

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Carbon Network South Sweden (CNetSS)	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Carbon Network South Sweden (CNetSS)	
Universitet/högskola/företag Växjö Energi Aktiebolag	Avdelning/institution N/A
Adress Box 497, 351 06 VÄXJÖ	
Namn på projektledare Håkan Claesson	
Namn på ev. övriga projektdeltagare Ghazale Nilsson	
Nyckelord: 5-7 st CCS, CNetSS, CO2, Hub, Logistik	

Energimyndigheten rekommenderar att denna mall används vid slutrapportering. Om annan slutrapportmall används ska ändå motsvarande innehåll finnas med i den. Innan du skickar in rapporten ska stödtexterna raderas.

Huvudsyftet med slutrapporten är att den ska kunna användas för att sprida projektets resultat. Den blir öppet tillgänglig i Energimyndighetens projekt-databas. Om projektet vill lämna in information som inte ska tillgängliggöras via Energimyndighetens projekt-databas ska denna läggas i separat bilaga.

Information av administrativ karaktär (formell utvärdering av måluppfyllelse, beskrivning och motivering av avvikelser etc) ska rapporteras i den obligatoriska administrativa bilagan (se mall på Energimyndighetens hemsida). Den administrativa bilagan publiceras inte i Energimyndighetens projekt-databas.

Förord

Här ska stå vilka som har finansierat projekten samt andra som bidragit till ett lyckat projekt t ex referensgrupp.

CNetSS (Carbon Network South Sweden). I klustret ingår företag med mål att fånga in och geologiskt lagra koldioxid, infrastrukturbolag och hamnaktörer, infrastruktur företag och hamnar. Denna slutrapport avser resultatet från fas 2, förstudiefasen.

Projektet har finansierats av Energimyndigheten (indirekt av EU) och av Växjö Energi, Copenhagen Malmö Port, E.ON, Höganäs AB, Kemira, Krafringen, Nordion Energi, Stora Enso, Sysav och Öresundskraft.

Projektet har anlitat RISE, Profu, Spinverse och Granitor/Aenigma tack vare deras respektive specialiserade kompetens inom området.

Nästa steg i projektet är fas 3, en fördjupad studiefas. Tack var ett givande samarbete har denna projektfas, förstudiefasen, lyckats med att nå önskade projektmål.

Innehållsförteckning

Nedan ligger en kod för innehållsförteckning. Förutsatt att du använder formatmallarna för rubriker så kommer rubrikerna automatiskt med i innehållsförteckningen när du klickar på förteckningen och trycker på F9.

Sammanfattning	3
Summary	4
1. Inledning/Bakgrund	6
2. Genomförande	7
2.1 Arbetspaket 1 (AP1), Projektledning, koordinering, kommunikation och rapportering:.....	7
2.2 Arbetspaket 2 (AP2), Tekniska systemdesignlösningar för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige	8
2.3 Arbetspaket 3 (AP3), Kostnadsanalys av utvalda systemlösningar	8
2.4 Arbetspaket 4, Affärsmodell.....	8
2.5 Arbetspaket 5, Genomförandeplanering	8
3. Resultat	9
3.1 Arbetspaket 1: Projektledning, koordinering, kommunikation och rapportering.....	9
3.2 Arbetspaket 2: Tekniska systemdesignlösningar för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige:	10
Sammanfattning av underlag och urval	10
3.3 Arbetspaket 3, Kostnadsanalys av utvalda systemlösningar	14
Kostnadsberäkningar	14
Energi- och koldioxidberäkningar	15
3.4 Arbetspaket 4, Affärsmodell.....	16
3.5 Arbetspaket 5: Genomförandeplanering	17
4. Diskussion.....	19
Nästa fas:.....	19
5. Publikationslista.....	20
6. Referenser, källor	20
7. Bilagor	21

Sammanfattning

En sammanfattande beskrivning av innehållet i slutrapporten på en halv till en sida.

I sammanfattningen förklaras vilket problem/utmaning ur ett energiperspektiv som projektet har hanterat?

Vad har gjorts för att besvara frågan och lösa utmaningen? Beskriv kort vilka resultat projektet har och hur de kan tolkas och användas. Vilken är den nya kunskap som kommit fram genom projektet? Vad blir nästa steg?

Sammanfattningen bör skrivas i "journalistisk anda" med de viktiga resultaten och nyhetsvärdet först.

Malmö är den valda platsen i Sydsverige för mellanlagring av infångad koldioxid för CNetSS och att det lönar sig verkligen att samarbeta.

Under hösten 2022 startade samverkansprojektet CNetSS (Carbon Network South Sweden). I klustret ingår företag med mål att fånga in och geologiskt lagra koldioxid, infrastrukturlagring och hamnaktörer, infrastrukturföretag och hamnar. De utsläppande företagen har en potential till avskiljning och lagring av cirka 1,7 miljoner ton koldioxid årligen. I denna projektfas, fas 2, har totalt tio organisationer deltagit.

Målet har varit att hitta en systemlösning där samverkan inom projektets gränser kan skapa synergier mellan aktörerna. Detta har varit en av många utmaningar som projektgruppen konsekvent har arbetat för att övervinna.

Projektet har arbetat för infrastrukturlösningar för transport av avskild koldioxid till slutlig geologisk lagring samt bidra till att skapa hållbara och kostnadseffektiva lösningar för en regional koldioxidinfrastruktur i Sydsverige.

CNetSS har hanterat utmaningar som avsaknaden av en nationell koldioxidinfrastruktur, skiftande tidsplaner bland aktörerna för etablering av koldioxidavskiljning och årstidsvariationer i mängden koldioxid som kan avskiljas över året. Projektet har jobbat med att hitta lösningar till dessa utmaningar.

Resultatet av urvalsprocessen ledde till att arbetet fokuserades på en landbaserad central omlastningshub vid oljehamnen i CMP (Malmö) då det systemalternativet framstod som det mest effektiva och flexibla alternativet för CNetSS. En omlastningshub i Malmö kan fungera väl som en central knutpunkt för mottagande och vidare transport av stora mängder koldioxid från olika platser i Sydsverige till geologisk slutlagring.

Energiberäkningarna visar att för detta konsortium är det mer ekonomiskt fördelaktigt att dela på ett mindre mellanlager och två fartyg än att satsa på ett stort mellanlager och ett större fartyg. Kostnadsberäkning visar även på kraftfulla skalfördelar när volymen ökar till konsortiets storlek jämfört med sammanlagda kostnader för flera enskilda aktörer.

Arbetet med att skapa en affärsmodell har varit ytterligare en stor utmaning, eftersom tio aktörer har deltagit i arbete med olika förutsättningar och olika roller

i värdekedjan. Eftersom det inte finns någon existerande koldioxidhub i Sverige idag saknas branschkunskap om olika affärsupplägg och ovisshet om finansiering. Det gör att riskerna blir stora att investera. Inom denna projektfas har arbetet bedrivits i dialoger och workshops med alla aktörer inbjudna. Gemensamma samtal och grupparbeten har skapat insikt och acceptans hos aktörerna, vilket lett fram till individuella val av förordad roll i ett framtida affärsupplägg. Definierade roller har i sin tur skapat förutsättningar för nästa fas i utvecklingsprocessen.

Inom CNetSS fas 2 har en genomförandeplan tagits fram. Genom strukturerad tillämpning av Genomförandeplanen säkerställs möjligheten för konsortiet att organisera sig i en gemensam affärsmodell, en effektiv teknisk detaljkonstruktion av nod, kompletterad med miljötillståndshanteringen och avslutande av en optimal anpassning av projektorganisation.

Nästa steg i klustersamarbetet är fas 3, som innebär en fördjupad studiefas. Framstegen och lärdomarna från nyligen genomförd projektfas kommer ligga till grund för att genomföra fas 3, för att fortsätta att forma en framtid med minskade koldioxidutsläpp i Sydsverige.

I denna slutrapport finns huvudresultaten från de olika delprojekten inom fas 2, förstudiefasen. Rapporten ger en överblick över de utmaningar klustret stött på och de insikter som nåtts, för att kunna ta samarbetet vidare in i fas3.

Summary

En sammanfattande beskrivning av innehållet i slutrapporten på engelska på en halv till en sida. Motsvarande sammanfattning som den svenska.

Malmö has been chosen as the location in Southern Sweden for the intermediate storage of captured carbon dioxide for CNetSS, and collaboration is proving to be highly beneficial.

In early 2022, the collaborative project CNetSS (Carbon Network South Sweden) was initiated. Together, these stakeholders formed a cluster with potential to capture and store about 1,7 million tons of carbon dioxide annually. The goal has been to find a systemic solution where collaboration within the project's borders can create synergies among the stakeholders. This has been one of many challenges that the project group has consistently worked to overcome.

The project has focused on infrastructure solutions for the transport of captured carbon dioxide to final geological storage and contributing to the creation of sustainable, cost-efficient solutions for a regional carbon dioxide infrastructure in Southern Sweden. CNetSS has addressed challenges such as the lack of a national carbon dioxide infrastructure, different timelines among stakeholders for the establishment of carbon dioxide capture, and annual variations in the amount of

carbon dioxide that can be captured throughout the year. The project group has worked to find solutions to these challenges, among others.

The result of the screening resulted in a land-based central transshipment hub at the Oiljehamnen in CMP (Malmö). Malmö was chosen as the most efficient and flexible option for CNetSS, and it will serve as a central hub for receiving and further transporting large quantities of carbon dioxide from various locations in Southern Sweden to the geological permanent storage site.

Energy calculations showed that for this specific consortium, it is more economically advantageous to share a smaller intermediate storage and two ships than to invest in a large intermediate storage and a larger ship. A cost calculation indicates economic advantages when the volume increases to the expected volumes.

Developing a business model for the project has been a significant challenge, given that the project consists of 10 stakeholders with different positions and roles in the value chain. Uncertainty and lack of existing carbon dioxide hub in Sweden leads to uncertain financing risks.

Within this project phase, the work has been conducted in dialogues and workshops with all actors invited. Joint conversations and group work have created insight and acceptance among the actors, which has led to individual choices of a predetermined role in a future business arrangement. Defined roles have in turn created the conditions for the next phase in the development process.

As a result of phase 2, an implementation plan has been developed. Through structured application of the Implementation plan, the opportunities for the consortium to organize itself in a common business model, an efficient technical detailed construction of the node, supplemented by environmental permit management and completion of an optimal adaptation of project organization is ensured.

The next step in the project is phase 3, comprehensive study phase. The progress and lessons learned from previous phases will be fundamental to addressing the challenges ahead and continuing to shape a future with reduced carbon dioxide emissions in Southern Sweden. This report presents the main results from the various sub-projects within phase 2, the pre-study phase. The report provides

insight into the challenges the cluster has faced and looks ahead to the goals of the next phase.

1. Inledning/Bakgrund

Beskriv bakgrund och skäl till varför projektet har genomförts. Vad är utmaningen/problemet? Orientering inom området; problembakgrund. Vad behöver göras (i energisystemet). Vilka behov i samhället eller på marknaden ska projektet hjälpa till att tillgodose och vilken nytta förväntas projektet bidra med. Lite om kunskapsläget. Hur angrips frågan i detta projekt, vad är syftet, finns det några hypoteser, osv. Huvudman, finansiering, tid som projektet pågått etc.

I Parisavtalet har världens länder enats om att hålla den globala temperaturökningen långt under 2°C och sträva efter att begränsa den till 1,5°C. FN:s klimatpanel har tagit fram scenarier som visar hur uppvärmningen kan begränsas till 1,5°C (IPCC, 2018). De flesta scenarierna inkluderar omfattande avskiljning och lagring av koldioxid (CCS) och samtliga kräver tekniker för negativa utsläpp, där bio-CCS (avskiljning och lagring av biogen koldioxid) utgör en viktig teknik.

För att nå Sveriges mål om netto-nollutsläpp senast 2045 åtföljt av negativa utsläpp krävs negativa utsläpp. Forskningsprojektet ”Bio-CCS i fjärrvärmesektorn” (delfinansierat av Energimyndigheten genom projektnummer 51200–1 och 51579–1) har visat att energi- och avfallssektorn har potential att avskilja och lagra upp mot 13 Mton koldioxid från förbränning av biobränslen och avfall (Sköldberg med flera, 2022), varav ca 10 Mton biogen koldioxid som möjliggör negativa utsläpp. Det finns även en stor potential för utsläppsminskning och negativa utsläpp genom avskiljning och lagring av koldioxid från till exempel skogsindustri, kemiindustri, stål och metall, raffinaderier och cementproduktion.

Men CCS innebär stora kostnader och finansieringen är idag det största hindret för att realisera potentialen (Zetterberg m.fl., 2022). Löfblad m.fl. (2022) analyserade möjligheter till samarbete kring koldioxidinfrastruktur i syfte att sänka kostnaderna. Resultaten visar bland annat att delar av infrastrukturen har skalfördelar som gör det ekonomiskt fördelaktigt ju större mängd koldioxid som hanteras. Detta gäller till exempel förvätskning, mellanlagring och fartygstransport. Löfblad m.fl. identifierade regionala kluster för samverkan kring infrastrukturen.

Från tidigare arbeten var det tydligt att regional/lokal aktörssamverkan både kan minska investeringsrisker och kostnader för koldioxidinfrastruktur och på så sätt möjliggöra kraftfull utsläppsminskning och negativa utsläpp. Samverkan kan även möjliggöra för mindre anläggningar att installera CCS och därmed ytterligare öka potentialen för negativa utsläpp.

Projektet CNetSS som är det första klustret i Sydsverige för samarbete, analys och utveckling av delad infrastruktur för koldioxid, har genomförts gemensamt av aktörer från olika delar av infrastrukturkedjan; utsläppare av koldioxid (Växjö

Energi (projektledare), Öresundskraft, Sysav, E.ON, Krafringen, Höganäs AB och Stora Enso), logistikföretag (Nordion Energi) och hamnaktörer (Copenhagen Malmö Port och Kemira). Flera av dessa har redan tidsatta planer på implementering av CCS och det har pågått genomförandestudier hos några av dem.

Syftet med projektet var att bidra till att skapa en eller flera hållbara, kostnadseffektiva lösningar för en regional koldioxidinfrastruktur i Sydsverige.

Det fanns ett antal utmaningar som projektet behövde hantera

1. Det saknades och fortfarande saknas nationellt koldioxidinfrastruktur för Sverige.
2. Kapacitetsproblem i vissa delar av järnvägen.
3. Hamnar som kan vara aktuella men saknar miljötillstånd.
4. Tidsplaner och årsvariationer gällande infångade koldioxid

Projektet finansierades Energimyndigheten och indirekt av EU samt alla involverade aktörer.

2. Genomförande

Beskriv de olika delmomenten/arbetspaketen i projektet samt vilka metoder som har använts. Vilka projektdeltagare/grupper har medverkat i projektet?

Projektet genomfördes augusti 2022 t.o.m. december 2023. Projektgruppen bestod av en bredd av aktörer längs CCS-kedjan, se tabell 1.

Tillsammans bedömdes de utgöra de mest relevanta aktörer som behövdes för att kunna svara upp mot projektets mål och genomförande. En styrgrupp tillsattes med representanter från varje deltagande organisation. Projektet genomfördes både genom fysiska och digitala möten. Samarbetsytan var digitalt i en gemensam teamsplattform.

För att kunna uppnå det övergripande målet behöver ett antal projektfaser genomföras; fas 1 var initiering (utförs Q1-Q2 2022) fas 2, var en förstudie (denna rapport), fas 3 är en fördjupad förstudie, fas 4 avser konkretisering av design och tillståndprocesser, mm, och fas 5 är realisering av valda systemlösningar.

Arbetet med förstudien, fas 2, delades upp i fem arbetspaket enligt nedan:

2.1 Arbetspaket 1 (AP1), Projektledning, koordinering, kommunikation och rapportering:

Detta arbetspaket har avsett projektledning, koordinering, extern förankring och rapportering. Projektledning samordnades av Växjö Energi. Arbetet omfattade stöd i underlag för rapportering till energimyndigheten samt extern förankring av

projektets syfte och resultat och inledningsvis bidra till preciserad plan för resultatspridning.

2.2 Arbetspaket 2 (AP2), Tekniska systemdesignlösningar för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige

AP2 avser Tekniska systemdesignlösningar för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige. Arbetet omfattar bland annat efter en övergripande screening, presentera minst en teknisk systemlösning för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige. Med systemlösning avses infrastrukturlösningar för koldioxid från anläggningar till kaj/påkoppling på eventuella framtida ”off-shore” rörledningssystem. Slutligen presenteras minst en teknisk systemlösning för infrastrukturkedjan presenteras för vidare analys i AP3 och AP4.

2.3 Arbetspaket 3 (AP3), Kostnadsanalys av utvalda systemlösningar

AP3 avser energi-, koldioxid- och kostnadsanalys. Arbetet omfattar att presentera energi-, koldioxid- och kostnadsanalys (CAPEX, OPEX, total kostnad SEK/ton koldioxid) för den/de valda systemlösningarna från AP2.

2.4 Arbetspaket 4, Affärsmodell

AP4 avser Affärsmodell. Arbetet omfattar att ta fram utkast till minst en affärsmodell som beskriver samverkansform/ägarform och finansiell modell för nätverket.

2.5 Arbetspaket 5, Genomförandeplanering

AP5 avser Genomförandeplanering. Arbetet omfattar att ta fram en plan för det totala genomförandet för CNetSS (t o m realisering), att identifiera och analysera tillhörande risker samt att ta fram en handlingsplan om hur dessa kan minimeras.

CNetSS (Carbon Network South Sweden) är ett kluster av sydsvenska företag. Aktörerna är listade i tabell 1.

1	Växjö Energi (VEAB)	Kommunalt energibolag
2	Copenhagen Malmö Port (CMP)	Kommunägd + privatägd hamn
3	E.ON	Publikt energibolag
4	Höganäs AB	Privatägt industriföretag
5	Kemira	Dotterbolag, publikt kemiföretag
6	Kraftringen	Kommunägd energibolag
7	Nordion Energi	Fondägd infrastrukturbolag
8	Stora Enso	Publikt pappers- o förpackningsföretag
9	Sysav	Kommunägd avfalls- o återvinningsföretag
10	Öresundskraft	Kommunägd energibolag

Tabell 1: Medlemmar: Lista över CNetSS medlemmar.

3. Resultat

Beskriv resultat och slutsatser som genererats inom ramen för projektet.

Här beskrivs de resultat som får vara offentliga eftersom alla slutrapporter ska vara sökbara i Energimyndighetens projektdatabas.

Information som projektledaren bedömer som konfidentiell och ej ska publiceras externt kan rapporteras i bilagor. Bilagor som inte ska publiceras externt ska märkas upp genom att "KÄNSLIG INFORMATION" skrivs in i dokumentets rubrik. Alternativt kan dokumentet vattenstämplas med "KÄNSLIG INFORMATION". Dessutom ska i filnamnet läggas in ordet "KÄNSLIG INFORMATION".

3.1 Arbetspaket 1: Projektledning, koordinering, kommunikation och rapportering

Det övergripande målet har varit att säkerställa att projektets övergripande syfte och resultat uppfylls och leda projektarbetet mot målet att klargöra förutsättningar och villkor (tekno-ekonomiska, legala, affärsmässiga) och därmed minska osäkerheterna för en gemensam infrastruktur i Sydsverige för infångad koldioxid inklusive relevant logistiklösning för mellanlager och utskeppning för att säkerställa förutsättningar för vidare permanent förvaring.

Intern och extern kommunikation kring CCS har varit av yttersta vikt – både för att nå allmänhetens acceptans, politiskt stöd etc. men också för att kunna påvisa hur erfarenheter från projektet kan skalas upp, replikeras eller på annat sätt få spridning utanför projektets verksamheter (så kallad "Knowledge Sharing" som del av Scalability-kriteriet).

För att på ett bra sätt förankra projektet externt har en kommunikationsplan tagits fram av projektkonsortiet medlemmar. En strategi och struktur för kommunikation har legat till grund för förankring av projektet externt, kommunikationen har genomsyrat projektet och kommunikationsstrategins mål har varit direkt kopplade till projektmålen. Kommunikationen syfte har varit att bidra till att samtliga projektmål nås med ett förhöjt resultat. Arbetet att ta fram en kommunikationsplan har gjorts tillsammans med medlemmarna i konsortiet, där även en kommunikationsgrupp har skapats med en representant (kommunikationsansvarig) från respektive medlemspartner i konsortiet.

För ett större samverkansprojekt är det viktigt att kommunicera med flera olika målgrupper och CNetSS har bedömt att extern förankring är essentiellt för att nå ett gott slutresultat, därav har det pågått aktiviteter under hela projektiden enligt nedan:

- Samverkan med deltagande företag genom projektgruppsmöten och workshops samt med potentiella aktörer till klustret genom bredare workshops.
- Samverkan med aktörer i leveranskedjan och tillståndsmyndigheter.

- Deltagande vid konferenser, Energimyndigheten,
- Populärvetenskaplig artikel, Tidningen Bioenergi
- Information om projektet via deltagande företags hemsidor.
- Pressmeddelande i början, slutet och vid särskilda projekthändelser.
- Publik slutrapport med de viktigaste resultaten av allmänt intresse.

Kommunikationen internt har skett via månadsbrev, kvartalsvisa partnernöten och styrgruppsmöten och kontinuerliga projektgruppsmöten och workshops (fysiska och digitala) med deltagande företag.

3.2 Arbetspaket 2: Tekniska systemdesignlösningar för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige:

Arbetspaketet syftade till att ta fram en detaljerad beskrivning för minst en teknisk systemlösning utifrån en övergripande screening över möjliga tekniska systemlösningar.

Sammanfattning av underlag och urval

Med utgångspunkt i det gemensamma behovet av effektiva transporter av koldioxid från de 6 olika utsläpparna i Sydsverige till en tänkt slutlagringsplats har AP2 fokuserat på olika tekniska systemlösningar för att genomföra dessa transporter. Arbetet inleddes med att sammanställa en baseline kring den förväntade volymutveckling från 2027 fram till 2040. Med utgångspunkt i denna baseline genomfördes sedan en omfattande screening av ett stort antal olika tekniska systemlösningar.

Ett antal olika systemlösningar har utvärderats och jämförts med energi- och kostnadsnivåer utifrån att systemet skall kunna hantera de volymer som industriparterna har tillsammans över tid, totalt 1 673 000 ton/år fr.o.m. 2035. En säsongsvariation finns, där vintermånaderna har klart högre nivåer än sommarmånaderna. Parametrar som ingick i jämförelsen var:

- Teknisk och operationell genomförbarhet
- Schablonkostnader och energiförbrukning
- Risker
- Flexibilitet i relation till beslut om slutlagringsplats
- Flexibilitet i relation till de olika utsläpparnas förutsättningar och behov

De alternativ som jämfördes är baserade på olika logistikstrukturer i form av lokalisering av och antal noder (central nod, lokala noder, alternativa noder eller direkt till slutförvar), fartygsstorlek (4 000, 7 500, 12 500 och 19 000 ton) och

lageralternativ (flytande pråm eller landbaserat lager). För respektive systemlösning analyserades olika möjliga slutlagringslokaliseringar utifrån A (närmaste lokalisering i Danmark, t.ex. Havnsö eller Ruby/Rödby), B (ganska nära, t.ex. Ålborg), C (medellångt, t.ex. Hirtshals) och D (långt, t.ex. Northern Lights). Figur 1 visar bruttolistan som en matris utifrån typ av systemlösning och avstånd till slutlagring.

	Central nod CNetSS	Lokala noder CNetSS	Alternativa noder	Direkt till slutförvar
A = närmaste slutförvar (Havnsö/Stenstille/Ruby)	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till CMP Lager - land eller pråm Litet, mellanfartyg eller pråm 	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till CMP och Kemira Lager - land eller pråm Litet, mellanfartyg eller pråm 	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till Trelleborg Lager - land eller pråm Litet, mellanfartyg eller pråm 	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till Havnsö/Stenstille/Ruby
B = ganska nära till slutförvar (Ålborg – Green Sand/Fidelis)	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till CMP Lager - land eller pråm Litet, mellanfartyg eller pråm 	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till CMP och Kemira Lager - land eller pråm Litet, mellanfartyg eller pråm 	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till Trelleborg Lager - land eller pråm Litet, mellanfartyg eller pråm 	
C = medellångt till slutförvar (Hirtshals - Green Sand)	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till CMP alt. Göteborg (kort sikt) Lager - land Mellan, mellanstort eller stort fartyg 		<ul style="list-style-type: none"> Landtransport alt. fartyg till Göteborg Lager land Mellan eller mellanstort fartyg 	
D = långt till slutförvar (Northern Lights)	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till CMP alt. Göteborg (kort sikt) Lager - land Mellan, mellanstort eller stort fartyg 		<ul style="list-style-type: none"> Landtransport alt. fartyg till Göteborg Lager land Mellan eller mellanstort fartyg 	<ul style="list-style-type: none"> Landtransport till Norges kust och slutförvar

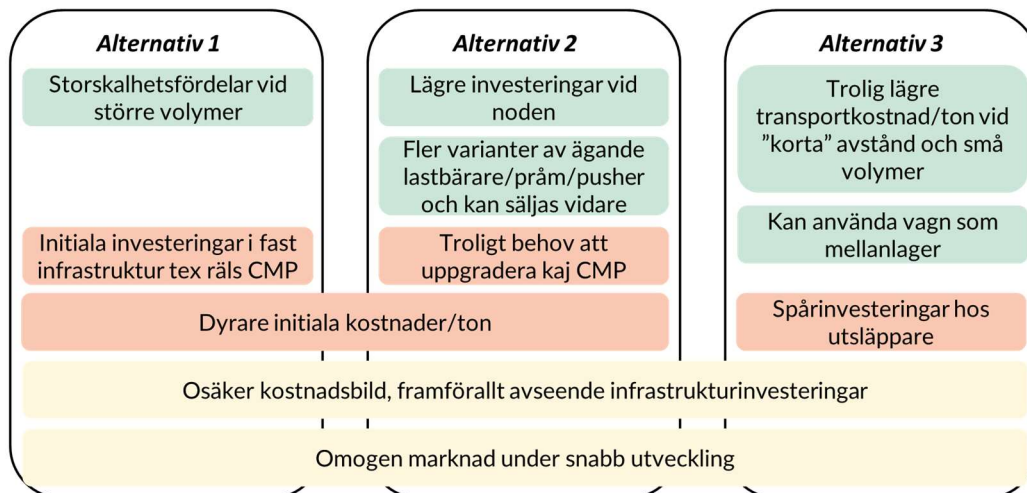
Figur 1 Bruttolistan sammanställd

Utifrån grundmaterialet gjordes ett första urval för ytterligare utvärderingssteg. Tillsammans med alla projektpartners samt representanter från övriga arbetspaket genomfördes ett antal workshops och partnerspecifika arbetsmöten där bruttolistans systemlösningar jämfördes.

1. CMP (Malmö) som central nod med landlager och möjlighet att ta emot fartyg för lastning av LCO₂, Liquid carbon dioxid, till slutlagringspunkt (flexibilitet kopplat till lokalisering). LCO₂-volym kommer till CMP med lastbil, tåg och pipeline.
2. CMP (Malmö) som central nod med lager på pråm och transport till slutlagringspunkt med pusher och pråm (fokus är på slutlagringsalternativ i Danmark). LCO₂-volym kommer till CMP med lastbil, tåg och pipeline.
3. Tåglösning till slutlagringsalternativ i Danmark. CMP central nod för eventuell omlastning mellan lastbil/pipeline och tåg.

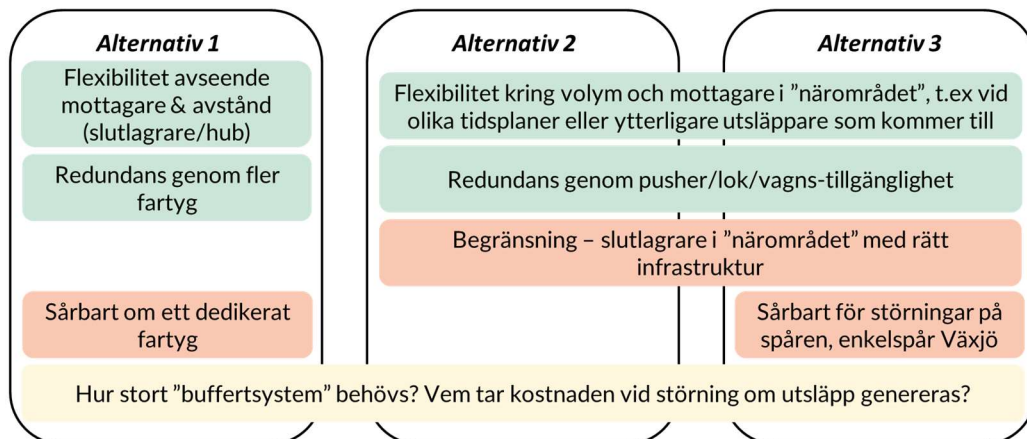
I den fortsatta utvärderingen gjordes både en SWOT och en multikriterieanalys. Figur 2–5 sammanfattar de viktigaste aspekterna som framkom inom kategorierna ekonomi, servicegrad, effektivitet och hållbarhet. Grön markering indikerar positiva aspekter, röd negativa aspekter och gul osäkra aspekter (som kan behöva belysas i det fortsatta arbetet). Input till utvärderingen gavs av partnerorganisationerna inom CNetSS samt operatörer inom järnväg och sjöfart.

EKONOMI



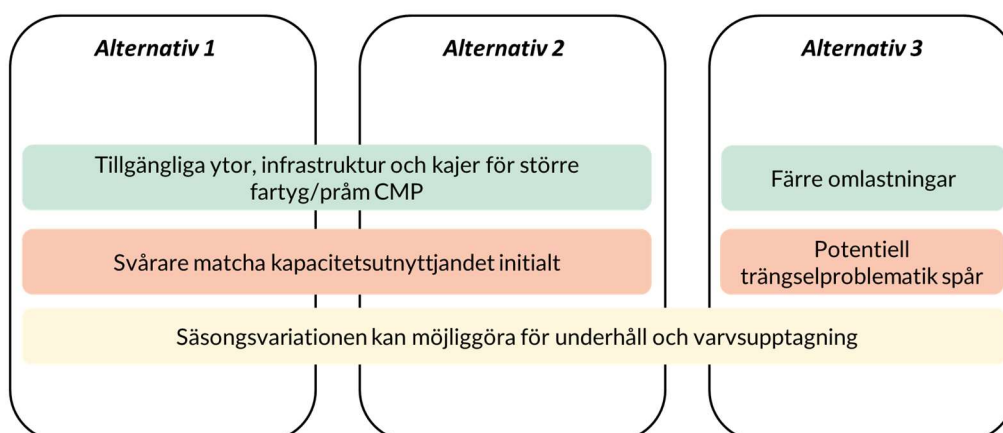
Figur 2 Ekonomiska aspekter som lyftes fram för de tre alternativen.

SERVICEGRAD

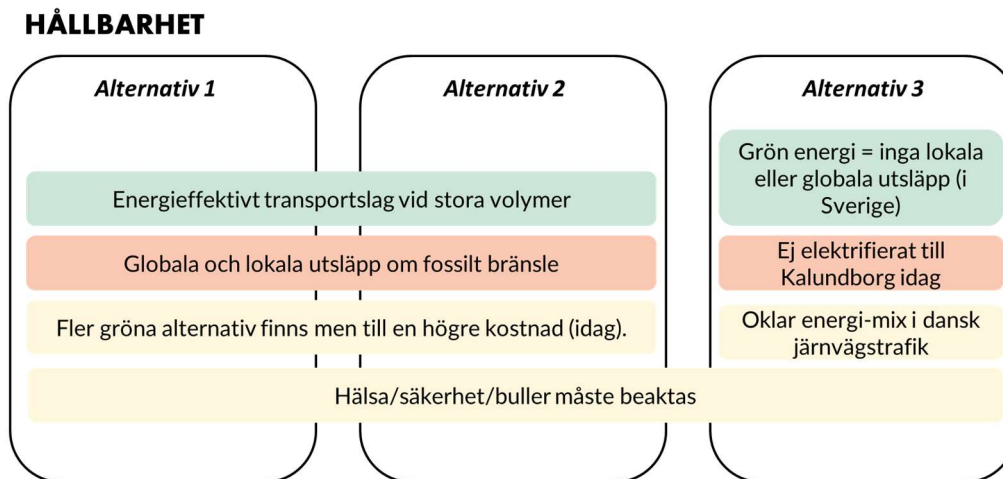


Figur 3 Servicegradsaspekter som lyftes fram för de tre alternativen.

EFFEKTIVITET



Figur 4 Effektivitetsaspekter som lyftes fram för de tre alternativen.



Figur 5 Hållbarhetsaspekter som lyftes fram för de tre alternativen.

Vilket av ovanstående tre alternativ som konsortiet vid tidpunkten såg att projektet skulle ha mest nytta av att studera i mer detalj, diskuterades vid en gemensam projektworkshop. Av de tre föll prämalternativet (alternativ 2) bort först eftersom det bedömdes som minst fördelaktigt framför allt avseende kostnader och flexibilitet kring val av slutlagrare. Därefter genomfördes en omfattande dialog inom projektet kring vilket av de två kvarvarande alternativen som var mest intressant att utreda vidare inom AP2.

Valet föll till slut på fartygsalternativet (alternativ 1). Det främsta orsaken för detta val var att detta alternativ sågs som mest gemensamt och skalbart jämfört med tågalternativet (alternativ 3) som på många sätt bedömdes som enklare att genomföra på individuell basis och därför avvek från projektets grundsyfte. Utifrån dessa gemensamma diskussioner valdes alternativ 1 NOD CMP ut för vidare detaljbeskrivning. NOD CMP är tänkt att placeras på en yta strax söder om Oljehamnen i Malmö som bedöms vara både tillgänglig och lämplig.

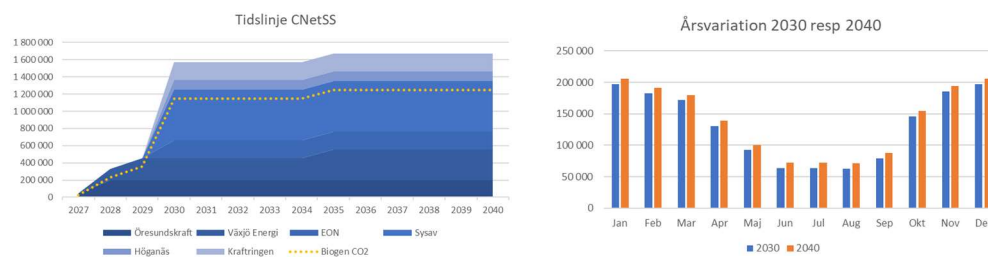
Dimensioneringen på noden har utgått från det förväntade genomströmningsflödet år 2035, samt utifrån utlastning till två olika storlekar på fartyg (13 500 m³ LCO₂ och 27 000 m³ LCO₂), vilket bygger på optimal storlek för utskeppning mot Havnsö (via Kalundborg) och Northern Lights. Därmed finns specifikationerna specificerade för både NOD CMP LITEN och NOD CMP STOR.

På en övergripande nivå kan konstateras att det från ett tekniskt perspektiv torde vara möjligt att nyttja den tillgängliga infrastrukturen och ytan inom CMP Malmö för vidare utveckling, både mot NOD CMP LITEN respektive NOD CMP STOR. Möjligheterna för stegvis expansion diskuteras för alla delar av systemet, där mellanlagerkapaciteten är den del av NOD CMP som är enklast att anpassa stegvis efter kapacitetsbehovet.

3.3 Arbetspaket 3, Kostnadsanalys av utvalda systemlösningar

Arbetspaket 3 (AP3) i projektet CNetSS har syftat till att presentera energi-, koldioxid- och kostnadsanalys för den valda systemlösningen från AP2 (Tekniska systemlösningar för delad koldioxidinfrastruktur i Sydsverige). Huvudfokus har varit på kostnadsberäkningar. Kostnadsberäkningarna utgår från 2020 års penningvärde och är i stor utsträckning baserade på underlag som tagits fram och utvecklats i samarbete mellan Chalmers Energiteknik och Sintef Porsgrunn över en period på mer än 10 år. Även andra källor har använts.

Samtliga beräkningar är baserade på de koldioxidvolym och tidplaner som framgår av Figur 6. Beräkningar har gjorts för 2030 och 2040. 2030 representerar ett år då många i konsortiet enligt plan kommer att ha realiserat CCS. 2040 representerar ett år då klustret uppnått full koldioxidvolym för CCS.



Figur 6. CCS-planer över åren för anläggningar i CNetSS (t.v.) samt årsvariation 2030 och 2040 (t.h.).

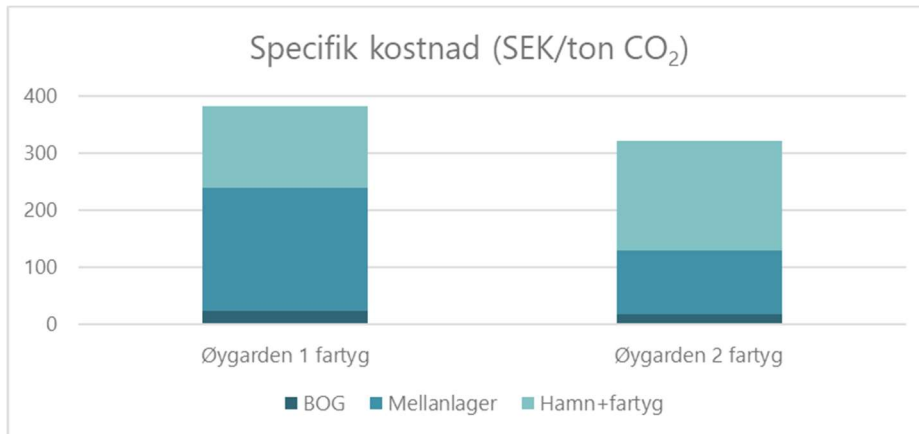
Följande delsystem har ingått i beräkningarna i AP3:

- Mottagningsterminaler för tåg respektive lastbil
- Hantering av boil-off-gas
- Mellanlagring, hamnkostnader och fartygstransport

Beräkningar har gjorts för transport till Norge respektive Danmark, samt med ett respektive två fartyg. Det innebär att olika storlek på mellanlager beräknats, då dess storlek bygger på koldioxidflöde, fartygsstorlek och avstånd till lagringsplats.

Kostnadsberäkningar

Beräkningarna visar att det för detta konsortium är mer ekonomiskt fördelaktigt att dela på ett mindre mellanlager och två fartyg än att satsa på ett stort mellanlager och ett större fartyg, se Figur 7. I fallet med ett större mellanlager blir kostnaden så hög att det, trots lägre specifik fartygskostnad, ändå blir mer fördelaktigt med ett mindre mellanlager och två fartyg. Att ett större mellanlager blir så pass mycket dyrare beror på att man behöver mellanlagra en större volym koldioxid per volym koldioxid som transporteras och lagras. Eftersom det förekommer olika kostnadsbedömningar av mellanlager har en känslighetsanalys också gjorts där en betydligt lägre kostnad för mellanlagret antagits. Den specifika kostnaden sjunker då med 10–22% beroende på vilket fall som avses (transport till Norge eller Danmark, respektive med ett eller två fartyg).

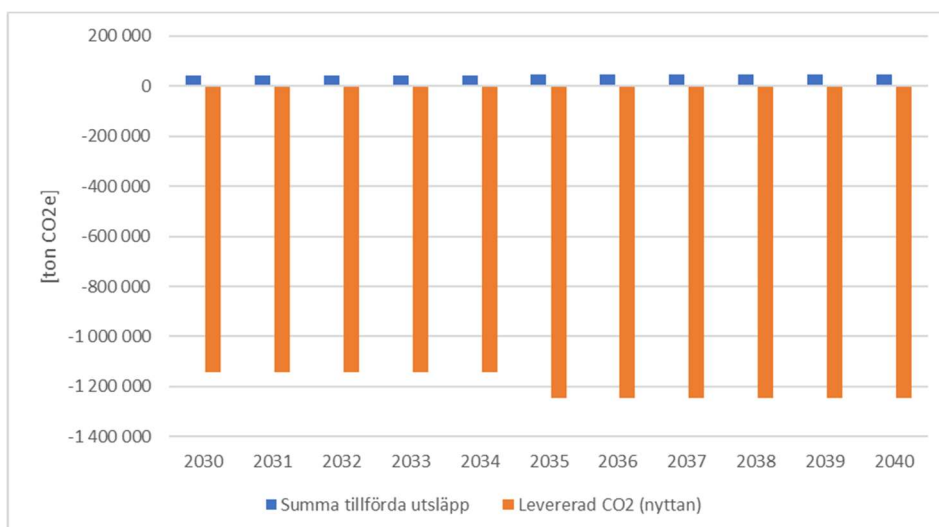


Figur 7. Specifik kostnad för de delar av infrastrukturen som är gemensamma för samtliga utsläppare i CNetSS (BOG-hantering, mellanlager, hamn- och fartygskostnader). Endast fallen transport till Øygarden är inkluderade. Antaganden är inte förankrade i konkreta CMP beräkningar.

För att ge en uppfattning om fördelen med att samverka i konsortiet eller att agera på egen hand har en exempelberäkning gjorts av att hantera och transportera 200 kton till Øygarden. Detta motsvarar ungefär de planerade volymerna för flera anläggningar inom konsortiet. Resultaten visar då på betydligt högre kostnader (+40–90%) jämfört med samverkan med ett eller två fartyg.

Energi- och koldioxidberäkningar

Energiberäkningarna visar att den absolut största posten utgörs av bränsle till fartygstransport och i mindre utsträckning av elbehov för exempelvis BOG-hantering och pumpning. Koldioxidberäkningarna visar på mycket små utsläpp i förhållande till de negativa utsläpp som följer av koldioxidavskiljning och -lagring från konsortiet. Beroende på lagringsplats och antal fartyg utgör de tillförda utsläppen ca 1–4% av den totala klimatnytta (negativa utsläpp) som avskiljningen och lagringen av koldioxid ger upphov till, se Figur 8.



Figur 8. Tillförda utsläpp (blå staplar) i förhållande till levererad klimatnytta med CCS-planer inom CNetSS (orangea staplar). Figuren avser ett exempel där transport sker med två fartyg till Øygarden.

Beräkningarna visar att för detta konsortium är det mer kostnadseffektivt med ett mindre mellanlager och två fartyg än ett stort mellanlager och ett större fartyg. Detta beror på att kostnaden för mellanlagret blir så pass mycket högre. En känslighetsanalys med lägre kostnad för mellanlager visar på 10–22% lägre kostnad där kostnadsminskningen är större ju större mellanlagret är, men inte tillräckligt stor för att löna sig jämfört med ett mindre mellanlager och två fartyg. En beräkning av att hantera endast 200 kton (en volym som ungefär motsvarar flera av konsortiets anläggningar) visar på betydligt högre kostnad, varför det således är gynnsamt att samverka. Samverkan kan också potentiellt innebära bättre förhandlingsmöjligheter kring exempelvis hamnkostnader och lagringskostnad. Det finns behov av fördjupade kostnadsberäkningar och i vissa delar förbättrade kostnadsdata.

Energiberäkningarna visar att fartygsbränsle utgör största energibehov. Koldioxidberäkningarna visar att klimatnyttan av att avskilja och lagra koldioxid från konsortiets anläggningar kraftfullt överväger de små livscykelutsläpp som sker under driften. De tillförda utsläppen motsvarar endast ca 1–4% av den totala klimatnyttan, beroende på lagringsplats och antal fartyg.

3.4 Arbetspaket 4, Affärsmodell

Arbetet med att skapa en affärsmodell då projektet har bestått av 10 aktörer med olika förutsättningar och olika roller i värdekedjan, osäkerheten och okunskap om konsekvenser med olika roller, omogen process och osäkerheten med finansieringen har varit ytterligare en stor utmaning. Metoden med diskussioner har skapat insikt och acceptans hos aktörerna vilket lett fram till individuella val av grupp/affärsmodell vilket i sin tur har skapat förutsättningar för nästa fas i utvecklingsprocessen.

Med en omogen marknad saknas det fortfarande vedertagna standarder för affärsmodeller, delvis beroende av att olika ekonomier, till exempel EU och USA, har valt att implementera olika former av offentliga stödsystem. Arbetspaketet syftade till att ta fram utkast på minst en affärsmodell som beskriver möjliga samverkansformer/ägarformer (för deltagande parter) och finansiella modeller för klusternetverket (fördelning av kostnader och intäkter mellan deltagande parter).

Som ett resultat av det, delades affärsmodellarbetet in i tre projektpartersgrupper:

1. En grupp med aktörer som har intresse av att etablera en verksamhet för **mellanlagring av flytande koldioxid hos CMP** och erbjuda denna resurs till andra aktörer.

2. En grupp som är intresserade av att vara **direkta kunder** till denna verksamhet för mellanlager.
3. En grupp som är intresserade att bilda en **gemensam inköpsorganisation** för att med en gemensam större volym handla upp tjänsten mellanlager och kanske även andra delar av koldioxidkedjan.

3.5 Arbetspaket 5: Genomförandeplanering

En av de stora utmaningarna med att upprätta en värdekedja för storskalig transport och lagring av koldioxid är att det idag finns kunskapsluckor kring miljörättsliga tillstånd och processer. Flera delar av värdekedjan för CCS innefattar nya tekniska lösningar och storskalig hantering av koldioxid som inte tidigare har tillståndsprövats enligt svensk lag. Dessa kunskapsluckor leder till en stor osäkerhet i hur processen för att säkra nödvändiga tillstånd går till då beslutsfattande myndigheter och domstolar inte tidigare hanterat liknande ärenden tidigare. En genomförandeplan har tagits fram för hur tillståndsprövsprocessen för CNetSS ska hanteras för att projektet på ett så effektivt sätt som möjligt kunna realiseras.

Genom strukturerad tillämpning av Genomförandeplanen säkerställs möjligheten för konsortiet att organisera sig i en gemensam affärsmodell, en effektiv teknisk detaljkonstruktion av nod, kompletterad med miljötillståndshantering och avslutande av en optimal anpassning av projektorganisation.

Utgångspunkten i riskhanteringsarbetet har varit identifierad tilltänkt systemlösning och de identifierade riskerna kategoriserades upp i sju olika riskkategorier utefter område och innehåll enligt nedan:

- Ekonomi – risker som påverkar projektets ekonomi i direkt omfattning.
- Geografisk placering / Logistik – risker som kopplas till logistiska lösningar och placering av NOD.
- Miljö / Hälsa – risker som har påverkan på intilliggande närmiljö samt risker som kan få direkt påverkan på personers hälsa.
- Samverkan i konsortiet – risker som kopplas till projektdeltagarnas samverkan i förening.
- Teknik – risker som kopplas till CCS-teknik.
- Tid – risker som direkt påverkar projektets tidplan.
- Tillstånd – risker gällande tillstånd från myndigheter och länsstyrelser.

Totalt identifierades 56 risker varav riskerna i kategorin Samverkan inom konsortiet var de som klassades högst.

Det är enbart i förening som parterna kan ta del av storskalsfördelar, och för projektets realiserande av en gemensam infrastrukturlösning anses dessa risker vara i behov av åtgärd snarast möjligt. Det är en utmaning att det projektdeltagare

har olika intressen och olika tidplaner för realiserande. I samverkan finns dock goda möjligheter att åtgärda dessa risker. Om inte dessa risker tas om hand ökar sannolikheten att projektets framdrift blir lidande på grund av oklarheter i samarbetsform.

Riskerna i kategorin Teknik klassades som låg och mellan eftersom dessa risker ansågs kunna lösas och beaktas i förprojekteringsfasen. Det saknas i dagsläget praxis eller tydliga krav från myndigheter eller EU gällande tryck, temperatur och kvalitet på infångad koldioxid för slutlagring, vilket kan leda till att mellanlager byggs och anpassas efter tryck, temperatur och renhetsgrad som inte matchar med slutförvar.

Att ha i beaktande är även att detta är förhållandevis ny teknik och nya anläggningar, som mark- och miljödomstolar, tillika länsstyrelser, inte har erfarenhet av att hantera. Det är därför viktigt att beakta att handlingsstiderna för tillståndsansökningar är oklara. Det finns även en viss risk för att kraven på mellanlager kan bli orimligt höga på grund av att det saknas erfarenhet från liknande projekt hos myndigheter och länsstyrelser.

Avseende ekonomiska risker var det främst att investeringen är kostsam initialt. Framförallt för de företag som startar först, då de anses behöva ta en större ekonomisk risk initialt än de som ansluter senare. Det finns även betydande årsvariationer hos merparten av utsläpparna, vilket innebär att systemlösningen kanske inte kan leverera avtalad mängd koldioxid till slutförvar.

Riskerna för påverkan på miljö och allmänheten samt arbetsmiljörelaterade problem har också identifierats, både mindre läckage som kan påverka i direkt närhet till utsläppspunkten. Dessa risker ansågs mindre allvarliga.

Risken för ett större läckage, där en tank mer eller mindre rämnar och medför att ett större gasmoln av koldioxid sprids till intilliggande verksamheter med risk för allvarliga personskador och dödsfall, ansågs i dagsläget vara låg så länge anläggningen designas enligt standarder och att larmfunktioner och säkerhetsutrustning installeras på anläggningen.

Dessutom har identifierats att hantering av risker gällande leveranstider av utrustning (s.k. *long lead items*), lastbärare och anläggningsspecifik teknik kommer att påverka projektgenomförandet i kommande faser. I dagsläget är det känt att det till exempel är lång leveranstid från design till leveransklart fartyg, en viktig del att bevaka framåt. Detta är viktiga faktorer att bevaka kontinuerligt i kommande projektfaser, för att minimera risken att projektets tidplan förskjuts på grund av *long lead items*.

En annan viktig faktor att beakta och justera genom avtal är vad som händer om projektparter inte beviljas investeringsbeslut eller när finansiella stöd i form av omvänd auktion och finansiella bidrag efter första stödrundan är slut. Att ta höjd

för detta redan i ett tidigt skede och tydliggöra genom avtal anses vara tillräckligt för att risken att mellanlager behöver avetableras kan utgå.

Följande generella rekommendationer ges utifrån förslag till riskhanteringsåtgärder i framtagna bruttorisklista:

- Design genomförs enligt standarder, där årsvariationer tas i beaktande
- Riskbaserade underhållsprogram för färdig anläggning tas fram likväl som larmsystem inkl. gasvarnare
- Avsiktsförklaringar tecknas mellan projektdeltagare och eventuella tredjeparts aktörer för att säkra roller och ansvarsfördelningar
- Kontinuerligt bevaka eventuella lagkrav och praxis gällande CO₂-infrastruktur

4. Diskussion

Diskussion med tolkning av resultaten, resultaten sätts i ett energisammanhang. Vad kan de komma att betyda för utvecklingen av ett hållbart energisystem. Vad behöver göras härnäst? Beskriv gärna vilka effekter i samhället som projektet kan förväntas leda till.

CNetSS är ett samarbetsprojekt där kunskap och erfarenheter har delats mellan parterna i syftet att snabba upp läroprocessen och underlätta införandet av CCS. Projektgruppen har spridit budskapet extern genom aktivt deltagande i relevanta CCS evenemang. Resultatet har även spridits genom artiklar i relevanta branschtidningar, LinkedIn och pressmeddelanden.

Fas 2 i projektet som har varit en förstudiefas är nu klar och för att resultatet ska kunna användas krävs en djupare undersökning som är målet med nästa fas.

Nästa fas:

I det fortsatta arbetet rekommenderas att kontinuerligt uppdatera utgångspunkter och antaganden i systemet, då dessa kan komma att ändras i den snabbt växande utvecklingen av transport och logistiklösningar för CCS. En lyhördhet för utvecklingen kring tryck och temperatur bedöms som mycket viktig och behöver beaktas utifrån en flexibilitet i de egna systemen. Dessutom är risker kring storskalig hantering och mellanlagring ett område som bör beaktas vidare.

I nästa steg bör det även etableras ett affärsmässigt samarbete mellan utsläppare inom CNetSS. Samarbete bör ta fram ha en avsiktsförklaring och en plan för att utvecklas som inköpsorganisation. På samma sätt bör det etableras ett affärsmässigt samarbete mellan mellanlagerlagringsaktörer med en liknande avsiktsförklaring. De två samverkansgrupperna kan sedan som två parter utveckla en modell för framtida affärsrelation. En annan viktig del är affärsmodeller för

hantering, lagring och transport av CO₂, vilket bl.a. påverkar den totala kostnadsbilden för systemet.

Det rekommenderas att kvantitativa riskanalyser, förslagsvis HAZOP, genomförs avseende tekniska förutsättningar. Inför tillståndsansökningar behöver spridningsberäkningar och miljökonsekvensbeskrivningar (MKB) genomföras, detta kräver dock en fastställd placering av mellanlager.

5. Publikationslista

Slutrapporten ska i förekommande fall innehålla en publikationslista och, där så är möjligt, annat relevant material från projektet. Vad har publicerats, var/i vilket sammanhang har det skett, samt ge en kort sammanfattning av exempelvis förekommande artiklar med fokus på vad vi kan lära av projektet. Det kan t ex vara korta sammandrag av skrivna artiklar, både publicerade och manus.

Ett skepp kommer lastat, ET 2023:12:

Carbon Network South Sweden – samverkan för infrastrukturlösningar, transport och permanent lagring av infångad koldioxid, Ghazale Nilsson, Växjö Energi & Carbon Network South Sweden.

Sammandrag från Energimyndighetens nätverksevenemang. Den här publikationen innehåller en sammanfattning av presentationer och diskussioner från Energimyndighetens nätverksevenemang om CCS, som hölls i Stockholm den 1 juni 2023. Målet med evenemanget var att sprida kunskap och erfarenheter om koldioxidtransporter, för att på så sätt skapa en grund för framtida samarbeten kring infrastruktur för koldioxidtransport, både nationellt och internationellt. Valet av tema var en naturlig följd av förra årets evenemang. Där framkom det, både från diskussioner under själva evenemanget och från utvärderingen efteråt, att logistikfrågor och möjligheter till samarbeten ansågs intressant och viktigt.

Tidningen bioenergi, nummer 5. 2023, Malmö bäst hub för infångad koldioxid. Syftet med artikeln var att sprida informationen om CNetSS framdrift och verksamhet.

Projektgruppen har även publicerat ett antal pressmeddelanden, bland annat den 14 november 2023 då man informerade att Malmö Föreslås som NOD för koldioxidlagring. Syftet med artikeln var att sprida informationen om CNetSS framdrift.

6. Referenser, källor

1. AP2: RISE Research Institutes of Sweden AB – Vendela Santen/Johan Algell
2. AP3: Profu – Jenny Westberg/Jan Kjärstad

3. AP4: Spinverse - Jonas Norrmann
4. AP5: Granitor/Aenigma - Fredrik Boman/Anna Höök

7. Bilagor

- *Administrativ bilaga (se mall) (OBLIGATORISK)*

Andra bilagor kan t ex vara:

- *Vetenskapliga artiklar (färdiga, accepterade, eller inskickade manus)*
- *Ritningar, kartor, fördjupade metodbeskrivningar, resultattabeller etc*
- *Avhandlingar*
- *Känslig information som ej ska publiceras i Energimyndighetens projektdatabas.*

Bilagor som inte ska publiceras externt ska märkas upp genom att "KÄNSLIG INFORMATION" skrivs in i dokumentets rubrik. Alternativt kan dokumentet vattenstämplas med "KÄNSLIG INFORMATION". Dessutom ska i filnamnet läggas in orden "KÄNSLIG INFORMATION".

1. Administrativa bilagan