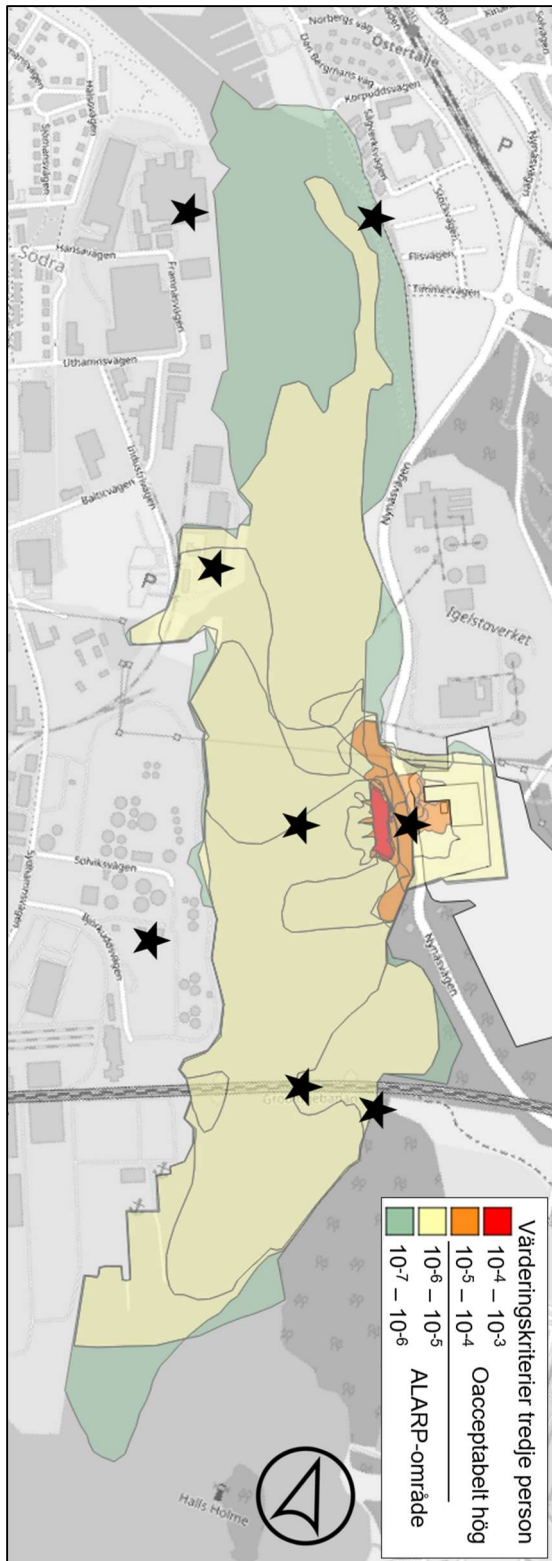


Figur 41. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 28



Figur 42. Maximal koncentration på 1,5 meters höjd för Scenario 29.





Figur 44. Individriskbidrag från anläggningen. Riskvärderingskriterierna som redovisas är utifrån Räddningsverket rapport *Värdering av risk* (1997) och är tillämpliga för tredje person som vistas stadigvarande i omgivningen (t.ex. för tillämpning avseende bostadsområden eller sårbara typer av markanvändning). Detta är en kopia av figur 15.

REFERENSER BILAGA A

¹ SMHI Öppna data, hämtad 2024-01-05, <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=wind,stations=core,stationid=97100>

² IPS (2022) QRA Handledning Del 2

³ FOA (1998) Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker.

⁴ Eniro, hämtad 2024-05-19, <https://kartor.eniro.se/?c=59.173553,17.658205&z=15&l=nautical>