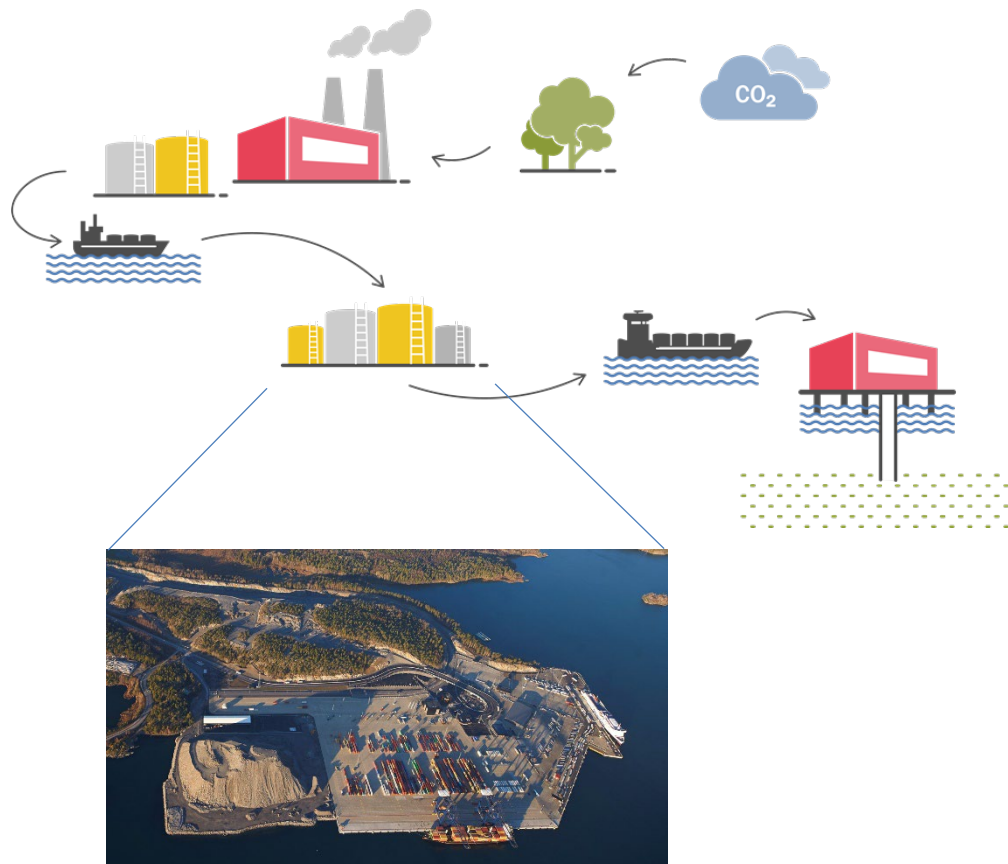


NICE - Norvik Infrastructure CCS East Sweden

Sammanfattande slutrapport

2024-04-12





Innehåll

1	Sammanfattning	3
2	Inledning	3
2.1	Bakgrund	3
2.2	Syfte	4
2.3	Metod	4
2.4	Avgränsningar	4
3	Tekniska systemdesignlösningar	5
3.1	Koldioxidflöden	5
3.2	Lastbärare och logistik	6
3.3	Noden	8
4	Kostnads- och energiberäkningar	10
4.1	Inflöde till Stockholm Norvik Hamn	11
4.2	Utflyde från Stockholm Norvik Hamn	11
4.3	Energiberäkningar	12
5	Affärsmodeller	12
6	Riskhantering	13
7	Genomförandeplan	14
8	Tillståndsprocessen	14
9	Fortsatt arbete	15

1 Sammanfattning

Utifrån det arbete som genomförts inom ramen för NICE-projektet är den generella bedömningen att det ur ett logistiskt, tekniskt och operationellt perspektiv finns goda möjligheter för att framgångsrikt etablera en central logistiknod för koldioxid i östra Sverige i Stockholm Norvik Hamn. Den existerande hamninfrastrukturen är välutvecklad samtidigt som det finns ledig kajkapacitet och utvecklingsbara ytor. Det finns också goda möjligheter att komplettera den befintliga hamninfrastrukturen med den specifika infrastruktur som krävs för att etablera en väl fungerande nod för koldioxid.

Med en koldioxidnod i Stockholm Norvik Hamn möjliggörs en effektiv och hållbar transportkedja från många potentiella utsläppare i östra Sverige. Oavsett utsläpparens placering kan koldioxiden transporteras till noden och mellanlagras innan transporten med större fartyg sker till slutdestinationen.

Det fortsatta arbetet fokuseras initialt på att hitta samverkansformer mellan olika aktörer och intressenter i hela värdekedjan. Målet är att hitta värden för alla intressenter så att de första investeringsbesluten kan tas.

2 Inledning

Denna sammanfattande slutrapport ger en kort konklusion av slutrapporterna från förstudien i NICE-projektet. För mer information, referenser o.d. hänvisas till slutrapporterna.

2.1 Bakgrund

För att nå viktiga klimatmål, exempelvis Sveriges mål om nettonollutsläpp senast 2045 krävs negativa utsläpp. Negativa utsläpp kan erhållas genom att exempelvis kraftvärmeverk som förbränner biogen råvara fångar in koldioxiden för att sedan lagra den i berggrunden. Det finns även en stor potential för utsläppsminskning och negativa utsläpp genom avskiljning och lagring av koldioxid från t.ex. skogsindustri, kemiindustri, stål och metall, raffinaderier och cementproduktion. De lagringsplatser för koldioxid som har störst potential i dagsläget finns bl.a. i Nordsjön. Därför krävs en fungerande och effektiv logistikkedja för att kunna möjliggöra CCS, Carbon Capture & Storage, i stor skala i östra mellansverige.

Tillsammans med Stockholms Hamnar gjorde Granitor Aenigma en översiktlig förstudie initierad av Stockholm Exergi. Denna förstudie visade att förutsättningarna för ett mellanlager för koldioxid vid Stockholm Norvik Hamn är mycket goda.

Med denna bakgrund startades nästa projektfas där Stockholms Hamnar är projektägare. Projektet kallas NICE – Norvik Infrastructure CCS East Sweden och görs i samarbete med Stockholm Exergi, Mälarenergi, Söderenergi, Vattenfall, Heidelberg Materials, Nordkalk och Plagazi. Resultatet är en fördjupad förstudie som ska kunna fungera som ett beslutsunderlag för Stockholms Hamnar och övriga intressenter för att avgöra

möjligheterna att gå vidare i planeringen för ett regionalt koldioxidnav i Stockholm Norvik.

2.2 Syfte

Projektet Norvik Infrastructure CCS East-Sweden, NICE, syftar till att presentera en eller flera hållbara och kostnadseffektiva lösningar för en regional logistikinfrastruktur i östra Sverige för avskild koldioxid inför slutlig geologisk lagring. Logistikinfrastrukturen ska inte bara vara öppen för de som deltar i NICE-projektet, utan även för tredjepartstillträde, dvs andra utsläppare av koldioxid.

2.3 Metod

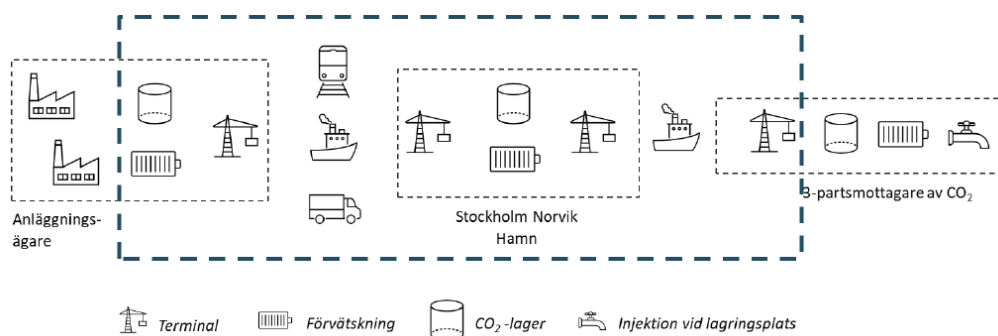
Projektledande konsult för förstudien har Granitor Aenigma varit och till sin hjälp har RISE, Spinverse och Profu anlåtats som underkonsulter för olika delar i förstudien. De olika delarna har kallats arbetspaket (AP) och de finns sammanfattade i kommande kapitel. Under projektets genomförande har det skett ett löpande utbyte och tätt samarbete mellan de angränsande arbetspaketen och projektparterna genom regelbundna möten och aktivt deltagande i workshops som koordinerats av konsultgruppen och projektägaren.

Förstudien har till hälften finansierats av Energimyndigheten inom ramen för Industriklivet. Andra hälften har finansierats av medverkande bolag. Projektägare var Stockholms Hamnar.

Förstudien beskriver ett scenario år 2035 eftersom medverkande utsläppare beräknas avskilja med full kapacitet vid den tiden.

2.4 Avgränsningar

Systemgränsen för NICE-projektet illustreras i följande figur:



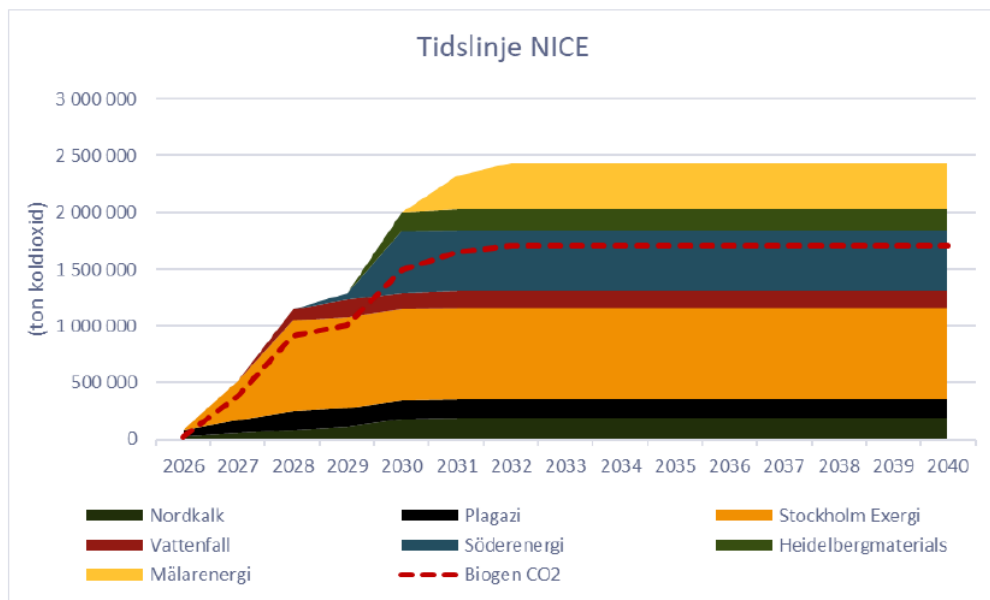
Fokus ligger på mellanlagret i Stockholm Norvik Hamn och logistiklösningarna till och från hamnen men även utsläpparnas lager är med eftersom de kan påverkas av vilken logistiklösning som väljs.

3 Tekniska systemdesignlösningar

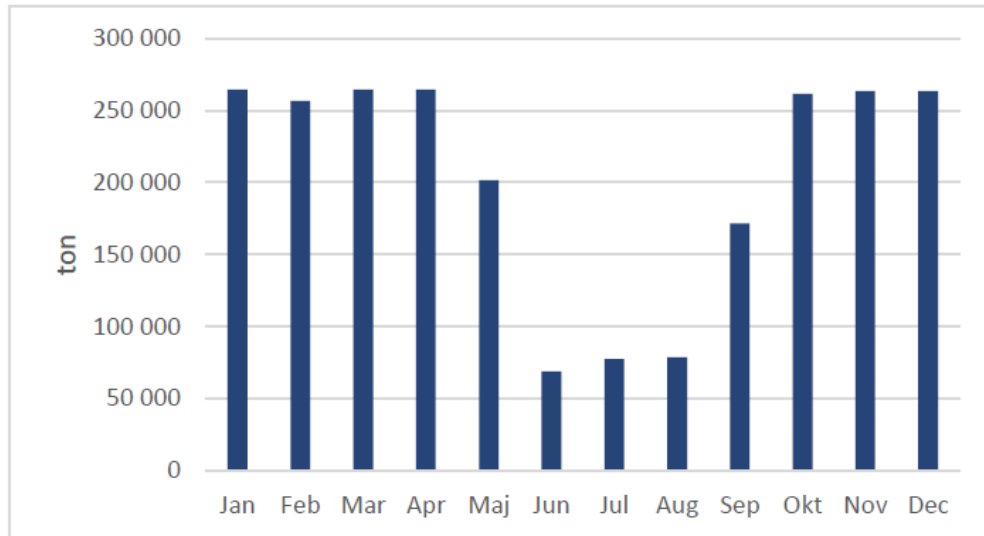
Arbetet har genomförts i två steg. Det första steget innefattade en övergripande screening i form av en kartläggning över logistiksystemets ingående delar. Kartläggningen inkluderade en beskrivning av förutsättningar hos utsläppare att transportera CO₂ till noden Stockholm Norvik Hamn, förutsättningar i transportsystemet både på land och sjösidan för transport av CO₂ mellan utsläppare och nod, samt förutsättningar i Stockholm Norvik att ta emot CO₂ för mellanlagring i noden för vidare uttransport till slutlagring. Den andra delen av arbetet med den tekniska systemdesignlösningen är den fördjupade analysen av minst en systemlösning.

3.1 Koldioxidflöden

Kartläggningen av de medverkande utsläpparnas infångade mängder koldioxid gav följande resultat:



Säsongsvariationen på avskild koldioxid ser ut så här:



Det är alltså en tydlig nedgång sommartid då värmeproduktionen är som minst. Det maximala månadsgenomflödet är cirka 265 kton, det vill säga, cirka 8800 ton per dag.

3.2 Lastbärare och logistik

Tre olika systemlösningar för koldioxidvolymerna till Stockholm Norvik Hamn har studerats:



Då flera av utsläpparna har sina anläggningar vid Mälaren måste fartygen kunna gå igenom slussen i Södertälje. Därför har ett "Mälarmaxfartyg" föreslagits med följande huvuddimensioner:

Längd (LÖA):	155 m
Bredd:	23 m
Designdjupgående:	6,8 m
Kapacitet:	8 600 m ³ / 9 500 ton
Lastning/Lossningskapmax:	780 m ³ /h
Servicefart:	12 knop

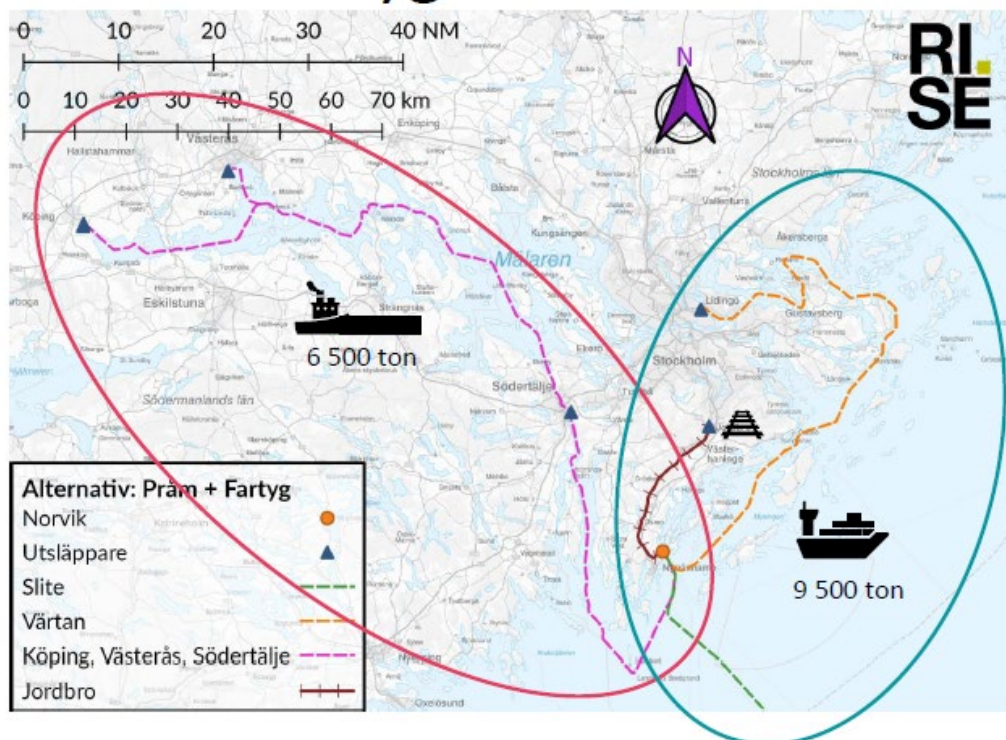
De pråmar som är avsedda att fungera som både lokalt utlastningslager och transportenheter uppskattas ha följande huvuddimensioner:

Längd (LÖA):	80 m
Bredd:	23 m
Designdjupgående:	6,8 m
Kapacitet:	5 900 m ³ / 6 500 ton
Lastningskapacitet	≥75 m ³ /h
Lossningskapacitet	≤300 m ³ /h

För tågtransporterna har ett blocktåg bestående av 16 vagnar antagits som lämplig transportenhet. Ett Blocktåg 16 har följande huvuddimensioner:

Antal vagnar:	16 st
Lastkapacitet:	~1 040 ton
Totallängd:	~250 m
Flödeshastighetmax per vagn:	~60m ³ /h

Det alternativ som flest parter i NICE-projektet förordade var alternativet pråm + fartyg.



Beräkningar har visat att det räcker med en pusher som transporterar de fem pråmar som behövs i systemet. Totalt tre pråmar ligger kontinuerligt vid kajlägen hos tre utsläpparsajter och fungerar även som mellanlager, en pråm är kontinuerligt under transport och en pråm ligger i Stockholm Norvik för lossning av volym. Dessa skiftas



sedan runt i systemet för maximal effektivitet. Totalt krävs 20 hämtningar per månad vid maxvolym. Nyttjandegraden av pushern i tid är 84 procent vid maxvolym.

För fartygsdelen in till Stockholm Norvik är ett fartyg tillräckligt. Fartyget hämtar vid Stockholm Exergi 11 gånger per månad och vid Heidelberg Cement 2 gånger per månad. Då blir nyttjandegraden i tid 76 procent vid maxvolym.

När det gäller utflöde från Stockholm Norvik Hamn kommer större fartyg förmodligen användas. Två tänkbara målpunkter för koldioxiden har identifierats: Öygarden i Norge och Kalundborg i Danmark. Olika fartygsstorlekar har studerats och som exempel skulle ett fartyg med kapaciteten 59 000 m³ som levererar till Öygarden behöva fyra angöringar i Stockholm Norvik per månad. Om man däremot har fartyg med kapaciteten 19 000 m³ och levererar till Kalundborg så behövs det två stycken fartyg och Stockholm Norvik kommer att angöras knappt 13 gånger per månad.

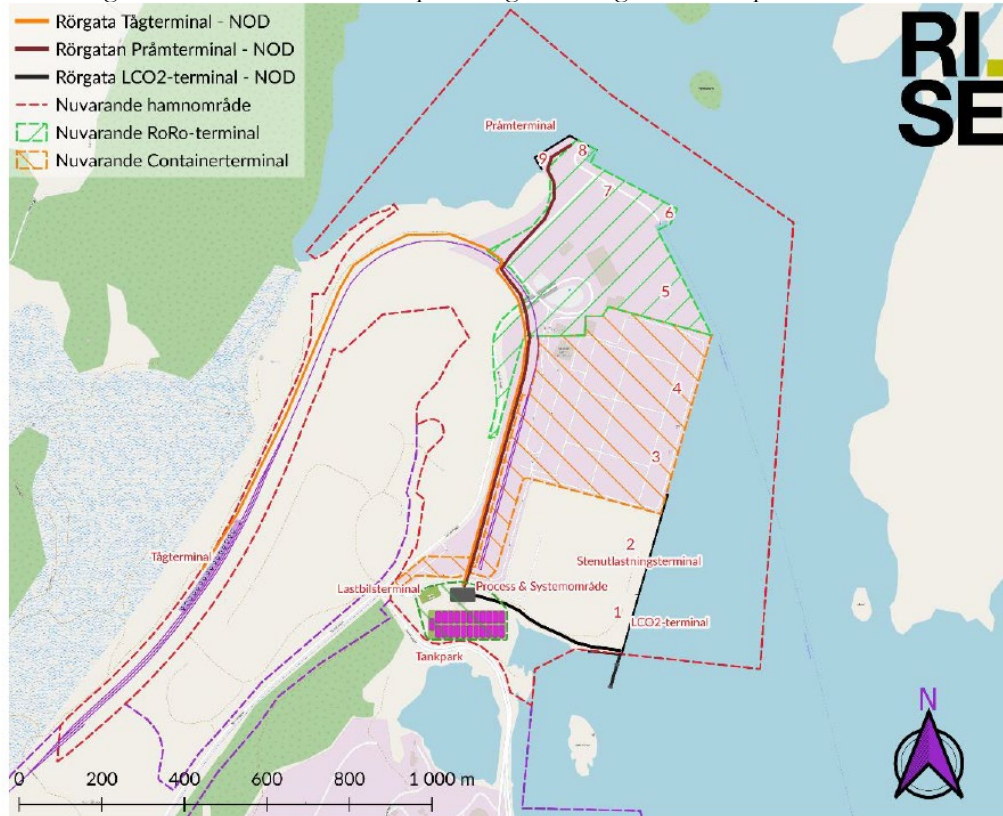
3.3 Noden

Koldioxidnoden i Stockholm Norvik Hamn består av följande huvudkomponenter:

- Tankpark
- Process- och systemområdet
- Rörssystem
- Tågterminal
- In- och utlastningskaj, kajläge 1
- Pråmterminal, kajläge 8 och 9. (Endast för alternativ Pråm-Fartyg)
- Lastbilsterminal

Lastbilsterminalen är avsedd för nöd- och reservinlastning då utsläpparna planerar att transportera koldioxiden med pråm, fartyg eller tåg.

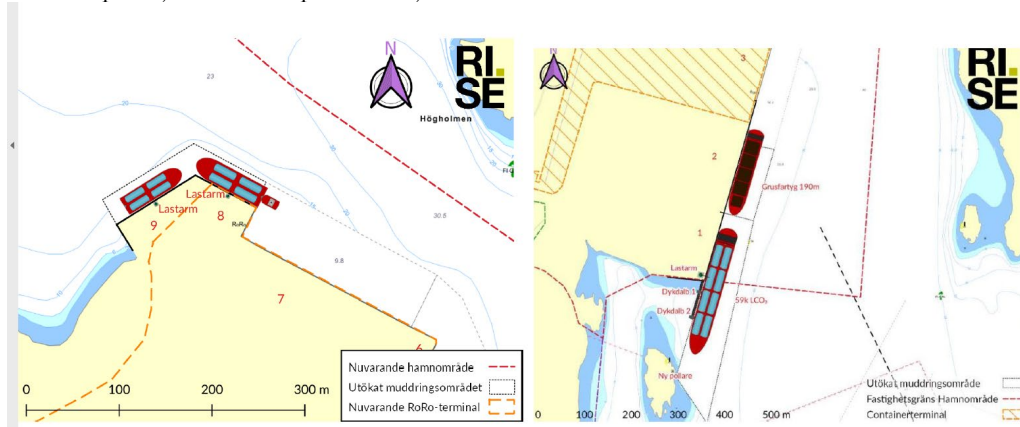
Efter att ha tagit hänsyn till hamnens utformning, nuvarande verksamhet, framtida utveckling med mera föreslås denna placering av de ingående komponenterna:



Den primära kajen för flytande koldioxid (LCO2) placeras alltså på kaj nummer 1. En terminal för pråmar placeras i norra delen på kaj nummer 8 och 9. Tankparken placeras söder om nuvarande hamnområde med process och systemområdet bredvid. Tågterminalen placeras väster om hamnen på den bangård som tillhör hamnanläggningen och de olika delarna knyts samman med ett system av rörgator.

Med denna preliminära utformning nyttjas redan tillståndsgivna kajer maximalt och ytor för fortsatt expansion i hamnen tas inte i anspråk.

Närbild på kaj 8 och 9 respektive kaj 1:



I bilden ovan till höger trafikeras kaj 1 med ett 250 m långt LCO2-fartyg samtidigt som ett stenuutlastningsfartyg tar upp 200 m av kaj 2. I detta scenario behöver kaj 1 förlängas söderut med två dykdalber som fartyget kan ligga mot och förtöja i.

Tankparkens storlek beror på lastkapaciteten på utlastningsfartygen samt det maximala dygns genomflödet av koldioxid. I förstudien har tre olika principer studerats. Dels 150 procent av utlastningsfartygets lastkapacitet, dels 110 procent av utlastningsfartygets lastkapacitet och dels utlastningsfartygets lastkapacitet plus ett dygns genomflöde. Då utlastningsfartygen kan variera mycket i storlek får vi också väldigt olika dimensioneringar av tankparken, från ca 90 000 m³ till ca 30 000 m³. I figuren ovan illustreras ett ca 90 000 m³ mellanlager. Antalet tankar blir då drygt 20 vid ett antagande att tankarna rymmer 4000 m³. (30 m långa med en diameter på 13 m)

Utifrån det arbete som genomförts inom ramen arbetet med de tekniska systemdesignlösningarna är den generella bedömningen att det ur ett logistiskt, tekniskt och operationellt perspektiv finns goda möjligheter att framgångsrikt etablera en central logistiknod för koldioxid i östra Sverige i Stockholm Norvik Hamn. Den existerande hamninfrastrukturen är välutvecklad och det finns bra potential vad gäller både kajlägen och ytor. Det finns också goda möjligheter att komplettera den befintliga hamninfrastrukturen med den specifika infrastruktur som krävs för att etablera en väl fungerande nod för koldioxid.

4 Kostnads- och energiberäkningar

De beräkningar som redovisas i denna rapport är främst baserad på bottom-up kostnadsberäkningar, det vill säga baserade på investeringskostnader (Capex) och driftskostnader (Opex). I vissa enskilda fall har det inte varit relevant att beräkna kostnader utan då har istället prisuppgifter från en leverantör inhämtats. Det gäller exempelvis för tågtransport och för delar av hamn- och anlöpskostnader.

Beräkningar har gjorts i 2020 års penningvärde med 15 års annuitet och 8 procent diskonto. Elpriset är satt till 1 kr/kWh och LNG-priset till 222,3 €/ton. Lagerbehovet är satt till 50 procent buffert. För detaljer i beräkningarna och olika känslighetsanalyser hänvisas till den separata slutrapporten avseende kostnader och energiberäkningar.

4.1 Inflöde till Stockholm Norvik Hamn

När det gäller alternativet ”Två fartyg” beräknas kostnaden för det fartyg som trafikerar Värtan och Slite bli 196 kr/ton medan det andra fartygets kostnad bli 155 kr/ton. I dessa kostnader ingår mellanlager inklusive lastutrustning hos utsläpparna, fartygs-, hamn- och anlöpskostnader.

I alternativet ”Pråm + fartyg” beräknas kostnaden för fartyget som ovan till 196 kr/ton medan pråmkostnaden beräknas till 395 kr/ton. I dessa kostnader ingår mellanlager inklusive lastutrustning hos utsläpparna, pråm-, pusher-, hamn- och anlöpskostnader.

Tågkostnaden från Vattenfall har beräknats till 105 kr/ton.

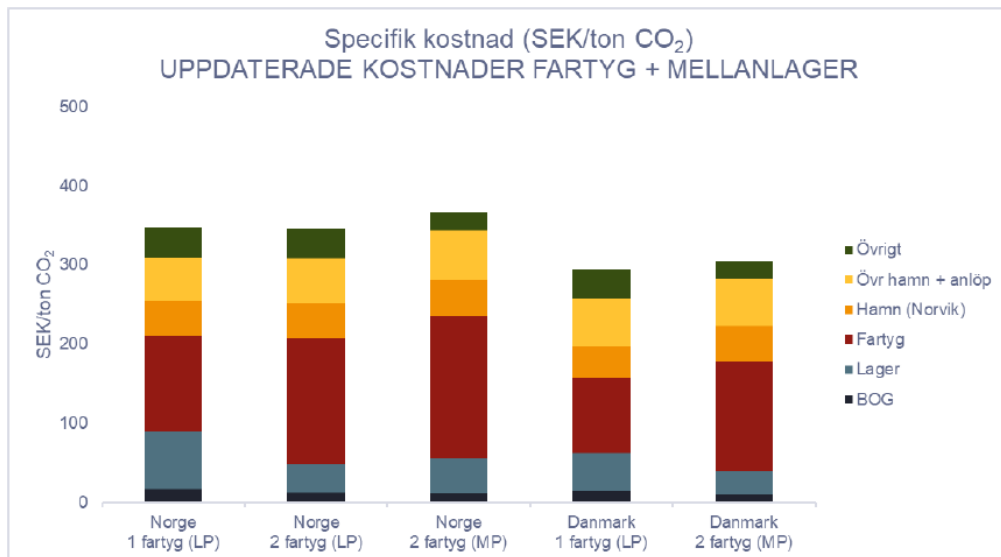
Beräkningarna av kostnader för transport från anläggningar till Nod Stockholm Norvik visar att det är mer fördelaktigt ur kostnadssynpunkt med alternativet ”Två fartyg” än ”Pråm + Fartyg”. Kostnaderna för pusher-/pråmsystem är dock mycket osäkra och det finns behov av fördjupad analys, till exempel intervjuer med olika leverantörer, fler skeppsmäklare och liknande.

De kostnadsberäkningar som presenterats ovan avser aggregerade kostnader för de anläggningar vars koldioxid transporteras på samma sätt. Mer specifika kostnader per anläggning och exempel på kostnadsfördelningar kan ses i slutrapporten för kostnads- och energiberäkningar.

4.2 Utflöde från Stockholm Norvik Hamn

För utflödet från Stockholm Norvik beror kostnaden på hur stora fartyg och hur många fartyg som används, var målpunkten är, vilket tryck koldioxiden lagras i (LP, Low Pressure, (7 Barg, -46°C) eller MP, Medium Pressure (13 Barg, -30°C)) m.m.

En kostnadssammanställning med olika alternativ visar:



”BOG” är kostnaden för omhändertagandet av ”Boiled Off Gas”.

För transport av koldioxid från Stockholm Norvik till lagringsplats visar beräkningarna att alternativet med ett större fartyg till Danmark är mest kostnadseffektivt. Transporten sker då vid lågtryck. Kostnadsskillnaden är dock mycket liten mellan detta alternativ och alternativen två fartyg till Norge vid lågtryck eller två fartyg till Danmark vid mellantryck.

Kostnaden för uttransporten kommer att sjunka med ökad mängd transporterad koldioxid. Rapporten visar också på brytpunkter när det är fördelaktigt att gå över från ett fartyg till två.

4.3 Energiberäkningar

Beräkningarna av energibehov visar att bränsle till drift av fartyg utgör absolut största posten (Beräkningarna utgår från LNG som bränsle). Koldioxidberäkningarna visar att klimatnyttan av att avskilja och lagra fossil och biogen koldioxid från konsortiets anläggningar kraftigt väger upp för de små livscykelutsläpp som uppstår. Beroende på lagringsplats och antal fartyg utgör de tillförda utsläppen endast ca 2-3 procent av den totala klimatnyttan. Minskade utsläpp från fartygstransport utgör den absolut största potentialen för utsläppsminskning. Detta skulle till exempel kunna vara fossilfria bränslen, förändrad design av fartyg som minskar bränsleåtgång eller avskiljningsteknik på fartygen.

5 Affärsmodeller

Arbetet vad gäller affärsmodeller utgår från välanvända och vedertagna metoder. En affärsmodell är en teoretisk beskrivning av hur en affärsverksamhet är tänkt att fungera. Det är ett konceptuellt verktyg som innehåller en uppsättning komponenter och beskriver deras inbördes relationer på ett sådant sätt att affärslogiken för en viss verksamhet konkret kan beskrivas. Värdekedjan har studerats och det har identifierats, vilka roller

olika aktörer har i värdekedjan, samt relationerna till projektpartners och andra aktörerna har baserat på val av roller.

Rekommendationer för projektet NICE och nästa fas:

- Att projektdeltagare omgående inleder en dialog med möjliga leverantörer av mellanlager i Stockholm Norvik Hamn för att tillsammans göra en leverantörsbedömning som uppfyller samtligas behov/krav.
- Att projektdeltagarna i nästa fas identifierar vilka offentliga bidrag som skulle bidra till investeringen i mellanlagret och därmed minskar de n privata investeringsvolymen.
- Att NICE utgår från enskilda aktörers diskussioner kring individuella lösningar (ev. interrimlösningar) med leverantörer av slutförvaring och utreder effekter dessa individuella lösningar får för ett mellanlager i Stockholm Norvik Hamn.
- Att de aktörer som har möjlighet att använda s inlandssjöfart påbörjar realiseringen av en gemensam lösning så snart som möjligt.
- Att kostnadseffektiviteten även inkluderar en flexibilitet för att undvika att låsa sig till enskilda leverantörer som kan begränsa nod Stockholm Norviks skalbarhet och möjliga tredjepartsaktörer.

6 Riskhantering

Risikanalyset genomfördes i olika steg, från informationsinhämtning till riskworkshops där samtliga projektparter erbjöds att delta. Under riskworkshop diskuterades identifierade risker som sedermera bedömdes utifrån dess sannolikhetsgrad och konsekvens. Resultatet av riskidentifiering och bedömning summerades slutligen i en projektspecifik risklista. Denna slutliga nettorisklista innehåller 50 identifierade risker som alla bedömts utifrån sannolikhet, konsekvens samt behov av åtgärd före eller efter slutligt investeringsbeslut. Totalt sett har 28 procent av riskerna bedömts som acceptabla i dagsläget, 50 procent har bedömts vara i behov av åtgärd på sikt och 22 procent har bedömts vara i behov av riskhantering så snart som det faktiskt är möjligt. 32 av samtliga identifierade risker bedömdes vara i behov av hantering före FID, där nio av dessa är bedömda med högst allvarlighetsgrad, så kallade röda risker.

De risker som bedömts som röda risker, utifrån dess sannolikhet och konsekvens, och som har ett identifierat behov av hantering före FID är:

- Involverade projektparter lämnar projektet för andra alternativ
- Anlöp till kaj 1 med stora fartyg samtidigt som ett stort fartyg ligger på kaj 2
- Att storskalig hantering av koldioxid är ett nytt område vilket ökar risker
- Kostnadsanalyser blir oprecisa då stor andel indata är osäker
- Projektparter avvaktar varandra och svårt att ta investeringsbeslut
- Avsaknad av driftsatta referensprojekt
- Olika tidplaner för igångsättning av avskiljning hos utsläppare
- Utsläpparna kan ha olika krav på mellanlagersoperatören
- Mellanlagersoperatören kan få för stort inflytande på logistikkedjan

7 Genomförandeplan

Slutrapporten vad gäller genomförandeplanen beskriver ingående de olika steg som behöver tas innan en anläggning för koldioxidhantering i Stockholm Norvik Hamn tas i bruk. En sammanfattande tidplan ser ut så här:

ID	Uppgiftsnamn	Varaktighet	2023		2024				2025				2026				2027				2028				2029				2030				2031			
			K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4				
1	Projektimplementering	317,6v	[Green bar from 2023 K3 to 2029 K4]																																	
2	Fördjupad förstudie	26,2v	[Red bar from 2023 K3 to 2023 K4]																																	
3	Industriklivet	26,4v	[Blue bar from 2024 K1 to 2024 K2]																																	
4	En konkretisering av design och tillståndsproucer	130,8v	[Green bar from 2024 K1 to 2026 K4]																																	
5	Förprojektering	52,4v	[Light green bar from 2024 K1 to 2024 K4]																																	
6	Detaljprojektering	78,6v	[Light green bar from 2025 K1 to 2026 K4]																																	
7	Investeringsbeslut	0v	[Green diamond at 2026 K3]																																	
8	Tillstånd	113,2v	[Light purple bar from 2024 K1 to 2025 K4]																																	
9	Samråd	61v	[Light purple bar from 2024 K1 to 2024 K4]																																	
10	Miljö tillståndsprövning	52,2v	[Light purple bar from 2025 K1 to 2025 K4]																																	
11	Finansiering - Ansökan innovationsfonden	27,2v	[Teal bar from 2024 K1 to 2024 K2]																																	
12	Realisering	156,6v	[Purple bar from 2026 K1 to 2029 K4]																																	
13	Genomförande - förberedelser	52,4v	[Purple bar from 2026 K1 to 2026 K4]																																	
14	Genomförande - utförande	78,2v	[Purple bar from 2027 K1 to 2028 K4]																																	
15	Driftsättning & överlämning	26,2v	[Purple bar from 2029 K1 to 2029 K2]																																	
16	Ledtid för tankar	104,4v	[Red bar from 2026 K1 to 2028 K4]																																	
17	Ledtid för fartyg	209v	[Red bar from 2026 K1 to 2030 K4]																																	
18	Färdigställande av kaj för stenkross	78,4v	[Red bar from 2024 K1 to 2024 K4]																																	
19	Få bort stenkrossen från Norvik mountain	104,2v	[Red bar from 2025 K1 to 2026 K4]																																	
20	Transportera bort stenkrossen	521,8v	[Red bar from 2025 K1 to 2031 K4]																																	

Observera att detta inte är en beslutad tidplan utan ska bara ses som ett scenario.

8 Tillståndsproucer

Stockholms Hamnar har tillstånd att bygga kaj 1, 8 och 9 i Stockholm Norvik Hamn enligt de skisser som presenteras. De tillstånd/tillåtelser/ändringar som preliminärt kommer att behövas är:

- Ändrat verksamhetstillstånd för att hantera koldioxid och ev. för att tillåta större godsmängd
- Tillstånd för att bygga dykdalber och för utökad muddring
- Tillåtelse att förvärva eller bruka kommunal mark söder om hamnen
- Ändringar i detaljplanen som möjliggör anläggande av mellanlagret
- Tillåtelse att flytta/ta bort fornlämning
- Tillstånd för att ta in vatten till förvätskningsanläggning

Slutsatsen av denna delrapport är att det rekommenderas att inkludera en koldioxidnod i det befintliga tillståndet genom ett ändringstillstånd. Dessutom föreslås det att Stockholms Hamnar tar kontakt med de relevanta tillsynsmyndigheterna för att få tidig vägledning och förståelse för vilka aspekter som är viktiga att utreda i samband med ansökan om tillstånd. Detta föreslås för att underlätta planeringen och genomförandet av nödvändiga utredningar och för att säkerställa att samrådsunderlaget uppfyller lagkrav och förväntningar, inklusive krav på miljökonsekvensbeskrivningar.

9 Fortsatt arbete

Inför ett eventuellt genomförande av en koldioxidnod i Stockholm Norvik Hamn behöver stora delar av förstudien studeras vidare såsom:

- Logistikupplägg, fartygsstorlekar o.d.
- Manövrering i hamnområdet
- Tillståndsfrågor
- Terminallösningar för mellanlagret
- Kravspecifikationer på koldioxiden
- Fördjupade kostnadsanalyser
- Riskanalyser
- m.m.

Det som Stockholms Hamnar fokuserar på initialt är dock att kartlägga det kommersiella intresset för att etablera ett mellanlager i Stockholm Norvik genom att träffa olika intressenter inom hela värdekedjan.

För ett framgångsrikt resultat kommer det att krävas omfattande samverkan med olika aktörer och intressenter, både inom privat och offentlig sektor. Betydelsen av att Stockholms Hamnar fortsätter ta en central roll i detta arbete är stor.