

# Riskbedömning Bio-CCS Värtaverket

Underlag för ansökan om  
ändringstillstånd, Stockholm Exergi

Structor

## DOKUMENTINFORMATION

Beställare: Stockholm Exergi  
Kontaktperson: Tobias Pelicano  
Uppdragsnamn: Riskbedömning Bio-CCS Värtaverket  
Uppdragsnummer: 1011-119

Uppdragsledare: Henrik Mistander



Handläggare: Elin Edman



Kvalitetsgranskning: Anna-Karin Davidsson



Status: Slutgiltig handling, 2023-03-20

Datum	Version	Beskrivning
2023-01-31	Arbetshandling	För granskning internt SE
2023-02-20	Granskningshandling	För delning myndigheter
2023-03-2320	Slutgiltig handling	Till ansökan

## SAMMANFATTNING

Structor Riskbyrå har fått i uppdrag av Stockholm Exergi att upprätta denna riskbedömning inom ramen för Bio-CCS<sup>a</sup> vid Värtaverket i Stockholm. Stockholm Exergi planerar för en fullskalig anläggning för infångning av koldioxid från rökgaserna vid det bioeldade kraftvärmeverket KVV8.

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 omgivande riskfyllda anläggningar och infrastruktur. Utifrån beräknade individ- och samhällsrisknivåer genomförs en riskvärdering för att fastställa behov av (och ge förslag på) vilka skyddsåtgärder som krävs för att möta kraven i Miljöbalken.

En dialog med Länsstyrelsen Stockholm, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Storstockholms brandförsvaret (SSBF), har pågått sedan våren 2020 i syfte att anpassa metodval och analysarbetet till förutsättningarna på platsen. Under projektets studier av lämplig lokalisering och utformning av anläggningen har dialogen med myndigheterna tillsammans med successiva resultat från riskanalysarbetet utgjort underlag som påverkat genomförda val i syfte att minimera risker förknippade med anläggningen.

Den tillämpade riskanalysmodellen inkluderar beräkning av konsekvenser för identifierade olycksscenarioer med hjälp av avancerade simuleringsverktyg som modellerar spridningen av koldioxid i omgivningen i händelse av ett osannolikt läckage. Dessa modelleringar tillsammans med uppskattningar av frekvenser utgör grunden för beräkningar av individrisknivåer i omgivningen och samhällsriskbidraget från anläggningen.

Genomförd riskbedömning visar att anläggningen har en riskpåverkan mot omgivningen som är sådan att riskreducerande åtgärder ska vidtas, enligt de riskvärderingsprinciper som tillämpas i denna riskbedömning. Ett antal åtgärder har redan inarbetats i utformningen vid tiden för upprättandet av denna riskbedömning, och ett antal ytterligare åtgärder föreslås för att minska riskpåverkan i de delar av riskkurvan där de bedömts ha störst effekt. Samhällsrisknivån efter att samtliga inarbetade och föreslagna åtgärder vidtagits bedöms vara sådan att den kan tolereras utifrån tillämpade riskacceptanskriterier. Individrisken har beräknats bli acceptabelt låg på alla platser i omgivningen där människor antas vistas stadigvarande. En förhöjd individrisknivå beräknas uppkomma i delar av Energihamnen-området, särskilt utmed kajerna invid anläggningen. Av den anledningen har ett antal riskreducerande åtgärder föreslagits. Ett antal åtgärder har också föreslagits för att minska den riskpåverkan som anläggningen exponeras för av intilliggande riskkällor inom Energihamnen.

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

---

<sup>a</sup> Bio-energy Carbon Capture and Storage, förkortas Bio-CCS eller ibland även Beccs.

## INNEHÅLL

<b>1. Inledning.....</b>	<b>5</b>
1.1. Bakgrund .....	5
1.2. Syfte och mål.....	5
1.3. Avgränsningar .....	5
1.4. Disposition .....	6
<b>2. Beskrivning av omgivning och anläggning.....</b>	<b>7</b>
2.1. Omgivningsbeskrivning .....	7
2.2. Anläggningsbeskrivning .....	10
<b>3. Beskrivning av riskhantering och metod.....</b>	<b>14</b>
3.1. Kravbild.....	14
3.2. Metod och genomförande av analysarbete .....	17
<b>4. Riskidentifiering .....</b>	<b>26</b>
4.1. Riskkällor inom Bio-CCS .....	26
4.2. Händelser med möjlig omgivningspåverkan .....	29
4.3. Riskkällor i omgivningen.....	32
4.4. Riskkällor förknippade med följdverksamhet.....	33
<b>5. Riskanalys och riskvärdering .....</b>	<b>34</b>
5.1. Riskpåverkan från anläggningen mot omgivningen .....	34
5.2. Risker förknippade med följdverksamhet .....	44
5.3. Riskpåverkan från omgivningen .....	45
5.4. Dominoeffektanalys .....	48
5.5. Risker under byggtid .....	51
5.6. Uppsåtshandlingar och antagonism .....	51
5.7. Kumulativa effekter.....	52
<b>6. Riskreducerande åtgärder .....</b>	<b>53</b>
6.1. Inarbetade åtgärder i föreslagna placering och utformning av anläggningen.....	53
6.2. Ytterligare åtgärder som behöver vidtas med anledning av uppskattade risknivåer .....	54
6.3. Åtgärder som skyddar Bio-CCS från befintliga riskkällor i omgivningen.....	55
6.4. Åtgärder som skyddar Bio-CCS från eventuellt tillkommande riskkällor i omgivningen ..	56
6.5. Åtgärder kopplat till följdverksamheter .....	57
6.6. Effekt av föreslagna riskreducerande åtgärder .....	57
<b>7. Slutsats.....</b>	<b>60</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>61</b>
<b>Bilaga A – Beräkning av individ och samhällsrisk</b>	
<b>Bilaga B – Risker förknippade med fartygstransporter</b>	
<b>Bilaga C – Persontäthet i området</b>	

## 1. INLEDNING

Structor Riskbyrån har fått i uppdrag av Stockholm Exergi att upprätta denna riskbedömning inom ramen för Bio-CCS<sup>a</sup> vid Värtaverket i Stockholm.

### 1.1. Bakgrund

Stockholm Exergi planerar för en fullskalig Bio-CCS anläggning vid det bioeldade kraftvärmeverket KVV8 vid Värtaverket i Stockholm. En sådan anläggning kommer årligen kunna fånga in omkring 800 000 ton av koldioxid som i dagsläget släpps ut i atmosfären via rökgaser från pannan. Koldioxiden kommer efter infångningen att förvätskas och mellanlagras i Energihamnen, för att därefter via fartyg skeppas till en permanent lagringsplats (lokalisering ej beslutad).

### 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 omgivande riskfyllda anläggningar och infrastruktur. Utifrån beräknade individ- och samhällsrisknivåer genomförs en riskvärdering för att fastställa behov av (och ge förslag på) vilka 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 primärt i omgivningen kring anläggningen. 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, elektromagnetisk strålning och avgaser). Arbetsmiljörisiker analyseras inte specifikt i syfte att uppfylla kraven i arbetsmiljölagen, men arbetstagare inom verksamheten och Energihamnen inkluderas i vissa beräkningar av samhällsrisknivåer.

Attentat eller händelser som genomförs med uppsåt beaktas översiktligt.

---

<sup>a</sup> Bio-energy Carbon Capture and Storage, förkortas Bio-CCS eller ibland även Beccs.

## 1.4. Disposition

Riskbedömningen har lagts upp enligt följande:

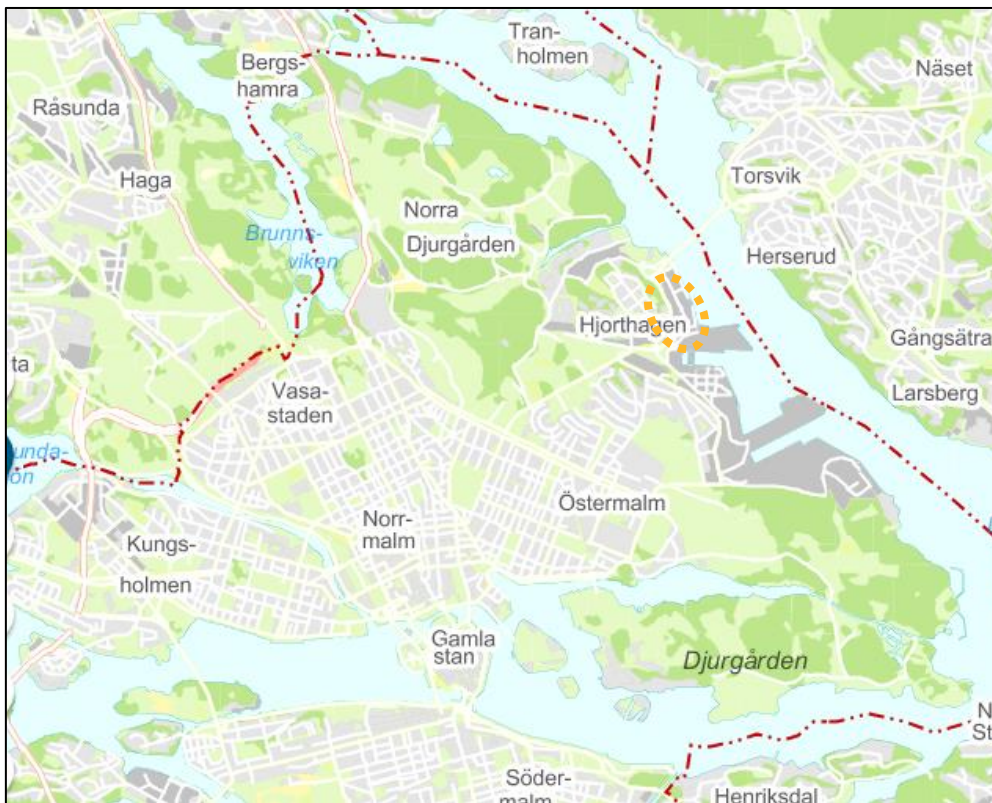
- Kapitel 1 omfattar bakgrund och introduktion till uppdraget.
- Kapitel 2 ger en beskrivning av anläggningen och dess omgivning. Detta ger en bild av planerad anläggning och dess omgivning som underlag till riskidentifieringen.
- Kapitel 3 beskriver uppdragets omfattning av riskhantering samt vilka 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.

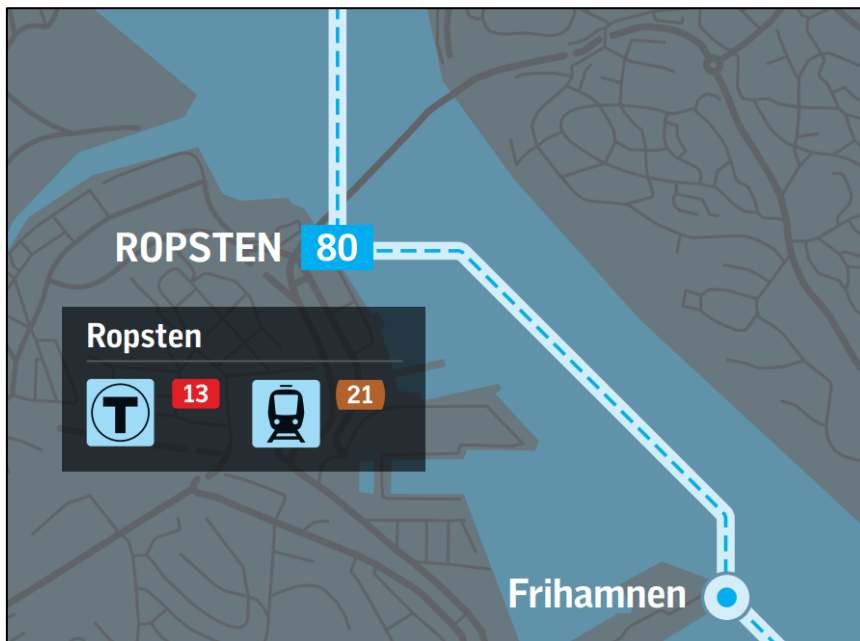
### 2.1. Omgivningsbeskrivning

Stockholm Exergis verksamhet vid Värtaverket är belägen strax norr om Stockholm city, i stadsdelen Hjorthagen, se Figur 1. Området gränsar till Lilla Värtan i öst, Ropsten och de nya stadsutvecklingsområdena Kolkajen i norr och Valparaiso i söder.

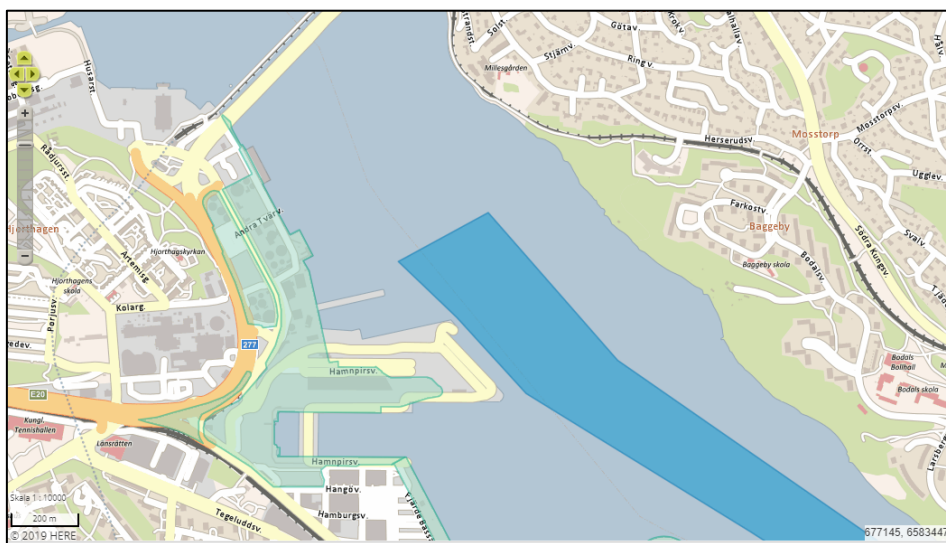


**Figur 1. Stockholm Exergis verksamhet i Hjorthagen är belägen inom gulmarkering.**

Lilla Värtan är fjärden mellan Energihamnen och Lidingö. Båttrafiken på norra delen av Lilla Värtan upp mot Lidingöbron utgörs av fartygsanlöp till/från Stockholm Exergi, Cementa, Stockholms Hamnar i Energihamnen, samt Storstockholms Lokaltrafik (SL)-pendelbåt linje 80 som trafikerar mellan Ropsten och Nybroplan. Direkt söder om Energihamnen finns Värtahamnen som är hamn för större passagerarfartyg, och längre söderut ligger Frihamnen med ytterligare andra typer av fartyg. Under sommarhalvåret trafikerar Lilla Värtan också av fritidsbåtar.



Figur 2. Linjekarta<sup>1</sup> för pendelbåt linje 80 som passerar Energihamnen mellan Frihamnen & Ropsten. Kajplatsen som nyttjas är för tillfället (maj 2022) norr om Ropsten.



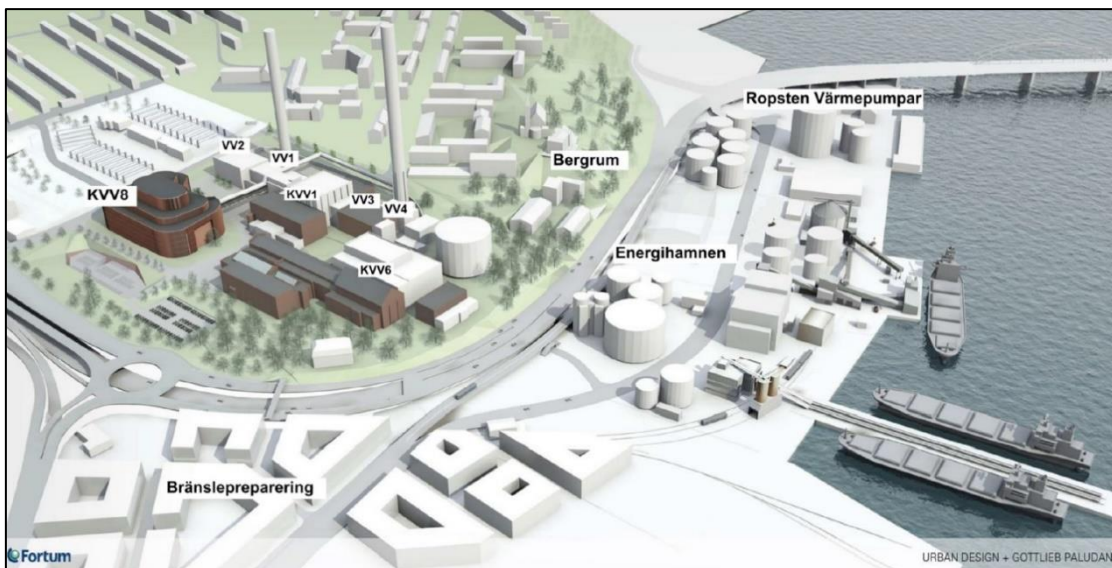
Figur 3. Kartbild över närområdet med riksintresse för hamnar (grönt fält) och riksintresse för sjöfart/farled (blått fält). Källa: Trafikverket<sup>2</sup>





**Figur 4.** Flygbild över Energihamnen, markerat i gult. Där bedriver Stockholm Exergi, Cementa och Stockholms hamnar verksamhet. Del av Stockholm Exergis verksamhet inom kv. Nimrod väster om Lidingövägen är markerat i blått. (Foto: Lennart Johansson, Stadsbyggnadskontoret)

Stockholm Exergis verksamhet vid Värtaverket är uppdelad i de två områdena Energihamnen och Kv. Nimrod. Mellan områdena finns Lidingövägen. Vägen förbinder Norra Länken med Lidingöbron direkt norr om Energihamnen. Vägen är en sekundär transportväg av farligt gods. Sekundära transportvägar är vägar som bör användas för lokala transporter av farligt gods mellan de primära transportvägarna och mottagaren/leverantören. Hastighetsbegränsningen på Lidingövägen är 70 km/h.

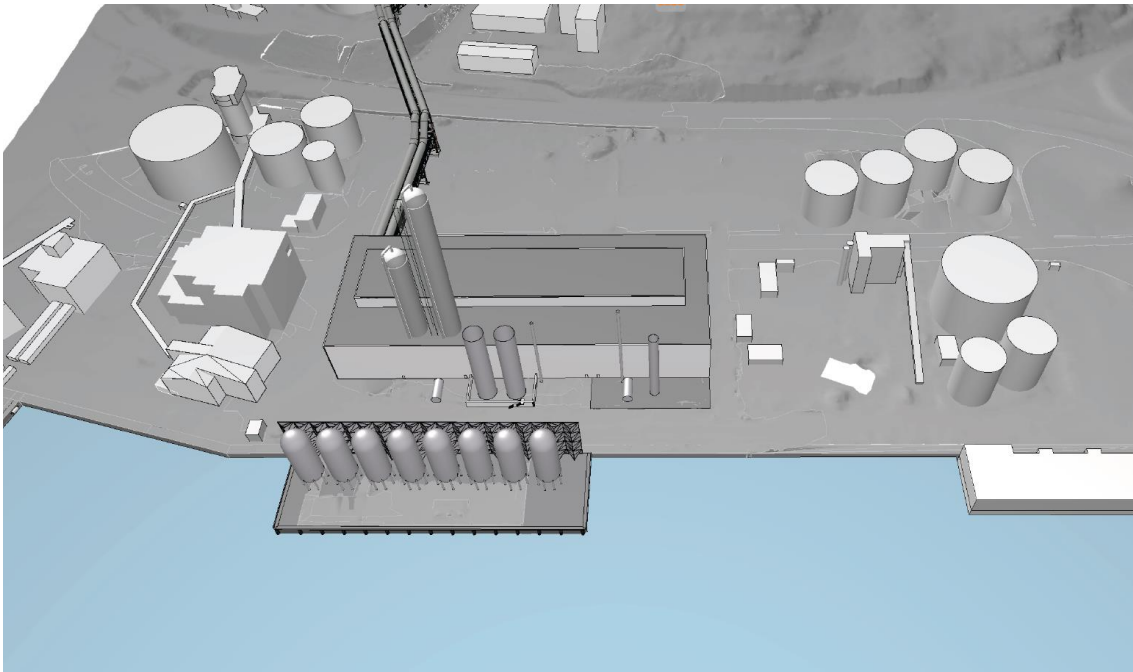


**Figur 5.** Stockholm Exergis nuvarande verksamhet i kvarteret Nimrod och i Energihamnen.

Genom Energihamnen går Norra Hamnvägen i nord/sydlig riktning. Den är en allmän lokalgata med hastighetsbegränsningen 50 km/h som trafikeras av privat fordonstrafik, G/C-trafik, en busslinje och tung trafik förknippad med områdets verksamheter. Det förekommer också transporter med farligt gods på vägen.

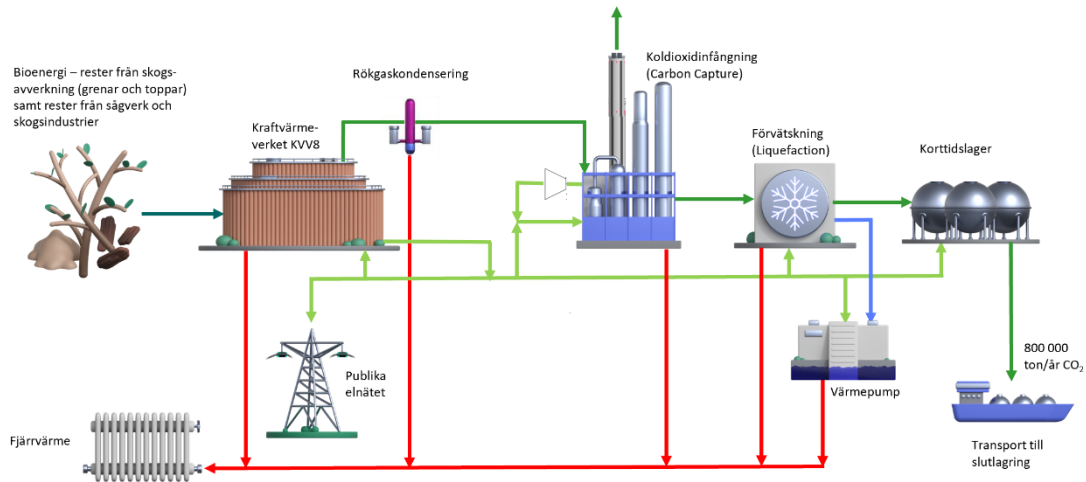
## 2.2. Anläggningsbeskrivning

Stockholm Exergis verksamhet vid Värtaverket består av ett antal produktionsanläggningar inom kvarteret Nimrod belägna väster om Lidingövägen, se Figur 4 och Figur 5. Öster om Lidingövägen inom Energihamnen bedriver Stockholm Exergi en oljedepå inklusive hamnverksamhet, samt fastbränsle- och flishantering. Stockholm Exergis verksamhet har en samhällsviktig funktion och är klassad som ett skyddsobjekt av Länsstyrelsen Stockholm. Den omfattas också av Sevesolagstiftningens högre kravnivå och är en utpekad farlig verksamhet enligt lagen om skydd mot olyckor LSO 2:4, till följd av hanteringen av brandfarlig vätska inom depåområdet.



Figur 6. Ungefärlig placering och utformning av den planerade infångningsanläggningen, perspektiv-vy från öst. Bild: Urban Design, 2023.

Bio-CCS-projektet syftar till att bygga en fullskalig anläggning (se Figur 6) för avskiljning av koldioxid från det biobränsleeldade KVV8. För avskiljning av koldioxid kommer HPC-processen (Hot Potassium Carbonate) att användas. Processen kommer att vara fristående från övriga processer vid Värtaverket såtillvida att den vid behov kan stängas av under vissa tider. I processen fångas koldioxid in under tryck och frigörs genom att trycket minskas och temperaturen höjs.



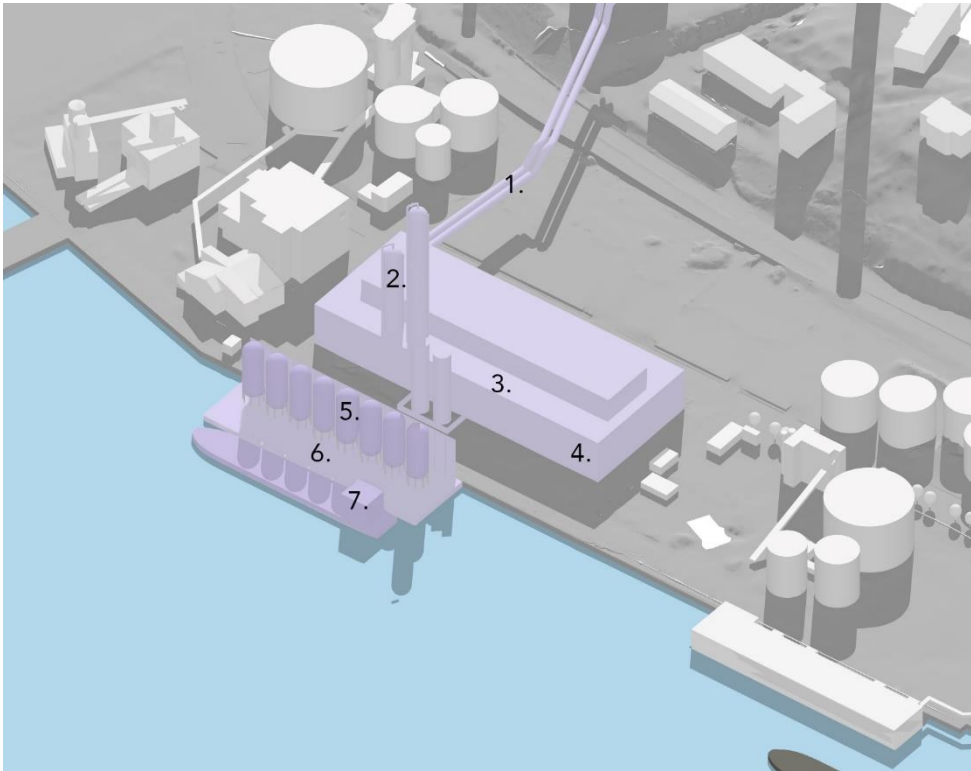
Figur 7. Schematisk beskrivning av den övergripande processen för koldioxidinfångningen.

Processen sker i följande steg (vilka visas i Figur 8):

1. Rökgas från KVV8 leds via rörledning till Energihamnen.
2. I infångningsanläggningen komprimeras rökgaserna med en rökgaskompressor och leds vidare in i botten av en absorber, som fungerar som en våtgastvätt. Absorbenten är kaliumkarbonatlösning (HPC) som tillförs i den övre delen av absorbern. Kaliumkarbonatlösningen (cirka 25% koncentration i vatten) strilar nedåt i kolonnens fyllkroppspackningar samtidigt som rökgasen strömmar uppåt. Koldioxiden i rökgasen reagerar med absorbenten och bildar kaliumbikarbonat. Den mättade vätskelösningen med kaliumbikarbonat strömmar ut från botten av den trycksatta absorbern och leds vidare till en atmosfärisk desorber. I denna höjs temperaturen och trycket sänks vilket gör att koldioxiden återigen blir gasformig och dess bindning till kaliumkarbonatet bryts. Den regenererade kaliumkarbonat-lösningen pumpas tillbaka till absorbern för att återigen fånga in koldioxid.
3. Koldioxiden avskiljs och leds vidare i rörledning till förvätskningsanläggningen.
4. I förvätskningsanläggningen blir koldioxiden till vätskefas genom komprimering och kylning, för att sedan föras vidare till mellanlagret.
5. Den avskilda koldioxiden i vätskeform kommer att mellanlagras i lagertankar i Energihamnen i väntan på transport med fartyg till permanent lagring.
6. Koldioxiden pumpas i vätskeform till fartyg för vidare transport till permanent lagring. Lastning av koldioxiden kommer att ske genom rörledningar till fartyg vid kaj 503. Under lastningen förångas en del av koldioxiden. Denna koldioxid i

gasfas återvinns genom att återföras till förvätskningen och på nytt tillföras lagertankarna.

7. På fartygen förvaras koldioxiden i trycktankar under den fortsatta resan mot slutlagringsplatsen.



**Figur 8. Vy över Bio-CCS med ungefärlig lokalisering av de olika processtegen markerade.**



**Figur 9. Schematisk skiss över den förenklade 3D-modell som används för konsekvensmodelleringar, med en lastningsplats för ett koldioxidfartyg på kajplats 503.**

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

- Infångningskapaciteten för anläggningen är omkring 140 ton koldioxid per timme, eller 40 kg/s.
- Studerad utformning av mellanlagret innebär åtta stående cylindriska tankar om ungefär 2 000 m<sup>3</sup>, vilket innebär en lagringskapacitet motsvarande fem dygns infångning.
- Koldioxiden förvaras i vätskefas vid 15 bar (övertryck) och en temperatur av omkring -27° C.
- Utlastning till fartyg sker med pumpar och lastarmar med ett flöde upp till omkring 1 200 m<sup>3</sup>/timme eller 500 kg/s.
- Fartygstransport vidare mot permanent lagring kan komma att ske med ett intervall på något eller några dygn (omkring 2-3 fartyg per vecka).
- Anläggningen kommer att vara i drift omkring nio månader per år, med uppehåll under sommarmånaderna.

## 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

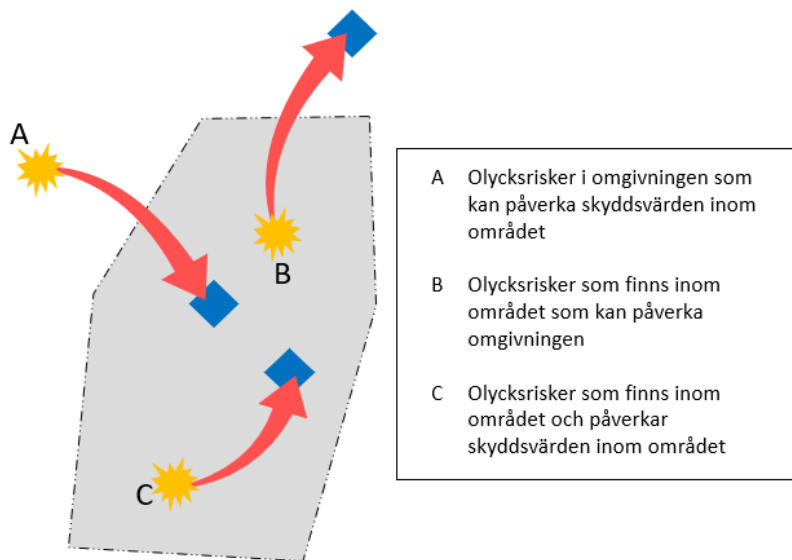
Den mest centrala lagstiftningen att beakta avseende olycksriskpåverkan i processen utgörs av Miljöbalken<sup>3</sup>. Flera andra lagstiftningar med tillhörande förordningar och föreskrifter ställer också krav på hantering och beaktning av olycksrisker, så som Sevesolagstiftningen<sup>5,7</sup>, Plan och Bygglagen<sup>11</sup>, Lag om skydd mot olyckor<sup>12</sup> och Lag om brandfarliga och explosiva varor<sup>13</sup>. Gränssnitten mot dessa andra lagstiftningar belyses i denna riskbedömning för att underlätta fortsatt samordning avseende olycksriskhantering.

#### 3.1.1. Miljöbalken

Det följer av Miljöbalken att olycksrisker skall beaktas i de avvägningar som görs inför uppförande och drift av den här typen av anläggning och dessa ska redovisas i ansökan<sup>3</sup>. 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, iaktta 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.

Begreppet miljö har i miljöbalken en vid betydelse och inkluderar förutom skyddsvärdet naturmiljö bland annat skyddsvärdena människors hälsa, kulturmiljö, egendom och den fysiska miljön i övrigt. I kategorin fysisk miljö i övrigt ingår materiella tillgångar och bebyggelse, inklusive funktionalitet i samhällsviktiga funktioner. Perspektiv på olycksrisker som ska behandlas i en miljötillståndsprocess och tillhörande MKB<sup>4</sup> sammanfattas i Figur 10.

En riskidentifiering avseende hantering av koldioxid vid infångande, förvätskning, mellanlagring och överföring till fartygstransporter som underlag till miljötillstånd bör inkludera beskrivningar av olycksriskpåverkan på samtliga nämnda skyddsvärden och utifrån alla risktyperna A, B och C, se Figur 10. 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) och faller därmed utanför denna riskbedömnings avgränsning.



Figur 10. Typer av olycksrisker som behandlas<sup>4</sup>.

### 3.1.2. Sevesolagstiftningen

Verksamheten vid Värtaverket (och Energihamnen) omfattas av Sevesolagstiftningen<sup>5</sup>, vilket inkluderar följande kravbild<sup>6</sup>:

- Förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor<sup>7</sup>, i fortsättningen kallad Sevesoförordningen
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, MSBFS 2015:8<sup>8</sup>

Stockholm Exergis verksamhet i Energihamnen omfattas av Sevesolagstiftningens högre kravnivå, med anledning av omfattningen av hanteringen av miljöfarliga och brandfarliga vätskor. En säkerhetsrapport<sup>9</sup> finns därför upprättad för verksamheten. Den beskriver verksamheten och dess riskbild samt vilka förebyggande och begränsande åtgärder som vidtagits för att uppnå en säker verksamhet.

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<sup>10</sup>. 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 Miljöbalken (aktuell tillståndsprocess), Plan- och bygglagen, Lagen om skydd mot olyckor och Arbetsmiljölagen, m.fl. Fortsatt hantering av olycksrisker kopplade till koldioxidhanteringen behöver dock ändå ske samordnat med krav i Sevesolagstiftningen.

Övriga ämnen som kan komma att hanteras inom ramen för koldioxidinfångningen kommer att hanteras i sådana begränsade mängder att de inte når upp till mängder som omfattas av Sevesolagstiftningen (dessa ämnen beskrivs ytterligare i kapitel Riskidentifiering nedan).

### 3.1.3. Plan- och bygglagen (PBL)

Plan- och bygglagen<sup>11</sup> 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.

En sådan parallell process pågår för framtagande av ny detaljplan för Energihamnen<sup>17</sup>, där risker förknippade med mellanlagring av koldioxid beaktas tillsammans med en lång rad riskkällor inom och utanför planområdet. Den planerade anläggningen för infångning bedöms dock från riskperspektivet inte i sig medföra ett behov av en ny detaljplan då den planerade anläggningen har bedömts genomförbar med gällande plan.

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

Verksamheten vid Värtaverket är klassad som farlig verksamhet enligt 2 kap. 4 § i LSO<sup>12</sup>, vilket bland annat innebär att verksamhetsutövaren är skyldig att i skälig omfattning hålla eller bekosta beredskap med personal och egendom och i övrigt vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa allvarliga skador till följd av olycka. Detta ska ske som ett komplement till kommunens beredskap för räddningsinsatser. Detta bör ske samordnat med framtagandet av verksamhetens plan för intern räddningsinsats i Sevesolagstiftningen.

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

Koldioxid är inte en brandfarlig eller explosiv gas och omfattas inte av LBE<sup>13</sup>. I omgivningen kring anläggningen finns ett antal cisterner som är klassade för brandfarlig vätska klass 3<sup>a</sup> och som verksamheten innehar tillstånd för enligt LBE. Dessa cisterner betraktas i denna riskbedömning som riskkällor i omgivningen. LBE-tillståndets så kallade *riskutredning* avseende dessa verksamhetsdelar behöver uppdateras med hänsyn till Bio-CCS innan anläggningen driftsätts.

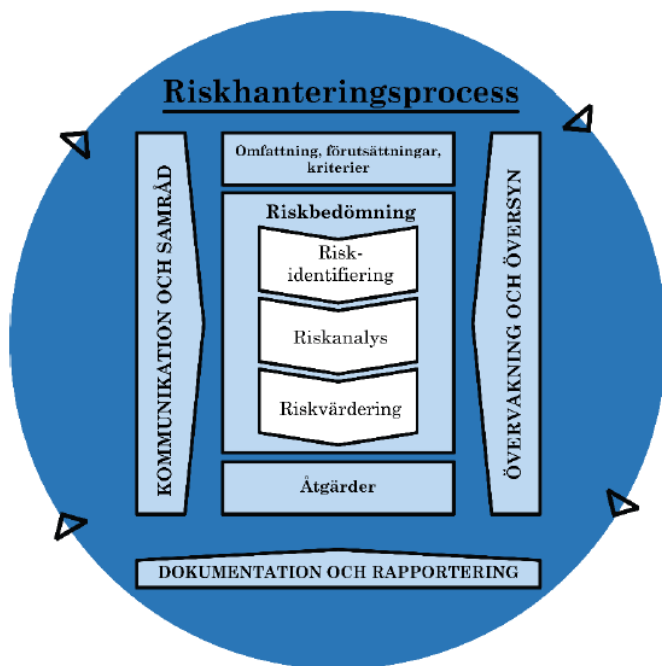
---

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



## 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<sup>14</sup>, se Figur 11. 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.



Figur 11. 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*. En iterativ process i samverkan med myndigheterna Länsstyrelsen Stockholm, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Storstockholms brandförsvaret (SSBF), samt representanter från Stockholm Exergi och sakkunniga inom riskhantering har pågått sedan våren 2020 i syfte att anpassa analysarbetet och metodval till förutsättningarna.

Inledningsvis fokuserade dialogen på identifiering av lämpliga scenarier för konsekvens- och frekvensberäkningar samt möjliga analysmetoder och tillgängliga verktyg. En anledning till den fördjupade dialogen med myndigheterna är att det saknas ett tydligt utpekat och tillämpat analysverktyg i Sverige för plötsliga utsläpp av koldioxid. Exempelvis MSB:s datorprogram *Spridning Luft* saknar funktionalitet för att studera utsläpp av koldioxid. Myndigheterna gav i dialogen stöd för projektets inriktning i att välja ett analysverktyg för spridningsberäkningar som kan ta hänsyn till omgivningens geometri och topografi. Det enda tillgängliga verktyget är så kallade

CFD<sup>a</sup>-modeller, vilka är avancerade verktyg som jobbar i en 3D-modell. Verktöget 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 utbredningen av gasmolnet. 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 spridningsförlöpp och anläggningens löpande utformningsförändringar ledde till förståelse kring hur nyckelvariabler avseende riskbidrag (frekvens- eller konsekvensmässigt) påverkar anläggningens riskpåverkan mot omgivningen. Löpande iterationer av konsekvens- och frekvensberäkningar i samverkan med projektering och designval har fortsatt genom hela processen fram till beslutad utformning av anläggningen med hänsyn till riskbilden. 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 konsekvens-beräkningarna i CFD visar på att omgivningens topografi och geometri har störst betydelse när en större mängd koldioxid släpps ut. Beräkningar av konsekvensavstånd för några av de mindre utsläppen genomförs därför i den enklare programvaran ALOHA, se 3.2.3.

### 3.2.2. Riskidentifiering

Riskidentifieringen avseende händelser inom anläggningen inleddes med en workshop som genomfördes den 30 april 2021. Som underlag för detta inhämtades erfarenheter från planerade CCS-anläggningar vid ett kraftvärmeverk vid Klemetsrud i Oslo samt vid en cementanläggning i Brevik utanför Porsgrunn, såväl som underlag från tidigare samråd och dialog med berörda myndigheter. En systematisk genomgång av ingående processteg och typiska felorsaker genomfördes och dokumenterades. Stockholm Exergi har låtit en brittisk ingenjörfirma genomföra en s.k. FEED<sup>b</sup> som på en övergripande nivå tagit fram utformningsförslag för anläggningen. Inom ramen för FEED har analyser genomförts enligt metodikerna som benämns HAZID<sup>c,15</sup> & HAZOP<sup>d,16</sup>, samt en QRA<sup>e</sup> för beräkning av risknivåer för ett tidigare studerat utformnings- och lokaliseringalternativ för anläggningen. Samtliga dessa underlag har använts för att få en samlad bild över relevanta olycksscenarioer att studera vidare i denna riskbedömning.

Riskidentifieringen *avseende riskkällor i omgivningen* tar sin utgångspunkt i genomfört arbete inom ramen för den riskbedömning<sup>17</sup> som upprättas som underlag i ny detaljplan för Energihamnen.

---

<sup>a</sup> Computational Fluid Dynamics

<sup>b</sup> Front End Engineering Design –ingenjörsmässig design-approach för utformning av en anläggning innan detaljerad projektering.

<sup>c</sup> HAZID (Hazard Identification) är en kvalitativ workshop-baserad metodik för identifiering av händelser som kan medföra negativa konsekvenser

<sup>d</sup> HAZOP (Hazard And Operability Study) är en systematisk genomgång av en komplex anläggning eller system i syfte att identifiera avvikelser eller fel som kan leda till skador på personal eller egendom.

<sup>e</sup> QRA (Quantitative Risk Assessment) är en kvantitativ riskutredning.

Riskidentifieringen avseende följdverksamheter tar utgångspunkt i den nautiska riskutredningen<sup>22</sup> samt en genomgång av fartygstransporternas transportväg och potentiella olyckshändelser som medför risker med fartygstransporterna.

### 3.2.3. Riskanalys

Omgivningspåverkan från anläggningen i form av olika typer av utsläpp och läckage från anläggningen (typ B och C, i Figur 10) kvantifieras genom beräknade individ- och samhällsrisknivåer. Riskanalysmetodiken som tillämpas tar sin utgångspunkt i RIVM:s handledning<sup>18</sup> 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 olycksscenarioer som ska inkluderas i riskberäkningarna.

Den iterativa utformningsprocessen och de modelleringar av olycksscenarioer 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 och barriärer varierats genom processen vilket inarbetats i riskanalysen och utgjort del av underlag för diskussion med de svenska myndigheterna inför ansökan om ändringstillstånd enligt Miljöbalken<sup>3</sup>.

Omgivningspåverkan från följdverksamheten fartygstransporterna till och från anläggningen beskrivs kvalitativt för sträckan genom Stockholms skärgård, se Bilaga B.

Analys av påverkan från omgivningen mot anläggningen genomförs kvalitativt utifrån gällande kravbild, se avsnitt 3.1 och utifrån tidigare upprättade riskutredningar och beräkningar:

- *Dominoeffektanalys som utgör en del av Riskbedömning för ny detaljplan Energihamnen.*<sup>17</sup>
- *Säkerhetsrapport Värtaverket*<sup>9</sup>
- *Riskbedömning för hantering av brandfarliga varor enligt Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor Värtaverket.*<sup>19</sup>
- *Riskanalys i enlighet med lag (2003:778) om skydd mot olyckor.*<sup>20</sup>
- *Fire Safety Strategy - Beccs*<sup>21</sup>
- *Risk PM - Lossning Kaj 503*<sup>34</sup>
- *Risk PM - Nya oljecisterner*<sup>42</sup>
- *Nautisk Riskanalys - SSPA RE20211395-01-00-B*<sup>22</sup>
- *Påseglingsanalys kaj 503- RISE*<sup>35</sup>

Nedan beskrivs den metodik som använts för att uppskatta och värdera identifierade utsläppsscenarioer från anläggningen, vilken ligger till grund för beräkningen av individ- och samhällsrisknivåer.

## *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"<sup>18</sup>. Bevi-manualen har tagits fram av nederländska National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) och används vanligen som manual för kvantitativa riskanalyser. Modellen inkluderar både händelser med höga frekvenser och begränsade konsekvenser (exempelvis mindre läckage) samt scenarion med låga frekvenser och potentiellt allvarigare konsekvenser (exempelvis läckage från en mellanlagringstank). De identifierade händelsetyperna och dess grundfrekvenser kombineras med anläggningens systemdesign för att beräkna felfrekvenser för den aktuella anläggningen. Exempelvis tas hänsyn till antal komponenter av olika slag och antal meter rör. De identifierade felfrekvenserna för anläggningen nyttjas i beräkningarna av individ- och samhällsrisknivåer. Detaljerad indata kring frekvensanalysen ses i Bilaga A.

## *Konsekvensanalys*

De valda utsläppsscenarierna och dess utbredning simuleras utifrån planerade driftförhållanden så som design, tryck och temperatur i rörledningar och tankar. 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 ses viktiga indataparametrar som varierats för de olika 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<sup>a</sup>. 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 tillvägagångsätt vid beräkning av risknivåer. För mer information om indata till simuleringarna av konsekvensavstånd som nyttjas i riskberäkningarna, se Bilaga A.

---

<sup>a</sup> Health and Safety Executive (2011) Dr. P Harper. *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)*

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

Parametrar som varierats i genomförda simuleringar	
<i>Fastillstånd</i>	vätska, gas
<i>Stabilitetsklass<sup>a</sup></i>	F (ogynnsamt väder), D (normalt väder)
<i>Vindhastighet<sup>a</sup></i>	1, 3,4, 5, 10 m/s
<i>Lufttemperatur</i>	0, 8, 10, 15°C
<i>Vindriktning</i>	Nordost, sydväst
<i>Tryck</i>	7, 15 bar
<i>Temperatur</i>	-27, -50°C
<i>Varaktighet</i>	Beroende av utsläppspunkt
<i>Hålstorlek</i>	Beroende av utsläppspunkt
<i>Utsläppshastighet</i>	Beroende av utsläppspunkt
<i>Utsläppsriktning</i>	Nedåt, horisontellt, uppåt
<i>Tid på dygnet</i>	Dag, natt
<i>Höjd över mark (eller vatten) som koncentrationen utvärderas i omgivningen</i>	1 meter

Nedan beskrivs de modelleringsverktyg som nyttjas i riskbedömningen:

### ALOHA

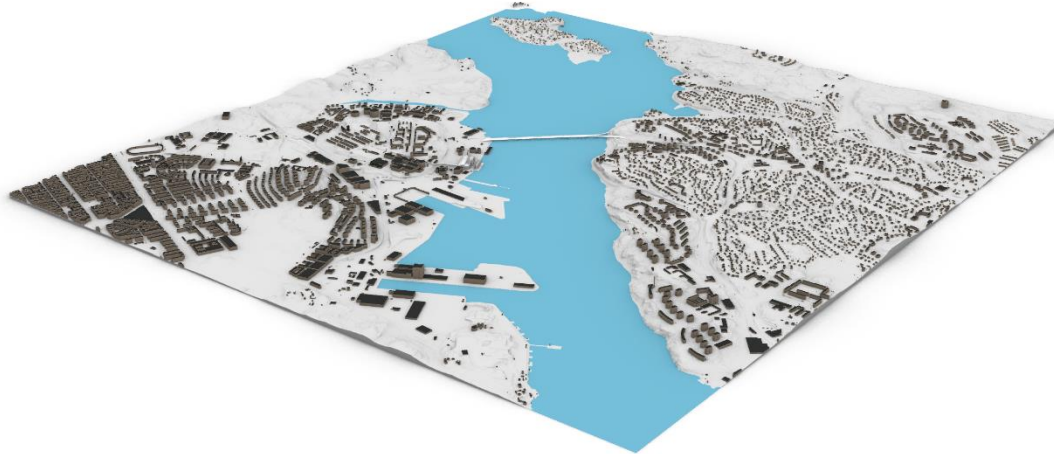
Simuleringar av valda olycksscenarioer med en mindre hålstorlek (<15 mm) genomförs i programvaran ALOHA. Programvaran är utvecklad i USA för räddningstjänst och stadsplanerare och designad för att modellera kemikalieutsläpp. I programmet kan simuleringar av konsekvensavstånd vid utsläpp av gaser, BLEVE (obs, gäller ej för koldioxid), jetflammar, pölbränder och gasmolnsexplosioner genomföras.

Programvaran innehåller ett antal begränsningar vilka medför osäkerheter vid tolkning av resultaten från simuleringarna. ALOHA beräknar den största möjliga horisontella spridningen vid marknivå och tar inte hänsyn till spridning i vertikalt led, effekter av kemiska reaktioner eller topografi. Av dessa anledningar tillämpas verktyget ALOHA endast på de mindre utsläppen i denna riskbedömning.

I ALOHA går det att simulera ett scenario i maximalt 60 minuter. Det bedöms acceptabelt för de mindre utsläppen då åtgärder mot utsläppet bedöms kunna vidtas inom 60 minuter.

### *KFX CFD-modell*

Spridningen av de större utsläppen av trycksatt koldioxid i vätskefas modelleras av Det Norske Veritas, DNV i CFD med hjälp av simuleringsverktyget KAMELEON FIREEX KFX ®. Modellen är en så kallad pseudo-källmodell som använder grundläggande fysikaliska principer avseende bevarande av massa, rörelsemängd och energi för en kontrollvolym. Modellen har möjlighet att hantera spridning av ämnen i olika fastillstånd. Verktygets förmåga att beräkna en realistisk spridning av koldioxid har visats genom tester och genom jämförelser av resultat från experimentella data från både laborietester och storskaliga fältförsök.<sup>23</sup>



Figur 12. Vy över den 3D-modell som används i CFD-modelleringarna. (Urban Design, 2023)

### *Beräkning av risknivåer*

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

#### Individrisk

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.

#### Samhällsrisk

Samhällsrisk utgörs av sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer till följd av en olycka. Samhällsriskmålet tar hänsyn till befolkningstäthet och studeras över ett område som normalt är en kvadratkilometer stort. Riskens redovisas ofta som en F/N-

kurva som visar den ackumulerande frekvensen (per år) för ett visst utfall mätt i antal döda.

## QGIS

För att beräkna individrisknivåer och för att producera iso-konturer i en kartbild nyttjas mjukvaruprogrammet QGIS<sup>24</sup>. QGIS är ett geografiskt informationssystem med öppen källkod. Mjukvaran används för att plotta de olika resultaten från konsekvensmodelleringarna och tilldela dessa specifika värden utifrån frekvensanalysen. Verktøget 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.

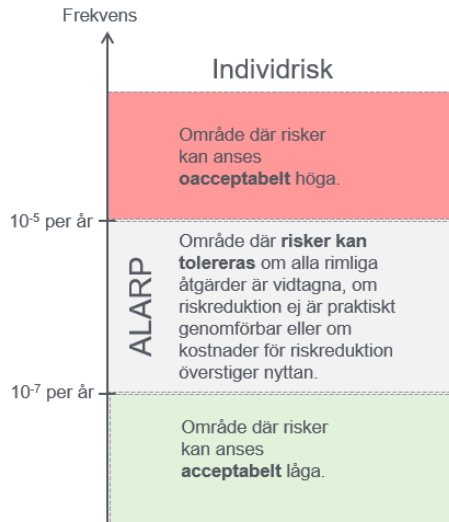
### 3.2.4. Riskvärdering

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 i rapporten *Värdering av risk*<sup>25</sup> avseende individrisk i omgivningen och för samhällsrisksbidraget. Valet av denna rapport som underlag för riskvärdering har gjorts i dialog med Länsstyrelsen Stockholm, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap samt Storstockholms brandförsvaret inom ramen för genomfört samråd.

Vad gäller individrisk tillämpas DNV:s kriterier enligt följande:

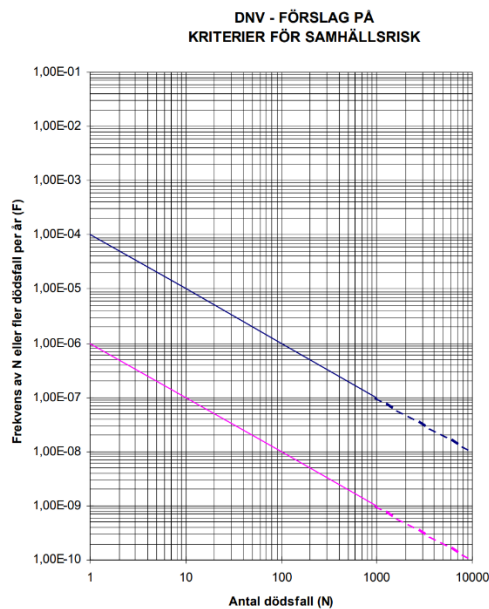
- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:  $10^{-5}$  per år, det vill säga en gång på 100 000 år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små:  $10^{-7}$  per år, det vill säga en gång på 10 000 000 år.

Området mellan dessa benämns ALARP-område<sup>a</sup> och där kan risknivån tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna, se Figur 13.



Figur 13. Riskvärderingskriterier individrisk.

Vad gäller samhällsrisk tillämpas DNV:s kriterier enligt Figur 14.



Figur 14. Riskvärderingskriterier för samhällsrisk. Blå linje representerar övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras. Rosa linje representerar övre gräns för område där risker kan anses små. Området däremellan benämns ALARP och innebär att risken kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas.<sup>25</sup>

<sup>a</sup> ALARP – As Low As Reasonably Practicable



Påverkan från identifierade riskkällor i omgivningen värderas kvalitativt utifrån gällande kravbild, se avsnitt 3.1. De riskkällor som i händelse av en olycka direkt skulle kunna leda till ett okontrollerat utsläpp av koldioxid från anläggningen värderas konsekvensbaserat. Vid behov föreslås riskreducerande åtgärder för att en acceptabel risknivå mot anläggningen ska uppnås, alternativt att den identifierade typen av påverkan helt enkelt förebyggs.

### 3.2.5. Åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån flera olika analyser och metoder. Utformningsprocessen som pågått i samverkan med projekteringen av layout har i en iterativ process nyttjats för att identifiera vilka och var åtgärder ger störst effekt. Även de mer kvalitativa analyserna som genomförts (HAZOP<sup>a</sup> och HAZID<sup>a</sup>) där identifiering av möjliga åtgärder ingår som en central del av arbetsprocessen, nyttjas för att identifiera lämpliga riskreducerande åtgärder. 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 Bio-CCS

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<sub>2</sub>) är en lukt- och färglös gas som inte anses giftig<sup>26</sup> 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 kvävningsskaddande<sup>27</sup>. Koldioxid är en tung gas, vid rumstemperatur cirka 1,5 gånger tyngre än luft, vilket innebär att koldioxiden 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 växthuseffekten, 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 då den ej kan 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. Köldskador kan uppkomma på både utrustning och människor i närområdet kring utsläppet.
- Kvävning – höga koncentrationer i luft ger upphov till skador på människor.
- Tryckpåverkan – ger upphov till skador på både utrustning och människor.
- Splitterverkan – flygande delar 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.

Koldioxid i kyld och flytande form innehar en klassificering enligt förordningen (EG) nr 1272/2008 under rubriken *Fysiska Risker* och *Komprimerade gaser, Kyl*

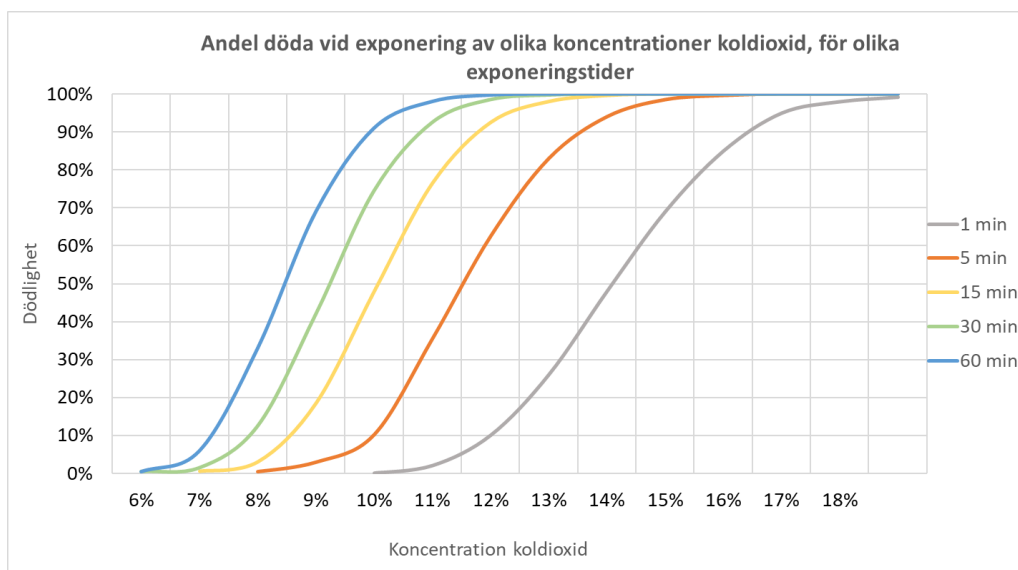
*kondenserad gas H281*. Farokoden innebär att behållaren innehåller kyld gas som kan orsaka svåra köldskador.

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 till förvätskning och mellanlagringen i Energihamnen, se Figur 7. 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).

Olycksscenarier med koldioxid i vätskefas bedöms ha större inneboende potential till konsekvenser på stora avstånd i omgivningen. Sådana utsläpp kan inträffa från rörledningar, pumpar, ventiler och kopplingar med mera. De mest allvarliga konsekvenserna bedöms kunna uppkomma antingen vid läckage från någon av de större tankarna i mellanlagringen, eller i samband med lastning till fartyg i hamnen. 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 en blandning av fast fas och gasfas när den lämnar den trycksatta tanken och släpps ut i atmosfärstryck. Därefter sublimerar den fasta koldioxiden till gasfas, koldioxid kan ej förekomma i flytande form under atmosfärstryck.<sup>23</sup>

I Figur 15 presenteras beräknade probitfunktioner<sup>28,29</sup> för andel döda vid exponering av koldioxid för olika exponeringstider. Utifrån figuren går att utläsa att andelen döda stiger snabbt till följd av en ökad koncentration koldioxid.



Figur 15. Dödlighetskurvor (sk. Probit-kurvor) för exponering av koldioxid vid olika exponeringstider.<sup>28 29</sup>

#### 4.1.2. Kaliumkarbonatlösning

Kaliumkarbonat kommer att användas som absorbent i avskiljningsprocessen, i relativt stor mängd (något hundratal kubikmeter) och i en koncentration av omkring 25 % i vatten. Den är ur ett olycksriskperspektiv ett relativt ofarligt ämne som kan verka irriterande för människor. Produkten används bland annat vid framställning av såpa, snus och kristallglas och har när den används som surhetsreglerande medel vid livsmedeltillverkning E-nummer 501. Ett utsläpp av kaliumkarbonat bedöms främst kunna påverka människor i dess omedelbara närhet i form av irritation i luftvägarna, ögonirritation och hudirritation. Ett utsläpp som når vattendrag orsakar en höjning av pH i vattendrag och kan på så sätt vara farligt för vattenorganismer. Ur ett olycksriskperspektiv vad gäller påverkan på människors hälsa bedöms hanteringen av kaliumkarbonat främst vara en fråga ur arbetsmiljösynpunkt och inte ge en sådan betydande påverkan på människors hälsa att den behöver beaktas mer än översiktligt i den fortsatta miljötillståndsprocessen. Möjlig påverkan på miljön, t.ex. vad gäller pH-värde i vattendrag vid utsläpp till omgivningen bör beskrivas ytterligare i den kommande processen, men beaktas inte vidare inom ramen för denna utredning.

#### 4.1.3. Borsyra och ev. andra katalysatorer

De katalysatorer som avses användas i infångningsprocessen är 3-5 % borsyra och 1,5-3 % vanadinpentoxid. Borsyra är i EU:s CLP-regler (Classification, Labelling and Packaging) klassat till att möjligen kunna påverka människans fertilitet och ge fosterskador.<sup>30</sup> Vanadin kan under vissa förutsättningar ha en toxisk effekt för levande organismer. Långvariga hälsoeffekter faller utanför avgränsningarna för denna utredning om olycksrisker och beaktas ej vidare. Vanadin är dock i pulverform även brandfarlig, vilket behöver beaktas vidare ur ett olycksriskperspektiv, om det kommer att hanteras i pulverform och inte enbart i utspädd lösning.

#### 4.1.4. 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 olycksriskperspektiv 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 miljötillståndsprocessen.

#### 4.1.5. Köldmedium

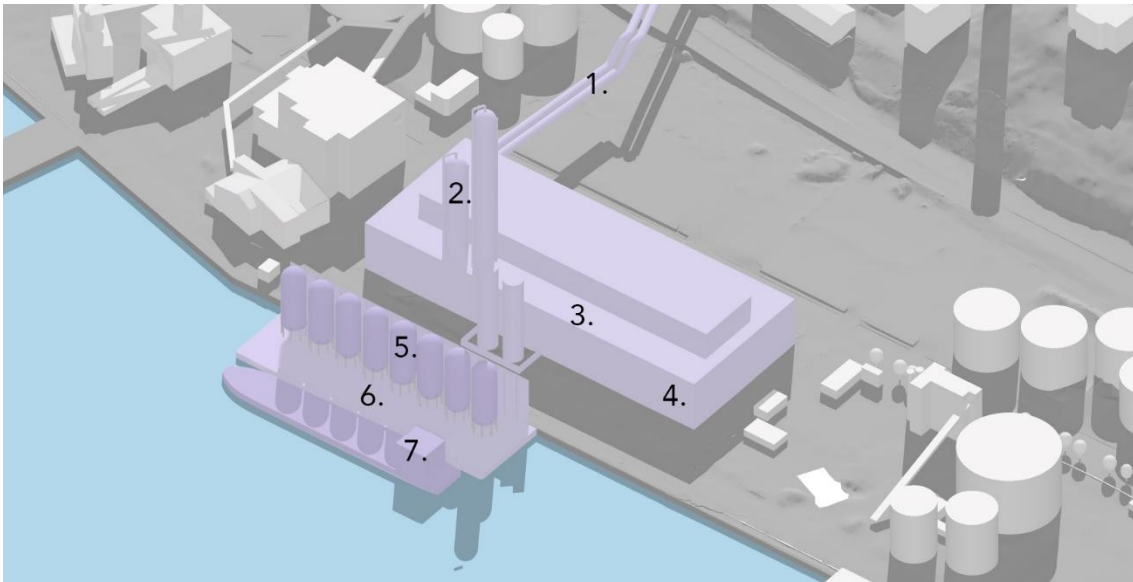
Inom förvätskningsanläggningen avses koldioxid användas som kylmedel. Ur ett olycksriskperspektiv bedöms koldioxid som kylmedel medföra ett försumbart riskbidrag för anläggningen som helhet, med tanke på att koldioxid kommer att hanteras inom verksamheten i mycket stora mängder.

#### 4.1.6. Rökgaser

Rökgaserna från KVV8 på Värtaverket leds ned till infångningsanläggningen via rörledning. Önskad utsläpp eller läckage av rökgaser inom anläggningen kan leda till påverkan på människors hälsa och säkerhet utifrån dess innehåll av olika kväveföreningar, kolmonoxid och koldioxid. Påverkan inom anläggningen bedöms främst vara en arbetsmiljörisk och det bedöms inte finnas relevanta olycksriskscenarier att studera vidare avseende omgivningspåverkan.

#### 4.2. Händelser med möjlig omgivningspåverkan

Nedan beskrivs ett antal identifierade orsaker till händelser som kan innebära utsläpp av koldioxid, absorbent, katalysator eller kylmedium.



Figur 16. Skiss över anläggningen i lila färg, där processens olika steg är markerade med nummer, vilka beskrivs utförligare i Tabell 2.

De övergripande scenarier som studeras vidare med avseende på olycksriskpåverkan inom anläggningen eller mot omgivningen presenteras i följande lista. Observera att

dessa scenarier sedan i riskanalysen bryts ned i fler delhändelser baserat på variationer av t.ex. läckagestorlek/hålstorlekar, väder/vindförhållanden, läckageriktningar (i förekommande fall), tid på dygnet, placering av komponenter, mm.

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

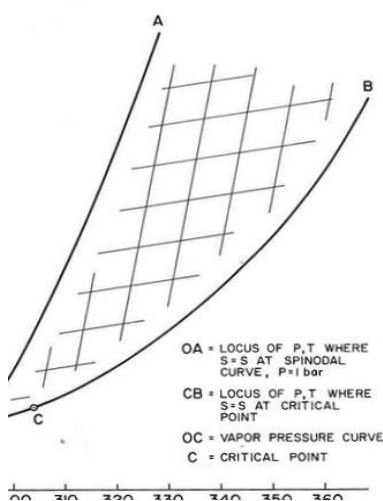
Delsystem	Händelse	Beskrivning
<b>1. Rörledning för rökgaser mellan KVV8 och bio-CCS-anläggningen</b>	Läckage av varma rökgaser	En skada på rörledningen skulle kunna leda till att varma rökgaser läcker ut och påverkar det absoluta närområdet. Läckaget antas kunna upptäckas och flödet bromsas relativt snabbt.
<b>2. Infångningsanläggning</b>	Läckage av koldioxid i gasfas från desorber	Läckage av koldioxid skulle kunna leda till en uppbyggnad av skadliga koncentrationer i det aktuella utrymmet i byggnaden vilket kommer att detekteras.
	Utsläpp från tryckavlastningsventiler ovan och på toppen av kolonner.	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. nere på marknivå).
<b>3 &amp; 4. Förvätskningsanläggning (inkl. rörledningar)</b>	Läckage av koldioxid i gasfas 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 eller gasfas vid förvätskningen	Förvätskningsanläggningen utgör första platsen i processen där ett utsläpp av koldioxid i vätskefas skulle kunna ske, t.ex. från värmeväxlare 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 som hamnar på kajytan väster om mellanlagrets avskärmning.
<b>5. Mellanlager (inkl. rörledningar)</b>	Läckage av koldioxid i vätskefas från mellanlagringstank (inträffar på den korta rörsträckan mellan lagertank och första nödvästängningsventil som är svetsad direkt på tankens utloppsrör)	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 den berörda tanken är tömd. Sådana utsläpp kan ske vid skada på tanken eller på en anslutande rörledning, i det korta avståndet mellan tankväggen och första nödvästängningsventil. Ventilen placeras i princip dikt an mot tankanslutningen. I scenariot antas läckaget uppstå i röranslutningen under tanken, vilket innebär att utsläppet är nedåtriktat och i vätskefas.
	Läckage av koldioxid i vätskefas från pumpar eller rörledningar	Ett läckage som omedelbart kan detekteras och avbrytas med tekniska system, så att endast innehållet i berörd rörsektion släpps ut.
<b>6. Fartygslastning (inkl. fasta installationer på kaj)</b>	Läckage av koldioxid i vätskefas vid brott på lastarm vid kaj 503	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.
<b>7. Fartygstransport</b>	Läckage av koldioxid i vätskefas till följd av fartygsolycka i hamnområdet	Ett mycket osannolikt läckage till följd av en kollision med koldioxidfartygen inom hamnområdet, där en koldioxidtank punkteras. Fartyg för transport av flytande koldioxid bedöms byggas motsvarande de för transport av LPG, dvs med separata trycktankar innanför fartygets eget skrov

Av de identifierade utsläppen bedöms större utsläpp av koldioxid i vätskefas vara de utsläpp som kan komma att påverka människa och miljö i störst utsträckning (på störst avstånd från utsläppskällan). Samtliga dessa scenarier analyseras vidare i avsnitt 5.1.

#### 4.2.1. Angående möjlig förekomst av händelsetypen *BLEVE*

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 möjlig tryck- och splitterpåverkan (samt sannolikt en nedkylningseffekt).

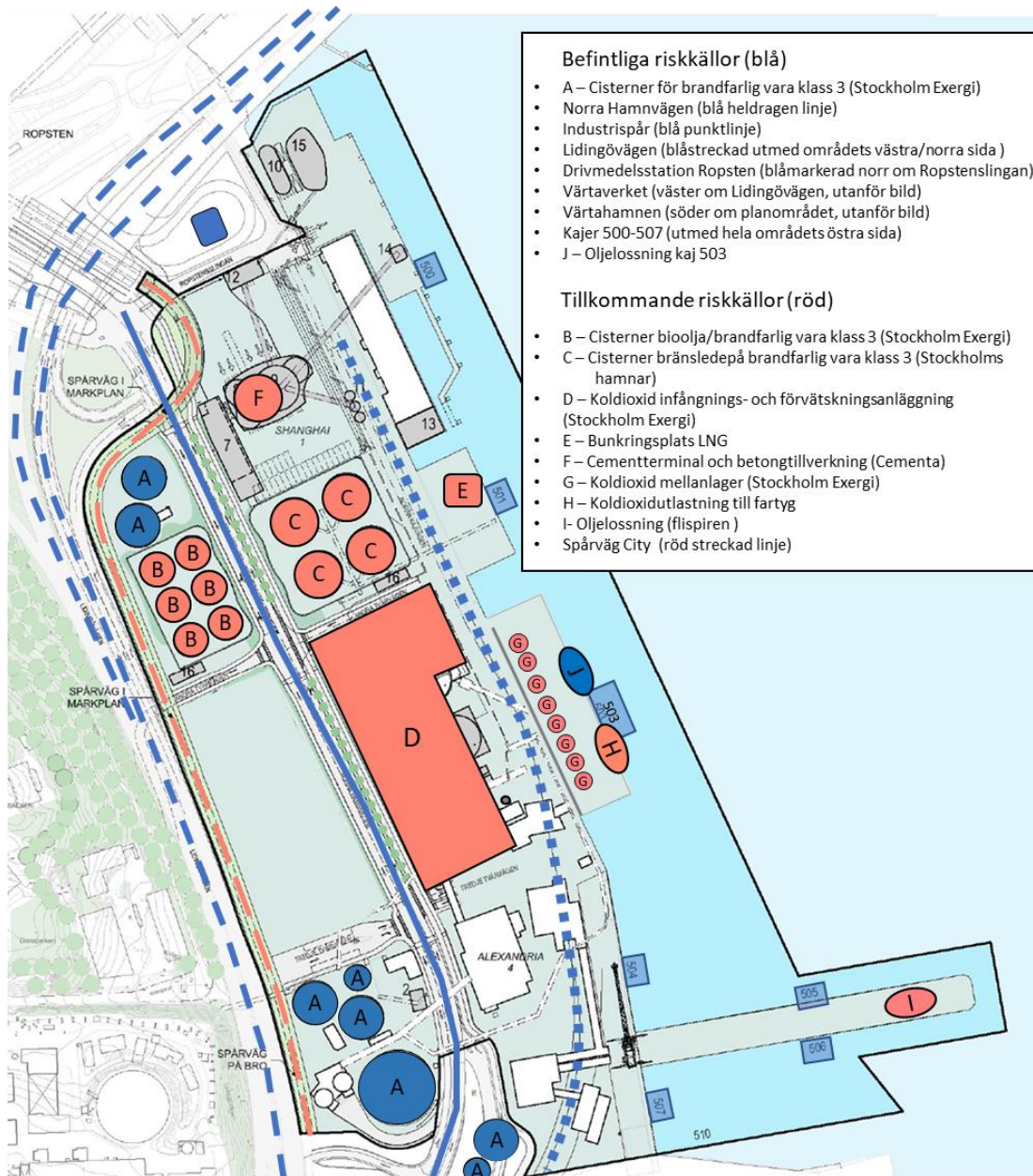
Det finns studier<sup>31,32</sup> som belyser att olycksscenarier som leder till Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) *i teorin* kan förekomma vid hantering/lagring av koldioxid under vissa specifika förhållanden där koldioxiden förekommer i så kallat superkritiskt tillstånd. Dessa förhållanden innebär dock att koldioxiden måste befinna sig i en domän av tryck och temperatur enligt Figur 17 för att kunna genomgå en så kallad isentropisk tryckminskning<sup>33</sup>. De höga tryck som krävs för att koldioxid i vätskefas ska befinna sig inom detta område (som minst femtio bar och upp till flera hundratals bar) kommer inte att kunna förekomma i anläggningen, som generellt utformas för ett tryck på ca 15-16 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 felfungera bedöms flera olika typer av systemkomponenter sannolikt brista och leda till ett läckage (som sänker trycket) innan superkritiska förhållanden uppstår.



Figur 17. Domän<sup>33</sup> 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

Riskidentifieringen avseende riskkällor i omgivningen tar sin utgångspunkt i genomfört arbete inom ramen för den riskbedömning som upprättats som underlag i ny detaljplan för Energihamnen<sup>17</sup>, se Figur 18. De blåmarkerade riskkällorna i Figur 18 utgörs av befintliga riskkällor. Den möjliga utveckling av Energihamnen som studeras inom ramen för pågående detaljplaneprocess, innebär eventuellt vissa tillkommande riskkällor. Dessa är rödmarkerade i Figur 18.



Figur 18. Kartbild med samtliga identifierade befintliga och tillkommande riskkällor i omgivningen kring Bio-CCS-anläggningen.



Risker förknippade med oljelossning på kaj 503 beskrivs i *Risk PM, risker vid lossning av klass 3 - produkt vid kaj 503*<sup>34</sup>.

Fartygstransporter i hamnbassängen innebär en påseglingsrisk på kaj 503 där mellanlagringstankarna för koldioxid är placerade. Riskpåverkan utgörs både av koldioxidfartygen samt annan sjötrafik i området. Kajens föreslagna konstruktion och riskerna förknippade med påsegling utvärderas i en maritim riskbedömning<sup>35</sup> och en nautisk riskbedömning<sup>22</sup> avseende fartygsrörelser i hamnbassängen.

#### 4.4. Riskkällor förknippade med följdverksamhet

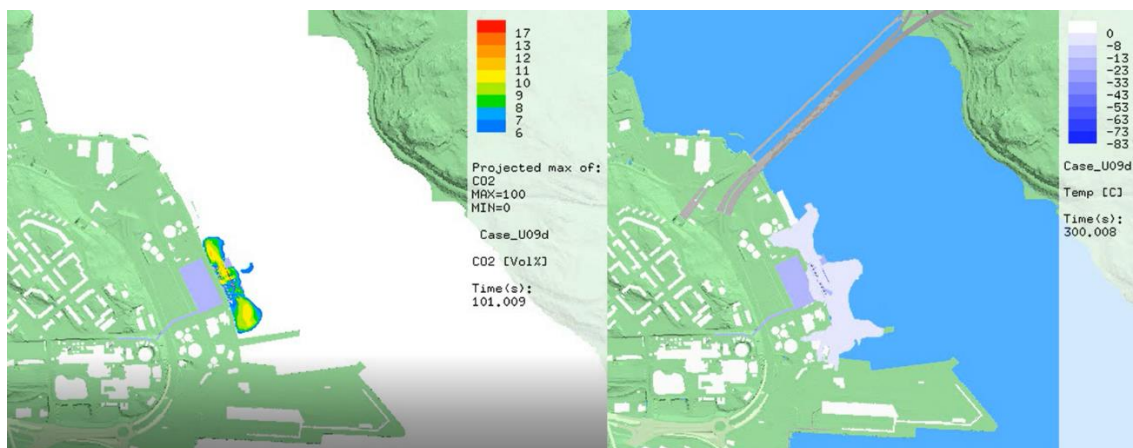
En följdverksamhet av anläggningen är de fartygstransporter som kommer att transportera koldioxiden från mellanlagret på kaj 503 till permanent lagringsplats. Vad gäller nautiska risker inom hamnområdet har frågan analyserats i en Nautisk riskanalys av SSPA<sup>22</sup>. Även risker med fartygstransporterna av koldioxid ut genom Stockholms skärgård, från Värtahamnen till Almagrundet har studerats översiktligt och beskrivs i *Bilaga B – risker förknippade med fartygstransporter*.

## 5. RISKANALYS OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel presenteras genomförd riskanalys och riskvärdering. Inledningsvis beskrivs analysen med avseende på den riskpåverkan som anläggningen har mot omgivningen (perspektiv ”B”, enligt Figur 10), sedan riskpåverkan från omgivningen (perspektiv ”A”) och resonemang kring dominoeffekter och osäkerheter. Perspektiv ”C”) avser arbetsmiljörisiker och faller utanför avgränsningen för denna analys.

### 5.1. Riskpåverkan från anläggningen mot omgivningen

De olyckshändelser som identifierats har studerats med avseende på möjlig omgivningspåverkan utifrån deras uppskattade frekvenser och möjliga konsekvenser. Detta är utgångspunkten för beräkningar av riskpåverkan i form av individriskkonturer och samhällsrisiknivåer. Nedan presenteras ett urval av skärmklipp med resultat från några av de genomförda CFD-simuleringarna<sup>36</sup> som visar ett gasmolns utbredning, tjocklek och kyleffekt. Ytterligare utsläppsscenarioer har analyserats i både CFD och ALOHA, men redovisas inte här i detalj. Dessa typer av resultat har använts som utgångspunkt för att definiera konsekvensområdet för respektive scenario, vilka sedan tillsammans med uppskattade frekvenser för händelsen ger ett bidrag till risknivåerna. Detaljerade resultatdata för frekvens- och samtliga konsekvensberäkningar är sammanställt i Bilaga A.

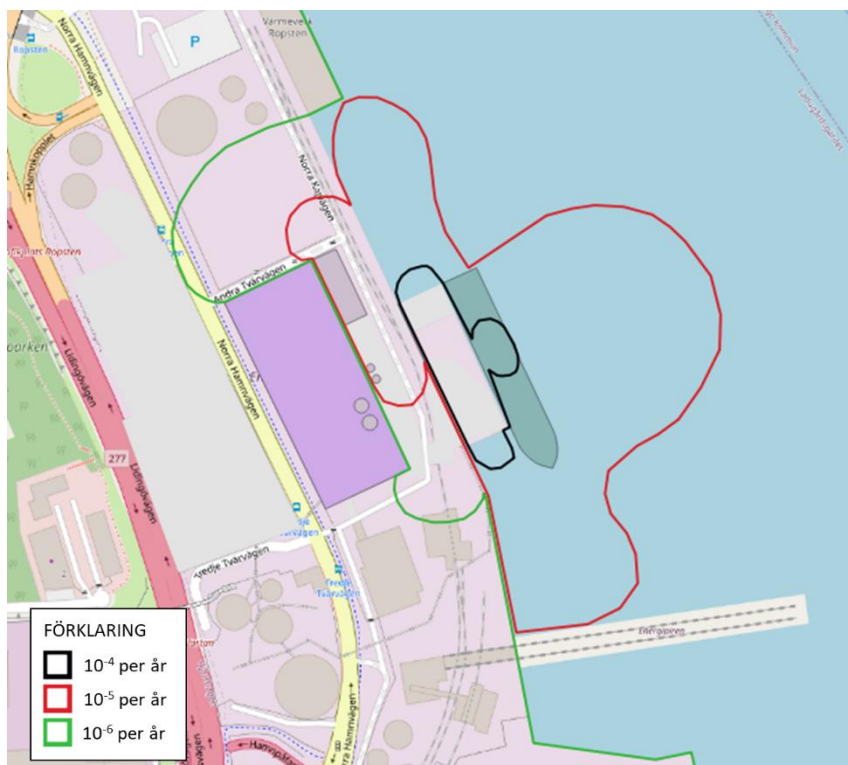


**Figur 19. Exempel på resultat från konsekvensmodelleringar för en av de studerade händelserna. Ytterligare resultat och förklaringar kring informationen av denna typ presenteras i Bilaga A.**

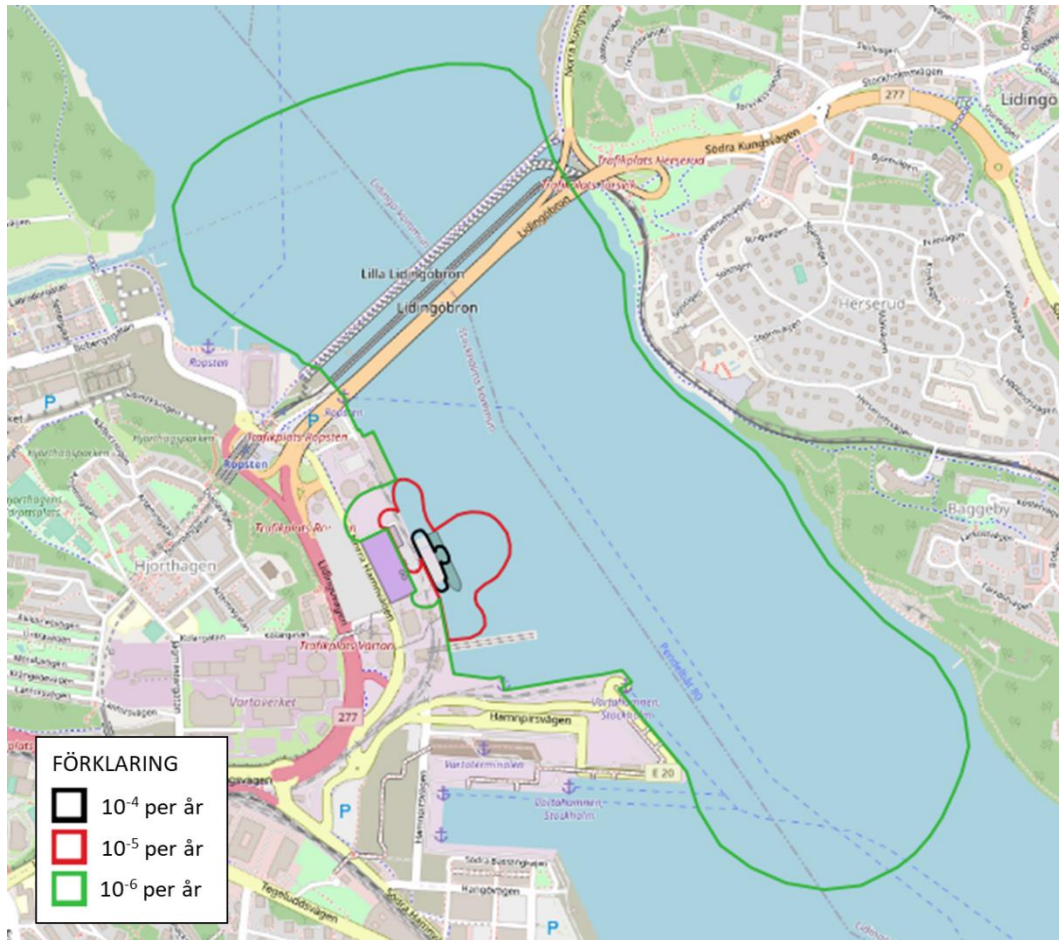
Beräknade resultat med avseende på riskmålet *individrisk*<sup>25</sup> redovisas i Figur 20, Figur 21 och Figur 22. Resultatet som redovisas utgörs av en sammanräkning av frekvenser och konsekvensområden för de identifierade olyckshändelser inom anläggningen som ger en omgivningspåverkan.



Figur 20. Beräknade individrisknivåer kring anläggningen, illustrerade i en färgskala utifrån tillämpade riskacceptanskriterier.



Figur 21. Beräknade individrisknivåer kring anläggningen, illustrerade som risk-konturer.

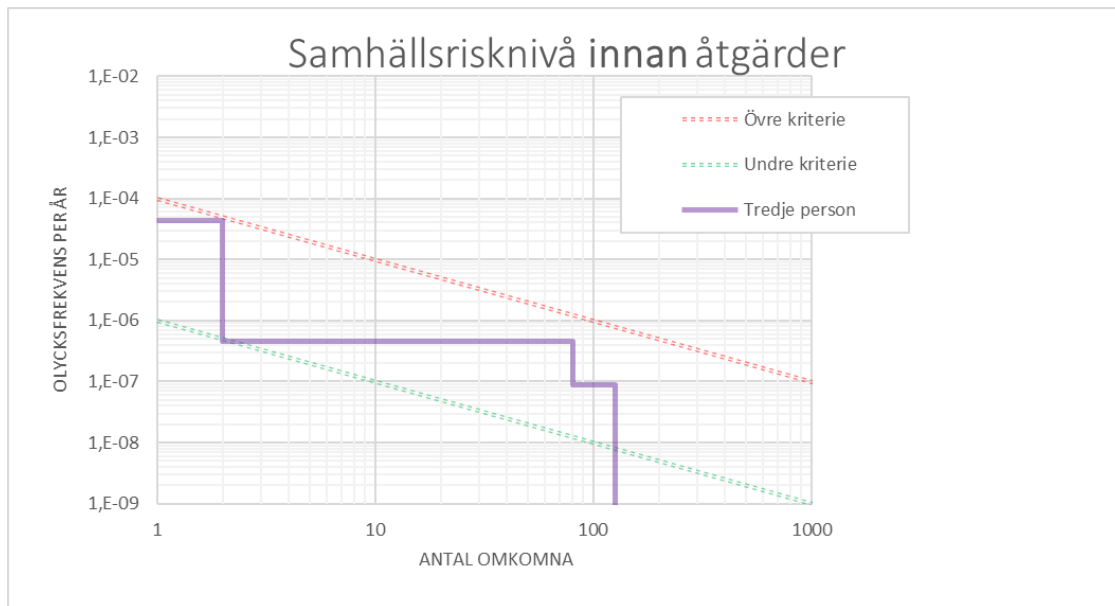


Figur 22. Beräknade individrisknivåer kring anläggningen.

Resultaten utifrån riskmättet *individrisk* visar att på alla platser där tredje person förväntas vistas stadigvarande (som vid Ropsten, Valparaiso och Värtahamnen samt vid bostadsområdena i Hjorthagen och på Lidingö) är individrisknivåerna på acceptabelt låga nivåer. Individrisknivån överstiger dock en direkt acceptabel nivå inom mindre delar av Energihamnen, samt Lilla Värtans vattenområde. Över vattenområdet hamnar individrisken inom ALARP-området, till följd av hur ett möjligt gasmoln sprids vid vissa av de mer osannolika scenarierna. Ju längre bort från anläggningen som spridningen kommer, desto tunnare blir molnet (från flera meters höjd/tjocklek nära utsläppspunkten till att vara i storleksordningen under en meter tjockt på längre avstånd ut över vattnet). I modelleringarna av de största och minst sannolika scenarierna visar resultaten att skadliga koncentrationer vid vattenytan kan kvarstå i ett tidsspänn av storleksordningen omkring en timme, innan molnet späts ut och koncentrationerna minskat. Några skadliga koncentrationer uppe på Lidingöbroarna eller på platser där människor vistas stadigvarande utmed kustlinjen på Lidingö uppkommer inte i spridningsmodelleringarna för något av de studerade scenarierna. De förhöjda nivåerna inom Energihamnen och dess kajområden innebär att rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas för att minska dessa, enligt tillämplade riskvärderingskriterier. Vidare resonemang kring sådana finns i Kapitel 6. Individrisken hamnar på en oacceptabelt hög

nivå utmed en del av Norra Kajvägen samt ute på kaj 503 (se Figur 21), vilket innebär att åtgärder som förhindrar stadigvarande vistelse för obehöriga (tredje person) på dessa platser ska vidtas enligt tillämpade riskvärderingskriterier.

Beräknade resultat med avseende på riskmättet *samhällsrisk* redovisas i Figur 23.



Figur 23. Beräknat samhällsriskbidrag från anläggningen, innan effekt av möjliga riskreducerande åtgärder beaktats.

Den drivande faktorn i anläggningens omgivningspåverkan ur ett riskperspektiv är koldioxid i vätskefas (förvätskning, mellanlager och fartygsutlastning). Riskscenarierna förknippade med infångningsanläggningens delar inuti byggnaden: utrustning för koldioxid i gasfas, trycksatta rökgaser och andra mindre riskkällor har utifrån tillämpade modeller ingen omgivningspåverkan och genererar därmed inget samhällsriskbidrag. De riskscenarierna bidrar till arbetsmiljörisiker inom anläggningen och behöver beaktas och hanteras enligt gällande lagstiftning.

Resultaten visar att riskpåverkan från anläggningen utgörs av några relativt tydligt urskiljbara delar. Riskkurvan till höger om två omkomna utgörs av risker förknippade med båttrafiken ute på Lilla Värtan, i samband med det mycket osannolika stora läckaget som innebär att en hel tank töms på sitt innehåll. Den vänstra delen av riskkurvan (<2 omkomna) är bidraget från övrig personal på kajområdet inom Alexandria eller i de närliggande delarna av hamnområdet, och som kan komma att påverkas vid fler scenarier än de mest osannolika. Samhälls-risknivån hamnar (innan hänsyn till möjliga åtgärder tagits) i övre delen av ALARP-området, vilket innebär att åtgärder ska vidtas enligt de tillämpade riskvärderingskriterierna.

### 5.1.1. 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.

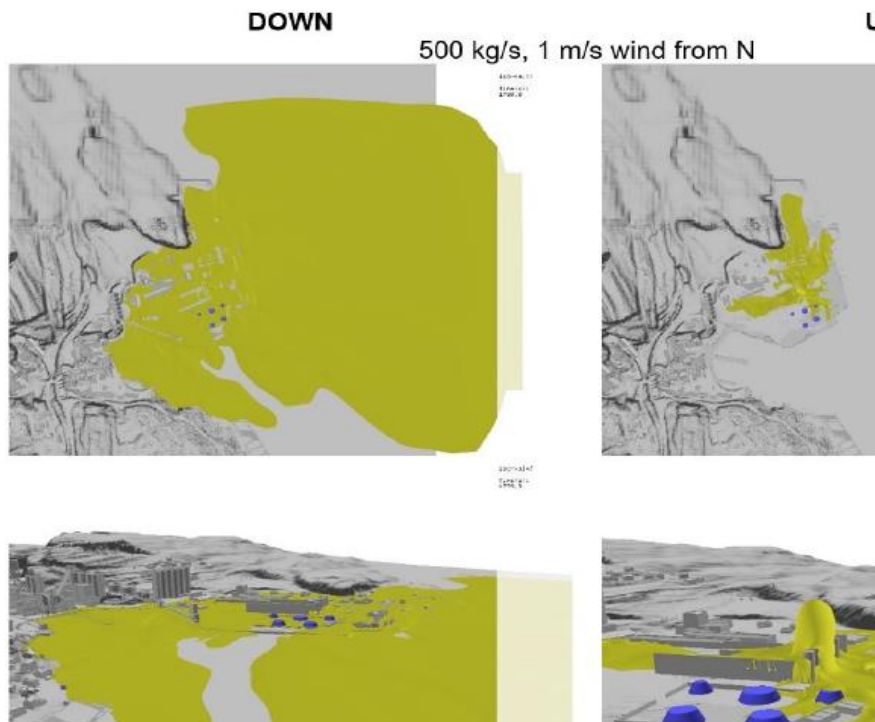
I följande avsnitt diskuteras ett antal av de mest framträdande osäkerheterna som framkommit i analysen och i tolkningen av resultaten.

#### *Tryck och temperatur på koldioxiden*

I studerat utformningsalternativ har huvudinriktningen för vätskedelarna av anläggningen varit att koldioxiden har omkring 15 bar övertryck och att temperaturen är omkring  $-27^{\circ}\text{C}$ . Beroende på slutgiltigt val av permanent förvaring av koldioxiden kan en alternativ variant med 7 bar och  $-50^{\circ}\text{C}$  bli aktuell. Ur ett riskperspektiv bedöms detta alternativ med lägre tryck och lägre temperatur medföra snarlika, men möjligen något mindre riskpåverkan. Utsläppsflödet vid läckage genom en viss given hålstorlek blir lägre med ett lägre tryck, och därmed minskar även storleken på det konsekvensområde som därmed kan uppkomma. Det bedöms därför vara konservativt att i analysen dra slutsatser utifrån kombinationen 15 bar övertryck och  $-27^{\circ}\text{C}$ .

#### *Riktning på modellerade utsläpp*

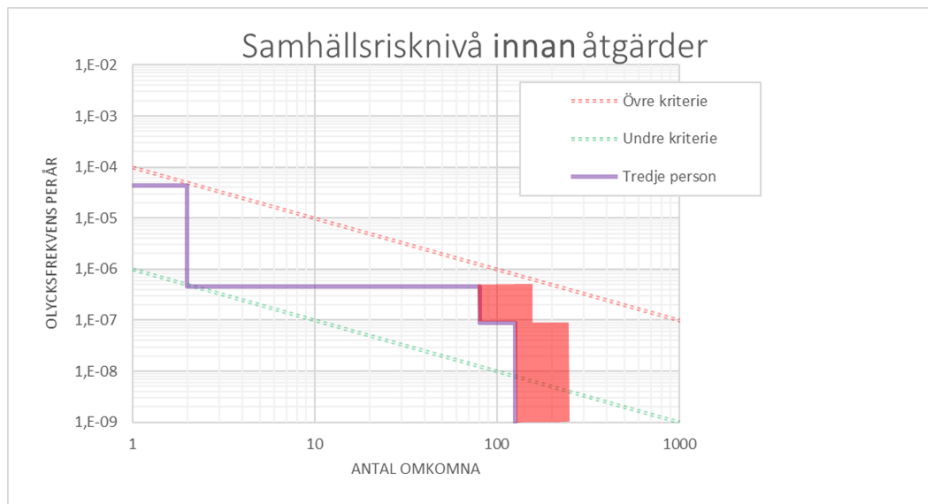
Huruvida ett utsläpp antas riktas nedåt mot marken, rakt upp eller vara horisontellt har relativt stor effekt på hur stort området med förhöjda koncentrationer av koldioxid blir. Något kontraintuitivt visar resultat från liknande modelleringar att ett nedåtriktat utsläpp där utsläppets momentum bromsas upp då det träffar marken, ger de största gasmolnen. Ett uppåtriktat eller horisontellt utsläpp ger en jet-liknande plym som dock snabbare blandas upp med omgivande luft och minskar storleken på det totala området som kan få förhöjda koncentrationer, se Figur 24. Mot bakgrund av detta bedöms det tillämpade tillvägagångssättet att simulera de största utsläppen som nedåtriktade vara konservativt.



Figur 24. Exempel på spridningsmodelleringar från ett norskt CCS-projekt<sup>37</sup>, 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 %.

### Båttrafik på vattnet

Den högra delen av samhällsrisckurvan drivs av riskbidraget från människor på vattnet som skulle kunna påverkas vid ett extremt osannolikt, stort utsläpp (beräknas inträffa ungefär åtta gånger på en miljon år). Antalet människor ombord på fritidsbåtar, pendelbåtar eller större fartyg i området varierar och en uppskattning av persontätheten på vattnet görs därför i beräkningarna. En viktig aspekt i sammanhanget är att anläggningens drifttid på året (~september-maj) i stora delar sammanfaller med den tid på året då fritidsbåtstrafiken upphör, eller minskar till mycket låga nivåer. Denna aspekt har beaktats i beräkningarna, vad gäller genomsnittlig persontäthet i påverkat vattenområde. Även hur människor som befinner sig på båtarna/fartygen påverkas av att koldioxid sprids över vattnet innebär osäkerheter i riskberäkningarna där det antas att alla som befinner sig inom konsekvensområdet på fritidsbåtar eller pendelbåtar omkommer. En översiktlig analys av vad en dubblerad trafik (fördubblad persontäthet) på vattnet skulle innebära redovisas i Figur 25. Resultaten visar att samhällsrisken även vid en sådan ökning inte skulle nå oacceptabelt hög nivå. Observera att de redovisade resultaten gäller situationen *innan* hänsyn till möjliga riskreducerande åtgärder, vilka presenteras i kommande kapitel.



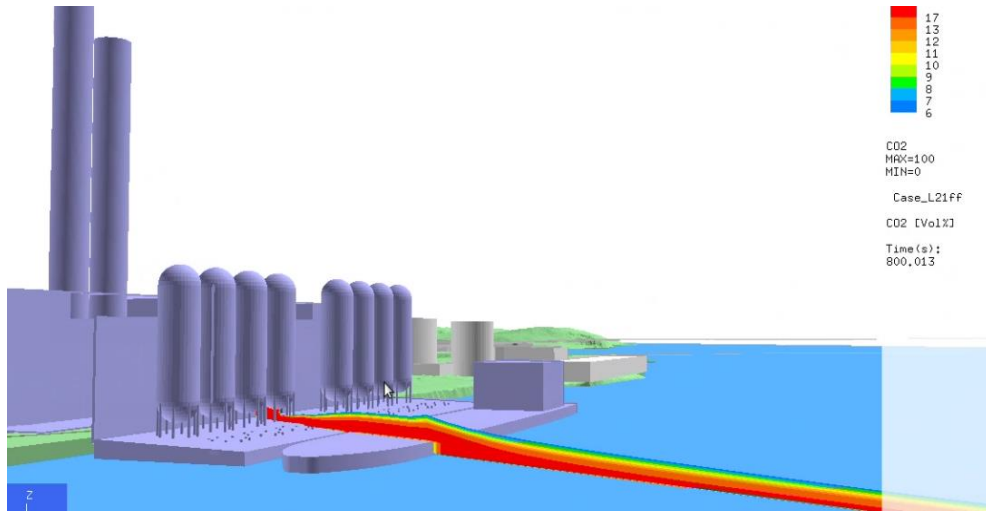
Figur 25. Känslighetsanalys som med röd markering visar en möjlig storlek på den riskökning som en dubbling av prognosen för båttrafiken på Lilla Värtan skulle medföra. Risknivå visas innan hänsyn till åtgärder.

### Koncentration på olika höjd över vattnet

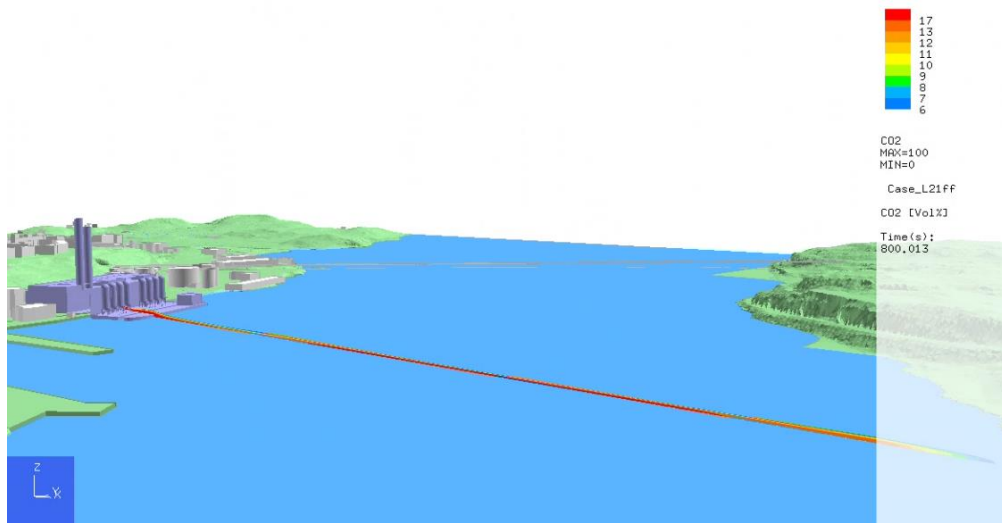
Konsekvensområden för utsläpp av koldioxid som nyttjas i riskberäkningarna beräknas på en meters höjd ovan vattennivån, med hänsyn till att människor på vattnet sannolikt vistas på en båt. Inga badplatser finns i området. En meter över mark/vatten är även den höjd som rekommenderas i Bevi Risk Manual<sup>18</sup>. För konsekvensområden över land nyttjas i riskberäkningarna det projicerade maximala konsekvensområdet, det vill säga konsekvensområdet oberoende av höjd över mark. I IPS-QRA handledning<sup>38</sup> anges att vid beräkningar av utsläpp av giftiga gaser kan en beräkning av koncentrationen på 1,5–2 meters höjd tyckas ge det mest rättvisande resultatet då giftig gas endast är giftigt vid inandning. Koldioxid är inte klassat som ett giftigt ämne, men att beräkna konsekvensområdet vid koncentrationen på 1 meters höjd kan såldes beaktas som konservativt. IPS<sup>38</sup> föreslår vidare i sin handledning att beräkning av utsläpp av *giftiga* gaser görs enligt Bevi Risk Manual<sup>18</sup> på en meters höjd.

Resultaten av simuleringarna visar att i närheten av ett stort utsläpp kan tjockleken på koldioxidmolnet vara flera meter, men på längre avstånd (närmare Lidingö) och efter en längre tid in i utsläppet (cirka 10–15 minuter), kommer sannolikt de skadliga koncentrationerna över vattnet att vara begränsade till i storleksordningen en meter eller mindre ovan vattenytan. Då koncentrationen på en meters höjd nyttjas i beräkningarna kan det finnas förhöjda koncentrationer av koldioxid på lägre höjd än 1 meter utanför det som anges som konsekvensområde i beräkningarna. Det bedöms trots det rimligt att göra riskberäkningen på en meters höjd utifrån rekommendationerna i Bevi Risk Manual<sup>18</sup> och IPS-handledning<sup>38</sup>.





Figur 26. Exempel på hur gasspridningen kan visas i genomskärning från sidan för analys av höjd på gasmolnet i förhållande till topografin – som underlag kring bedömning av möjlig påverkan.



Figur 27. Exempel på hur gasspridningen kan visas i genomskärning från sidan för analys av höjd på gasmolnet i förhållande till topografin – som underlag kring bedömning av möjlig påverkan.

### Gränsvärde koldioxid

I simuleringarna av konsekvensavstånd till riskberäkningarna nyttjas 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<sup>a</sup> och kan också utläsas i Figur 15 (dödlighet 50%, motsvarande LC50 för olika exponeringstider). För 30 minuters exponeringstid som nyttjas i riskberäkningarna är SLOD 92 000 ppm. I samhällsriskberäkningarna antas konservativt att alla som befinner sig inom SLOD-koncentrationen omkommer. Vidare tyder CFD-simuleringarna på att koncentrationen koldioxid över 6 % i det utsläppta molnet hålls relativt sammanhållen.

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 identifierats.

#### *Tåguppställning på kajen*

En viktig riskreducerande aspekt av anläggningens föreslagna utformning är den skärmvägg som finns mellan mellanlagret och industrispåren på kajen. Skärmens huvudfunktion är att styra ut ett eventuellt större utsläpp över vattnet. Vid vissa tillfällen kommer de järnvägsspår som finns på kajen att användas för tomma fastbränsletåg i samband med att deras last lossas längre söderut. De tomma fastbränslevagnarna rör sig då långsamt fram och tillbaka utmed kajen allteftersom lossningen fortskrider. Sammantaget har bedömts att en liten andel (uppskattningsvis 3–6 timmar) av ett normalt vinterdygn befinner sig tågagnar på platsen. Effekten av ett tåg som står uppställt på kajen innanför mellanlagret i händelse av ett utsläpp bedöms inte medföra en betydande påverkan för spridningsförloppet av koldioxid i händelse av ett utsläpp från infångningsanläggningen, förvätskningsanläggningen eller rörledningarna till mellanlagret. Vid utsläpp från mellanlagringstankarna förväntas skärmväggen att styra den utsläppta koldioxiden ned på vattenspegeln, endast en mindre mängd koldioxid kan då förväntas spridas upp på kajen.

#### *Klimatförändringar*

En förväntad effekt av kommande klimatförändringar innebär högre vattennivåer i Östersjön och därmed även i Lilla Värtan. Länsstyrelsen pekar<sup>39</sup> på en möjlig höjning av havsnivån på 60–110 cm till år 2100. En annan utredning<sup>40</sup> visar en möjlig höjning av medelvattenståndet på 50 cm i Lilla Värtan till år 2100 även beaktat den lokala landhöjningen. En central riskreducerande faktor i föreslagen utformning av anläggningen handlar om att större utsläpp leds mot vattnet och att koldioxidens egenskaper som kall och tung gas gör att den stannar där och rinner ut längs vattenytan. Kajens höjd över vattnet är i simuleringarna ungefär 2,5 meter vilket tar höjd för en höjning på cirka 0,5 meter utifrån dagens vattennivå, identifierad möjlig medelvattennivå höjning tas därmed hänsyn till i beräkningarna. Typ av vattenstånd (hög- eller lågvattenstånd) i händelse utsläpp av koldioxid bidrar fortsatt till vissa osäkerheter i analysen. En minskning av höjdskillnaden från kaj till vattenyta skulle i teorin kunna medföra att en mindre andel koldioxid hamnar direkt ned på vattnet och att

---

<sup>a</sup> Health and Safety Executive (2011) Dr. P Harper. *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)*

skadliga koncentrationer uppkommer i något större omfattning inom delar av hamnområdet. Effekten av en högre havsnivå bedöms dock inte på ett övergripande plan förändra resultaten eller vilka slutsatser som kan dras om behovet av riskreducerande åtgärder.

#### *Fartygets höjd över vattnet*

De fartyg som kommer att transportera koldioxid från mellanlagret i Energihamnen till den permanenta lagringsplatsen är ännu inte byggda eller projekterade. Det innebär dels att fartygen kommer att utformas enligt moderna krav utifrån internationella och svenska regelverk<sup>a</sup> gällande säkerhet och skydd mot läckage, dels att deras storlek (till exempel längd och höjd) ännu inte är helt fastställd. Detta bedöms kunna medföra en viss osäkerhet gällande spridningsmodelleringarna, då simuleringarna av läckage genomförs med ett fartyg liggandes vid kaj. Detta bedöms vara konservativt.

#### *Väderförhållanden vid utsläpp*

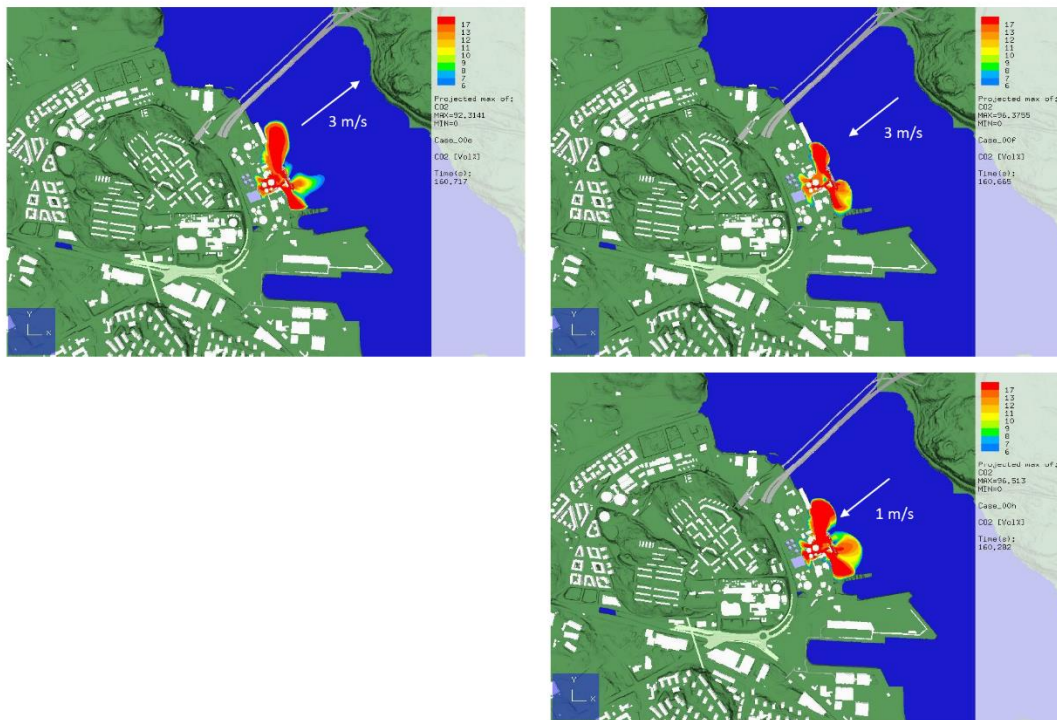
En osäkerhet som bedöms påverka utsläppets utbredning är vilka väderförhållanden som råder vid utsläppet. Beroende av vindhastigheten kan utsläppet spädas ut i luften olika snabbt. Vindriktningen påverkar åt vilket håll utsläppet drar sig och även vid variationer i omgivningstemperaturen kan utsläppets utbredning variera. I simuleringarna som nyttjas för riskberäkningarna antas samma väderparametrar för alla utsläpp.

I tidiga skeden av analysarbetet studerades ett antal utsläppsscenarier i CFD-modellen med flera olika vindriktningar och vindhastigheter för att avgöra dessa variablers vikt för resultaten. Ett exempel visas i Figur 28. Resultaten visar att koldioxidens egenskaper som tung och kall gas, gör att dess spridning i omgivningen främst beror av utsläppsplats, omgivningsgeometrin och höjdskillnader och att väderförhållandena har en mindre påverkan.

På grund av CFD-modellens mycket tidskrävande beräkningar har konservativa antaganden gällande väderförhållandena utifrån resultatet av analysarbetet i det tidiga skedet gjorts. Utsläppen som nyttjas i riskberäkningarna simuleras med en låg vindhastighet (1 m/s) från nordost, vilket är de väderförhållanden som bedöms ge störst omgivningspåverkan och tillräckligt detaljerade svar för att dra slutsatser om omgivningspåverkan och behov av åtgärder. I den grövre men snabbare programvaran ALOHA har mindre läckage simulerats, där större möjligheter till variation finns. Scenarierna som simulerats i ALOHA har simulerats med två olika vindhastigheter och stabilitetsklasser. Sammantaget bedöms detta ge en rimlig helhetsbild med hänsyn till vind- och väderförhållanden och dess påverkan på utsläpp av koldioxid.

---

<sup>a</sup> T.ex. MARPOL 73/78 (SÖ 1980:7), SOLAS (implementerat i Sverige genom Lag (2004:487) om sjöfartsskydd, genom Förordning (2004:283) om sjöfartsskydd samt föreskrift om sjöfartsskydd, SJÖFS 2004:13.



Figur 28. Exempel på en känslighetsanalys där vindriktning och vindhastighet varierats för ett tidigare studerat scenario vid utsläpp i samband med fartygslastning. Observera att detta exempel är från en tidigare layout och utan vissa skyddsåtgärder som är inarbetade i nuvarande förslag till utformning.

### 5.1.2. Sammantagen bedömning avseende identifierade osäkerheter

Resultaten av riskberäkningarna innehåller både modellosäkerheter och osäkerheter i den framtida utvecklingen, men bedöms vara robusta och 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.

### 5.2. Risker förknippade med följdverksamhet

En nautisk riskanalys<sup>22</sup> har tagits fram som syftar till att utreda eventuell påverkan på sjöfarten till följd av en etablering av mellanlagret vid kaj 503 och andra delar i Energihamnen. I utredningen<sup>22</sup> identifieras en rad olycksscenarioer förknippade med fartygsrörelser i hamnområdet. Ökningen av större fartyg till Energihamnen till följd av CCS-anläggningen kommer påverka riskbilden något, men någon nämnvärd ökning av sannolikheten för olycka föreligger inte. Åtgärder för att hantera identifierade olycksscenarioer har identifierades och har beaktats vidare i denna analys.

I Bilaga B ses en övergripande analys av fartygstransporternas transportväg ut genom Stockholmsskärgård, från Värtahamnen till Almagrundet ur ett riskperspektiv.

### 5.3. Riskpåverkan från omgivningen

Lokaliseringen av Bio-CCS till Energihamnen innebär att anläggningen kommer att omges av ett antal riskkällor. Riskkällorna finns i delar av Stockholm Exergis egen verksamhet, Stockholms Hamnars verksamhet i Energihamnen samt omkringliggande infrastruktur. Analys av dessa riskkällors möjliga påverkan på -anläggningen har genomförts inom ramen för pågående detaljplaneprocess för Energihamnen och den riskbedömning<sup>17</sup> som upprättats där.

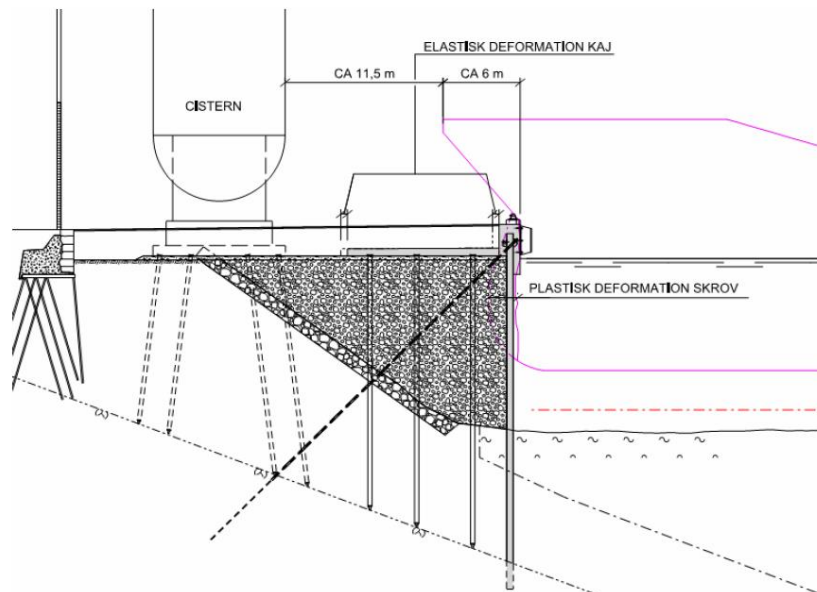
Nedan beskrivs de omgivande befintliga identifierade riskkällornas möjliga påverkan på anläggningen.

#### *Transporter med farligt gods på Lidingövägen och Norra Hamnvägen*

Utifrån riskbedömningen<sup>17</sup> konstateras att anläggningen kan komma att påverkas av olyckor med transporter av farligt gods på Lidingövägen och Norra Hamnvägen. Beräknade individrisknivåer<sup>17</sup> för vägarna visar att risknivåerna befinner sig inom ALARP-området fram till 28 meter från Lidingövägen respektive 26 meter från Norra Hamnvägen, för att bortom detta avstånd från vägarna vara att beakta som acceptabelt låga. Inom ALARP-området ska alla rimliga riskreducerande åtgärder vidtas. För den nu planerade anläggningen är det endast rökgasledningen som passerar genom det beräknade ALARP-området utmed Lidingövägen. Inom ALARP-området utmed Norra Hamnvägen finns delar av anläggningens huvudbyggnad, samt rökgasledningen. Riskreducerande åtgärder med anledning av denna påverkan bör därmed beaktas.

#### *Påseglingsrisker*

En påseglingsanalys<sup>35</sup> av kaj 503 har genomförts avseende utformningen av kaj 503. Analysen tar sin utgångspunkt i principer för dimensionering med hänsyn till olyckslaster enligt Eurokod SS-EN 1991-1-7, och beaktar risken för skador på kajkonstruktionen och utrustning placerad på den. Föreslagen utformning innebär en spontad kaj med fyllnadsmassor och pålning som grundförstärkning (se Figur 29). Analysen beaktar möjliga uppkomna krafter vid påsegling av dimensionerande fartygsstorlekar och relevanta påseglingshastigheter och föreslår ett antal åtgärder för att säkerställa att mellanlagertankarna med koldioxid inte påverkas.



**Figur 29. En principskiss över kajens konstruktion med hänsyn till påseglingsrisker och skydd mot påverkan på mellanlagringstankar. Ett typfartyg är inritat i rosa färg.**

### *Industrispår kaj*

Mellan CCS-anläggningens byggnad på Kv. Alexandria och mellanlagrets avskärmning/kaj 503 finns 2 stycken industrispår som ansluter till Värtabanan. Inga transporter av farligt gods sker på spåren eller förväntas ske inom överskådlig tid. I dagsläget nyttjas spåren av Stockholm Exergi för fastbränsle transporter (flis, grot, bark och sågspån) och i framtiden kan spåren komma att användas även för transporter av cement till Cementa i bulkvagnar. Mellan 3–9 tågset per dygn förflyttas på sträckan. Stockholm Exergis tåg flyttas kontinuerligt längs sträckan och lossas från söder till norr. När de passerar CCS-anläggningen och kaj 503 är de i normalfall tomma. Tågen förväntas begränsa tillträde till kaj 503: 3–6 timmar /dygn.<sup>41</sup>

Inom ramen för riskbedömningen<sup>17</sup> som genomförts för detaljplan Energihamnen har kvantitativa urspårningsberäkningar för tågen genomförts. Resultatet av beräkningarna visar att ett tåg med hastigheten 10 km/h kan nå som mest tre meter i sidled vid en urspårning. Vid hastigheten 5 km/h kan tåget hamna maximalt två meter vid sidan av spåret. Frekvensen med vilken dessa händelser inträffar är dock låg (mindre än  $1 \cdot 10^{-7}$  per år). Avstånden tillämpas dock som konsekvensavstånd vad gäller påverkan på andra anläggningsdelar

### *Cisterner med bioolja & brandfarlig vätska*

Bio-CCS lokalisering innebär en närhet till Stockholm Exergis planerade cisterner med bioolja inom kv. Singapore. Behovet av riskreducerande åtgärder för dessa beskrivs i ett separat Risk-PM<sup>42</sup>. LBE-lagstiftningen<sup>13</sup> ställer krav på att den som hanterar brandfarliga varor ska vidta de åtgärder och de försiktighetsmått som behövs för att hindra, förebygga och begränsa olyckor och skador på liv, hälsa, miljö eller egendom som kan uppkomma genom brand orsakad av varorna. Biooljorna är ej klassade som

brandfarlig vara och omfattas därmed ej av LBE-lagstiftningen. Det innebär dock inte att de inte är brännbara utan skulle även de kunna ge en påverkan på anläggningen. De föreslagna riskreducerande åtgärderna<sup>42</sup> för att säkerställa en betryggande säkerhetsnivå för bio- CCS-anläggningen från de nya cisternerna med bioolja på kv. Singapore arbetas in i den här riskbedömningen.

För befintliga cisterner klassade för brandfarliga vätskor klass 3 inom kv. Port Said (tillhörande Stockholm Exergi), är avståndet mellan cistern och CCS-anläggningens byggnad minst 65 meter och till mellanlagret överstiger avståndet 100 meter. De åtgärder som vidtas i byggnadsfasad mot Norra Hamnvägen med anledning av transporterna av farligt gods bedöms ge en tillräckligt skydd även avseende riskpåverkan från befintliga cisterner.

### *Oljelossning kaj 503*

Oljelossning (bioolja och brandfarlig vätska klass 3) vid kaj 503 bedöms medföra en möjlig riskpåverkan mot delar av CCS-anläggningen och dess utrustning på kaj 503. Riskreducerande åtgärder bedöms krävas för att förhindra en betydande påverkan på mellanlagret samt tillhörande rörledningar och kopplingar i händelse av en olycka som leder till brand i samband med oljelossningen. I *Risk PM-Lossning kaj 503*<sup>34</sup> föreslås ett antal riskreducerande åtgärder för att förhindra en betydande riskpåverkan på mellanlagret. Dessa beaktas i den här riskbedömningen.

Nedan beskrivs de omgivande *eventuellt tillkommande* riskkällornas möjliga påverkan på CCS-anläggningen.

### *Cisterner med brandfarlig vätska - Stockholm hamnar*

Direkt norr om anläggningen möjliggörs inom detaljplanen för Energihamnen att Stockholm Hamnar ska kunna etablera en bunkerdepå med nya cisterner för brandfarlig vätska klass 3. Riskreducerande åtgärder för dessa cisterner kommer att hanteras inom ramen för deras miljötillståndsansökan samt i tillståndsansökan enligt Lag om brandfarliga och explosiva varor<sup>13</sup> (om brandfarlig vätska ska hanteras). Exempel på riskreducerande åtgärder som kan komma att bli aktuella att vidta inom bunkerdepån för att uppnå en betryggande säkerhetsnivå mot CCS-anläggningen samt riskreducerande åtgärder i fasad och tak på anläggningens byggnad beskrivs i *Risk PM-Nya oljecisterner*<sup>42</sup> och beaktas vidare i den här riskbedömningen.

### *LNG-bunkring*

I detaljplanearbetet för Energihamnen beaktas en möjlig framtida plats för bunkring av LNG inom Stockholm hamnars område i Energihamnen, sannolikt vid kaj 501. Ett antal åtgärder har i riskbedömningen<sup>17</sup> för detaljplanen föreslagits med avseende på riskpåverkan förknippad med den placeringen, vilket beaktas vidare i den här riskbedömningen.

### *Spårväg*

Ett antal åtgärder har föreslagits<sup>17</sup> i utformningen av en eventuell framtida spårväg väster om Energihamnen, placerad utmed Lidingövägen. Avståndet mellan spårväg och CCS-anläggningens byggnad överstiger 90 meter. Till följd av avståndet bedöms ingen

betydande påverkan på CCS-anläggningens byggnad eller mellanlagringstankar till följd av en olycka på spårvägen kunna uppstå. Inte heller någon betydande påverkan på anläggningens rökgasledning till följd av en olycka på spårvägen bedöms kunna inträffa. Inget behov av vidare beaktande av åtgärder föreligger därmed.

#### *Oljelossning kaj 505/506*

Stockholm Exergi planerar att lossa olja från fartyg vid kaj 505/506 på flispiren. Avståndet till Bio-CCS anläggningsdelar är så stort (~200 meter) att något behov av skyddsåtgärder med avseende på riskpåverkan inte bedöms nödvändiga att beakta.

#### 5.4. Dominoeffektanalys

Inom ramen för riskbedömningen<sup>17</sup> för pågående detaljplaneprocess i Energihamnen har en dominoeffektanalys genomförts för att utvärdera inbördes påverkan mellan de riskkällor som beaktas inom detaljplaneprocessen. Enligt Seveso-lagstiftningen ska verksamhetsutövaren i säkerhetsarbetet inte bara ska ta hänsyn till förhållandena vid den egna verksamheten, utan även till andra faktorer i omgivningen som kan påverka säkerheten. Denna externa påverkan benämns ibland dominoeffekt och ska bland annat redovisas i verksamhetens säkerhetsrapport. Lagen anger även att närheten till annan verksamhet som omfattas av lagen särskilt ska beaktas. Om verksamheter bedöms kunna påverka varandra ska verksamhetsutövarna utbyta information för att möjliggöra att dessa aspekter beaktas i handlingsprogram, säkerhetsledningssystem, säkerhetsrapporter och interna planer för räddningsinsatser. I föregående kapitel har riskpåverkan från omgivningen mot CCS-anläggningen beaktats. Huruvida verksamheten inom Bio-CCS i sin tur kan leda till dominoeffekter hos intilliggande verksamheter beskrivs översiktligt i kommande avsnitt.

Det finns ingen vedertagen definition av dominoeffekter, men följande förslag till definition ges i MSB:s rapport<sup>43</sup>:

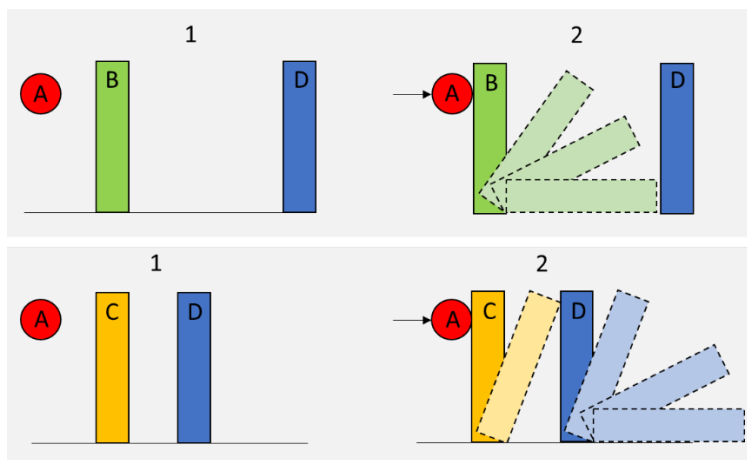
*En händelsekedja där en **primär olycka** fortplantas till närliggande system eller verksamheter och därigenom orsakar en eller flera **sekundära händelser** vars effekter **förvärrar** de totala konsekvenserna av den ursprungliga olyckan.*

Dominoeffekter kan vara interna, vilket innebär att olyckan sprider sig inom den verksamhet där den initierades, eller externa, där olyckan sprider sig utanför den verksamhet där den startade. I denna utredning beaktas både interna och externa dominoeffekter. De *totala konsekvenser* som en dominohändelsekedja kan leda till, avser påverkan på samma skyddsvärden (människors hälsa och säkerhet och miljö inkl. samhällsviktig verksamhet) som tillämpas i övriga delar av denna riskbedömning. Tillämpad modell för dominoanalysen kan beskrivas enligt följande, se Figur 30.

- En **primär olycka** (A) avser i analysen en starthändelse som kan uppstå vid till exempel mänskligt felhandlande, tekniska fel, väderfenomen, osv. Ett exempel skulle kunna vara en trafikolycka med transport av farligt gods (utsläpp och pölbrand) som inträffar någonstans utmed Norra Hamnvägen inom området.



- **Sekundära händelser** utgörs i exemplet av att branden sprider sig till en ”dominobricka”, i exemplet får den representeras av en närliggande cistern med eldningsolja. Den sekundära händelsen kan antingen (typ B-dominobricka) INTE sprida händelseförloppet vidare, eller (typ C-dominobricka) sprida händelseförloppet och förvärra de totala konsekvenserna genom att sprida händelsen till en ytterligare en dominobricka (D). Dominobrickor utgörs i modellen av cisterner med förvaring av brandfarlig vätska eller brännbart material (vätska/fast) samt byggnader. Modellen förutsätter vidare att dominobrickan D antas vara opåverkad av händelsen A.

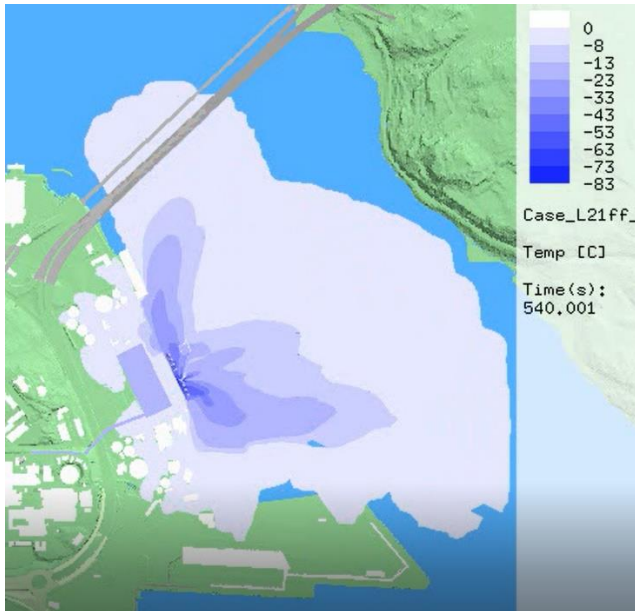


Figur 30. En principiell modell över dominoanalysens ingående delar.

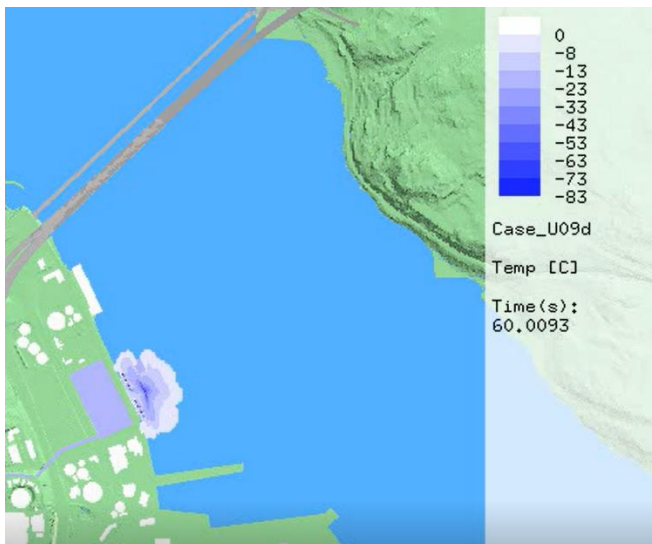
Dominoanalysen som genomförts inom ramen för detaljplaneprocessen i Energihamnen syftar till att avgöra om de aktuella riskkällorna (dominobrickorna) i den föreslagna utformningen av Energihamnen utgör typ A, B eller C. Den samlade bilden kan sedan utvärderas utifrån huruvida det studerade området inkluderar typ C-dominobrickor, storleken på sannolikheten för dessa och en beskrivning av vilka konsekvenser som de kan medföra.

Resultaten visar att de sekundära händelser (typ B-dominobrickor, gröna) som *inte* kan sprida ett händelseförlopp vidare är relativt många inom hamnområdet. I samtliga av fallen utgörs starthändelsen av olyckor med transporter av farligt gods på Norra Hamnvägen som leder till en brandspridning till en cistern/tank eller en byggnad, men som sedan inte bedöms sprida händelseförloppet vidare. Inga olycksscenarier vid anläggningen har identifierats som bedöms kunna leda till brand eller explosion i andra delar av Energihamnen. Ett osannolikt större utsläpp av koldioxid medför en kyleffekt mot omgivningen som i teorin skulle kunna skada påverkad utrustning och därigenom leda till läckage. En bedömning har gjorts avseende vilket område som påverkas av extrema låga temperaturer (kallare än -30 grader) och vilken utrustning som finns där. Resultaten, se exempel i Figur 31 och Figur 32, visar att sådan påverkan är begränsad till kaj 503 och mellanlagret med tillhörande utrustning för utlastning. Vilka dimensioneras och utformas med hänsyn till den låga temperaturer som koldioxiden i

systemet kommer att ha. Sannolikheten för dominoeffekter genom påverkan på andra närliggande verksamheter från anläggningen bedöms därmed vara låg.



Figur 31. Urklipp från simulering av det osannolika värsta olycksscenariot med utsläpp av koldioxid från mellanlagertank. Figuren visar temperaturen i området i samband med utsläppet.



Figur 32. Urklipp från simulering av olycksscenario med utsläpp av koldioxid i samband med lossning av koldioxid till fartyg. Figuren visar temperaturen som fås i samband med utsläppet.

Resultaten kring dominoeffekter i Energhamnen visar sammantaget att den sekundära händelse (typ C, gula) som *skulle kunna* sprida ett händelseförlopp vidare till en annan anläggning eller system som varit opåverkat av starthändelsen är en olycka i befintliga eller tillkommande cisterner med brandfarlig vätska. I samtliga av de aktuella fallen med typ C-dominobrickor utgörs starthändelsen (A) av en BLEVE vid transport med

farligt gods på väg. Den kan under vissa omständigheter ge både tryck- och värmestrålningpåverkan som leder till cisternkollaps och efterföljande antändning antingen inom invallning (i förekommande fall) eller vid en pölutbredning i omgivningen. Sammantaget visar analysen att dominoeffekter kan antas uppstå i händelseförlopp som inträffar med en frekvens i storleksordningen  $10^{-8}$  per år (en gång på 100 miljoner år). Det bedöms vara på en sådan låg nivå att fortsatta resonemang om behovet av riskreducerande åtgärder i huvudsak kan utgå från den riskpåverkan som beskrivits i avsnitt 5.1 och 5.1.2.

### 5.5. Risker under byggtid

Inga betydande risker som kan medföra omgivningspåverkan till följd av utsläpp av koldioxid eller farliga ämnen kommer att förekomma under byggtid. Riskerna som studerats i denna analys föreligger först när hantering av koldioxid inom Bio-CCS-anläggningen påbörjas, vid provdrift och driftsättning av anläggningen och därefter när koldioxid börjar fångas in 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. BAS-P samordnar riskidentifieringsarbetet under planering och projektering med samtliga leverantörer och entreprenörer. Risker identifieras och minimeras enligt den sk. åtgärdstrappan. De som inte kan elimineras ges åtgärdsförslag och upptas i den risksammanställning som biläggs arbetsmiljöplanen och som sedan tas över av BAS-U vid genomförandet. De risker som bedöms kunna leda till en påverkan på människor i omgivningen berör främst trafikanter på närliggande infrastruktur i hamnområdet eller på vattnet. Riskerna bedöms vara sådana att riskreducerande åtgärder behöver vidtas med avseende på trafik med arbetsfordon eller tunga transporter i relation till allmänna vägar, cykelvägar och gångbanor i området, samt åtgärder i samband med anläggningsarbeten vid kajen, för att minimera störningar för fartygstrafik.

### 5.6. Uppsåtshandlingar och antagonism

Attentat eller händelser som genomförs med uppsåt har analyserats övergripande inom ramen för pågående detaljplaneprocess och beskrivs ytterligare i riskbedömningen<sup>17</sup> som upprättas där. I den tillhörande bilaga F<sup>17</sup> *Samhällsviktig verksamhet och händelser initierade med uppsåt*, beskrivs genomförd analys och samråd med verksamhetsutövare i Energihamnen samt berörda myndigheter avseende dessa perspektiv. Resultaten visar att det bedrivs och kommer att bedrivas samhällsviktig verksamhet inom Energihamnen. Sammantaget bedömdes dock möjlig påverkan på den samhällsviktiga verksamheten (och därmed indirekt även på människor i omgivningen) till följd av olycksscenarierna bli begränsad, även beaktandes uppsåtliga handlingar. De offentliga verksamhetsutövare som bedriver samhällsviktig verksamhet inom Energihamnen har utfört RSA<sup>a</sup>:er och därigenom skaffat sig kunskap om behovet av åtgärder. Några ytterligare åtgärder än de som identifierats i andra delar av detaljplanens riskbedömning har därför inte föreslagits

---

<sup>a</sup> Risk- och sårbarhetsanalyser

med anledning av uppsåtshandlingar. Dessa slutsatser bedöms rimliga att tillämpa även på Bio-CCS.

## 5.7. Kumulativa effekter

Kumulativa effekter avser här resonemang kring huruvida risknivån på platser i omgivningen förändras om riskpåverkan från Bio-CCS skulle *adderas* ihop med riskpåverkan mot den specifika platsen från någon annan befintlig eller eventuellt tillkommande riskkälla. Resultaten avseende Bio-CCS visar (se Figur 22) att de områden som får ett individriskbidrag från anläggningen främst innefattar vattenområdet samt delar av kajområdet och hamnområdet. Utifrån de underlag som funnits tillgängliga avseende riskkällor i omgivningen (se avsnitt 5.3) konstateras att kumulativa effekter möjligen kan uppkomma vid Andra Tvärvägens delar närmast kajen, där påverkan från Bio-CCS kan överlappa möjlig riskpåverkan vid en brand i eventuellt tillkommande cisterner med brandfarlig vätska. Det bedöms inte innebära ett principiellt problem ur ett riskvärderingsperspektiv att en viss kumulativ effekt avseende individrisk uppkommer på denna plats, givet att den aktuella platsen utgörs av en gata/väg inom Energihamnsområdet. Sammantaget har inga kumulativa effekter avseende individ- eller samhällsrisknivåer identifierats, som är så betydande att de förändrar slutsatser kring riskvärderingen och behovet av skyddsåtgärder.

## 6. RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

I detta avsnitt redovisas först ett antal åtgärder och anpassningar av anläggningen som vidtagits under den utformningsprocess som projektet gått igenom under 2021 och 2022, där hänsyn till riskpåverkan i form av både omgivningspåverkan och arbetsmiljörisker varit en del av designarbetet. Därefter redovisas ytterligare åtgärder som identifierats i arbetet, såväl som en redogörelse för den riskreducerande effekten av åtgärderna och slutligen en beskrivning av riskreducerande åtgärder som valts bort.

### 6.1. Inarbetade åtgärder i föreslagen placering och utformning av anläggningen

En HAZOP<sup>44</sup> har genomförts inom ramen för FEED för en tidigare föreslagen utformning av anläggningen. Underlaget bedöms dock trots förändrad lokalisering och utformning vara relevant för att identifiera möjliga risker och driftsproblem som kan uppkomma till följd av avvikelser inom verksamheten, utvärdera befintliga säkerhetssystem och åtgärder och deras effekt på risknivåerna samt utifrån detta föreslå ytterligare lämpliga riskreducerande åtgärder för implementering. Inom ramen för det arbetet har 95 åtgärder (eller åtgärdsgrupper) identifierats för vidare uppföljning inom ramen för fortsatt projektering av anläggningen. Dessa utgörs främst av tekniska systemutformningsåtgärder som detektions- och övervakningssystem, larm, styrsystem och automatiseringar, placering av olika komponenter som backventiler, nödavstämningssystem och tryckavlastningar, specifikationer av förhöjda egenskapskrav hos enskilda komponenter eller begränsning av inventarier i olika systemsektioner, med mera.

Ett antal övergripande systemutformningsåtgärder har under projektet inarbetats i nuvarande förslag till anläggningens utformning och är därmed redan beaktade i de redovisade risknivåerna, se Figur 22 och Figur 23. De åtgärder som presenteras nedan är de som utifrån genomförd riskhantering bedöms vara mest avgörande med avseende på omgivningspåverkan (dvs. de beräknade risknivåerna):

- Lokaliseringen av mellanlagringstankar på kaj 503
- Mellanlagringstankarna har minskats till storleksordningen ~ 2 000 m<sup>3</sup> och är åtta till antalet.
- En avskärmning mellan mellanlagret på kaj 503 och övriga delar av kajen och övriga hamnen leder ett eventuellt utsläpp från mellanlagringstankarna i så stor utsträckning som möjligt ned på vattnet istället för att spridas utmed kajen.
- Mellanlagrets avskärmning utformas även som ett påkörningsskydd som klarar påkörningslast av en lastbil på kajen. Lämplig kapacitetsklass kan fastställas utifrån *SS-EN 1317-2*<sup>45</sup> för räcken vid skydds- och riskobjekt samt utifrån skärmväggens utformning och aktuella fordonsrörelser.
- Storlek på största röranslutningar till mellanlagertankar begränsas till maximalt DN200.

- Placeringen av förvätskningsanläggningen inom kv. Alexandria innebär att rörbryggan över Lidingövägen och över Norra Hamnvägen inte innehåller avskild koldioxid utan endast innehåller varma rökgaser.
- Nödavstängningsventiler (ESDV, Emergency Shutdown Valve) placeras så nära mellanlagringstankarnas röranslutningar som fysiskt möjligt.
- Design av rörledningssystem för att minska innehållet i en rörsektion – minskar möjlig utsläppsmängd av vätska till maximalt omkring 5 m<sup>3</sup> när nödavstängningsventiler (ESDV) aktiverar. Tiden för stängning görs så kort som tekniskt möjligt utan att leda till risker för tryckslag och sekundära läckage.
- Nödavstängningssystem för lastarmar (ERC, Emergency Release Couplings) vid lastning till fartyg med så kort stängningstid som praktiskt möjligt.
- Detektion av förhöjda koldioxidhalter på olika platser inom anläggningen.
- Branddetektionssystem.
- Kontinuerlig övervakning av nyckelvariabler som tryck, temperatur eller flöden, mm. (givare, kameror, styrning/automatisering), särskilt i samband med fartygslastning.
- Rondering på lämpliga delar av anläggningen.

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

Ytterligare övergripande riskreducerande åtgärder som skyddar människor i omgivningen och som bedöms rimliga med hänsyn till aktuella risknivåer presenteras nedan. Dessa bedöms kunna sänka de beräknade risknivåerna ytterligare jämfört med de nivåer som visats i Kapitel 5. Resonemang om sådan effekt utvecklas i avsnitt 6.6.

- Varningssystem (ljud- och ljussignal) för utrymning av Energihamnsområdet och information till människor i området i händelse av olycka eller ett läckage.
- Varningssystem som uppmärksammar båtar eller fartyg på Lilla Värtan vid en eventuell olycka eller ett koldioxidläckage, i den mån som Stockholms Hamnar bedömer lämpligt i förhållande till gällande hamnordning.
- Verka för att åstadkomma avstängningsmöjligheter (med ljud, ljus och bommar) både för vägfordon och gång-/cykeltrafik på Norra Hamnvägen, i samråd med Trafikkontoret Stockholms stad och Storstockholms Brandförsvär<sup>a</sup>.
- Begränsa tillträde för obehöriga/allmänheten till känsliga delar av verksamhetsområdena (t.ex. genom stängsling, skalskydd), som östra delen av Andra Tvärvägen och Norra Kajvägen (utmed Bio-CCS-anläggningen) samt på kaj 503.

---

<sup>a</sup> Samordning sker bl.a. inom ramen för pågående detaljplaneprocess för Energihamnen.

Vad gäller organisatoriska åtgärder och behovet av beredskap för hantering av olyckshändelser i hamnområdet (till exempel vad gäller avspärningar) krävs en fortsatt dialog med t.ex. Storstockholms brandförsvaret inom ramen för verksamhetens Sevesotillstånd och status som farlig verksamhet enligt LSO.

Vad gäller omgivningspåverkan under byggtid behöver åtgärder vidtas i hamnområdet för att skydda människor från risker förknippade med till exempel tunga transporter och fordonsrörelser med arbetsfordon eller arbetsbåtar. Åtgärderna kan till exempel inkludera tillfälliga trafikordningar, tillfällig omledning, skyltning eller flaggvakter och fastställs i TA-planer i samråd med bland annat Trafikkontoret Stockholms stad. Även vissa tillfälliga skyddsåtgärder för arbeten i hamnbassängen avseende påseglingsrisker har föreslagits i den nautiska riskanalysen och dessa bör hanteras i samråd med Stockholms Hamnar.

### 6.3. Åtgärder som skyddar Bio-CCS från befintliga riskkällor i omgivningen

Nedan beskrivs föreslagna riskreducerande åtgärder för att skydda Bio-CCS-anläggningen mot identifierade befintliga riskkällor i omgivningen.

#### *Transporter med farligt gods på Norra Hamnvägen*

Inom ramen för pågående detaljplaneprocess har följande åtgärder identifierats som lämpliga utmed Norra Hamnvägen till följd av transporterna med farligt gods:

- Byggnader (eller byggnadsdelar) där människor stadigvarande vistas förses med brandskyddad fasad utmed Norra Hamnvägen (fasad i obrännbart material, utan ventilationsöppningar, varken i fasad eller takfot, försedd med EI-30 klassade fönster, som inte kan öppnas utan särskilda verktyg).
- Utrymning från byggnad ska kunna ske i byggnadssida som vetter bort från Norra Hamnvägen.

#### *Oljelosning vid kaj 503*

Följande åtgärder föreslås på kaj 503:

- Invallning för att hantera 10 m<sup>3</sup> spilld olja och släckvatten, med ett fast skumsläcksystem med redundans dimensionerat för påföringshastighet 4 l/m<sup>2</sup> minut (6,5 l/m<sup>2</sup> minut vid polära vätskor) med en varaktighet på minst 15 minuter. Dimensionering enligt NFPA 11. Systemet ska vara redundant. <sup>34</sup>
- Invallning för spilld olja ska utformas så att mellanlagringstankarna ej utsätts för en strålningspåverkan som kan leda till ett utsläpp av koldioxid i händelse av brand i invallning.
- Rödragningen från oljelosningen förbi mellanlagringstankarna ska ske på ett sätt som medför att ett eventuellt läckage inte sprids mot mellanlagringstankarna.
- Tillgång till vatten/släckmedel/släckutrustning enligt Table 14-1, PIANC ska säkerställas. Under förutsättning att fartyg med mindre än 50 000 ton DWT eller

mindre än 20 000 ton DWT lägger till vid kajen oftare än en gång per vecka rekommenderas följande:

- Brandvattenledning med avstängningsventiler och brandposter med en vattentillförsel på 350 m<sup>3</sup>/h.
- Två fasta eller bärbara vatten/skumkanoner, en på vardera sidan av kajgrenröret, så att det når fartygets utombordsgrenrör.
- Fast tillförsel av skum ska finnas på plats vid kaj via en skumtank för att ge minst 30 minuters skumpåföring med två skumkanoner.
- 4 x 9 kg bärbara kemiska brandsläckare kompatibla med brandfarliga vätskor.
- 2 x 50 kg torr kemiska släckare på hjul kompatibla med brandfarliga vätskor.
- 1 internationell landbrandförbindelse.<sup>34</sup>

#### *Industrispår*

- Inga anläggningsdelar inom 3 meter horisontellt från industrispår.

#### *Påseglingsrisk*

- Kaj 503 dimensioneras enligt Eurokod SS-EN 1991-1-7 för att kraften vid påsegling av ett dimensionerande fartyg inte ger upphov till betydande deformation eller påverkan på koldioxidtankarna.

### 6.4. Åtgärder som skyddar Bio-CCS från eventuellt tillkommande riskkällor i omgivningen

Nedan beskrivs föreslagna riskreducerande åtgärder för att skydda Bio-CCS mot identifierade eventuellt tillkommande riskkällor i omgivningen.

#### *Stockholm hamnars planerade bunkerdepå*

Följande åtgärder föreslås för att skydda anläggningen mot riskpåverkan från planerad bunkerdepå:

- Norra fasaden och 20 m av takkonstruktionen på Bio-CCS-anläggningens byggnad utmed Andra tvärvägen utförs i brandklass EI60 för att möjliggöra för eventuell framtida bunkerdepå<sup>42</sup>. En förutsättning för att ovanstående 20 m brandklassad takkonstruktion är tillräcklig är att invallning av Shanghai 1 utförs så att ett utsläpps yta begränsas och varje cistern får en egen invallning med erforderlig volym enligt gällande regelverk för brandfarliga varor.

#### *LNG-bunkring*

Inom ramen för detaljplaneprocessen<sup>17</sup> har ett antal åtgärder identifierats som lämpliga för att skydda omgivningen från möjlig riskpåverkan från en LNG-bunkringsplats vid kaj 501, t.ex. någon form av avskärmning. Dessa åtgärder förutsätts dock kunna vidtas inom ramen för utformningen av den eventuellt framtida verksamheten och ligger utom ramen för bio-CCS.



### 6.5. Åtgärder kopplat till följdverksamheter

Den nautiska riskanalysen<sup>22</sup> har identifierat ett antal åtgärder som verksamheten kan beakta för att ytterligare minska en nautisk risknivå som även utan dessa bedöms vara acceptabelt låg:

- Utökade kontrollpunkter för chartrade fartygs redare och personal
- I samband med byggandet av nya kajer och nya lasthanteringssystem kan all belysning utformas och hanteras så att de inte är bländande eller kan vara förväxlingsbara fartygs lanternor eller sjösäkerhetsanordningar.
- Kajen och förtöjningsanordningarna på nya kajer för förtöjning av fartyg bör designas enligt MEG4<sup>46</sup> och PIANC<sup>47</sup>

Den övergripande analysen avseende fartygstransporterna ut till havs genom skärgården har inte identifierat något behov av specifika skyddsåtgärder för den följdverksamheten, utöver sådana som redan krävs enligt tillämpliga regelverk för sjöfarten.

### 6.6. Effekt av föreslagna riskreducerande åtgärder

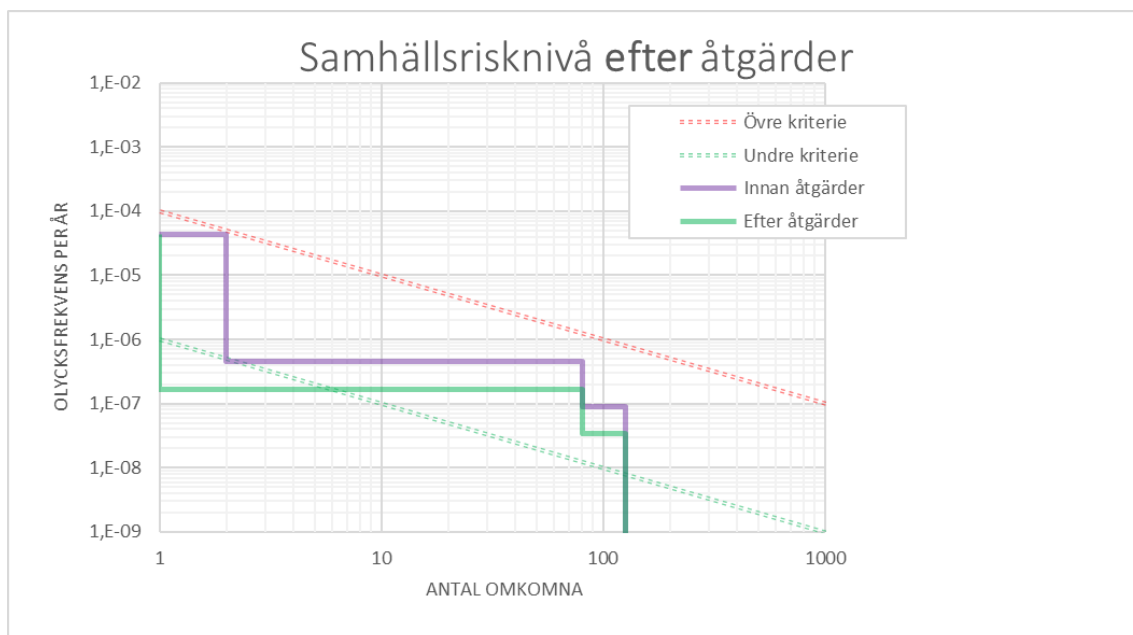
I detta avsnitt presenteras resonemang om vilken möjlig effekt som olika åtgärder kan ha på risknivåerna, även om många av detaljerna inte kan kvantifieras helt i risknivåerna. Till exempel kan det konstateras att vissa av de 95 åtgärds-kategorier som föreslagits utifrån HAZOP enligt ovan, bedöms medföra en riskreduktion som inte kunnat kvantifieras i beräkningarna. Dessa 95 åtgärds-kategorier utgörs till stor del av sådant som kravställs i de standarder och vägledningar som finns för dessa typer av anläggningar och komponenter. Ett exempel på en hög ambitionsnivå som Stockholm Exergi avser tillämpa i förhållande till internationella standarder är att flänsar i hög grad ersätts av helsvetsade rörfogar, vilket sannolikt har en tydlig (men svårigen kvantifierad) reducerande effekt på frekvensen för olika typer av läckage.

De ytterligare riskreducerande åtgärder som föreslås i avsnitt 6.2 bedöms medföra en reduktion av de tidigare beräknade risknivåerna (se Figur 22 och Figur 23). Några av de föreslagna ytterligare åtgärderna har bedömts medföra en riskreducerande effekt som är så tydlig att den kan kvantifieras och redovisas i en justerad samhällsrisknivå. Dessa redovisas i Tabell 3.

**Tabell 3. Sammanställning över de ytterligare åtgärder som bedömts ha en kvantifierbar riskreducerande effekt.**

Risk ID	Åtgärder	Kommentarer kring bedömd riskreducerande effekt
1-3	Varningsystem i hamnområdet (ljud/ljus vid läckagedetektion), information till och utbildning av personal som arbetar inom ISPS-området.	Minskar de uppskattade konsekvenserna på kajen, då hälften av personerna på plats förväntas ha kunskap och agera enligt nödlägesrutiner i händelse av ett läckage och aktiverat varningssystem (halvering av antalet förväntade omkomna i kajområdet)
4	Varningsystem som informerar sjötrafik på Lilla Värtan i händelse av olycka, förebyggande information och instruktioner till fartygskaptener	Antar att åtgärderna leder till att en undanmanöver lyckas med 50 % sannolikhet. Utökar reduceringsfaktorn med en faktor 0,5 på frekvensen för risk ID 4a och 4b.
5-11	Säkerhetsrutiner för arbete på kaj 503, vid lastning av koldioxid (utbildning & övning, rutiner, skyddsutrustning, nödavstängningsknappar, utrymningsvägar, mm).	Minskar de uppskattade konsekvenserna på kaj 503, då hälften av personerna på plats antas agera enligt nödlägesrutiner i händelse av ett läckage och aktiverat varningssystem (halvering av antalet förväntade omkomna på kaj 503). Påverkar endast arbetsmiljörisiker och ingen effekt för samhällsrisiken för tredje person.

Figur 33 visar resultaten avseende samhällsrisiknivå efter bedömda effekter av föreslagna åtgärder. Ytterligare detaljer kring hur resp. scenarios frekvens eller konsekvenser har bedömts påverkas av åtgärderna redovisas i Bilaga A, avsnitt 2.2.4.



**Figur 33. Samhällsrisikbidraget mot tredje person från Beccs-anläggningen efter att hänsyn till den riskreducerande effekten av föreslagna åtgärder beaktats.**

Vad gäller *samhällsrisk* bedöms sammantaget det paket av åtgärder som föreslås ovan och som anses vara rimligt, att minska riskbidraget från anläggningen till att hamna i ALARP-området. Det betyder att risknivån efter att samtliga föreslagna åtgärder vidtagits bedöms vara sådan att den kan tolereras enligt tillämpade riskacceptanskriterier.

Avseende *individrisk* visar analysen att de ytterligare föreslagna riskreducerande åtgärderna (utöver de som redan inarbetats i utformningen) inte förändrar riskkonturerna i sig. Det betyder att resultaten avseende individrisk som redovisas i Figur 20, Figur 21 och Figur 22 gäller även efter föreslagna ytterligare åtgärder. De ytterligare åtgärderna förhindrar dock personer utanför verksamheten från att exponeras för oacceptabelt höga risknivåer. De områden i omgivningen där individrisknivån är förhöjd (i ALARP-området) bedöms inte inkludera platser där människor stadigvarande vistas, varför nivåerna efter vidtagna åtgärder kan tolereras enligt de tillämpade riskvärderingskriterierna.

## 7. SLUTSATS

Genomförd riskbedömning visar att anläggningen har en riskpåverkan mot omgivningen som är sådan att riskreducerande åtgärder ska vidtas. Ett antal åtgärder har redan inarbetats i utformningen och ett antal ytterligare åtgärder föreslås för att minska riskpåverkan i de delar av riskkurvan där de bedömts ha störst effekt. Samhällsrisknivån efter att samtliga föreslagna åtgärder vidtagits bedöms vara sådan att den kan tolereras utifrån de riskvärderingsprinciper<sup>25</sup> som tillämpas i denna riskbedömning. Individrisken har beräknats bli acceptabelt låg på alla platser i omgivningen där människor antas vistas stadigvarande. En förhöjd individrisknivå beräknas uppkomma i delar av Energihamnen-området, särskilt utmed kajerna invid anläggningen. Av den anledningen har ett antal riskreducerande åtgärder föreslagits. Ett antal åtgärder har också föreslagits för att minska den riskpåverkan som anläggningen exponeras för av intilliggande riskkällor inom Energihamnen.

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

<sup>1</sup> Trafikförvaltningen (2022). *Karta för pendelbåt linje 80*. Elektronisk: <https://sl.se/reseplanering/kartor/kartor-for-pendelbatslinjerna/>

<sup>2</sup> Trafikverket (2022) *Tittskåp riksintressen*. Elektronisk: <https://riksintressenkartor.trafikverket.se/>

<sup>3</sup> Miljöbalk (1998:808)

<sup>4</sup> MSB (2012) *Olycksrisiker och MKB*. Publikationsnummer MSB387. December 2012

<sup>5</sup> Lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor

<sup>6</sup> Sevesolagstiftningen omfattar även Förordning (2016:986) om avgifter för tillsyn av åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, vilken inte behandlas inom detta uppdrag.

<sup>7</sup> Förordning (2015:236) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor

<sup>8</sup> MSBFS 2015:8, Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Maj 2015

<sup>9</sup> Stockholm Exergi (2020) *Säkerhetsrapport Värtaverket enligt Lag (SFS 1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor*. Version 7, 2020-11-10

<sup>10</sup> Samtal Peo Wikström, jurist MSB. 2019-09-24.

<sup>11</sup> Plan- och bygglag (2010:900)

<sup>12</sup> Lag (2003:778) om skydd mot olyckor

<sup>13</sup> Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor.

<sup>14</sup> SIS (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Principer och riktlinjer*. Utgåva 2, ICS: 03.100.01. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).

<sup>15</sup> Petrofac (2022) HAZID bio-CCS plant, Technical Report.

<sup>16</sup> Petrofac (2022), HAZOP Report bio-CCS plant

<sup>17</sup> Structor (2021) Riskbedömning för ny detaljplan för Energihamnen – Inför granskningskede. 2021-11-03

<sup>18</sup> RIVM (2021) *Handleiding Risicoberekening Bevi*. Inleiding, Versie 4.3, 1 januari 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Netherlands.

<sup>19</sup> WSP(2017), *Riskbedömning för hantering av brandfarliga varor enligt Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor*, Värtaverket, Fortum Värme AB, Daterad 2017-09-11.

<sup>20</sup> AFRY(2021), *Riskanalys i enlighet med Lag (2003:778) om skydd mot olyckor*, Stockholm Exergi. Daterad 2020-11-27.

<sup>21</sup> Brandskyddslaget (2023) Fire Safety Report. Alexandria 3, Stockholm Exergi Bio-CCS Carbon Capture and Liquefaction plant Preliminary 2023-01-20

- <sup>22</sup> SSPA(2022) *Nautisk riskbedömning- Stockholm Exergi. SSPA RE20211395-01-00-B*
- <sup>23</sup> Rian K.E, Grimsmo B, Lakså B, Vembe B.E, Lilleheie N.I, Brox E, Evanger T, (2014). *Advanced CO2 dispersion simulation technology improved CCS safety.*
- <sup>24</sup> QGIS 3.22
- <sup>25</sup> Räddningsverket (1997). *Värdering av risk. FoU RAPPORT, DNV. ISBN 91-88890-82-1. Karlstad: Statens räddningsverk.*
- <sup>26</sup> Räddningsverket (2007). *Räddningstjänst vid olycka med gaser. Andra reviderade utgåvan. ISBN: 978-91-7253-338-7*
- <sup>27</sup> <https://rib.msb.se/> Koldioxid, kyld, flytande.
- <sup>28</sup> Finney, D. J., Ed. (1952). *Probit Analysis- Finney's table.* Cambridge, England, Cambridge University Press.
- <sup>29</sup> HSE (06/11), Harper P. *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO2 )*
- <sup>30</sup> <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.129.152>
- <sup>31</sup> Telemark University College Faculty of Technology (2009), Ke. W. Master's thesis- *CO2 BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)*
- <sup>32</sup> Energy Procedia (2015) Zhao, et. al. *Numerical Simulation on BLEVE Mechanism of Supercritical Carbon Dioxide*
- <sup>33</sup> DNV (2013) CO2RISKMAN. *Guidance on CCS CO2 Safety and Environment Major Accident Hazard Risk Management.* DNV GL Report No: I3ILJW-2.
- <sup>34</sup> Brandskyddslaget (2022) *Risk-PM 03, risker vid lossning av klass 3-produkt vid kaj 503*
- <sup>35</sup> Rise (2023) *PM - Maritim riskbedömning Påsegling av kaj 503, Värtahamnen*
- <sup>36</sup> DNV (2023) BIOCCS CO2 DISPERSION ANALYSIS. *CO2 Dispersion Modelling, Värtaverket – Stockholm Phil. Report No: 2023-0247 / R2305.*
- <sup>37</sup> Aker Solutions (2020) *Norsk CCS demonstrasjonsprosjekt Norcem Konsept og Forprosjekt.* Updated ISO-risk contours. NC03-AKER-S-RA-0012. 09.06.2020.
- <sup>38</sup> IPS-Intressentforeningen för processsäkerhet (2022) *QRA Handledning del 2*
- <sup>39</sup> Länsstyrelsen Stockholms län (2019) *Översvämning – så skyddar du dig och din fastighet.* Fakta 2019:16.
- <sup>40</sup> Sweco (2023) *Karaktäristiska vattenstånd i dagens och framtidens klimat Lilla Värtan*
- <sup>41</sup> Structor (2022) *Energihamnen - Presentation samordning brand & risk 2022-05-12.*
- <sup>42</sup> Brandskyddslaget (2022) *Risk-PM 04, Nya oljecisterner. Version 2.*
- <sup>43</sup> MSB (2015) *Helhetsbild av risk inom industriparker, Del 1 – Dominoeffekter och kumulativ risk.* Publikationsnummer MSB832, april 2015
- <sup>44</sup> Petrofac (2022) *HAZOP Report.* Document ID: CCS-9002-TD-017, version r1. 2022-04-12

<sup>45</sup> SS-EN 1317-2 *Vägutrustning – skyddsanordningar Del 2: Klassificering, prestandakrav vid kollisionsprovning och provningsmetoder för vägräcken för fordon*. SiS, 2010.

<sup>46</sup> <https://www.ocimf.org/publications/books/mooring-equipment-guidelines-meg4>

<sup>47</sup> <https://www.pianc.org/publications/marcom/wg184>

# BILAGA A – BERÄKNING AV INDIVID- OCH SAMHÄLLSRISK

## INNEHÅLL

<b>A.1 Metodik</b> .....	<b>1</b>
<b>A.2 Analys</b> .....	<b>2</b>
A.2.1 Indata till spridningsmodelleringar .....	4
A.2.2 Resultat av spridningsberäkningar .....	7

## A.1 METODIK

I denna bilaga beskrivs genomförda beräkningar av individ och samhällsrisknivåer för analys av omgivningspåverkan från Bio-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<sup>a</sup> ”Bevi – manualen”. 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 och kompletteras för tre av de mindre utsläppen med konsekvensberäkningar genomförda i den något enklare programvaran ALOHA. Bedömning av konsekvensutfall i samhällsriskberäkningarna avseende antal omkomna människor baseras på konsekvensavstånd från ovan nämnda simuleringar, i kombination med översiktliga uppskattningar av påverkade antal människor utifrån tillhandahållna och uppskattade befolkningstätheter inom Energihamnen och närområdena. Arbetsflödet kan sammanfattas enligt följande:

1. Riskidentifieringen resulterar i ett urval av scenarier att studera
2. Frekvensanalysen genomförs utifrån metodiken i Bevi-manualen.

---

<sup>a</sup> RIVM (2021) *Handleiding Risicoberekening Bevi*. Inleiding, Versie 4.3, 1 januari 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Netherlands.



- a. För beräkning av individrisk uppskattas en grundfrekvens per scenario (dvs. hur ofta *händelsen* inträffar).
- b. För beräkning av samhällsrisk anpassas grundfrekvensen med hjälp av reduceringsfaktorer för att ta hänsyn till t.ex. exponeringstider eller andra scenariospecifika förutsättningar/antaganden (dvs. hur ofta en antagen *konsekvens* uppkommer).
3. Konsekvensanalysen baseras på spridningsmodellering av utsläppen i de olika scenarierna (i CFD resp. i ALOHA).
  - a. För beräkning av individrisk används spridningsmodelleringen för att definiera konsekvensområden inom vilket valda gränsvärden överstigs
  - b. För beräkning av samhällsrisk görs bedömningar av hur stora konsekvenser i form av antal påverkade människor som antas uppkomma för konsekvensområdena för respektive scenario.

## A.2 ANALYS

I Tabell 4 och Tabell 5 visas detaljer och antaganden för de scenarier som ingår i beräkning av individ- och samhällsriskenivåer. I efterföljande avsnitt förtydligas ytterligare kring gjorda antaganden kring t.ex. reduceringsfaktorer, konsekvensmodelleringar (spridningsmodelleringar) samt uppskattade konsekvenser.

**Tabell 4. Sammanställning över genomförda frekvensberäkningar. Anläggningen antas förenklat vara i användning tre fjärdedelar av året. Kolumnen "Reduceringsfaktor" förklaras ytterligare i Tabell 5.**

Risk ID	Riskbilda	Riskbeteckning	Spekifikation (enligt Bevi-manualen)	Grundfrekvens	Enhet	Referens	Antal	Enhet	Användning	Enhet	Frekvens till Individrisk	Reducerings-faktor	Frekvens till Samhällsrisk
1	Förvätskning	Utsläpp värmeväxlare	"Brott på tio rör samtidigt i värmeväxlaren"	1,00E-06	Per Coldbox	Bevi 3.12, tabell 38.	1	st	0,75	Andel av året	3,75E-07	0,5	3,75E-07
2	Förvätskning	Rördragning från förvätskning	Läckage 10 % av rördiameter (15 mm)	2,00E-06	per m och år	Bevi 3.8 tabell 27	50	m	0,75	Andel av året	3,75E-05	0,5	3,75E-05
3	Förvätskning	Rördragning från förvätskning	Rörbrott (150 mm)	3,00E-07	per m och år	Bevi 3.8 tabell 27	50	m	0,75	Andel av året	5,63E-06	0,5	5,63E-06
4a	Mellanlagertank	Läckage mellan tank & nödvästängningsventil	Motsvarar en rämnad tank (töms helt genom största rörstorlek)	1,00E-06	per tank och år	Bevi tabell 13 - summerar punkt 1 & 2	8	st	1	Andel av året	8,00E-06	0,04483	3,59E-07
4b	Mellanlagertank	Läckage mellan tank & nödvästängningsventil	Motsvarar en rämnad tank (töms helt genom största rörstorlek)	1,00E-06	per tank och år	Bevi tabell 13 - summerar punkt 1 & 2	8	st	1	Andel av året	8,00E-06	0,01121	8,97E-08
5	Mellanlagertank	Läckage mellan tank & nödvästängningsventil	Kontinuerligt läckage (10 mm)	1,00E-05	per tank och år	Bevi tabell 13, punkt 3	8	st	0,75	Andel av året	7,50E-06	0,125	7,50E-06
6	Mellanlager	Rördragningar mellanlager	Läckage 10 % av rördiameter (15 mm)	5,00E-07	per m och år	Bevi 3.8, tabell 27	250	m	0,75	Andel av året	1,17E-05	0,125	1,17E-05
7	Mellanlager	Rördragningar mellanlager	Rörbrott (150 mm)	1,00E-07	per m och år	Bevi 3.8, tabell 27	250	m	0,75	Andel av året	1,88E-05		1,88E-05
8	Utsläppnings-pumpar	Utsläppning till fartyg	Katastrofalt pumpfel	1,00E-05	per år	Bevi tabell 35	2	st	800	Timmar per år	1,83E-06		1,83E-06
9	Utsläppnings-pumpar	Utsläppning till fartyg	Läckage 10 % av rördiameter (30 mm)	5,00E-05	per år	Bevi tabell 35	2	st	800	Timmar per år	9,13E-06		9,13E-06
10	Lastarm	Utsläppning till fartyg	Lastarmsbrott	3,00E-08	per timme	Bevi tabell 50	2	st	800	Timmar per år	4,80E-05		4,80E-05
11	Lastarm	Utsläppning till fartyg	Läckage 10 % av rördiameter (30 mm)	3,00E-07	per timme	Bevi tabell 50	2	st	800	Timmar per år	4,80E-04		4,80E-04
12	Skepp	Utsläpp inom hamnområdet	77 kg/s under 1800 sekunder	6,70E-11	per år, fartyg, h, lastningar	Bevi tabell 47	500	fartygsrörelser (T)	2160	lastningar (N) x varaktighet (t)	8,68E-09	0,00012	8,68E-09
13	Skepp	Utsläpp inom hamnområdet	120 kg/s under 1800 sekunder	6,70E-11	per år, fartyg, h, lastningar	Bevi tabell 47	500	fartygsrörelser (T)	2160	lastningar (N) x varaktighet (t)	1,81E-06	0,025	1,81E-06

**Tabell 5. Sammanställning över konsekvensberäkningar, uppskattning av antal omkomna samt förtydliganden kring förda resonemang.**

Risk ID	Modellerings ID	Konsekvensavstånd	Konsekvenser (omkomna)	Förtydliganden
1	F2g	CFD-konturer	2	Konsekvenser antas inkludera tredje person på kajen vid järnvägsspåren. Reduceringsfaktor tillämpas utifrån att personer normalt endast är närvarande dagtid, ej på natten (12/24=0,5)
2	A4	47 meter cirkulär	2	Rördragning tvärs över kajspåren från förvätskning till kaj 503. Konsekvenser antas inkludera tredje person på kajen. Reduceringsfaktor utifrån att personer normalt endast är närvarande under dagtid, ej på natten (12/24=0,5)
3	F2h	CFD-konturer	2	Konsekvenser antas inkludera tredje person på kajen. Reduceringsfaktor utifrån att personer endast är närvarande under dagtid, ej på natten (12/24=0,5)
4a	L21f	CFD-konturer	81	Reduceringsfaktorn baseras på antagande om pendelbåtars passager (se Tabell 5). Kapacitet för pendelbåt antas vara 150 passagerare (tredje person) och i snitt antas den ha 50 % beläggning. För antaganden kring rusningstrafik (se Risk ID 4b). Även 4 personer antas drabbas på kajen, samt i genomsnitt en fritidsbåt med 2 personer ombord.
4b	L21f	CFD-konturer	126	Detta avser en variant av 4a, men som inträffar under rusningstrafik, som antas råda vid 20 % av passagerarna. I snitt under rusningstrafik antas 80 % av maximalt passagerarantal vara ombord. Även 4 personer antas drabbas på kajen, samt i genomsnitt en fritidsbåt med 2 personer ombord.
5	A2	29 meter cirkulär	2	Konsekvensavstånd modellerat i ALOHA. Reduceringsfaktor antas utifrån att personal närvarar ca 3 timmar per dygn. (3/24)
6	A4	47 meter cirkulär	2	Konsekvensavstånd modellerat i ALOHA. Reduceringsfaktor antas utifrån att personal närvara ca 3 timmar per dygn. (3/24)
7	U9d	CFD-kontur	4	Konsekvensområdet som tillämpas är för personer på kaj 503 eller vid fartyget
8	U9d	CFD-kontur	4	Variabeln "Användning" baseras på antagande om att lastning 800 timmar/år. Konsekvensområde påverkar personer på kaj 503 eller vid fartyg
9	U9c	CFD-kontur	1	Variabeln "Användning" baseras på antagande om att lastning sker under 12 timmar vart tredje dygn. Konsekvensområde avser påverkade personer på kaj 503 eller vid fartyg
10	U9d	CFD-kontur	4	Konsekvensområdet påverkar personer på kaj 503 eller vid fartyget
11	U9c	25 meter cirkulär	1	Konsekvensområdet påverkar personer på kaj 503 eller vid fartyget
12	-	(ombord fartyget)	2	Lastningar (N) = 180. Varaktighet (t) = 12. Motsvarar 126m <sup>3</sup> utsläppt volym. Reduceringsfaktor enligt Tabell 47, punkt 1
13	-	(ombord fartyget)	2	Lastningar (N) = 180. Varaktighet (t) = 12. Motsvarar 32m <sup>3</sup> utsläppt volym. Reduceringsfaktor enligt Tabell 47, punkt 2

I metodiken som föreslås i Bevi-manualen kan även en typhändelse identifieras som relaterar till ett läckage från en *Pressure relief valve* (tryckavlastningsventil). Där framgår också att läckaget inte behöver beaktas som ett scenario i beräkningarna om ett utsläpp genom avlastningsventilen inte leder till någon risk för påverkan på omgivningen. I föreslagen utformning av anläggningen finns ett flertal punkter på taket och i toppen av ventilationsutlopp där koldioxid under vissa processförutsättningar i anläggningen kommer att släppas ut till omgivningen. För dessa har det inom ramen för genomförd FEED-studie genomförs CFD-modellering av utflöden för att dimensionera utloppshastighet, flöden och rördimensioner m.m. så att förhöjda koncentrationer vid marknivå inte kan uppkomma oavsett väderlek och driftsfall. Ventilerna beaktas därför inte vidare som riskkällor i dessa beräkningar.

Beräkning av reduceringsfaktor för passage av passagerarfärja/pendelbåtar för Risk ID 4, ytterligare antaganden presenteras i Tabell 6.

**Tabell 6. Antaganden för uppskattning av reduceringsfaktor och riskexponering för passerande pendelbåtar eller annan sjötrafik.**

Variabel	Värde
Passager per år, prognos från Nautisk riskanalys HAZID REF	25 000
Passager per dygn (st)	68
Genomsnittlig hastighet (knop)	11
Genomsnittlig hastighet (m/s)	5,66
Tid för en båt att passera det potentiella konsekvensområdet (s)	71
Total tid då båt är i konsekvensområdet (s), per dygn	4 842
Andel av dygnet (reduceringsfaktor till beräkningstabell, risk ID 4)	0,05604

## 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.

Till följd av kunskap och lärdomar från de stora antal CFD-simuleringar som genomförts i utformningsprocessen görs en förenkling med konservativa antaganden av väderparametrarna i CFD-simuleringarna för den slutgiltiga layouten som nyttjas i riskberäkningarna. Detta görs då CFD-simuleringarna är mycket tidskrävande. I utsläppssimuleringarna som genomförs i ALOHA som är betydligt enklare genomförs simuleringarna med olika indata för väderparametrar även för den slutgiltiga layouten. Till riskberäkningarna görs dock ett konservativt antagande även för scenarierna som beräknas i ALHOA avseende väderparametrarnas indata.

Nedan beskrivs de olika indataparametrar som varierats, lärdomarna som tillhandahållits och vilka som nyttjas i beräkningarna av risknivåer. Nyttjad indata till riskberäkningarna presenteras också sammanfattat i Tabell 7.

*Stabilitetsklass* - Pasquills<sup>a</sup> stabilitetsklasser anger hur turbulent luftflödet i atmosfären är och beror främst av vindstyrka, solinstrålning och molnighet. Vid de stabila klasserna är luftflödet mindre turbulent och utsläppt gas har då svårare att spädas ut i atmosfären och kan därmed transporteras längre sträckor i höga koncentrationer. I CFD-

<sup>a</sup> US Dept. Of Commerce- NOAA (2019) <https://www.ready.noaa.gov/READYpgclass.php> [hämtad 2020-04-23]

simuleringarna nyttjas i riskberäkningarna stabilitetsklass D- normalt väder<sup>a</sup>. Stabilitetsklass D, bedöms vara den vanligaste stabilitetsklassen i området under både dag- och nattetid.

Stabilitetsklass F, som förutsätter stabilare väder än stabilitetsklass D och vindhastigheter under 2 m/s, är ej lika vanligt förekommande men det mest ogynnsamma och nyttjas som indata i simuleringarna i ALOHA.

*Vindhastighet* - I utformningsprocessen har flera vindhastigheter simulerats, mellan 1 m/s – 10 m/s. Resultaten av genomförda CFD-simuleringar visar att den största utbredningen av konsekvensområdet för de större utsläppen fås vid låga vindhastigheter då koldioxidmolnet tar längre tid på sig att blandas ut med luften och hinner därmed spridas på ett längre avstånd från utsläppspunkten. I simuleringarna som används för riskberäkningarna nyttjas 1 m/s som vindhastighet.

*Temperatur* - I processen för utformning av anläggningen har flera temperaturer simulerats, mellan 0-15 °C. Resultaten av genomförda KFX-CFD simuleringar visar att skillnaderna i temperatur är av mindre betydelse. Temperaturen antas till 0 °C vilket är kallare än den ungefärliga årsmedeltemperaturen i Stockholm som är 8 °C de senaste 10 åren.<sup>b</sup> Men bedöms rimligt då anläggningen ej kommer vara aktiv tre månader under sommarhalvåret.

*Vindriktning* - I simuleringarna anges nordost som vindriktning för tidpunkten för det simulerade utsläppet. I processen för framtagande av anläggningens utformning har även motstående vindriktning, sydväst simulerats. Vindriktningen för de större utsläppen har visat sig ha mindre betydelse vid den låga vindhastighet, 1 m/s som nyttjas i riskberäkningarna. Nordost väljs som indata i simuleringar till följd av att konsekvensområdet i hamnen blir något större vid denna vindriktning i jämförelse mot motstående vindriktning.

*Storlek på tank* - Mellanlagringen av koldioxid i Energihamnen planeras att ske i åtta cylindriska tankar på vardera 2000 m<sup>3</sup>.<sup>c</sup> Tankarna antas i simuleringarna av utsläpp från mellanlagringstankarna vara fyllda till 80 % vilket bedöms konservativt. I känslighetsanalysen simuleras även en tankstorlek på 1000 m<sup>3</sup>.

*Lagringstryck* - Den tryckkondenserade koldioxiden antas i tankarna lagras vid ett tryck på ungefär 15 bar övertryck. I processen med framtagande av utformning av anläggningen har även ett lagringstryck på 7 bar simulerats. De högre lagringstrycken

---

<sup>a</sup> MSB (2016) Levin. M. *Nya bedömningar av riskområden vid utsläpp av ammoniak, klor och svaveldioxid framtagna av MSB och Socialstyrelsen.*

<sup>b</sup> Stockholm stad Miljöbarometern, (2020) <http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/medeltemperatur/table/> [hämtad 2020-04-22]

<sup>c</sup> Stockholm Exergi (2020) Mailsvar från Jedeur-Palmgren M. 2020-03-27

ger ett högre utsläppsflöde och där med större konsekvensområde än för ett liknade scenario med ett lägre tryck.

*Lagringstemperatur* - Den tryckkondenserade koldioxiden kommer utifrån aktuell systemdesign att lagras i mellanlagringstankarna vid en temperatur på  $-27^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$  och 15 bar övertryck. I processen för framtagande av utformning av anläggningen har även lägre lagringstemperaturer,  $-50^{\circ}\text{C}$  simulerats för scenarierna med ett lägre lagringstryck.

*Exponeringstid*- I simuleringarna antas en 30 minuters exponeringstid vilket är den exponeringstid som nyttjas även i MSB:s och Socialstyrelsens fördjupade analys ”Nya bedömningar av riskområden vid utsläpp av ammoniak, klor och svaveldioxid framtagna av MSB och Socialstyrelsen”<sup>a</sup>.

*Gränsvärde*- I simuleringarna av konsekvensavstånd nyttjas 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<sup>a</sup> och kan också utläsas i huvudrapportens Figur 15 (dödlighet 50% för olika exponeringstider). För 30 minuters exponeringstid är SLOD 92 000 ppm. I samhällsriskberäkningarna antas konservativt att alla som befinner sig inom SLOD-koncentrationen omkommer. Vidare tyder CFD-simuleringarna på att koncentrationen koldioxid i det utsläppta molnet hålls relativt sammanhållen. Ytterkant på koldioxidmolnet i CFD-simuleringarna, vilket motsvarar en koncentration på 60 000 ppm nyttjas därför konservativt som konsekvensområde i riskberäkningarna.

Vanligen redovisas den toxikologiska effekten på människor vid spridningsberäkningar i Sverige av gränsvärden utifrån Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals (AEGL-1, AEGL-2, AEGL-3). Några sådana värden för koldioxid har inte identifierats.

**Tabell 7. Indata och övergripande antaganden i simuleringar av utsläpp med koldioxid.**

Variabel	Valt värde
Vindriktning (2 m över mark)	Nordost
Molnighet	Molnfri himmel
Storlek per tank (8 st cylindriska)	2 000 m <sup>3</sup>
Lagringstryck (cylindrisk stående tank)	15 bar
Lagringstemperatur (cylindrisk stående tank) <sup>a</sup>	$-27^{\circ}\text{C}$
Omgivningstemperatur	$0^{\circ}\text{C}$

<sup>a</sup> Health and Safety Executive (2011) Dr. P Harper. *Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)*

Exponeringstid [min] <sup>a</sup>	30 min
Gränsvärde	92 000 ppm

## A.2.2 Resultat av spridningsberäkningar

I Tabell 8 ses en sammanställning av resultat av konsekvensavstånd för valda gränsvärden vid simuleringar av koldioxidutsläpp i ALOHA. I riskberäkningarna nyttjas konsekvensavstånden för stabilitetsklass F, vilket är ett konservativt antagande.

Tabell 9. Resultatsammanställning över simulerade scenarier i ALOHA.

Modellering ID	Scenariobeskrivning	Avstånd från utsläppspunkt till SLOD
A1	Stabilitetsklass D, normalt väder 5 m/s, Utsläpp hål 10 mm Mellanlagringstank kontinuerligt	11 m
A2	Stabilitetsklass F, ogynnsamt väder, 1 m/s, utsläpp hål 10 mm Mellanlagringstank kontinuerligt	29 m
A3	Stabilitetsklass D, normalt väder 5 m/s, Rörledning DN150 10 % hål (15 mm) totalt 5 m <sup>3</sup>	11 m
A4	Stabilitetsklass F, ogynnsamt väder 1 m/s, Rörledning DN150 10 % av rörledning (15 mm) totalt 5 m <sup>3</sup>	47 m

I följande figurer redovisas urklippta ögonblicksbilder från resultaten i CFD-modelleringarna. Dessa redovisas i en färgskala som representerar en koncentration av koldioxid i luft enligt Figur 34.

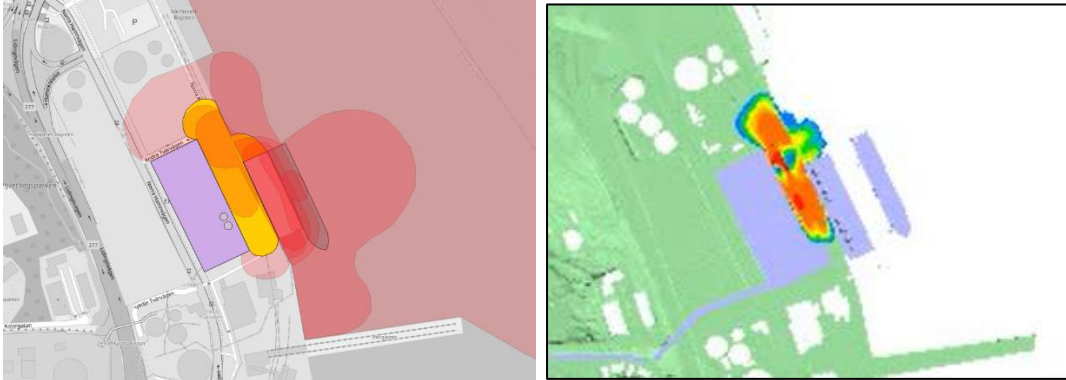


Figur 34. Tillämpad färgskala för redovisning av koncentration [vol%] av koldioxid i luft i resultaten från CFD-modelleringar.

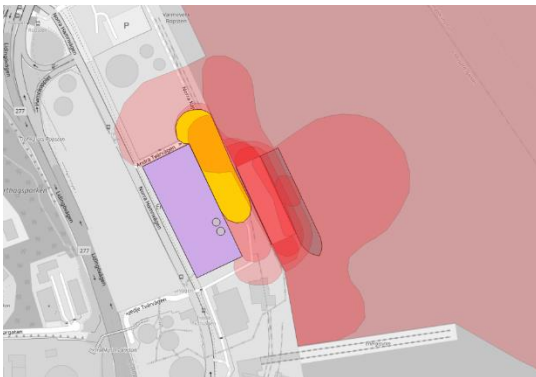
Resultaten i CFD-modelleringen<sup>a</sup> har sedan använts för att definiera ett konsekvensområde för resp. scenario, utifrån de tillämpade gränsvärdena/skadekriterierna. Det är detta konsekvensområde som används i mjukvaran för att beräkna och illustrera individriskkonturer, samt ligger till grund för bedömning av konsekvenser till samhällsriskberäkningar. Observera att i efterföljande bilder kan det förekomma skillnader mellan dessa områden, då molnets utbredning

<sup>a</sup> DNV (2023) BIOCCS CO2 DISPERSION ANALYSIS. CO2 Dispersion Modelling, Värtaverket – Stockholm Phill. Report No: 2023-0247 / R2305.

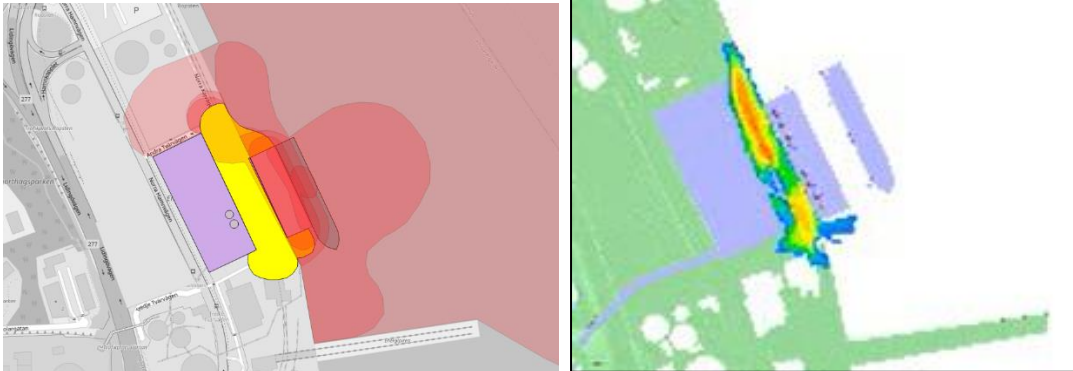
förändras över tid och inte nödvändigtvis når sin maximala utbredning i alla riktningar vid samma tidpunkt.



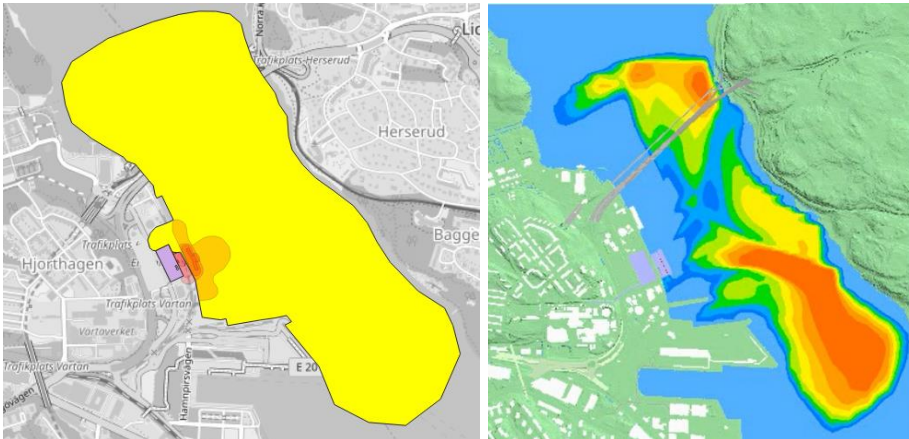
**Figur 35. Risk ID 1. Brott på tio rör samtidigt i värmeväxlaren. Konsekvensområdets skisserade utbredning är markerad i gul färg i figuren till vänster, baseras på CFD modellering ID "F2g" (till höger) och sträcker sig över kajområdet mellan byggnaden och skärmarna vid kajplats 503. En viss spridning norrut längs kajen väntas kunna uppkomma. Antal påverkade människor uppskattas till 2 personer inom detta område under dagtid, i genomsnitt över året.**



**Figur 36. Risk ID 2. Rörbrott i förvätskningsanläggningen. Konsekvensområdets utbredning har modellerats i ALOHA (Modellering ID A4). 47 meter maximalt cirkulär utbredning. Anpassas med hänsyn till byggnader och barriärer (skärm). Antal påverkade människor uppskattas till 2 personer inom detta område under dagtid, i genomsnitt över året.**



**Figur 37. Risk ID 3. Rörbrott DN150 vid rördragning från förvätskning mot mellanlagret. Konsekvensområdets utbredning modelleras i CFD Modellering ID "F2h". Antal påverkade människor uppskattas till 2 personer inom detta område under dagtid, i genomsnitt över året.**



**Figur 38. Risk ID 4. Rämнад mellanlagringstank – hela innehållet läcker ut genom största anslutna rördimensionen. Konsekvensområdets utbredning modellerat i CFD Modellering ID "L21f". Konsekvenser för båttrafik på vattnet beror på tidpunkt och förekomst av båttrafik vid tillfället, höjd på båtens/fartygets fribord, med mera, se mer detaljer kring antaganden i Tabell 5.**

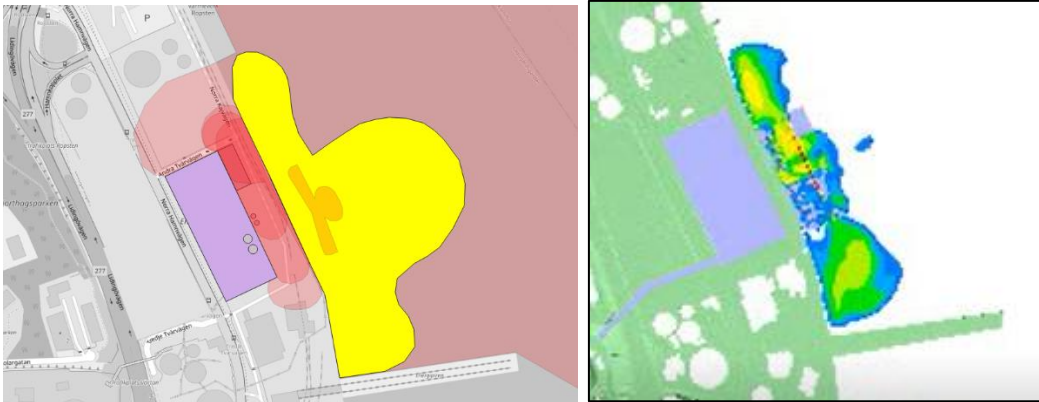




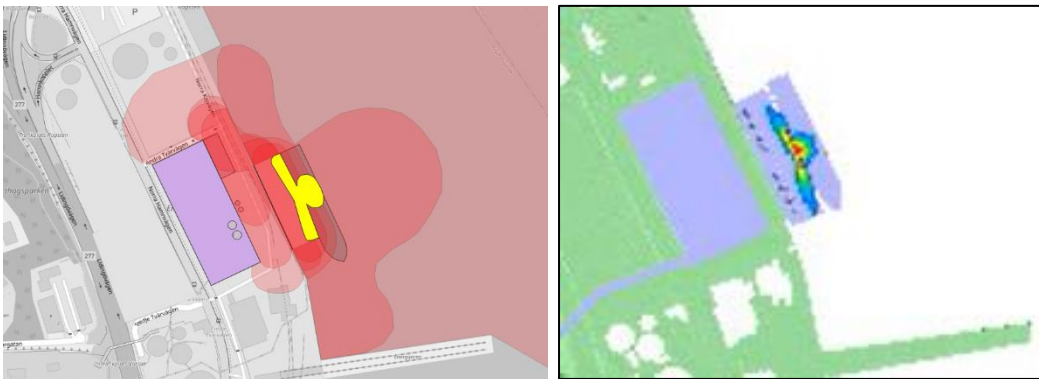
**Figur 39. Risk ID 5. Kontinuerligt läckage från 10 mm hål i mellanlagringstank. Konsekvensområdets utbredning modellerat i ALOHA Modelling ID A2. 29 meter cirkulärt från resp. mellanlagringstank, med begränsning av skärmvägg mot övriga kajområdet. Antal påverkade människor uppskattas till 2 personer (inom egna verksamheten) inom detta område vid en typisk lastningsoperation.**



**Figur 40. Risk ID 6. Läckage i rördragning mellanlager (läckagestorlek 10% av rördiameter). Konsekvensområdets utbredning modellerat i ALOHA Modelling ID A4. 47 meter cirkulärt från resp. mellanlagringstank, med begränsning av skärmvägg mot övriga kajområdet. Antal påverkade människor uppskattas till 2 personer (inom egna verksamheten) vid en typisk lastningsoperation.**



**Figur 41. Risk ID 7 (Rörbrott DN150 mellanlager), 8 (Katastrofalt pumpfel) & 10 (Lastarmsbrott). Konsekvensområdets utbredning modellerat i CFD Modellering ID "U9d". Antal påverkade människor uppskattas till 4 personer (inom egna verksamheten) inom detta område vid en typisk lastningsoperation.**



**Figur 42. Risk ID 9 (Läckage 10% av rördiameter i pump vid lastning) & 11 (Läckage 10% av diameter på lastarm). Konsekvensområdets utbredning modellerat i CFD Modellering ID "U9c". Antal påverkade människor uppskattas till 1 personer (inom egna verksamheten) vid en typisk lastningsoperation.**

### A.2.3 Beräkning av risknivåer

Individrisken kring anläggningen beräknas genom att för respektive risk (se Tabell 4 och Tabell 5) sammankoppla beräknad frekvens med uppskattade konsekvensområden från genomförda spridningsmodelleringar. Samhällsrisksbidraget från anläggningen beräknas genom att för respektive risk, sammankoppla beräknad frekvens med uppskattade konsekvenser och summera den samlade risken i en ackumulerad F/N-kurva.

# BILAGA B – RISKER FÖRKNIPPADE MED FARTYGSTRANSPORTER

## INNEHÅLL

<b>B.1 Bakgrund .....</b>	<b>2</b>
<b>B.2 Metod .....</b>	<b>2</b>
<b>B.3 Beskrivning av fartygen och transportrutt.....</b>	<b>4</b>
B.3.1 Fartygen .....	4
B.3.2 Transportrutt .....	5
<b>B.4 Riskidentifiering.....</b>	<b>6</b>
B.4.1 Utsläpp av koldioxid .....	6
<b>B.5 Riskanalys &amp; Riskvärdering .....</b>	<b>7</b>
B.5.1 Olyckstyper .....	7
B.5.1.1 Utsläpp/Läckage .....	8
B.5.1.2 Grundstötning .....	8
B.5.1.3 Kollision med annat fartyg .....	9
B.5.1.4 Kollision med annat föremål .....	9
B.5.1.5 Brand.....	9
B.5.1.6 Maskinhaveri.....	10
B.5.2 Transportrutt .....	10
<b>B.6 Åtgärder .....</b>	<b>12</b>
<b>B.7 Slutsats .....</b>	<b>13</b>

Denna bilaga är upprättad på uppdrag av Stockholm Exergi, som en del av hanteringen av olycksrisker inom projekt Bio-CCS, som syftar till att uppföra en anläggning för avskiljning av koldioxid från det biobränsleeldade KVV8.

## B.1 BAKGRUND

Syftet med denna bilaga är att utgöra ett underlag till den övergripande riskbedömning avseende olycksrisker som inkluderas i Stockholm Exergis ansökan om ändringstillstånd enligt Miljöbalken för planerad Bio-CCS-anläggning.

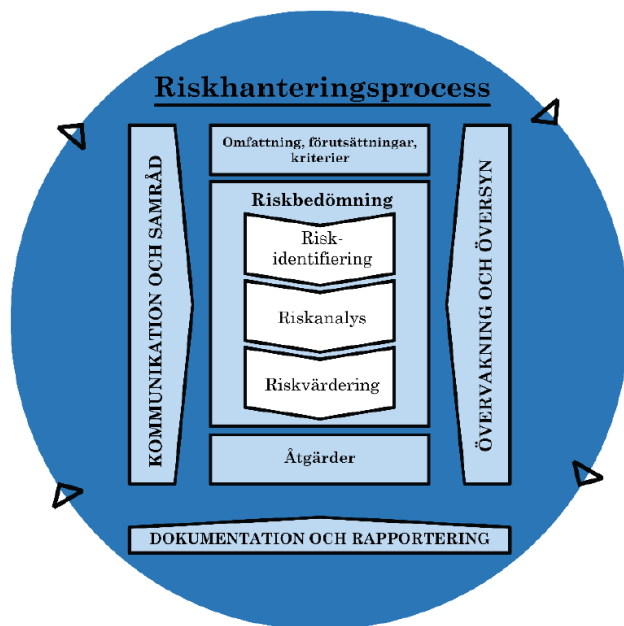
Fartygstransporterna i sig utgör en följdverksamhet till Stockholm Exergis verksamhet vid Värtaverket och i Energihamnen.

Målet med denna bilaga är att ur ett övergripande riskperspektiv analysera transportväg för fartygstransporterna av koldioxid som följer av Stockholm Exergis planerade verksamhet med Bio-CCS.

Utredningen är avgränsad till att analysera risker vid fartygstransporter av koldioxid genom Stockholms skärgård, från Värtahamnen till Almagrundet då fartyget är i rörelse. Riskutredningen gör ingen analys av händelser som orsakas av uppsåt. Det förutsätts att krav från Sjöfartsverket avseende organisering av transporterna och användandet av lots efterlevs. En separat nautisk riskanalys<sup>Fel! Bokmärket är inte definierat.</sup> upprättas också inom ramen för projektet av som fördjupar analysen av nautiska risker inom hamnområdet.

## B.2 METOD

Denna riskbedömning genomförs enligt de principer för riskbedömning som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000<sup>1</sup>, se Figur 43. Det sista steget i processen, Åtgärder, kräver ett aktivt beslutsfattande. Nedan beskrivs vidare de steg som innefattas inom ISO 31 000 och hur de hanteras inom arbetet med denna riskbedömning.



Figur 43. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31000. Denna rapport hanterar de delar som benämns "Riskbedömning" samt ger förslag på åtgärder

Riskbedömningen inleds med en genomgång av förutsättningar för fartygstransporterna med koldioxid och dess transportväg.

### *Riskidentifiering*

Riskidentifieringen omfattar en genomgång av fartygstransporternas transportväg och potentiella olyckshändelser som medför risker med fartygstransporterna, och som kan orsaka händelser som leder till ett utsläpp av koldioxid som påverkar människors hälsa och säkerhet längs med transportvägen negativt.

### *Riskanalys och riskvärdering*

Riskanalys och riskvärdering sker i form av en övergripande kvalitativ beskrivning och bedömning av identifierade olyckshändelser och konsekvenserna av dessa. Bedömningen av konsekvenserna av olika utsläppsscenarioer av koldioxid genomförs utifrån erfarenhet från de simuleringar av utsläpp av koldioxid som genomförts inom ramen för den här bilagans huvudrapport, Riskbedömning Bio-CCS.

### *Åtgärder*

Vid behov föreslås riskreducerande åtgärder.

## B.3 BESKRIVNING AV FARTYGEN OCH TRANSPORTTRUTT

Nedan beskrivs fartygen som planeras transportera koldioxiden samt deras transportrutt genom Stockholms skärgård.

### B.3.1 Fartygen

Transporten av koldioxid från Värtaverket planeras att ske med specialiserade tankfartyg. Utformning och design av dessa fartyg pågår och kommer att följa moderna krav avseende säkerhet och skydd mot läckage enligt internationella konventioner<sup>a</sup> som SOLAS och MARPOL. Dessa syftar bland annat till att fartygen ska ha ett tillräckligt sjöfartsskydd (att fartygen inte förliser) och skydd mot utsläpp i händelse av olyckor. Regelverken är omfattande och innefattar krav i hela processen från utformning och design, till kontroller och certifieringar och löpande tillsyn. Tre officiella nivåer säkerställer att regelverken efterlevs: fartygets flaggstat, anslutning av fartyget till en Registrerad Organisation (RO), samt varje medlemslands sk. Port State Control med inspektörer.

Varje månad som anläggningen är i drift kommer cirka 100 000 ton koldioxid att transporteras bort. Ett sannolikt antagande är att en fartygsstorlek om cirka 12 000 m<sup>3</sup> (cirka 13 200 ton) kommer att användas. Med denna fartygsstorlek innebär det att cirka två fartyg per vecka tillkommer, utöver befintliga fartygstransporter det vill säga nollalternativet, motsvarande cirka 62 fartyg/år.



Figur 44. Exempel på design av fartyg för transport av flytande koldioxid (Wärtsilä)

<sup>a</sup> ex. MARPOL 73/78 (i svensk rätt SÖ 1980:7), SOLAS (implementerat i Sverige genom Lag (2004:487) om sjöfartsskydd, genom Förordning (2004:283) om sjöfartsskydd samt föreskrift om sjöfartsskydd, SJÖFS 2004:13.

Det förutsätts att krav från Sjöfartsverket avseende organisation av transporter, användandet av lots, etc., följs för transporter.

### B.3.2 Transportrutt

Fartygen kommer gå via den så kallade Sandhamnsleden som består av en del trånga passager och skarpa girar. Kartan i Figur 45 nedan visar farledens sträckning och den antagna ruten markerad med en röd linje. Tiden för fartygen att ta sig från Värtahamnen till Almagrundet beror av storleken på fartygen men är uppskattningsvis i storleksordning omkring fyra timmar.



Figur 45. Fartygens transportrutt från Värtahamnen till Almagrundet via Sandhamnsleden.

## B.4 RISKIDENTIFIERING

Den övergripande risken som studeras i denna PM är utsläpp av koldioxid från fartygstransporterna.

### B.4.1 Utsläpp av koldioxid

Hur långt ett utsläpp når med koncentrationer som kan medföra skador på människor och vilken höjd gasmolnet får är beroende av mängden koldioxid som släpps ut och väderförhållanden vid utsläppet. Hur stor mängd som skulle kunna läcka ut beror bland annat av storleken på tankar, fartygsdesign och placeringen av ventiler och flänsar.

När förvätskad koldioxiden släpps ut i atmosfärstryck övergår den direkt till gasfas samt till viss del fast fas.<sup>2</sup> Koldioxid kan ej förekomma i vätskefas i atmosfärstryck, utan de fasta partiklarna sublimeras till gasfas utan att först övergå till vätska. Vid ett utsläpp av koldioxid sprider sig koldioxiden främst över vattenytan där den succesivt blandas ut med luften. Beroende av mängden koldioxid som släpps ut och höjden på gasmolnet, kan gasmolnet komma att sprida sig över landområden med låg höjdskillnad mot vattenytan. Även strandlinjer och dess närhet är riskområden vid ett eventuellt utsläpp av koldioxid på vattnet.

Om ett utsläpp från koldioxidtankarna i vätskefas inträffar kan en stor mängd koldioxid komma att läcka ut vilket då skulle kunna ge en påverkan mot omgivningen likt de som studerats i huvudrapporten avseende anläggningen. Om ett utsläpp av koldioxid i gasfas inträffar bedöms det medföra konsekvenser i det direkta närområdet.

Ett antal generella olyckstyper som kan inträffa vid sjötransporter och som skulle kunna leda till ett oönskat utsläpp av koldioxid studeras. Indelningen motsvarar i stort sett den som Transportstyrelsen använder i sin olycks- och tillbudsstatistik:

- Grundstötning
- Kollision med annat fartyg
- Kollision med annat föremål
- Brand/explosion
- Maskinhaveri
- Läckage/ Utsläpp

Transportrutten mellan Värtahamnen och Almagrundet kan delas in i sex delsträckor. Indelningen görs på grund av att förhållandena i de olika sektionerna skiljer sig åt vilket kan påverka sannolikheten för eller konsekvenserna av oönskade händelser.



Tabell 10. Delsträckor av transportrutten.

Sträcka	
1	Förtöjning
2	Värtan - Kungshamns fyr (hamnlotsning)
3	Kungshamns fyr - Saxarfjärden (innerskärgårdslotsning)
4	Saxarfjärden- Kanholmsfjärden (skärgårdslotsning)
5	Kanholmsfjärden - Revengegrundet (skärgårdslotsning)
6	Revengegrundet- Almagrundet (lotsen går på/av)

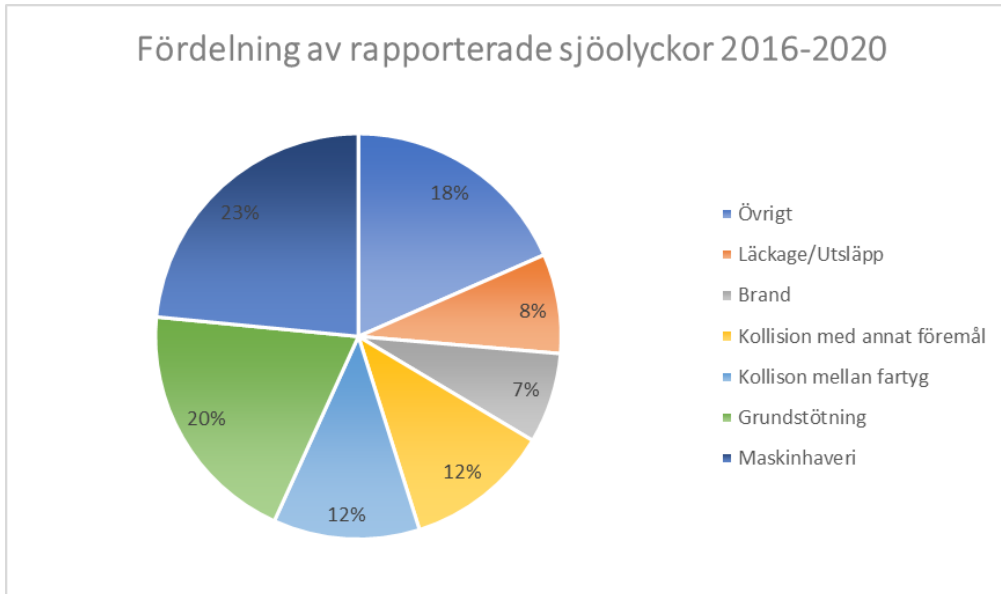
## B.5 RISKANALYS & RISKVÄRDERING

I detta avsnitt analyseras identifierade olyckstyper följt av en kvalitativ analys av delsträckorna.

### B.5.1 Olyckstyper

Det saknas statistik över aktuell typ av fartygstransporter med koldioxid. Fartygen som planeras frakta koldioxiden är ännu inte projekterade vilket medför osäkerheter i form av exempelvis storlek, drivmedel, hur djupt de går och utformning av tankar och skrov. Till följd av den bristande statistiken görs en kvalitativ beskrivning av identifierade olyckstyper och dess konsekvenser.

För en uppfattning över fördelning av typer av olyckor som vanligen inträffar vid sjötransporter och som eventuellt skulle kunna leda till ett oönskat utsläpp av koldioxid nyttjas statistik över yrkessjöfarten i sin helhet. Statistiken bygger på inrapporterade sjöolyckor mellan åren 2016-2020 på svenskt vatten, där rapporteringsplikt gäller oavsett flagg. I statistiken redovisas initialhändelser.



Figur 46. Fördelning av inrapporterade sjöolyckor på svenskt vatten.

Kategorin övriga sjöolyckor omfattar händelser kopplade till exempelvis förtöjning, lastning och lossning<sup>3</sup> vilket inkluderas i denna riskbedömning

Nedan analyseras identifierade initiala olyckstyper från statistiken i Figur 46 kvalitativt utifrån risken för ett oönskat utsläpp av koldioxid:

#### B.5.1.1 Utsläpp/Läckage

I denna kategori ingår utsläpp av bränsle, motorolja samt utsläpp av gaser eller vätskor som kan finnas i lasten. I de allra flesta fallen är det små läckage som inträffar. Enbart ett utsläpp av bränsle eller motorolja bedöms inte kunna påverka lasten för att ge ett oönskat utsläpp av koldioxid.

För att ett oönskat utsläpp ska inträffa utan någon yttre påverkan på fartyget behöver något i utrustningen felfunkera eller beroende på hur fartygen projekteras skulle ett utsläpp till följd av en felaktig mänsklig handling kunna inträffa.

#### B.5.1.2 Grundstötning

Det är mycket osannolikt att grundstötningar i skyddade vatten leder till så stora skador på fartyget att ett oönskat utsläpp av lasten, i detta fall koldioxid, sker. Fartygets och tankarnas storlek är i dagsläget ej fastställd.. Sannolikt kommer fartygen att utformas som andra fartyg som transporterar kylda gaser, exempelvis LPG. Det innebär ett fartygsskrov och invändiga trycktankar, sannolikt i enkelmantlat utförande.

Då marina transporter av större mängder flytande koldioxid är relativt nytt saknas relevant statistik för olyckor.

Det förutsätts att krav från Sjöfartsverket avseende organisation av transporter, användandet av lots, etc, följs vilket bedöms minska risken för en grundstötning.

### B.5.1.3 Kollision med annat fartyg

På liknande sätt som vid grundstötningar bedöms det osannolikt att en kollision leder till ett utsläpp av koldioxid i vätskefas. Hur stora skadorna vid en kollision blir beror delvis av storleken på fartyget i förhållande till andra båtar och fartyg. Koldioxidfartygen antas höra till de större fartygen som trafikerar skärgården vilket minskar risken för en stor påverkan på fartyget vid en kollision. Den genomförda nautiska riskanalysen<sup>4</sup> för hamnområdet visade att fartygstrafiken i stort till Energihamnen är förhållandevis liten omfattning och att konflikter mellan fartygsrörelser kan hanteras på ett tillfredställande sätt.

En kollision med ett stort fartyg i en farled kommer troligen ske i aktern eller fören, vilket reducerar sannolikheten för att skadorna ska bli så stora att koldioxid läcker ut även vid kollision med ett större fartyg.

Fartygen kommer även vara utrustade med AIS-sändare (Automatic Identification System) som är ett system som gör det möjligt för andra fartyg och landstationer att se information om fartyget, och därmed minska risken för kollision. Särskilt vid dimma, mörker och regn. Man kan exempelvis se mått, fartygstyp, riktning, hastighet och om närliggande fartyg ändrar kurs. AIS-sändare är obligatoriskt för alla fartyg större än 300 ton. Ombord på fartygen kan informationen om andra fartyg presenteras på olika sätt. Minimikravet är en textdisplay där information om de närmaste fartygen presenteras med ID, avstånd och bäring. För att dra full nytta av informationen används ofta en grafisk presentation, där AIS informationen visas antingen integrerat med radarinformation eller på en elektronisk sjökortsdisplay.

### B.5.1.4 Kollision med annat föremål

En kollision med annat föremål skulle exempelvis kunna vara något som flyter omkring i vattnet, exempelvis tappad last från annat fartyg.

Fartygets och tankarnas design kommer att påverka integriteten på fartyget och för själva lasten. Utifrån samma resonemang som för grundstötning bedöms en kollision med ett flytande föremål sannolikt inte leda till såpass stor skada på fartyget att koldioxid läcker ut.

### B.5.1.5 Brand

De flesta bränder uppstår i maskinrummet och påverkar då inte lasten ombord om den upptäcks och släcks i tid. En brand skulle dock kunna medföra att temperaturerna i koldioxidtankarna stiger. När temperaturen stiger ökar avångningen och därmed ökar även trycket i tanken, vilket innebär att en större del av koldioxiden befinner sig i gasfas. När trycket i tanken ökar kommer säkerhetsventilerna i tankarna släppa ut koldioxid i gasfas. Om koldioxid läcker ut i närheten av branden kan det medföra en dämpande effekt för branden.

Ett utsläpp av koldioxid i gasfas bedöms kunna medföra en kvävningsrisk för människor i utsläppspunktens direkta närhet.

#### B.5.1.6 Maskinhaveri

Ett maskinhaveri skulle kunna leda till exempelvis en grundstötning som i sin tur ev. om tillräckligt stor skada på fartyg och tankar uppstår skulle kunna leda till ett utsläpp. Det är enligt tidigare bedömt mycket osannolikt att en grundstötning leder till så stora skador på fartyget att ett oönskat utsläpp av lasten sker.

#### B.5.2 Transportrutt

Nedan följer en analys och bedömning konsekvenser vid ett oönskat utsläpp av koldioxid i de olika sektioner av farleden.

Resultaten av genomförda spridningsberäkningar av de större utsläppen av koldioxid i vätskefas (se avsnitt 5.1 i huvudrapporten) visar att i närheten av ett stort utsläpp av koldioxid kan tjockleken vara flera meter, men på längre avstånd och efter en längre tid in i utsläppet (cirka 10–15 minuter), kommer sannolikt de skadliga koncentrationerna över vattnet att vara begränsade till i storleksordningen en meter eller mindre ovan vattenytan.

Övergripande karaktäriseras Stockholms skärgård av öar och landområden som till stor del har en höjdskillnad mot vattenlinjen, ofta i form av klippor. Utifrån resultaten av simuleringarna av koldioxidutsläpp (se avsnitt 5.1 i huvudrapporten) konstateras att höjdskillnader har en god skyddseffekt mot spridning av koldioxid över landområden.

I den holländska vägledningen *Reference Manual Bevi Risk Assessments Version 3.2*<sup>5</sup> framgår att felfrekvenser för fartygs-bulktransporter är jämförbar med felfrekvenser för lagringstankarna. Denna felfrekvens har i huvudrapporten uppskattats till ungefär 1E-6 vilket motsvarar en gång på en miljon år. Denna felfrekvens kan utifrån vägledningen<sup>5</sup> förenklat beaktas som felfrekvensen för en tank även under fartygstransporten i sin helhet. Det vill säga att med en frekvens på storleksordningen en gång per en miljon år kan någon typ av katastrofal olycka med förlust av innehållet i en hel tank inträffa på någon del av transportrutten för fartygstransporterna. En sådan olycka innebär inte direkt att ett utsläpp av koldioxid sker eller någon påverkan på människor längs med transportrutten. För att ett utsläpp av koldioxid ska ske måste flera skyddssystem och rutiner falla/felfungera.

#### *Sektion 1 Förtöjning*

Konsekvenser och frekvenser av ett utsläpp av koldioxid när fartyget ligger intill kaj i Energihamnen har simulerats av DNV<sup>6</sup> och inkluderas i beräkningar av risknivåer i se (se avsnitt 5.1 i huvudrapporten).

#### *Sektion 2 Värtan-Kungshamns fyr*

Under sommarmånaderna är sträckan vältrafikerad av kommersiella passagerarbåtar, exempelvis sightseeingbåtar och fritidstrafik till och från småbåtshamnar och bryggor som finns i Stockholms innerhamnsområde.

Sträckan omfattar även passager av större passagerarfärjor till och från Värtahamnen (ex. rederier som Viking Line, Silja och Tallink) och SL-linjetrafikbåtar. Om ett utsläpp av koldioxid sker inom detta område förväntas konsekvensområdet för förhöjda koncentrationer av koldioxid till stor del vara över vattenspegeln.

Även Lidingöbron finns inom detta område och skulle kunna utgöra en risk för kollision. Att en sådan kollision skulle leda till ett utsläpp bedöms som låg, det finns även lots med på fartyget.

En övergripande analys av frekvens för kollisionsoolyckor i hamnområdet genomförs utifrån den beräkning av grundläggande felfrekvens ( $f_0$ ) för kollision som presenteras i den holländska vägledningen *Reference Manual Bevi Risk Assessments Version 3.2*.

Där  $f_0 = 6.7 * 10^{-11} * T * t * N$ ,

$T$  = antal båtar per år på transportrutten/hamnen. Utifrån indata från verksamheterna i hamnen ges att cirka 550 stora båtar kommer att trafikera Energihamnen år 2030.<sup>7</sup>

$t$  = lossningstiden för fartygen, uppskattas till 12 timmar.

$N$  = antal lossningar (av CO<sub>2</sub>) per år, uppskattas konservativt till 180.

Denna beräkning resulterar i en grundfrekvens för kollision i hamnområdet för CO<sub>2</sub> på 7,96E-05. En kollision i hamnområdet innebär inte direkt ett utsläpp av koldioxid, se avsnitt Olyckstyper, kollision med annat fartyg. Det bedöms även finnas goda möjligheter att minska risken för kollision med större fartyg i hamnområdet genom rutiner för att anpassa tidtabeller för fartygsanlop.<sup>8</sup>

### Sektion 3 Kungshamnsvärk-Saxarfjärden

Denna del av sträckan nyttjas mer frekvent av fritidsbåtar under sommarmånaderna.

På sträckan passeras Tynningöudd i en skarp gir, samt en korsande vägfärja mellan Norra Lagnö och Tynningös södra udde. Vidare passerar sträckan en smal passage via Oxdjupet. I denna smala passage går det ej att möta andra större fartyg. Leden korsar även en vägfärja mellan Rindö och Värmdö.

Giren runt Tisterögrunds radarboj vid Stora Älgön (Trälhavet) utgörs också av en komplicerad gir i trafiksepareringszonen som kan orsaka kollision eller grundstötning. Delsträckan är även en mötespunkt med färjetrafik. Detta bör dock inte utgöra ett problem då det är en del av lotsen uppgift att kommunicera med Sjöfartsverkets trafikcentraler i Stockholm avseende dessa avgångar.

### Sektion 4 Saxarfjärden-Kanholmsfjärden

Denna del av sträckan är en led genom mellanskärgården bestående av mestadels stora och medelstora öar där det finns året-runt-boenden även om befolkningen på öarna ökar markant under sommarhalvåret. Trafiken inom sträckan utgörs till stor del av mindre

skärgårdsbåtar för passagerartrafik samt fritidsbåtar. Farleden går här längs med fastlandet (Värmdölandet) och leden Kanholmsfjärden till Sollenkroka fyr är under sommarhalvåret tät nyttjad av fritidsbåtar vilket kan leda till att dessa kommer nära fartygen med koldioxid. Inom sträckan finns också ett kritiskt moment med en skymdgir mellan Norra Kanholmen och Klövholmen som kan orsaka närsituationer.

### *Sektion 5 Kanholmsfjärden-Revengegrundet*

Leden passerar genom smala passager där fartyget befinner sig inom 100 meter från farledens mitt, exempelvis vid Getholmen - Matsholmen och Västeruddens kummel. Ett kritiskt navigeringsmoment är vid Västerudden - Getholmen (runt Farfarsgrund). Området är smalt och hastighetsbegränsning ligger på max 3 knop.

Sträckan passerar vidare ett antal medelstora skärgårdsöar där befolkningsantalet varierar kraftigt mellan vinter och sommarhalvåret. Den mest befolkade ön som passeras är Runmarö som ligger mer än 2 000 meter från farleden. Ett utsläpp av koldioxid där bedöms inte nå Runmarö med skadliga koncentrationer.

Även ön Sandön (med Sandhamn) passeras vilken kantas av ett flertal småbåtsbryggor, ett mindre hamnområde där passagerarfärjor passerar dagligen samt en bensinstation. På ön ligger även en kustbevakningsstation.

### *Sektion 6 Revengegrundet-Almagrundet*

Sträckan består mestadels av öppet vatten, med mer än 2 000 meter till land. Ett utsläpp av koldioxid här bedöms inte kunna påverka människor på land. Ombord- och avstigning av lots kommer att ske på denna sträcka.

## B.6 ÅTGÄRDER

Den samlade bilden avseende fartygstransporterna ut till havs genom skärgården har inte visat på ett behov av några specifika skyddsåtgärder, utöver sådana som redan krävs enligt tillämpliga regelverk för sjöfarten. Nedan presenteras ändå några förslag på möjliga riskreducerande åtgärder:

- Planera koldioxidtransporternas ankomst/avgång utifrån befintliga rutiner för fartygslogistiken i Lilla Värtan.
- Varningssystem på båtarna som kan aktiveras vid ett eventuellt utsläpp för att varna omgivningen.

## B.7 SLUTSATS

Studerade olyckstyper för fartygstransporterna av koldioxid som följer av Stockholm Exergis planerade verksamhet, från Värtan via Sandhamnsleden till Almagrundet innebär en låg sannolikhet för ett utsläpp av koldioxid. Om ett osannolikt utsläpp ändå skulle ske, kan människor längs med farleden komma att påverkas i fartygets direkta närhet. Persontätheten längs med farleden är låg, och under sommarmånaderna när persontätheten i skärgården är som störst (men fortfarande att betrakta som låg) kommer normalt inte transporter av koldioxid ske.

I denna övergripande bedömning av fartygstransporternas påverkan på människors hälsa och säkerhet har flera indataparametrar varit osäkra. Ett antal åtgärder har identifierats som bedöms vara rimliga att vidta i den fortsatta planeringen av fartygstransporterna, och den fortsatta detaljplaneringen av fartygen och deras utformning behöver sträva efter att minimera sannolikheten för ett utsläpp och storleken på konsekvenserna som kan uppkomma.

## REFERENSER

<sup>1</sup> SIS (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*. Utgåva 2, ICS: 03.100.01. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).

<sup>2</sup> Rian K.E, Grimsmo B, Lakså B, Vembe B.E, Lilleheie N.I, Brox E, Evanger T, (2014). *Advanced CO2 dispersion simulation technology improved CCS safety*.

<sup>3</sup> Transportstyrelsen(2020)*Transportstyrelsens säkerhetsöversikt– sjöfart 2020*

<sup>4</sup> SSPA (2023) *Nautisk Riskbedömning- Stockholm Exergi Rapport Nr. RE20211395-01-00-B*

<sup>5</sup> National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), (2009), *Reference Manual Bevi Risk Assessments Version 3.2*

<sup>6</sup> De Norske Veritas (DNV)-norskt företag som genomför simuleringar av koldioxid i vätskefas inom ramen för riskbedömningen.

<sup>7</sup> *Uppskattning Trafikrörelser 2018\_2030\_Energihamnen\_Verksamhetsutövarna\_V7.Bio-*

# BILAGA C – PERSONTÄTHET I OMRÅDET

## C.1 INNEHÅLL OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Denna bilaga innehåller beskrivningar av antaganden som gjorts kring hur många människor som vistas på olika platser i närområdet kring anläggningen, samt vilka tider på dygnet, rörelsemönster med mera. Underlaget nyttjas i samhällsrisikberäkningen för bedömning av antal personer som skulle kunna påverkas vid respektive scenario.



Figur 47. Indelning av områden för uppskattning av antal personer.





Figur 48. Område 21 rödmarkerat och område 22 grönmärkat.

Tabell 11. Sammanställning av uppskattningar av antal personer i respektive område som nyttjas som underlag i samhällsrisikberäkningen för bedömning av antal personer som befinner sig inom ett utsläpps konsekvensområde. Antal personer inom respektive område har uppskattats och tillhandahållits från respektive verksamhet, Stockholm stad och Trafikförvaltningen.

Del	Område/Verksamhet	Antal personer				Kommentar
1	Värtahamnen Människor på fartyg/färjor och i terminalen	<b>Totalt</b>				
	06.00-14.00	1000		Max	Mainly passengers in terminal building	
	14.00-16.00	5000		Max	At one time with 2 large passenger ships (2500 passengers on each) docked on quays to the south and east. North side only used in summer. Eastern most dock outside of studied area, excluded	
	16.00-19.30	1000		Max	Mainly passengers in terminal building	
	19.30-06.00	10		genomsnitt	Inside terminal building	
2	Hjorthagen (lägenheter)	<b>Totalt</b>				
	07.00-17.00	59			genomsnitt	
	17.00-07.00	587				
3	Hjorthagskyrkan, Engelbrektsförsamling	<b>Totalt</b>				
	07.00-17.00	10			genomsnitt	
	17.00-07.00	2				
4	Valpariso	Lägenheter	Arbetsplatser	<b>Totalt</b>		
	Antal lägenheter/arbetsplatser	220	2500	2720		
	07.00-17.00	22	2500	2522	genomsnitt	
	17.00-07.00	220	25	245	genomsnitt	
5	Ropsten- Antal passagerare vid en tidpunkt (on & off)	Buss	Tunnelbana	Spårväg	<b>Totalt</b>	
	Mon-Fri 06.00-09.00	172	482	117	771	
	Mon-Fri 07.30-08.30	250	735	152	1137	
	Mon-Fri 15.00-18.00	175	451	117	743	
	Mon-Fri 16.30-17.30	192	467	128	787	
	Mon-Sun 01.00-05.00				2	
	Other Time				240	
6a	Hamnområde Stockholm Exergi	<b>Totalt</b>				
	07.00-17.00		38		Apply winter averages for all of operating season	
	17.00-07.00		3		Apply winter averages for all of operating season	

6b	<b>Hamnkontor Stockholm Exergi</b>					
	07.00-17.00			17		13 workplaces indoors plus visiting room for 2 groups of 15 people present for one hour = 16,75 avg over 8 hours
	17.00-07.00					
6d	<b>Cisternområde Stockholm Exergi</b>					
	07.00-17.00			4		
	17.00-07.00			0		
7	<b>Stockholm Exergi Värtaverket</b>			<b>Totalt</b>		Number of employees 159 (number from HR Partner support) Stockholm Exergi. Plus consultants and craftsmen.
	07.00-17.00			300		
	17.00-07.00			45		
8	<b>Norra Hamnvägen</b>			<b>Totalt</b>		Average at all times, maximum expected higher for example when bus passes.
	07.30-17.00			10		
	17.00-07.30			1		Bus no 76: 70 departures per week day from Ropsten (between 05:00-22:00), about one every 15 minutes. 70 arrivals. Estimate 30-60 seconds duration to pass through the area.
						Weekends: 40 arrivals & 40 departures(kl. 09:00-23:00) about one every 20 minutes
9	<b>Västra Värmeverket</b>	<i>Lägenheter</i>	<i>Arbetsplats</i>	<b>Totalt</b>		
	Antal lägenheter / m2 kontor	125	775			Estimation for planned development
	Antal människor					
	07.00-17.00	28	184	212		
	17.00-07.00	275	2	277		
10	<b>Koksen</b>	<i>Lägenheter</i>	<i>Arbetsplats</i>	<b>Totalt</b>		
	Antal lägenheter / m2 kontor	102	990			
	Antal människor					
	07.00-17.00	22	235	258		
	17.00-07.00	224	2	226		
11	<b>Terassen Östra</b>	<i>Lägenheter</i>	<i>Arbetsplats</i>	<b>Totalt</b>		
	Antal lägenheter / m2 kontor	170	515			
	Antal människor	374		374		
	07.00-17.00	37	131	168		

	17.00-07.00	374	2	376		
12	<b>Östra Värmeverket II</b>	<i>Lägenheter</i>	<i>Arbetsplats</i>	<b>Totalt</b>		
	Antal lägenheter / m2 kontor	84	590			
	Antal människor					
	07.00-17.00	18	140	159		
	17.00-07.00	185	2	187		
13	<b>Östra Värmeverket I</b>	<i>Lägenheter</i>	<i>Arbetsplats</i>	<b>Totalt</b>		
	Antal lägenheter / m2 kontor	125	213			
	Antal människor					
	07.00-17.00	28	50	78		
	17.00-07.00	275	2	277		
14	<b>Myrorna</b>		<i>Antal</i>	<b>Totalt</b>		
	07.00-17.00		10	10		
	17.00-07.00		0	0		
15a	<b>SL-Pendelbåtar</b>	<b>Totalt</b>				
	07.00-17.00	Max capacity 150 passengers, average load approx 50 %			8 ships passing through the area, duration 10 min. 5 min travel & 5 min hold below bridge landing,	
	17.00-07.00	Max capacity 150 passengers, average load approx 50 %			1 ship passing through the area duration 10 min. 5 min travel & 5 min hold below bridge landing	
15b	<b>Fritidsbåtar</b>					
	07.00-17.00	1				
	17.00-07.00	0				
16	<b>Heat pump plant (Stockholm Exergi)</b>	<b>Totalt</b>				
	07.00-17.00	10				
	17.00-07.00	5				
17	<b>Cementa &amp; Betongindustri</b>					
	07.00-17.00	35			Genomsnitt vintertid	
	17.00-07.00	6			Genomsnitt vintertid	
18	<b>Bunkerdepå</b>					
	07.00-17.00	2			Genomsnitt året runt	
	17.00-07.00	0				

19	Lidingövägen				Annual 24-hour traffic, ÅDT is 34 800 at Lidingövägen. (the average traffic flow per day during a year measured as a vehicle per day) Expect it takes 30 sec to pass by Energihamnen.
	07.00-17.00	24			Genomsnitt
	17.00-07.00	24			Genomsnitt
	Max hour				
20	Spårvägen				Expect passages every seven minutes, in both directions 17 hours/day. Expect it takes 1 minute to pass. Assumes all passages are done with half full trains (110 persons). Gives 32 010 persons a day.
	06.00-23.00	22			Genomsnitt
	Natt	22			Genomsnitt
21	Lidingö 5 meters från vattebrynet				
	07.00-17.00	1			Utomhus genomsnitt
	17.00-07.00	0			
22	Lidingö Islinge Udde (Grenstigen) lägre än 5 meter				
	07.00-17.00	3			Två per hus. 50% hemma dagtid
	17.00-07.00	6			100 % hemma